

IMPACT

ISSN 2764-9725 *projects*



ENSUS
2023

VOL. 2 | N.º 1
JUL. | 2023
PUSC



SANTANA DO ARAGUAIA-PA
UNIFESSPA



EDITORA GERENTE DA REVISTA

Prof.^a PhD.^a Cláudia Queiroz de Vasconcelos, UNIFESSPA/IEA/FATEC.

CONSELHO EDITORIAL

Editorial

Prof.^a PhD.^a Cláudia Queiroz de Vasconcelos, UNIFESSPA/IEA/FATEC.

01. Tecnologia do Ambiente Construído e Inovação

Prof. Dr. Antonio Carlos Santos do Nascimento Passos de Oliveira,
UNIFESSPA/IGE/FAEC.

02. Resistência, Desempenho, Problema e Recuperação Estrutural

Prof.^a PhD.^a Cláudia Queiroz de Vasconcelos, UNIFESSPA/IEA/FATEC.
Prof. MSc. Hamilton Damasceno Costa, UNIFESSPA/IEA/FAU.

03. Impacto Social e Econômico

Prof.^a Dr.^a Cristiane Johann Evangelista, UNIFESSPA/IEA/FCE.

04. Sustentabilidade Urbana e Eficiência Energética

Prof. Dr. Péricles Crisiron, UNIFESSPA/IEA/FCE.

05. Formação/Perfil Profissional e Mercado de Trabalho

Prof. Dr. Dilson Henrique Ramos Evangelista, UNIFESSPA/IEA/FCE.

DIAGRAMAÇÃO

Cláudia Vasconcelos, UNIFESSPA.

FICHA CATALOGRÁFICA

PAISAGEM URBANA E SISTEMAS CONSTRUTIVOS. PUSC.

IMPACT projects: ENSUS 2023. [Organizado por: Cláudia Vasconcelos]. Santana do Araguaia-PA: UNIFESSPA, vol. 2, n. 1, jul. 2023.

232p. (Vol. 2, Nº 1, julho, 2023). ISSN 2764-9725.

1. Tecnologia do Ambiente Construído e Inovação. 2. Resistência, Desempenho, Problema e Recuperação Estrutural. 3. Impacto Social e Econômico. 4. Sustentabilidade Urbana e Eficiência Energética. 5. Formação/Perfil Profissional e Mercado de Trabalho.

IMPACT *projects*

ISSN 2764-9725



VOL. 2 | N.º 1
JULHO | 2023
PUSC

SANTANA DO ARAGUAIA-PA
UNIFESSPA

RESPONSÁVEL



APOIO



REVISORES - COMITÊ CIENTÍFICO

1. Adriane Shibata Santos, UNIVILLE;
2. Aguinaldo dos Santos, UFPR;
3. Alessandra Gerson Saltiel Schmidt, ESADE/Barcelona;
4. Alexandre Márcio Toledo, FAU/UFAL;
5. Almir Barros da S. Santos Neto, UFSM;
6. Amilton José Vieira de Arruda, UFPE;
7. Ana Claudia Maynardes, UnB;
8. Ana Karla Freire de Oliveria, UFRJ;
9. Ana Kelly Marinowski Ribeiro, UFSC;
10. Ana Lígia Papst de Abreu, IFSC;
11. Ana Paula Kieling, IFSC;
12. Ana Veronica Pazmino, UFSC;
13. Anna Cristina Ferreira, UNICAMP;
14. Anerose Perini, UFRGS;
15. Anderson Saccol Ferreira, UNOESC;
16. Anderson Renato Vobornik Wolenski, IFSC;
17. André Canal Marques, UNISINOS;
18. Andrea Jaramillo Benavides, IKIAM/Equador
19. Ângela do Valle, UFSC;
20. Antônio Roberto Miranda de Oliveira, UFPE;
21. Arnaldo Debatin Neto, UFSC;
22. Áurea Luiza Quixabeira Rosa e Silva Raposo, IFAL;
23. Ayrton Portilho Bueno, UFSC;
24. Beany Monteiro Guimarães, UFRJ;
25. Carla Arcoverde de Aguiar Neves, IFSC;
26. Carla Martins Cipolla, UFRJ;
27. Carla Pantoja Giuliano, FEEVALE;
28. Carlos Alberto Mendes Moraes, UNISINOS;
29. Carlos Humberto Martins, UEM;
30. Carlo Franzato, PU/Rio de Janeiro;
31. Celia Neves, Terra Brasil;
32. Chrystianne Goulart Ivanoski, UFSC;
33. Cláudia Queiroz Vasconcelos, UNIFESSPA;
34. Cláudio Pereira de Sampaio, UEL;
35. Coral Michelin, UPF;
36. Cristiano Alves, UFSC;
37. Cristina Colombo Nunes, UFSC;
38. Cristina Sousa Rocha, LNEG/Portugal;
39. Cristine do Nascimento Mutti, UFSC;
40. Cyntia Santos Malaguti de Sousa, FAU/USP;
41. Daiana Cardoso de Oliveira, UNISUL;
42. Daniela Neumann, UFRGS;
43. Danielle Costa Guimarães, UFIFAP;
44. Danilo Corrêa Silva, UNIVILLE;
45. Débora Machado de Souza, UNISINOS;
46. Deivis Luis Marinowski, UFSC;
47. Denise Dantas, FAU/USP;
48. Dominique Lewis Leite, UFSC;
49. Douglas Luiz Menegazzi, UFSC;
50. Edmilson Rampazzo Klein, UFSC;
51. Elenir Carmen Morgenstern, UNIVILLE;
52. Elizabeth Romani, UFRN;
53. Estela Maris Souza, UNILASALLE;
54. Elvis Carissimi, UFSM;
55. Fabiane Escobar Fialho, FADERGS;
56. Fabiano Ostapiv, UTFPR;
57. Fabiolla Xavier Rocha Ferreira Lima, UFG;
58. Fabricio Farias Tarouco, UNISINOS;
59. Felipe Luis Palombini, UFRGS;
60. Fernanda Hansch Beuren, UDESC;
61. Francisco de Assis Sousa Lobo, UFMA;
62. Franciele Menegucci, UEL;
63. Gabriel Cremona Parma, UNISUL;
64. Germannya D'Garcia de Araújo Silva, UFPE;
65. Giane de Campos Grigoletti, UFSM;
66. Giovani Maria Arrigone, FACULDADE SENAI;
67. Glauber Soares Junior, FEEVALE;
68. Gogliardo Vieira Maragno, UFSC;
69. Guilherme Philippe Garcia Ferreira, UFPR;
70. Henrique Lisbôa da Cruz, UNISINOS;
71. Inara Pagnussat Camara, UNOESC;
72. Ingrid Scherdien, UNISINOS;
73. Isadora Burmeister Dickie, UNIVILLE;
74. Isabela Battistello Espindola, IWA/Estados Unidos;
75. Ítalo de Paula Casemiro, UFRJ;
76. Itamar Ferreira Silva, UFCG;
77. Ivan Luiz de Medeiros, UFSC;
78. Jacqueline Keller, SENAC/Faculdade de Florianópolis
79. Jaqueline Dilly, UFRGS;
80. Jairo Costa Junior, UWA/Austrália
81. João Candido Fernandes, UNESP;
82. Jocelise Jacques, UFRGS;
83. Joel Dias da Silva, FURB/Blumenau;
84. José Eustáquio Rangel de Queiroz, UFCG;
85. José Manuel Couceiro Barosa Correia Frade, IPLeiria/Portugal;
86. Josiane Wanderlinde Vieira, UFSC;
87. Juliane Almeida, UFSC;
88. Julio César Pinheiro Pires, UFSM;
89. Karine Freire, UNISINOS;
90. Katia Broeto Miller, UFES;
91. Liliane Iten Chaves, UFF;
92. Lisandra de Andrade Dias, UFSC;
93. Lisiane Ilha Librelotto, UFSC;
94. Luana Toralles Carbonari, UEM;
95. Manuela Marques Lalane Nappi, UFSC;
96. Mara Regina Pagliuso Rodrigues, IFSP;
97. Marcelo de Mattos Bezerra, PUC/Rio de Janeiro;
98. Marcelo Gitriana Gomes Ferreira, UDESC;
99. Márcio Pereira Rocha, UFPR;
100. Marco Antônio Rossi, UNESP;
101. Marcos Brod Júnior, UFSM;
102. Marcos Johari Provezani Silva, UNITAU;
103. Maria Luisa Telarolli de Almeida Leite, UNESP;
104. Maria Fernanda Oliveira, UNISINOS;
105. Mariana Kuhl Cidade, UFSM;
106. Marina de Medeiros Machado, UFOP;
107. Marli Teresinha Everling, UNIVILLE;
108. Marília Gonçalves, UFSC;
109. Matheus Barreto de Góes, UFMG;
110. Maycon Del Piero da Silva, UNEOURO;
111. Michele Tereza Carvalho, UnB;
112. Miguel Barreto Santos, IPLeiria/Portugal
113. Miquelina Rodrigues Castro Cavalcante, UFAL;
114. Mônica Maranhã Paes de Carvalho, IESB;
115. Nadja Maria Mourão, UEMG;
116. Neide Schulte, UDESC;
117. Niander Aguiar Cerqueira, UENF;
118. Noeli Sellin, UNIVILLE;
119. Normando Perazzo Barbosa, UFPB;
120. Obede Borges Faria, UNESP;
121. Patrícia Freitas Nerbas, UNISINOS;
122. Paulo Cesar Machado Ferroli, UFSC;
123. Paulo Roberto Silva, UFPE;
124. Paulo Roberto Wander, UNISINOS;
125. Rachel Faverzani Magnago, UNISUL;
126. Regiane Trevisan Pupo, UFSC;
127. Régis Heitor Ferroli, UNIVALI;
128. Renata Priore Lima, UNIP;
129. Ricardo Barcelos – Ânima Educação;
130. Ricardo Henryque Reginato Quevedo Melo, UPF;
131. Rita de Castro Engler, UEMG;
132. Roberto Angelo Pistorello, IFSC;
133. Rodrigo Catafesta Francisco, FURB;
134. Rosangel Miriam Lemos Oliveira Mendonca, UEMG;
135. Rosiane Pereira Alves, UFPE;
136. Sérgio Ivan dos Santos, UNIPAMPA;
137. Sérgio Manuel Oliveira Tavares, UP/Portugal;
138. Silvío Sezar Carvalho, UFSC;
139. Sofia Lima Bessa, UFMG;
140. Suzana Barreto Martins, UFPR;
141. Tarcisio Dorn de Oliveira, UNIJUÍ;
142. Tomás Queiroz Ferreira Barata, FAU-USP;
143. Trícia Caroline da Silva Santana, UFRSA;
144. Vanessa Casarin, UFSC;
145. Vicente de Paulo Santos Cerqueira, UFRJ;
146. Victor Hugo Souza de Abreu, UFRJ;
147. Vinícius Albuquerque Fulgêncio, UFPE;
148. Wilmar Ricardo Rugeles Joya, PUJ/Colômbia

SOBRE O PERIÓDICO IMPACT projects

A revista possui caráter científico visando a divulgação de pesquisas originais e alinhadas com práticas do mercado de trabalho. Também se trata de uma ferramenta de cunho colaborativo para contribuir com a visibilidade de pesquisas e cooperação entre seus pesquisadores.

A IMPACT *projects* publica seus artigos com o registro de DOI e ISSN 2764-9725. O seu escopo busca compor uma base de dados, com acervo da área temática de Ciências Físicas, Tecnológicas e Multidisciplinar. Ressaltando que esse conteúdo científico tem acesso aberto facetado nas seguintes grandes áreas de conhecimento, Ciências Sociais Aplicadas, Engenharias e Interdisciplinar.

MISSÃO

A missão da revista IMPACT *projects* é registrar e difundir a produção do conhecimento científico e de mercado, realizada por docentes, técnicos, discentes, pesquisadores e demais profissionais.

OBJETIVO

Disponibilizar o conhecimento a partir de artigos de pesquisa publicados *online*, mediante avaliação prévia para manter a qualidade dos textos completos do periódico.

SEÇÃO

SEÇÃO 01: TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO E INOVAÇÃO: está relacionada a publicação de resultados de pesquisas científicas e de atuação no mercado de trabalho, referente à produção de conhecimento na área de tecnologia do Ambiente Construído.

SEÇÃO 02: RESISTÊNCIA, DESEMPENHO, PROBLEMA E RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL: está voltada para a publicação de pesquisas científicas e de atuações no mercado de trabalho sobre desempenho da construção e manifestações patológicas.

SEÇÃO 03: IMPACTO SOCIAL E ECONÔMICO: espaço para abordagens sobre a relação da pessoa com a cadeia produtiva mercadológica e seus respectivos impactos sociais e econômicos.

SEÇÃO 04: SUSTENTABILIDADE URBANA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: espaço para publicação de resultados de pesquisa sobre o planejamento e o gerenciamento integrado dos sistemas: urbanos, desenvolvimento regional, infraestrutura, eficiência energética, drenagem urbana, esgotamento sanitário e resíduos sólidos.

SEÇÃO 05: FORMAÇÃO/PERFIL PROFISSIONAL E MERCADO DE TRABALHO: visibilidade e intercâmbio de práticas, reflexões, experimentos e potencialidades de ações resultantes de projetos de impacto científico e de mercado profissional.

SOBRE O PERIÓDICO IMPACT projects

PROCESSO DE AVALIAÇÃO

A revista possui a revisão por pares, às cegas, para isenção e parcialidade dos colaboradores do comitê científico. O artigo passa por uma primeira análise dos organizadores quanto ao tema e omissão de identificação dos autores, atendendo esses requisitos, o artigo é submetido à pelo menos dois revisores.

Desse modo, a revisão e emissão dos pareceres ocorrerá na forma de *PEER BLIND REVIEW* (revisão dupla e cega), na qual nem autores, nem revisores são identificados. O artigo poderá ser APROVADO, APROVADO COM MODIFICAÇÕES para publicação ou REPROVADO, sendo que, as revisões indicadas pelos pareceristas devem ser atendidas pelos autores para envio da versão final.

PERIODICIDADE

Publicação semestral com ao menos uma edição regular ao ano, assim como conta com pelo menos uma edição especial anual.

POLÍTICA DE ACESSO LIVRE

Esta revista oferece acesso livre mediante a disponibilização de seus artigos na web de modo gratuito.

ACESSO

O acesso pode ser feito no seguinte endereço eletrônico:

<https://periodicos.unifesspa.edu.br/index.php/impactprojects/index>

E também pela plataforma OJS em:

<https://periodicos.unifesspa.edu.br/index.php/impactprojects/login>

DIRETRIZES PARA SUBMISSÃO

Os *templates* para submissão estão disponíveis em:

<https://pusc.unifesspa.edu.br/template.html>

CONDIÇÕES PARA SUBMISSÃO

Como parte do processo de submissão, os autores precisam verificar a conformidade da submissão em relação a todos os requisitos desta revista, que estão disponíveis em seu *site*. As submissões que não estiverem de acordo com esses requisitos serão devolvidas aos autores.

POLÍTICA DE PRIVACIDADE

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

EDITORIAL

ENSUS 2023: XI ENCONTRO DE SUSTENTABILIDADE EM PROJETOS

As universidades muitas vezes apresentam talentos excepcionais para o mundo, por princípio preocupam-se com a formação de qualidade de indivíduos. O **ENSUS** proporciona um ambiente propício para o desenvolvimento de habilidades únicas e talentos extraordinários, além de equipes multidisciplinares de trabalho.

O **ENSUS** e a revista **IMPACT projects** desempenham um papel crucial na divulgação da ciência e no compartilhamento de conhecimento com o público em geral. Através das iniciativas de divulgação científica, como palestras, *workshops*, exposições, oficinas, livro de resumos, revistas parceiras com o objetivo de tornar a ciência acessível e compreensível para uma ampla audiência. Essas atividades permitem que talentosos pesquisadores e estudantes transmitam suas descobertas e inovações, inspirando a próxima geração de cientistas, e despertando o interesse pelo conhecimento científico em outras pessoas. Além disso, ampliando e consolidando conhecimentos na formação de indivíduos.

O conhecimento, sobretudo multidisciplinar, não tem uma delimitação, permitindo que saberes distintos e complementares se tornem essenciais para o avanço da Ciência. O papel da ciência é atender as mazelas da sociedade, o caminho geralmente é longo, e trilhado através da pesquisa e/ou extensão, e sempre associado ao ensino.

O **ENSUS** e a revista **IMPACT projects** são ambientes que permitem formular e discutir ideias, e apresentar resultados provenientes de Relatórios Técnicos de Pósdoc, Teses, Dissertações, PFC's, TCC's e Projetos, tanto de extensão, pesquisa e ensino, como a atuação profissional no mercado de trabalho. Desta forma são ambientes democráticos que permitem a divulgação científica e tecnológica, promovendo a inovação e a criação de conhecimento.

A divulgação da ciência pelas universidades desempenha um papel essencial na promoção de uma sociedade mais informada e engajada com os avanços científicos e tecnológicos. A publicação de artigos científicos de forma ágil favorece a atualização da comunidade científica e da sociedade, aumenta a visibilidade e o impacto da pesquisa científica realizada por pesquisadores. Artigos científicos apresentam novos conhecimentos e conhecimentos aplicados que podem contribuir para a solução de problemas sociais e funcionar como eixo primordial do desenvolvimento do país.

A disponibilidade de artigos de qualidade e gratuitos para alunos, graduandos e pós-graduados, ou mesmo para comunidade em geral é sempre bem-vinda, visando a democratização do conhecimento. Além de ampliar a troca de informações - nacional e internacional, compreensão e absorção de experiências de diferentes universos de aprendizagem, dadas as características, seja de origem, influência regional ou temporal do desenvolvimento.

A revista **IMPACT projects**, nessa edição especial, mostra-se parceira na apresentação e discussão de resultados de projetos e investigações; divulgando de forma *online* e gratuita artigos sobre resultados de pesquisas apresenta-



dos no ENSUS; contribuindo com desenvolvimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável; incentivando as publicações de pesquisadores universitários, principalmente oportunizando aos alunos-pesquisadores a inserção e consolidação da prática de divulgar resultados de suas pesquisas.

A ciência para todos está enraizada em princípios de participação equitativa e transparente, permitindo que pesquisadores colaborem, examinem e reutilizem pesquisas, e divulguem o conhecimento o mais amplamente possível. Como tal, a disseminação inovadora é um elemento central da ciência. O desenvolvimento de ciência deve essencialmente estar pautado em princípios éticos, que se trata de direitos e deveres de voluntários e de pesquisadores ao desenvolver seus projetos, utilizar e disseminar seus achados científicos.

Embora as instituições em áreas socioeconomicamente favorecidas provavelmente possam pagar o acesso a artigos científicos de elevada qualidade, aquelas em países de baixa e média renda podem não conseguir, ampliando assim as disparidades existentes na disseminação do conhecimento e na publicação acadêmica. Desta forma, eventos e revistas científicas dispostas a divulgar ciência sem ou de baixo custo, com revisão por pares enfrenta enormes desafios e geralmente um trabalho invisível para a comunidade em geral.

Em alguns casos a verdade da ciência é transitória, é reflexo da capacidade de investigação do momento e da limitação de pesquisadores, então mais um motivo para fornecer artigos científicos para comunidade, tornando essa atualizada e oportunizando a comunicação de seus achados para melhor compreender e resolver as “dores” da sociedade.

À medida que o mundo se concentra no desenvolvimento de tecnologias limpas, o objetivo agora é alcançar um desenvolvimento econômico que seja fundamentalmente impulsionado pela inovação sustentável. Mais importante, esse objetivo visa resolver problemas socioeconômicos, encontrando maneiras de tornar o uso onipresente de tecnologias verdes e trazer ganhos econômicos em pequena/larga escala.

As publicações científicas são um indicador-chave do desenvolvimento de um país, e um ambiente de pesquisa científica saudável é um pré-requisito para o progresso científico. Para alcançar um crescimento econômico sustentável e de longo prazo, são necessários gastos com educação, pesquisa e desenvolvimento para produzir quantidades significativas de pesquisa inovadora. Existe uma relação direta entre a pesquisa e o desenvolvimento global das nações.

Palavras-chave: Sustentabilidade; Ciência; Divulgação; Pesquisa.

Florianópolis, 19 de julho de 2023.

RACHEL FAVERZANI MAGNAGO, Dr.^a

VIRTUHAB - TECNOLOGIAS SUSTENTÁVEIS INTEGRADAS - UFSC

SUMÁRIO

01. TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO E INOVAÇÃO 11

A RELAÇÃO ENTRE O *LEAN CONSTRUCTION* E A CERTIFICAÇÃO *LEED*: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA **13-26**
 LEONARDO, do Nascimento Melo; KALBUSCH, Andreza; LEITE, Luciana Rosa; PEREIRA, Carla Roberta.

TECNOLOGIAS E MÉTODOS EXPERIMENTAIS PARA CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS: A EXPERIÊNCIA DA CPE UFSM **27-40**
 VAGHETTI, Marcos Alberto Oss; ULIANA, Daniéli; LENZ, Michéli Beatriz; PAULI, Paloma.

CORREÇÃO DE SOLOS PARA TAIPA DE PILÃO COM REJEITO DE MINERAÇÃO: ANÁLISE DA LITERATURA **41-54**
 LAGE, Gabriela Tavares de Lanna; SANTOS, White José dos; BESSA, Sofia Araújo Lima.

02. RESISTÊNCIA, DESEMPENHO, PROBLEMA E RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL 55

AVALIAÇÃO FÍSICO-MECÂNICA DE SOLOS PARA EXECUÇÃO DE PAREDES AUTOPORTANTES EM TAIPA DE PILÃO **57-72**
 WOLENSKI, Anderson Renato Vobornik; BARIVIERA, Cássio Alexandre; KOPPE, Ezequiel; BORÇATO, Allan Guimarães; WELTER, Elisa Maria.

03. IMPACTO SOCIAL E ECONÔMICO 73

PROJETO DE *UP-CYCLING*: O DESENVOLVIMENTO DE UM ORGANIZADOR DE MESA DE CABECEIRA FEITO DE POLÍMERO PEAD RECICLADO **75-88**
 RATOLA, Fernanda Cardoso; NEVES, Carla Arcoverde de Aguiar.

AMBIENTE CONSTRUÍDO ESTRESSOR: O USO DOS PADRÕES BIOFÍLICOS NA MORADIA POPULAR **89-102**
 COSTA, Jullyene; ARRUDA, Amilton.



04. SUSTENTABILIDADE URBANA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA 103

AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA COMO FERRAMENTA PARA MEDIR A EFICIÊNCIA AMBIENTAL DO HIDROGÊNIO RENOVÁVEL 105-122

ABREU, Victor Hugo Souza de; CORALLI, Alberto; PROENÇA, Laís Ferreira Crispino; SANTOS, Andrea Souza.

FATORES PERTINENTES AO DESEMPENHO E SUSTENTABILIDADE DO MEIO URBANO: A PERCEPÇÃO DOS MORADORES BRASILEIROS 123-138

ESPERIDIÃO, Aline Ramos; PENTEADO, Ana Paula Bonini; FONTOLAN, Beatrice Lorenz; DEL-ROIO, Iolanda Geronimo; IAROZINSKI NETO, Alfredo.

ANÁLISE SISTEMÁTICA DA CONEXÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES COMERCIAIS COM OS OBJETIVOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS 139-156

REBELATTO, Bianca; SALVIA, Amanda; BUENO, Pietra; BRANDLI, Luciana; RODRIGUES, Gabriela.

MECANISMOS PARA CONCEPÇÃO DE PROJETOS DE EDIFICAÇÕES SUSTENTÁVEIS NO BRASIL 157-174

LUZ, Samantha Ohana de Miranda; GONÇALVES, Pedro Henrique; LIMA, Fabíolla Xavier Rocha Ferreira.

DESAFIOS E OPORTUNIDADES DA AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NO CONTEXTO DA LAGOA DA CONCEIÇÃO: o projeto USAT/ESA-B 175-194

LIBRELOTTO, Lisiane Ilha; BANDINI, Verônica; LUZ, Eduarda Cardoso da; BRAGA, Kamylla Emily; AGUIAR, Andressa Cristine de.

05. FORMAÇÃO/PERFIL PROFISSIONAL E MERCADO DE TRABALHO 195

A MUTAÇÃO DE UMA ARQUITETURA ANCESTRAL 197-210

RADÜNZ, Luana; NERBAS, Patrícia.

EDIFÍCIOS DE MADEIRA DURÁVEIS E COM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA 211-220

GUIMARÃES, Adriana Braga; GÓES, Matheus Barreto de; CARRASCO, Edgar Vladimiro Mantilla.

UMA ESTRUTURA DE GESTÃO URBANA PARA CIDADES INOVADORAS SUSTENTÁVEIS 221-230

IVANÓSKI, Chrystianne G.; CARVALHO, Marisa A.

01.

**TECNOLOGIA DO
AMBIENTE CONSTRUÍDO
E INOVAÇÃO**



01.

TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO E INOVAÇÃO

A RELAÇÃO ENTRE O *LEAN CONSTRUCTION* E A CERTIFICAÇÃO *LEED*: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA **13-26**

LEONARDO, do Nascimento Melo; KALBUSCH, Andreza; LEITE, Luciana Rosa; PEREIRA, Carla Roberta.

TECNOLOGIAS E MÉTODOS EXPERIMENTAIS PARA CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS: A EXPERIÊNCIA DA CPE UFSM **27-40**

VAGHETTI, Marcos Alberto Oss; ULIANA, Daniéli; LENZ, Michéli Beatriz; PAULI, Paloma.

CORREÇÃO DE SOLOS PARA TAIPA DE PILÃO COM REJEITO DE MINERAÇÃO: ANÁLISE DA LITERATURA **41-54**

LAGE, Gabriela Tavares de Lanna; SANTOS, White José dos; BESSA, Sofia Araújo Lima.

A RELAÇÃO ENTRE O LEAN CONSTRUCTION E A CERTIFICAÇÃO LEED: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA

THE RELATIONSHIP BETWEEN LEAN CONSTRUCTION AND LEED CERTIFICATION: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

Data de aceite: 04/07/2023 | Data de submissão: 22/06/2023

LEONARDO, do Nascimento Melo, mestrando em Engenharia Civil

UDESC, Joinville, Brasil, E-mail: leonardo.melo@edu.udesc.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5256-7725>.

KALBUSCH, Andreza, doutora em Engenharia Civil

UDESC, Joinville, Brasil, E-mail: andreza.kalbusch@udesc.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4770-1758>.

LEITE, Luciana Rosa, doutora em Engenharia de Produção

UDESC, Joinville, Brasil, E-mail: luciana.leite@udesc.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7240-9070>.

PEREIRA, Carla Roberta, doutora em Engenharia de Produção

UDESC, Joinville, Brasil, E-mail: carla.pereira@udesc.br

The Open University / Business School, Milton Keynes, Reino Unido, E-mail: carla.pereira@open.ac.uk

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5213-3671>.

RESUMO:

O aumento populacional possui uma relação direta no aumento na geração de resíduo e, conseqüentemente, no impacto ambiental. Diante desse cenário, surge a prática Lean-Green, ligando as práticas da construção enxuta com os conceitos sustentáveis, identificados em programas de certificação, como tentativa de implementar o uso eficiente dos recursos disponíveis. Em virtude disso, o presente trabalho tem como objetivo compreender a relação entre o Lean Construction (LC) e a certificação LEED. Foi realizada uma revisão sistemática de literatura nas bases EBSCO, Scopus e Web of Science. Foram identificados 30 artigos e, após a aplicação dos filtros, 12 artigos foram lidos integralmente para composição dos resultados apresentados. Como resultado, identificou-se relações existentes entre os princípios do sistema construtivo e as categorias da certificação, sendo esta a principal a sinergia entre as duas abordagens. Em relação aos benefícios, foram identificados: melhorias na gestão no canteiro de obras, e redução de custos e aperfeiçoamento na logística de materiais. Identificou-se ainda uma diferença no objetivo final de cada abordagem, tendo a certificação LEED foco em sustentabilidade, enquanto o LC, em redução de custos e desperdícios na execução da obra; tal diferença de objetivo é vista como uma barreira a conexão das abordagens.

PALAVRAS-CHAVE:

Lean-Green. Desperdício. Sustentabilidade. Meio ambiente. Revisão Sistemática de Literatura

ABSTRACT:

The growing population directly impacts waste generation and, consequently, the environment. In this context, Lean-Green practice emerges from the connection between lean construction practices and sustainable concepts in certification programs, aiming to implement the efficient use of available resources. Thus, this study aims to understand the relationship between Lean Construction (LC) and LEED certification. A systematic literature review was carried out on the EBSCO, Scopus, and Web of Science databases. Initially, 30 articles were identified, but only 12 were selected for critical reading and analysis. As a result, the main synergy between both approaches was identified as the existing relationship between the principles of the construction system and certification categories. Regarding benefits, we identified improvements in management at the construction site, cost reduction, and improvement in the logistics of materials. Differences were also found in the final objectives of each approach - LEED certification focuses on sustainability, while LC focuses on reducing costs and waste in the execution of the work. This difference is seen as a barrier to the connection between the studied approaches.

KEYWORDS:

Lean-Green. Waste. Sustainability. Environment. Systematic Literature Review.

1. INTRODUÇÃO

O aumento populacional, a expansão econômica, o crescente nível de urbanização e as inúmeras alterações de hábitos de consumo contribuem para um elevado índice de geração de resíduos (CUDJOE; ACQUAH, 2021). Segundo estes autores, estima-se que até o ano de 2050 serão produzidos, em âmbito global, quatro bilhões de toneladas de resíduos. Assim, devido ao limitado acesso aos recursos naturais causado pelo uso excessivo e pela concorrência característica do mercado construtor, torna-se importante a adoção de práticas sustentáveis no ramo da construção civil (ROQUE; PIERRI, 2019).

Neste sentido, o *Lean Construction* (LC), conceito proposto pelo finlandês Lauri Koskela, é definido como um sistema de otimização dos processos para melhorar a entrega final de um produto; no caso uma obra, eliminando desperdícios e agregando valor ao fluxo de entrega (KOSKELA, 1992). A construção enxuta vem tomando espaço no mercado sustentável, pois a mesma pode gerar benefícios como a redução na geração de resíduos, menor consumo de energia, garantido maior segurança ao trabalhador e com menor emissão de CO₂ (ALMEIDA; PICCHI, 2018).

Em contrapartida, a sustentabilidade, pode ser entendida como a capacidade da geração atual satisfazer suas necessidades sem que impeça que as gerações futuras supram também suas necessidades (BRUNDTLAND, 1987). A fim de avaliar o nível de sustentabilidade das edificações, diversas nações aderiram à utilização de certificações, como o selo Casa Azul + CAIXA no Brasil, o *Building Research Establishment Environmental Assessment Method* (BREEAM) no Reino Unido, *Building Environmental Performance Assessment Criteria* (BEPAC) no Canadá e a certificação americana *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) (CARNEIRO et al., 2012).

Esta última certificação, LEED, foi criada pelo *United States Green Building Council* (USGBC) em 1993 e é compreendida como uma ferramenta que objetiva o incentivo pela mudança dos projetos, obras e operações dos edifícios, sempre focando em sustentabilidade (USGBC, 2009). A LEED pode ser considerada o principal programa

de avaliação de sustentabilidade quando comparado aos demais (CARNEIRO et al., 2012).

Levando em consideração as duas abordagens descritas anteriormente (*Lean Construction* e a certificação LEED), emergiu-se, nas últimas décadas, a prática *Lean-Green*, sistema que une conceitos da gestão enxuta com a verde, influenciando as técnicas de uso eficiente dos recursos naturais, apoiando-se na melhora do desempenho construtivo e permitindo com que as empresas se mantenham em uma posição competitiva frente ao atual cenário da indústria (BHATTACHARYA; NAND; CASTKA, 2019).

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo compreender a relação entre o sistema de gestão LC e a certificação LEED. Para tal, este trabalho consiste em uma revisão sistemática de literatura dentro do período de 1993 e 2022 utilizando as bases *EBSCO*, *Scopus* e *Web of Science*. O presente estudo contribui para difundir o conhecimento sobre a convergência da técnica de gestão *Lean Construction* e a certificação LEED, sendo este um dos poucos estudos focados na conexão de ambas as práticas dentro de um canteiro de obras.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Lean Construction

A partir do relatório “*Application of the new production philosophy to Construction*”, Koskela (1992) adaptou princípios advindos do Sistema Toyota de Produção (TPS) para a indústria da construção civil, denominando a abordagem como *Lean Construction* (LC). Segundo este autor, LC pode ser definido como um conglomerado de princípios conectados que devem ser inclusos no método de gestão do setor construtor. Ainda, estes princípios devem ser utilizados para compreensão e respectiva entrega de valor segundo o cliente, através da redução de desperdícios, tempos de ciclo e atividades que não agreguem valor.

Ao longo do tempo, as pesquisas voltadas ao LC demonstraram diversas evoluções no sistema de gestão (LI et al., 2019). De acordo com os autores, a evolução é principalmente dividida em três períodos. O primeiro período é caracterizado pela adoção da abordagem e gestão de custos; o segundo, voltado para desempenho e confiabilidade nos projetos e o terceiro, pela conexão com a sustentabilidade, a pré-fabricação e com a metodologia BIM. O desenvolvimento do LC, além da busca pela alteração do sistema construtor, de empurrado para puxado, trouxe inúmeros benefícios à construção civil (AHMED; HOSSAIN; HAQ, 2021), conforme ilustrado no Quadro 1.

Entretanto, apesar de tais benefícios e de ter apresentado uma melhoria no quesito sustentabilidade, o mercado construtor ainda demonstra um baixo nível de implementação dos conceitos do LC atrelados à construção sustentável (PANDITHAWATTA; ZAINUDEEN.; PERERA, 2019). De acordo com estes autores, esse fato é justificado pelo conhecimento insuficiente do LC e das práticas de construção sustentável e também pela escassez de profissionais verdes e enxutos disponíveis no mercado.

2.2. Certificação LEED

A certificação *Leadership in Energy and Environmental Design* tem sua origem em 1993 é uma ferramenta da construção verde caracterizado como um conjunto de normas e requisitos que busca apresentar o nível de sustentabilidade nas edificações, considerando projeto, construção, operação, manutenção e respectiva demolição (USGBC,2009). O selo entrega, por meio de um processo de validação estruturado, a análise de edificações ou comunidades, projetadas, construídas e/ou em operação dispõem de recursos estratégicos que permitam uma melhora no desempenho energético, captação e consumo eficiente de água, redução na emissão de gás carbônico (CO₂), qualidade interna do ambiente e gestão e controle dos seus impactos ambientais.

Quadro 1: Benefícios da implementação da construção enxuta (continua).

Benefício	Pesquisadores
Redução no custo da construção	SALEM et al. (2005); ZIMINA et al. (2012); AZIZ e HAFEZ (2013); BAJJOU (2017); SARHAN et al. (2017)
Aumento na segurança da construção	IKUMA, NAHMENS e JAMES (2011); BAJJOU (2017a, b); BABALOLA et al. (2018), WU et al. (2019)
Melhoria na qualidade da construção	HOFACKER et al. (2008); OLATUNJI (2008); MARHANI et al. (2012); OAKLAND e MAROSSZEKY (2017); BAJJOU e CHAFI (2018)
Redução na duração total do projeto	SALEM et al. (2005); FORBES e AHMED (2010); HYATT (2011); BAJJOU E CHAFI (2018); SARHAN et al. (2018)
Redução dos impactos ambientais	DEGANI e CARDOSO (2002); AYARKWA et al. (2012); ROSENBAUM et al. (2012); BABALOLA et al. (2018); BAJJOU e CHAFI (2018)
Aprimora o desenvolvimento sustentável do projeto	NAHMENS e IKUMA (2012); MARHANI et al. (2012); DIXIT et al. (2017); SAIEG et al. (2018)
Aumento de produtividade e satisfação do cliente	FREIRE e ALARCÓN (2002); ERIK ERIKSSON (2010); NAHMENS e IKUMA (2011); OAKLAND e MAROSSZEKY (2017)

Fonte: Adaptado de Ahmed, Hossain e Haq (2021).

As certificações, principalmente a LEED, facilitaram a compreensão das informações voltadas às práticas sustentáveis, permitindo assim a maior difusão e atração da prática dentro do mercado construtor (LI; FANG; YANG, 2021). Edificações certificadas LEED apresentam maior satisfação no quesito conforto, em comparação a edifícios que não são certificados (VOSOUGHKHOSRAVI; DIXON-GRASSO; JAFARI, 2022). Entretanto, ainda segundo estes autores, as edificações que focaram em pontuar mais em algumas categorias específicas apresentaram um alto consumo de energia elétrica. Apesar do custo da edificação certificada, levando em consideração todo o seu ciclo de vida, ser menor, o custo inicial de construções que buscam a certificação é consideravelmente maior por conta de valores adicionais consequentes da compra de materiais sustentáveis, mudança em processos executivos e produtos tecnológicos avançados que são necessários para obtenção de créditos LEED (SEYIS, 2022).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A fim de alcançar os objetivos definidos, o presente estudo desenvolveu uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL) para identificar estudos publicados sobre a relação existente entre o método de construção LC e a certificação LEED. Segundo Galvão e Ricarte (2019), a RSL é compreendida como uma técnica de estudo estruturada por um protocolo bem definido com o objetivo de identificar, analisar e interpretar o estado da arte para uma questão de pesquisa previamente estabelecida e de maneira imparcial.

Por tanto, foi estabelecida a seguinte questão de revisão: *Qual a relação existente entre o Lean Construction e a Certificação LEED?*

Esta pesquisa envolveu estudos encontrados a partir da *string* de pesquisa “Lean Construct* AND LEED”. Foram estabelecidos como critérios de seleção: (a) artigos escritos em inglês ou português; (b) artigos revisados por pares e/ou publicados no *International Group for Lean Construction* (IGLC); (c) artigos originais que apresentassem a relação entre LC e LEED.

A pesquisa foi realizada nas bases eletrônicas de periódicos *EBSCO*, *Scopus* e *Web of Science* no período de 29 anos (janeiro de 1993 a dezembro de 2022). A escolha do início do período baseou-se no ano em que a USGBC criou a certificação LEED.

A aplicação dos dois primeiros filtros foi realizada no programa *State of Art (StArt)* da Universidade Federal de São Carlos – UFSCAR. A triagem inicial foi baseada na leitura do título, palavras-chave e resumos dos artigos. O segundo filtro apoiado na leitura da introdução e conclusão. O terceiro filtro foi aplicado no programa NVivo da QSR Internacional, compreendido pela leitura completa dos artigos para compreensão da relação e, por fim, uma nova leitura nos artigos aprovados para apresentação dos resultados, conforme Figura 1. Ao final, 12 artigos (de 30 iniciais) foram selecionados para leitura completa e análise de dados.

A análise dos dados foi realizada por meio da coleta de conteúdos (BARDIN, 2008), os códigos para cruzamento dos dados foram obtidos por meio da leitura e extração de semelhanças, barreiras e benefícios da relação do LC com a certificação LEED. Os códigos obtidos foram analisados com a utilização da técnica de análise de concorrência, método utilizado para salientar como um argumento conecta com outros (THOMÉ; SCAVARDA; SCAVARDA, 2016).

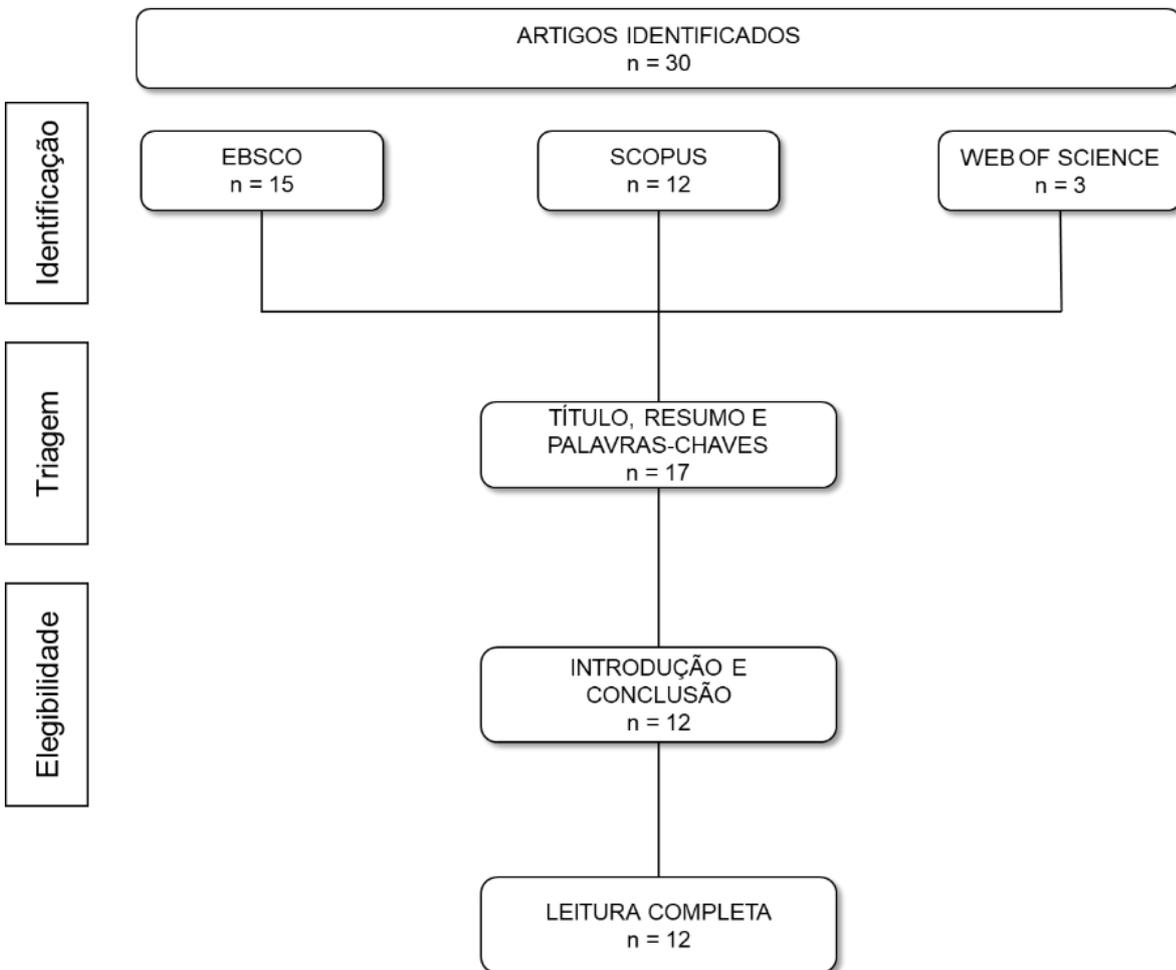
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise dos artigos apresenta um panorama geral sobre a relação apresentadas pelos autores entre a certificação LEED e o sistema de construção LC.

O Lean Construction (uma aplicação de metodologias da produção enxuta baseada no Sistema Toyota de Produção e aplicado no setor de construção civil) tem como objetivo melhorar a atuação dos processos construtivos por meio da redução de desperdícios, seguindo 11 princípios (KOSKELA, 1992):

- P(1) – Reduzir de atividades que não agregam valor;
- P(2) – Aumentar o valor agregado a partir das considerações do cliente;
- P(3) – Reduzir a variabilidade;
- P(4) – Reduzir o tempo de ciclo de cada atividade;
- P(5) – Simplificar processos reduzindo o número de etapas;
- P(6) – Aumentar flexibilidade no processo construtivo;
- P(7) – Aumentar transparência dos processos;
- P(8) – Focar no controle do processo como um todo;
- P(9) – Implantar a melhoria contínua nos processos;
- P(10) – Equilibrar a melhoria do fluxo com a melhoria da conversão;
- P(11) – Benchmark.

Figura 1 - Fluxograma da seleção de artigos incluídos na revisão sobre *Lean Construction* e LEED.



Fonte: Autores.

Por outro lado, a certificação LEED é um programa da construção sustentável criado nos Estados Unidos e compreendido como um sistema de classificação Scorecard (KORANDA et al., 2012). A certificação é dividida pelas seguintes categorias (USGBC, 2023):

- C(a) – Espaços sustentáveis;
- C(b) – Eficiência do uso da água;
- C(c) – Energia e atmosfera;
- C(d) – Materiais e recursos;
- C(e) – Qualidade no ambiente interno;
- C(f) – Inovação e processos;
- C(g) – Prioridade regional;
- C(h) – Localização e transporte;

A relação identificada entre os princípios do LC e as categorias da certificação LEED é apresentada no Quadro 2 e discutida a seguir.

Quadro 2: Relação entre os princípios do LC e as categorias do LEED.

Lean\LEED	C(a)	C(b)	C(c)	C(d)	C(e)	C(f)	C(g)	C(h)
P(1)								
P(2)	x	x	x	x	x	x	x	
P(3)			x	x	x	X		
P(4)				x				
P(5)				x				
P(6)								
P(7)								
P(8)								
P(9)		x	x	x	x	x	X	
P(10)								
P(11)								

Fonte: Autores.

Os princípios “reduzir de atividades que não agregam valor”, “aumentar flexibilidade no processo construtivo”, “aumentar transparência dos processos”, “focar no controle do processo como um todo”, “equilibrar a melhoria do fluxo com a melhoria da conversão” e “benchmark” não apresentam relação com as categorias da certificação, pois o LEED não foca na redução de variabilidade ou em flexibilidade do processo (SADIKOGLU; DEMIRKESEN; ZHANG, 2022). Ao contrário, o mesmo atua como uma avaliação das características sustentáveis da edificação (VALENTE; MOURÃO; BARROS, 2013).

Os princípios do *Lean Construction* que mostraram relação mais próxima com a certificação LEED são: “aumentar o valor agregado a partir das considerações do cliente”, o que se deve ao fato de que os critérios estabelecidos pelo selo focam diretamente na melhora da qualidade de vida do usuário (CARNEIRO et al., 2012); “reduzir a variabilidade” se encaixa com algumas categorias do selo, pois o mesmo engloba critérios que permitem uma padronização do projeto como, por exemplo, o gerenciamento de resíduos (FORBES, 2013); e “implantar a melhoria contínua nos processos”, visto que a própria certificação LEED é um processo de melhoria contínua (PARRISH, 2012).

Além disso, observou-se que algumas características da certificação LEED se assemelham a algumas ferramentas do sistema construtivo *Lean Construction*. O ciclo de melhoria contínua PDCA (*Plan-Do-Check-Act*), por exemplo, é composto por quatro etapas: planejar; fazer; checar e agir. A etapa checar é a própria aplicação da certificação LEED, pois consiste em uma verificação do cumprimento de critérios que podem ser corrigidos (RAMKRISHNAN; ROPER; CASTRO-LACOUTURE, 2007). Adicionalmente, a *Kaizen* (abordagem focada em buscar a melhoria contínua nos processos construtivos) é outra ferramenta bastante semelhante à certificação, uma vez que ela é representada pelo líder *Kaizen* e o selo possui créditos para projetos que possuam um LEED AP, profissional credenciado especialista em LEED (CARNEIRO et al, 2012).

Outros resultados extraídos deste estudo são referentes aos principais benefícios da relação *Lean Construction* e certificação LEED, os quais são apresentados no Quadro 3.

Quadro 3: Benefícios da relação LEED x *Lean Construction*.

Item	Benefício	Autores
Canteiro de obras	Melhora na disposição e transporte dos materiais, qualidade das instalações provisórias existentes e na segurança do canteiro de obras.	CUNHA; LIMA (2017), ORSI et al. (2021)
Custos	Custos adicionais em virtude dos requisitos da certificação LEED são compensados com a economia resultante da aplicação do <i>Lean Construction</i> .	CUNHA; LIMA (2017)
Gestão de resíduos	Projetos apresentam cerca de 80% de reciclagem dos resíduos gerados na obra e com maior espaço para armazenamento e seleção dos mesmos, reduzindo, em média, 20% da geração de desperdícios.	KORANDA et al. (2012), SAGGIN et al. (2015)
Materiais	Os créditos por material legalizado exigem armazenamento adequado e processo de instalação específico, requisitos cumpridos com a aplicação de ferramentas do LC.	CUNHA; LIMA (2017)

Fonte: Autores.

Dos 12 artigos selecionados, 5 apresentaram barreiras que podem dificultar a implementação da certificação LEED em canteiros de obras enxutos, como requisitos da certificação e cultura da gestão enxuta, lacuna no conhecimento sobre a conexão entre as frentes e iniciativas sobre a adoção de ambas (Quadro 4).

Quadro 4: Barreiras da aplicação LEED x *Lean Construction*.

Item	Barreira	Autores
Ferramenta x Crédito	Alinhar alguns requisitos estabelecidos pela certificação com ferramentas do LC. Ex: <i>Just-in-time</i> (JIT) com o prazo de entrega da madeira certificada.	KORANDA et al. (2012)
Conhecimento	Apesar da difusão do conhecimento sobre a certificação LEED, bem como sobre o LC, existe uma escassez de estudos que liguem as duas abordagens em um canteiro de obras.	HOLLOWAY; PARRISH (2013)
Foco	A certificação LEED atua no foco sustentável, contemplando todo o ciclo de vida da edificação, e o LC foca na eliminação de resíduos, economia e criação de valor, especificamente na construção da edificação.	PARRISH (2012), SAGGIN et al. (2015)
Iniciativa	O LC é um processo comportamental voltado para prática de atuação da construtora, enquanto que o selo LEED é uma opção de implementação que, comumente, é uma opção do proprietário e/ou cliente.	MARIS; PARRISH (2016)

Fonte: Autores.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo se estrutura a partir de uma análise sistemática de literatura para melhor entender a relação entre dois constructos atualmente explorados de maneira individual. Como resultado, observou-se que os princípios do LC que mais se relacionam com as categorias da certificação são o aumento do valor agregado a partir das considerações do cliente, a redução de variabilidade e a implantação da melhoria contínua nos processos, uma vez que a certificação foca na melhoria da qualidade de vida do usuário, permitindo a padronização na execução do projeto e, conseqüentemente, um processo de melhoria contínua. Algumas ferramentas do sistema construtivo se assemelham a características da certificação, como o ciclo PDCA, pois o próprio certificado é uma maneira de checar os processos de construção.

A relação do LC com a certificação pode gerar alguns benefícios, como melhora na logística no canteiro de obra, segurança dos trabalhadores, economia nos custos de execução da obra e redução nos desperdícios. Apesar dos benefícios, essa relação apresenta ainda barreiras, tais como: alinhar algumas ferramentas do LC aos critérios estabelecidos pelo selo, a falta de estudos sobre a relação entre as abordagens incluídas no canteiro de obras; e as iniciativas da aplicação, que podem ter enfoques distintos, já que o LC parte de ações da construtora enquanto que a certificação, na maioria das vezes, depende do interesse do cliente/proprietário.

Este estudo limitou-se em uma análise de artigos disponíveis em três bases de dados escolhidas (*EBSCO*, *Scopus* e *Web of Science*). Desta forma, como oportunidades de estudos futuros recomenda-se que seja realizado uma meta-análise nas bases que não foram incluídas neste artigo, como Springer ou SciELO, além de validar tais resultados teóricos a partir de estudos empíricos.

REFERÊNCIAS

AHMED, Shakil; HOSSAIN, Md Mehrab; HAQ, Iffat. Implementation of lean construction in the construction industry in Bangladesh: awareness, benefits and challenges. **International Journal of Building Pathology and Adaptation**, v. 39, n. 2, p. 368-406, 2021.

ALMEIDA, Eduardo Lavocat Galvão de; PICCHI, Flávio Augusto. The relationship between lean construction and sustainability. **Ambiente Construído**, v. 18, p. 91-109, 2018.

AYARKWA, J. et al. Perspectives for the implementation of lean construction in the Ghanaian construction industry. **Journal of Construction Project Management and Innovation**, v. 2, n. 2, p. 345-359, 2012.

AZIZ, Remon Fayek; HAFEZ, Sherif Mohamed. Applying lean thinking in construction and performance improvement. **Alexandria engineering journal**, v. 52, n. 4, p. 679-695, 2013.

BABALOLA, Oluwatosin; IBEM, Eziyi O.; EZEMA, Isidore C. Implementation of lean practices in the construction industry: A systematic review. **Building and environment**, v. 148, p. 34-43, 2018.

BAJJOU, Mohamed Saad; CHAFI, Anas; EN-NADI, Abdelali. A comparative study between lean construction and the traditional production system. In: **International Journal of Engineering Research in Africa**. Trans Tech Publications Ltd, 2017a. p. 118-132.

BAJJOU, Mohamed Saad; CHAFI, Anas. Lean construction implementation in the Moroccan construction industry: Awareness, benefits and barriers. **Journal of Engineering, Design and Technology**, 2018.

BAJJOU, Mohamed Saad; CHAFI, Anas; EN-NADI, Abdelali. The potential effectiveness of lean construction tools in promoting safety on construction sites. In: **International Journal of Engineering Research in Africa**. Trans Tech Publications Ltd, 2017b. p. 179-193.

BARDIN, L. (2008). *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70.

BHATTACHARYA, Ananya; NAND, Alka; CASTKA, Pavel. Lean-green integration and its impact on sustainability performance: A critical review. **Journal of Cleaner Production**, v. 236, p. 117697, 2019.

CARNEIRO, Sarah Bastos de Macedo, et al. "Lean and green: a relationship matrix." **Annual Conference of the International Group for Lean Construction**, 2012.

CUDJOE, Dan; ACQUAH, Patience Mensah. Environmental impact analysis of municipal solid waste incineration in African countries. **Chemosphere**, v. 265, p. 129186, 2021.

CUNHA, Thaís; LIMA, Mariana MX. Analysis of the influence of Lean Construction and LEED Certification on the quality of construction sites. In: **25th Annual Conference of the International. Group for Lean Construction**. 2017.

DEGANI, Clarice Menezes; CARDOSO, Francisco Ferreira. Environmental Performance and Lean Construction Concepts: can we talk about a 'clean construction'. In: **Proceedings IGLC**. 2002. p. 2002.

DIXIT, S. et al. Area of linkage between lean construction and sustainability in Indian construction industry. **International Journal of Civil Engineering and Technology**, v. 8, n. 8, 2017.

ERIK ERIKSSON, Per. Improving construction supply chain collaboration and performance: a lean construction pilot project. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 15, n. 5, p. 394-403, 2010.

FREIRE, Javier; ALARCÓN, Luis F. Achieving lean design process: Improvement methodology. **Journal of Construction Engineering and management**, v. 128, n. 3, p. 248-256, 2002.

FORBES, Lincoln H. Does Lean Construction Render Commissioning Obsolete? A Preliminary Study and Dialogue. In: **An. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction**. 2013.

GALVÃO, Maria Cristiane Barbosa; RICARTE, Ivan Luiz Marques. Revisão sistemática da literatura: conceituação, produção e publicação. **Logeion: Filosofia da informação**, v. 6, n. 1, p. 57-73, 2019.

HOFACKER, A. et al. Rapid lean construction-quality rating model (LCR). In: **16th International Group for Lean Construction Conference (IGLC16)**. 2008. p. 1-11.

HOLLOWAY, Skyler; PARRISH, Kristen. The contractor's self-perceived role in sustainable construction: survey results. In: **21st Annual Conference of the International Group for Lean Construction 2013, IGLC 2013**. The International Group for Lean Construction, 2013. p. 865-874.

IKUMA, Laura H.; NAHMENS, Isabelina; JAMES, Joel. Use of safety and lean integrated kaizen to improve performance in modular homebuilding. **Journal of construction engineering and management**, v. 137, n. 7, p. 551-560, 2011.

KHASHE, S. et al. Influence of LEED branding on building occupants' pro-environmental behavior. **Building and Environment**, v. 94, p. 477-488, 2015.

KORANDA, C. et al. An investigation of the applicability of sustainability and lean concepts to small construction projects. **KSCE Journal of Civil Engineering**, v. 16, n. 5, p. 699-707, 2012.

KOSKELA, Lauri. **Application of the new production philosophy to construction**. Stanford: Stanford university, 1992.

LI, L. et al. A review of global lean construction during the past two decades: analysis and visualization. **Engineering, Construction and Architectural Management**, 2019.

LI, Weilin; FANG, Guanyu; YANG, Liu. The effect of LEED certification on office rental values in China. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, v. 45, p. 101182, 2021.

MARHANI, Mohd Arif; JAAPAR, Aini; BARI, Nor Azmi Ahmad. Lean Construction: Towards enhancing sustainable construction in Malaysia. **Procedia-social and behavioral sciences**, v. 68, p. 87-98, 2012.

MARIS, Kelsey; PARRISH, Kristen. The confluence of lean and green construction practices in the commercial buildings market. In: **ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION**. 2016.

NAHMENS, Isabelina; IKUMA, Laura H. Effects of lean construction on sustainability of modular homebuilding. **Journal of architectural engineering**, v. 18, n. 2, p. 155-163, 2012.

OAKLAND, John S.; MAROSSZEKY, Marton. **Total construction management: Lean quality in construction project delivery**. Taylor & Francis, 2017.

OLATUNJI, J. Lean-in-Nigerian construction: State, barriers, strategies and “go-to-gemba” approach.”. In: **Proceedings of the 16th annual conference of the international group for lean construction, Manchester, UK**. 2008. p. 16-18.

ORSI, Alessandro et al. Improving Green Building Project Management Processes through the Lean Approach. **Lean Construction Journal**, p. 156-179, 2021.

PANDITHAWATTA, TPWSI; ZAINUDEEN, N.; PERERA, C. S. R. An integrated approach of Lean-Green construction: Sri Lankan perspective. **Built Environment Project and Asset Management**, v. 10, n. 2, p. 200-214, 2020.

PARRISH, Kristen. Lean and Green Construction: lessons learned from design and construction of a modular LEED® gold building. In: **20th Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC 2012**. 2012.

RAMKRISHNAN, Karthik; ROPER, Kathy; CASTRO-LACOUTURE, Daniel. Green Building rating and Delivery Systems in Building Construction: toward aec+ p+ f integration. In: **Annual Conference of the International Group for Lean Construction**. 2007.

ROQUE, Rodrigo Alexander Lombardi; PIERRI, Alexandre Coan. Uso inteligente de recursos naturais e sustentabilidade na construção civil. **Research, society and development**, v. 8, n. 2, p. e3482703-e3482703, 2019.

ROSENBAUM, Sergio; TOLEDO, Mauricio; GONZALEZ, Vicente. Green-lean approach for assessing environmental and production waste in construction.

In: **Proceedings of the 20th Annual Conference of the IGLC, San Diego, CA, USA**. 2012. p. 18-20.

SADIKOGLU, Emel; DEMIRKESEN, Sevilay; ZHANG, Chengyi. Identifying the Commonalities between Lean Construction and LEED Requirements. In: **Construction Research Congress 2022**. p. 269-277.

SAGGIN, A.B. et al. Comparing investments in sustainability with cost reduction from waste due to lean construction. In: **Annual Conference of the International Group for Lean Construction**. 2015. p. 223-232.

SAIEG, P. et al. Interactions of building information modeling, lean and sustainability on the architectural, engineering and construction industry: a systematic review. **Journal of cleaner production**, v. 174, p. 788-806, 2018.

SALEM, O. et al. Lean construction: From theory to implementation. **Journal of management in engineering**, v. 22, n. 4, p. 168-175, 2006.

SARHAN, J. G. et al. Lean construction implementation in the Saudi Arabian construction industry. **Construction economics and building**, v. 17, n. 1, p. 46-69, 2017.

SEYIS, Senem. Case study for comparative analysis of BIM-based LEED building and nonLEED building. **Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**, v. 28, n. 3, p. 418-426, 2022.

THOMÉ, Antônio Márcio Tavares; SCAVARDA, Luiz Felipe; SCAVARDA, Annibal José. Conducting systematic literature review in operations management. **Production Planning & Control**, v. 27, n. 5, p. 408-420, 2016.

USGBC, LEED. LEED 2009 for new construction and major renovations. **Washington, DC: USGBC**, 2009.

USGBC. LEED v4.1 operations and maintenance. **Washington, DC: USGBC**, 2023.

VALENTE, Caroline P.; MOURÃO, C. A. M. A.; BARROS NETO, J. D. P. Lean and green: how both philosophies can interact on strategic, tactical and operational levels of a company. In: **Proceedings of the 20th Annual Conference of IGLC**. Fortaleza: IGLC, 2013. p. 925-934.

VOSOUGHKHOSRAVI, Sorena; DIXON-GRASSO, Lesheena; JAFARI, Amirhosein. The impact of LEED certification on energy performance and occupant satisfaction: A case study of residential college buildings. **Journal of Building Engineering**, v. 59, p. 105097, 2022.

WU, X. et al. Impacts of lean construction on safety systems: A system dynamics approach. **International journal of environmental research and public health**, v. 16, n. 2, p. 221, 2019.



ZIMINA, Daria; BALLARD, Glenn; PASQUIRE, Christine. Target value design: using collaboration and a lean approach to reduce construction cost. **Construction management and economics**, v. 30, n. 5, p. 383-398, 2012.

TECNOLOGIAS E MÉTODOS EXPERIMENTAIS PARA CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS: A EXPERIÊNCIA DA CPE UFSM

TECHNOLOGIES AND EXPERIMENTAL METHODS FOR SUSTAINABLE CONSTRUCTIONS: THE EXPERIENCE OF CPE UFSM

Data de aceite: 04/07/2023 | Data de submissão: 25/06/2023

**VAGHETTI, Marcos Alberto Oss, Doutor em Engenharia de Minas,
Metalúrgica e dos Materiais**

UFSM, Santa Maria, Brasil, E-mail: marcos.vagheti@ufsm.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8702-0482>

ULIANA, Daniéli, Doutoranda em Geografia

UFSM, Santa Maria, Brasil, E-mail: daniuliana95@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9356-8046>

**LENZ, Michéli Beatriz, Engenheira Sanitarista em Ambiental, graduanda
em Engenharia Civil**

UFSM, Santa Maria, Brasil, E-mail: micheli_lenz@hotmail.com

PAULI, Paloma, Mestranda Educação Matemática e Ensino de Física

UFSM, Santa Maria, Brasil, [E-mail: palomapauliproj@gmail.com](mailto:palomapauliproj@gmail.com)

RESUMO:

Este trabalho tem como objetivo principal apresentar os materiais e experimentos utilizados no protótipo da CPE da UFSM, com ênfase na Avaliação Pós Ocupação. A CPE foi concebida como uma residência de baixo custo, tendo como base o interesse social e a busca por soluções sustentáveis e melhorias no ambiente construído. A avaliação realizada neste estudo é apresentada a partir da perspectiva dos alunos moradores do protótipo, abordando diversos aspectos relevantes em uma APO. São discutidos temas como a compartimentação e funcionalidade do imóvel, possíveis falhas construtivas identificadas, desempenho dos materiais e dispositivos utilizados, além dos aspectos de conforto, incluindo aspectos térmicos, de iluminação natural e artificial, acústicos e de ventilação natural. Adicionalmente, o estudo busca trazer à luz do conhecimento a funcionalidade, limitações e potencialidades dos experimentos e materiais empregados na CPE. Busca-se, assim, apresentar possíveis soluções sustentáveis que podem ser aplicadas em futuros projetos de construção.

PALAVRAS-CHAVE:

Sustentabilidade. Inovação. Vivência. Protótipo

Abstract:

The main objective of this work is to present the materials and experiments used in the prototype of the UFSM CPE, with emphasis on Post Occupation Evaluation. The CPE was conceived as a low-cost residence, based on social interest and the search for sustainable solutions and improvements in the built environment. The evaluation carried out in this study is presented from the perspective of students

living in the prototype, addressing several relevant aspects in an APO. Topics such as compartmentalization and functionality of the property, possible identified constructive flaws, performance of materials and devices used, in addition to aspects of comfort, including thermal aspects, natural and artificial lighting, acoustics and natural ventilation are discussed. Additionally, the study seeks to bring to light the functionality, limitations and potential of the experiments and materials used in the CPE. Thus, the aim is to present possible sustainable solutions that can be applied in future construction projects.

KEYWORDS:

Sustainability. Innovation. Experience. Prototype.

1. INTRODUÇÃO

Para desenvolver uma construção sustentável que atenda às necessidades das Habitações de Interesse Social (HIS), é essencial considerar soluções ecológicas que envolvam materiais ecoeficientes e economicamente viáveis. Isso se torna ainda mais relevante quando se trata de moradias destinadas a famílias de baixa renda, com rendimento mensal de até três salários mínimos. A implementação de práticas sustentáveis nessas habitações não apenas contribui para a preservação ambiental, mas também promove a melhoria das condições de vida das comunidades de baixa renda, garantindo maior conforto e qualidade de vida.

Nesse contexto, a Casa Popular Eficiente (CPE) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) se destaca como um protótipo de residência voltado para o interesse social e baixo custo. A CPE busca ser uma alternativa viável e replicável, que busca combinar inovação e sustentabilidade na construção de moradias acessíveis para as populações mais vulneráveis. Por meio da adoção de materiais e experimentos cuidadosamente selecionados, a CPE visa demonstrar o potencial de soluções sustentáveis para futuras construções de HIS.

Nesse contexto, a Casa Popular Eficiente (CPE) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) se destaca como um protótipo de residência voltado para o interesse social e baixo custo. A CPE busca ser uma alternativa viável e replicável, que busca combinar inovação e sustentabilidade na construção de moradias acessíveis para as populações mais vulneráveis. Por meio da adoção de materiais e experimentos cuidadosamente selecionados, a CPE visa demonstrar o potencial de soluções sustentáveis para futuras construções de HIS.

As Avaliações Pós Ocupação (APO) são essenciais para aprimorar e validar projetos habitacionais sustentáveis, permitindo obter feedback direto dos moradores e usuários. Na CPE da UFSM, a APO proporciona aos alunos moradores a oportunidade de compartilhar suas experiências e perspectivas sobre a casa, abordando aspectos como compartimentação, funcionalidade, desempenho dos materiais e conforto ambiental. Com base na análise dos resultados da APO da CPE, este artigo tem como objetivo principal apresentar os materiais e experimentos empregados na construção do protótipo.

Este artigo tem como objetivo principal apresentar os materiais e experimentos utilizados na construção do protótipo da CPE. Além disso, destaca as contribuições da CPE para futuras construções sustentáveis, fornecendo insights para o desenvolvimento de habitações acessíveis e ecologicamente responsáveis. Através da análise e discussão dos aspectos relacionados à compartimentação, funcionalidade, desempenho dos materiais e conforto ambiental, este estudo oferece

diretrizes e sugestões para aprimorar projetos futuros, considerando as exigências normativas e as necessidades das comunidades de baixa renda.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Para Rubin e Bolfe (2014, p. 202), o crescimento urbano é responsável por gerar uma sobrecarga no que tange à infraestrutura, afetando diretamente a funcionalidade das cidades e comprometendo a qualidade de vida da população, de modo que “o problema habitacional e as inadequadas condições de moradia da população de baixa renda também são problemas gerados pela acelerada urbanização”. Nesse sentido, é necessário que existam outras alternativas e investimentos nas cidades, como forma de mitigar os impasses causados pelo processo de urbanização.

A questão habitacional no Brasil, historicamente falando, segundo Bonduki (p.724, 1994) teve seu desenvolvimento em larga escala somente em 1937. Conforme o autor supracitado, a criação das carteiras prediais dos Institutos de Aposentadoria e Pensões (IAPs), e em seguida - 1946 - a instituição da Fundação da Casa Popular, foram as primeiras iniciativas governamentais no que se refere às habitações sociais. Assim, para Bonduki (p.724, 1994), “a produção estatal de moradias para os trabalhadores representa o reconhecimento oficial de que a questão habitacional não seria equacionada apenas através do investimento privado, requerendo, necessariamente, intervenção do poder público”. Conforme Rubin e Bolfe (p.212, 2014), as IAPs são bons exemplos de conjuntos habitacionais no Brasil, pois além de atender às demandas dos moradores, destacavam-se “pela sua implantação em áreas consolidadas e não na periferia urbana”.

Em 1964 foi criado o Banco Nacional de Habitação, com o objetivo de priorizar moradias para famílias com renda mensal entre 1 e 3 salários mínimos. Segundo Marguti (p. 119-120, 2018), os empreendimentos estavam implementados nas periferias das cidades, “distantes da infraestrutura urbana implantada, reforçando a desigualdade social por meio da exclusão territorial e do cerceamento do direito à cidade”.

Conforme Marguti (p. 119-120, 2018), isso vem “sendo reproduzido nas soluções habitacionais mais recentes”. Rubin e Bolfe (p.212, 2014), corroboram essa ideia ao destacar que, com a inserção das atividades do Banco Nacional de Habitação, não foram levadas em consideração às demandas dos moradores em relação a qualidade urbanística e/ou arquitetônica das moradias, de modo que buscava-se apenas “resolver o problema habitacional em números e não em eficiência e qualidade”.

Em março de 2009 foi lançado o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) com o objetivo de “viabilizar a produção habitacional em larga escala, enfrentando o déficit habitacional, na perspectiva de zerá-lo no longo prazo” (Marguti, p. 122, 2018). Para Rubin e Bolfe (2014), o slogan “construir dois milhões de moradias” do programa supracitado, encontra as mesmas problemáticas habitacionais do BNH em função de, não dar ênfase às demandas dos moradores. Para Rubin e Bolfe (p.212, 2014) as moradias devem adequar-se às necessidades dos moradores pois, na maioria dos

casos, as HIS estão inseridas em “áreas desprovidas de mínimas condições de vida para essas populações”.

Segundo Marguti (p.130, 2018), “construir cidades espacialmente mais justas e que se reproduzam sem ocasionar ainda mais danos ambientais exige um diagnóstico realista das características e condições de vida dos indivíduos e famílias”. Portanto, sendo necessário fazer um levantamento do perfil sociodemográfico, vulnerabilidades, possibilidades e potencialidades de desenvolvimento dessas áreas, para que seja um espaço de desenvolvimento democrático.

Desta forma, a busca por residências economicamente atrativas, que atendam às demandas populacionais e respeitem o meio ambiente vêm crescendo na construção civil. De acordo com Medeiros e Nardi (p. 8, 2012)

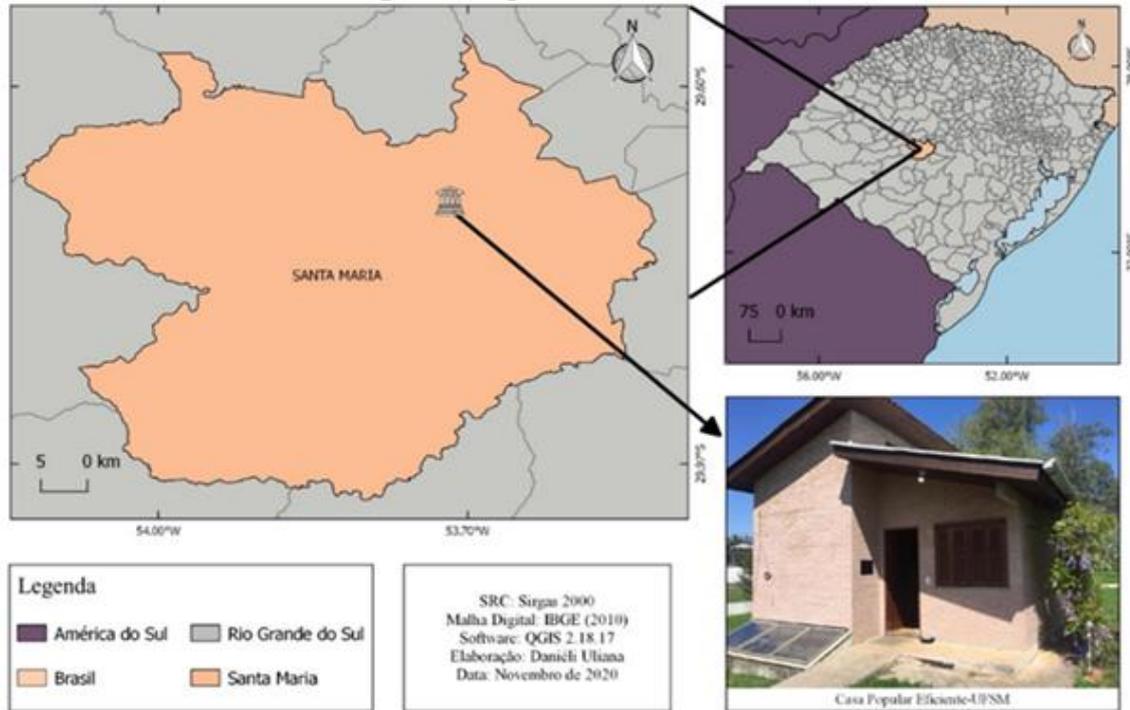
Assim como a Engenharia, a sustentabilidade é altamente integradora, permite conciliar diferentes abordagens que visam ao respeito ao meio ambiente, promovendo a eficiência energética e dos materiais, à promoção social com maior segurança aos trabalhadores, e à viabilidade econômica, produzindo bens mais duradouros e atraentes do ponto de vista do investimento.

Para Medeiros e Nardi (2012), uma casa sustentável pode vir a ser autossuficiente a partir do reaproveitamento dos recursos naturais e bioclimáticos disponíveis, tais como água e vento, atendendo às demandas de frio e calor, proporcionando ao morador maior conforto e qualidade de vida. As edificações sustentáveis possuem uma visão holística da obra, dando atenção aos aspectos ambientais a partir do momento em que preocupa-se com a diminuição dos impactos bióticos e abióticos, a utilização de materiais reciclados, a redução de custos na construção e no preço final para o consumidor.

3. PROTÓTIPO DA CASA POPULAR EFICIENTE

O protótipo da Casa Popular Eficiente (CPE) está localizado no Centro de Eventos da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), no município de Santa Maria/RS, conforme pode ser observado na Figura 1. Com uma área construída de 55 m², a edificação possui varanda, sala de estar, cozinha e área de serviço integradas, dois dormitórios e um banheiro.

Figura 1: Logo de Sustentabilidade.



Fonte: Autores (2020).

Destaca-se que este projeto de pesquisa iniciou na Universidade Luterana do Brasil (ULBRA) no curso de Arquitetura e Urbanismo, no ano de 2008, dando sequência em 2009 e 2010. De 2011 até 2013, a pesquisa foi realizada na UFSM, envolvendo professores, alunos e técnicos administrativos de vários cursos: Engenharia Civil, Engenharia Sanitária e Ambiental, Engenharia Acústica, Engenharia Elétrica e Arquitetura e Urbanismo.

Inaugurada em 2013, a moradia conta com soluções sustentáveis, como sistema de ventilação cruzada, aquecimento da água do chuveiro através da energia solar, aproveitamento das águas da chuva, utilização do sol em benefício ao controle de temperatura da casa (sistema de calefação) e cortina vegetal. Dentre os materiais utilizados na construção do protótipo, destacam-se o tijolo de solo cimento, telhas tetra-pak, painéis OSB, impermeabilizantes e tintas ecológicas, piso de PVC etc.

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente trabalho é baseado numa pesquisa de natureza experimental, ou seja, “nesse tipo de estudo, o pesquisador participa ativamente na condução do fenômeno, processo ou do fato avaliado”, ou seja, é ele quem faz a avaliação e compilamento dos dados, seleciona as variáveis e “observa os efeitos sobre o objeto de estudo, em condições pré-estabelecidas”. Pelo fato do pesquisador ter autonomia em manipular as variáveis, permite que a pesquisa científica tenha maior confiabilidade, em virtude de evitar ao máximo equívocos FONTELLES (p.6,2009).

Nesse sentido, o artigo foi elaborado a partir da Avaliação Pós Ocupação da Casa Popular Eficiente da UFSM. Os moradores e pesquisadores do GEPETECS - Grupo

de Estudo e Pesquisa em Tecnologias Sustentáveis, são responsáveis pela percepção de conforto térmico, acústico, visual e aspectos comportamentais dos materiais e experimentos do protótipo, os quais serão descritos na sequência.

A Avaliação Pós Ocupação, conforme Villa et.al. (p.9, 2016), pode ser definida como “um conjunto de métodos e técnicas para avaliação de desempenho em uso de edificações e ambientes construídos que leva em consideração não somente o ponto de vista dos especialistas, mas também a satisfação dos usuários”. A APO possibilita que os diagnósticos sejam consistentes, pois a partir do conjunto de métodos e técnicas empregados, é possível fazer inferências tanto positivas quanto negativas a respeito do ambiente construído, as quais podem nortear futuros projetos semelhantes, “definindo assim um ciclo realimentador da qualidade no processo de projeto” (VILLA et.al., p.9, 2016).

5. RESULTADOS

5.1. Experimentos

No que diz respeito aos experimentos na Casa Popular Eficiente:

5.1.1. Brise vegetal

Também conhecido como cortina verde, o brise vegetal é um jardim vertical instalado na fachada oeste da casa, (Figura 2), formado pela planta trepadeira glicínia e materiais de baixo custo para sua instalação. Constatou-se que, no verão, a presença desta vegetação permite o sombreamento da parede da sala e conseqüentemente impede a incidência solar diretamente na mesma. Além de projetar sombra, a cortina verde também reduz a amplitude térmica no cômodo. Este conforto térmico fica ainda mais evidente quando comparado com a cozinha que não possui a presença de vegetação na sua parede externa, o que resulta na incidência direta dos raios solares, tornando este ambiente mais quente em relação ao mencionado. Por se tratar de uma planta caducifólia, no inverno a mesma perde suas folhas e proporciona o aquecimento da parede, além de não permitir a umidade no local. Trata-se de uma alternativa sustentável para ajudar a refrescar no verão e aquecer no inverno.

Figura 2 - A: Brise vegetal do protótipo.



Fonte: elaborado pelos autores.

Dessa forma, o brise vegetal apresenta-se como uma alternativa sustentável para auxiliar no resfriamento durante o verão e no aquecimento durante o inverno. Além de proporcionar conforto térmico, essa solução contribui para o aumento da eficiência energética da residência, reduzindo a necessidade de consumo de energia para climatização artificial. O brise vegetal representa um exemplo prático e viável de como a integração de elementos naturais pode ser aplicada em projetos de construção sustentável, promovendo benefícios ambientais e conforto para os moradores.

5.1.2. Calefação natural

O sistema de calefação foi estrategicamente projetado na fachada norte (Figura 3), visando facilitar a captação de calor e sua propagação para o dormitório a partir dos dutos presentes na parede. Todavia, durante os períodos de verão, verifica-se que esse cômodo tende a ficar excessivamente aquecido, resultando em condições de desconforto para os ocupantes.

Diante dessa situação, torna-se evidente a necessidade de projetar um brise horizontal ou outra solução adequada para controlar a incidência solar direta durante o verão, a fim de evitar o superaquecimento do ambiente. No entanto, é importante ressaltar que no inverno, quando a presença do sol é benéfica, o sistema de calefação demonstra-se eficaz, mantendo uma temperatura interna mais amena no dormitório e proporcionando um maior conforto térmico aos moradores.

Figura 3: Sistema de calefação da CPE.



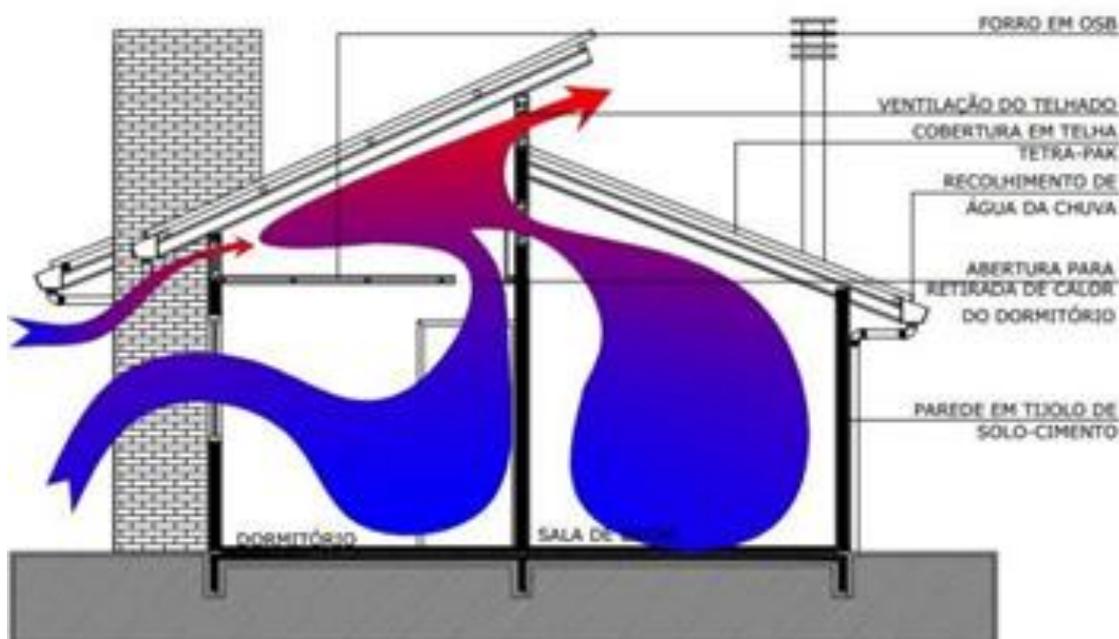
Fonte: elaborado pelos autores.

Ao considerar o projeto de construções sustentáveis, é fundamental buscar soluções que levem em conta tanto o aproveitamento dos recursos naturais disponíveis, como a luz solar para aquecimento no inverno, quanto o controle eficiente da incidência solar no verão. Dessa forma, é possível promover um ambiente habitacional mais equilibrado termicamente, proporcionando conforto aos usuários ao longo de todo o ano.

5.1.3. Ventilação natural e cruzada

Projetada para fazer o uso da ventilação natural e cruzada, a CPE conta com aberturas de entrada e saída de ar para permitir uma boa ventilação interna da casa (Figura 4). Constatou-se a importância do fechamento das aberturas em períodos de frio, a fim de reter o calor e proporcionar um ambiente interno mais aquecido e agradável. Por outro lado, nos períodos quentes, como no verão, a contribuição da ventilação natural e cruzada se torna evidente, acelerando a perda de calor e amenizando a temperatura por meio do aumento do fluxo de ventilação que percorre toda a residência.

Figura 4: Sistema de ventilação da CPE.



Fonte: elaborado por Marcos Alberto Oss Vaghetti.

A utilização da ventilação natural como meio de climatização apresenta inúmeras vantagens, incluindo a redução do consumo de energia associado ao uso de sistemas artificiais de refrigeração, bem como a melhoria da qualidade do ar interno. Além disso, essa abordagem sustentável contribui para a minimização do impacto ambiental, ao reduzir a dependência de recursos energéticos não renováveis.

5.1.4. Sistema de aquecimento solar de água

O sistema de aquecimento de água da CPE é composto por um aquecedor solar que utiliza tubos a vácuo, os quais estão diretamente acoplados ao reservatório térmico (Figura 5-A). Esse reservatório é responsável por armazenar a água aquecida, que será utilizada para o banho. Além disso, o sistema conta com um controlador digital, que permite a automação e controle eficiente do sistema de aquecimento (Figura 5-B). O chuveiro é equipado com dois registros, um para a água fria e outro para a água quente, possibilitando o ajuste da temperatura desejada.

Figura 5: A) Aquecedor solar instalado no telhado da CPE. B) Controlador digital.



Fonte: elaborado pelos autores.

Trata-se de um sistema eficaz em dias ensolarados. Entretanto destaca-se que, no verão, a temperatura da água armazenada no reservatório térmico muitas vezes é superior a 99 °C, sendo imprescindível a mistura com a água fria para o banho. Todavia, o sistema não aquece o suficiente nos meses mais frios do ano e de menor incidência solar, sendo a temperatura de aproximadamente 34°, fornecendo um desconforto para o banho.

5.1.5. Sistema de aproveitamento da água da chuva

O sistema de aproveitamento de água da chuva implementado na CPE oferece uma solução eficiente para reduzir o consumo de água potável, principalmente no uso da descarga do vaso sanitário, que é um dos itens que mais gasta água nas residências (CHAVES NETO, 2005). Como trata-se de um reservatório apoiado na laje (Figura 6-A), dispensa o uso de bomba, ao contrário do que acontece quando o reservatório é enterrado. Logo, este sistema possibilita a redução do consumo de água potável e a demanda da rede pública de abastecimento, além de ser de fácil captação e armazenagem.

Já no sistema de captação que ocorre no telhado voltado para o oeste, a água da chuva é coletada e direcionada para o reservatório, sendo utilizada para a irrigação do jardim, lavagem de calçadas e outros fins não potáveis, conforme ilustrado na Figura 6-B. Ao direcionar a água pluvial para essas atividades, reduz-se significativamente a necessidade de utilizar água potável, contribuindo para a conservação dos recursos hídricos e promovendo uma abordagem sustentável no uso dos recursos naturais.

Figura 6: A) Detalhamento da captação de água pluvial armazenada no reservatório inferior. B) Armazenamento da água para uso externo.



Fonte: elaborado pelos autores.

5.2 Materiais

Quanto aos materiais presentes na Casa Popular Eficiente:

5.2.1. Placas OSB

Os painéis de revestimento utilizados no forro da CPE apresentam características que conferem um aspecto aconchegante e diferenciado aos ambientes. Esses painéis, conforme ilustrado na Figura 7-A, são fabricados a partir de um material rígido e estável, com alta resistência a impactos físicos. Além disso, eles contribuem para um melhor conforto térmico e acústico nos espaços em que são instalados, promovendo um ambiente mais agradável para os moradores.

Entretanto, durante a avaliação da CPE, foram observados problemas externos relacionados à infiltração, o que resultou no escurecimento das placas de revestimento, como ilustrado na Figura 7-B. Essa situação evidencia a necessidade de uma adequada proteção contra a umidade e infiltrações externas, a fim de preservar a aparência e o desempenho do material ao longo do tempo. O escurecimento das placas pode influenciar negativamente na iluminação natural da casa, uma vez que o material possui uma coloração escura, o que pode demandar um maior uso de iluminação artificial para compensar a deficiência de luz natural.

Figura 7: A) Placa OSB utilizada no forro. B) Ponto isolado com alteração na coloração da placa.



Fonte: elaborado pelos autores.

5.2.2. Piso de PVC reciclado

O piso utilizado na CPE é uma composição que contém 70% de PVC reciclado, o que o torna uma opção sustentável para revestimento. Além disso, o piso apresenta vantagens como o auxílio no isolamento acústico e térmico, resistência a cupins, facilidade de limpeza e manuseio. Essas características contribuem para um ambiente mais confortável e de fácil manutenção.

No entanto, durante a avaliação da CPE, observou-se o descolamento de algumas peças do piso em áreas molhadas, como na área de serviços, conforme ilustrado na Figura 8. Essa situação indica que a aplicação desse tipo de piso não é recomendada para ambientes sujeitos a umidade constante. A umidade pode afetar a aderência do material, levando ao descolamento das peças e comprometendo a durabilidade e estabilidade do piso.

Figura 8: Descolamento do piso de PVC.



Fonte: elaborado pelos autores.

Portanto, é importante considerar alternativas mais adequadas para áreas sujeitas a umidade, como a utilização de pisos específicos para ambientes molhados, que possuam características de resistência à umidade e maior aderência. Dessa forma, será possível garantir a durabilidade e a integridade do piso, evitando problemas como o descolamento de peças e contribuindo para a manutenção de um ambiente seguro e sustentável.

5.2.3. Tijolo solo cimento

O tijolo utilizado na construção da CPE é composto por água, cimento e solo compactado, dispensando o processo de queima. Sua característica modular trouxe facilidades para as instalações elétricas e hidráulicas, além de apresentar um bom desempenho estrutural. O uso da alvenaria em tijolos à vista foi uma opção encontrada que permitiu o uso de tinta de terra e impermeabilizantes ecológicos, dando destaque ao componente natural utilizado. No entanto, devido ao não cumprimento do tempo de cura do tijolo pela empresa fornecedora, acarretou na perda da resistência do mesmo, sendo observados alguns pontos com sinais de degradação do tijolo (Figura 9).

Figura 9: Parede interna com sinais de degradação.



Fonte: elaborado pelos autores.

O uso do tijolo nas paredes, assim como as placas OSB no forro, contribui para uma pequena deficiência na iluminação natural do protótipo, que pode ser corrigida pelo uso de pinturas com cores claras acompanhadas de iluminação artificial. Também são observadas várias frestas entre as fiadas dos tijolos que separam os cômodos da casa, devido à ausência de junta vertical nestes pontos. Além da questão estética da casa, as frestas permitem a passagem da luz e do som entre os cômodos, afetando o conforto acústico do protótipo. No entanto, trata-se de detalhe construtivo da definição do uso ou não de junta vertical.

Além disso, é observada a presença de várias frestas entre as fiadas dos tijolos que separam os cômodos da casa, devido à ausência de junta vertical nesses pontos. Essas frestas, além de afetarem a estética da residência, permitem a passagem de luz e som entre os cômodos, comprometendo o conforto acústico do protótipo. No entanto, a decisão de utilizar ou não junta vertical é um detalhe construtivo que pode ser considerado de acordo com os requisitos específicos do projeto.

5.2.4. Esquadrias de eucalipto, tinta ecológica impermeável e telha Tetra Pak

Estes materiais são duráveis e não apresentaram problemas, ao contrário, demonstraram um ótimo desempenho, não exigindo qualquer tipo de reparo durante a APO. Na Figura 10-A podem ser observadas as esquadrias da entrada do protótipo.

Em relação às telhas (Figura 10-B), é importante ressaltar que são fabricadas a partir de embalagens Tetra Pak recicladas. Essas telhas apresentam resistência ao granizo, proporcionam bom isolamento térmico e oferecem um benefício ambiental, uma vez que dão um destino nobre a embalagens de longa vida, contribuindo para a sustentabilidade e oferecendo uma nova alternativa para a construção civil. Durante a avaliação, as telhas não apresentaram problemas e demonstraram um desempenho satisfatório.

Figura 10: A) Esquadrias na entrada da Casa Popular Eficiente. B) Modelo da telha ondulada tetra pak usada na residência.



Fonte: elaborado pelos autores.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante a Avaliação Pós-Ocupação (APO) da Casa Popular Eficiente, foi constatado que alguns experimentos e materiais estão sujeitos a adaptações e melhorias. Um exemplo é o sistema de calefação, que apresentou superaquecimento do dormitório durante o verão. Nesse sentido, sugere-se a necessidade de projetar um brise horizontal para evitar a incidência direta do sol ou explorar o uso de um material isolante para bloquear a passagem do calor pelos orifícios na parede. No caso do sistema de aquecimento da água do chuveiro, que depende atualmente da radiação solar, é recomendável a utilização de um sistema auxiliar elétrico para aquecer a água em situações de insuficiência de exposição solar.

Em termos de materiais utilizados na Casa Popular Eficiente, destaca-se a importância do correto processo de cura do tijolo solo cimento para garantir alta resistência, qualidade e acabamento. Quanto ao piso de PVC, não é recomendado o seu uso em áreas úmidas, sendo necessário substituí-lo por outro tipo de revestimento mais adequado.

É importante ressaltar que os fatos e ajustes identificados durante a APO são, em sua maioria, detalhes construtivos que podem ser facilmente corrigidos para melhorar o desempenho em futuras construções desse protótipo. Além disso, é possível destacar a viabilidade desses materiais e experimentos na construção de habitações de interesse social, pois apresentam baixo impacto ambiental e custos reduzidos.

Por fim, e não menos importante, destaca-se a importância dos experimentos e materiais da Casa Popular Eficiente da UFSM e suas aplicações em futuras edificações por todo o Brasil, visto que ela é pensada para atender às demandas de conforto térmico, acústico e visual dos moradores, aliadas ao baixo

custo. Além disso, demonstra que é possível priorizar soluções sustentáveis ao mesmo tempo em que inova no modo de construir. É interessante expandir e adaptar esses materiais em outras zonas bioclimáticas brasileiras, pois em virtude da extensão territorial e heterogeneidade climática do país, os materiais e experimentos podem comportar-se de maneira distinta dos apresentados neste artigo.

REFERÊNCIAS

BONDUKI, N. G. **Origens da habitação social no Brasil**. Análise Social. vol. xxix (127), 1994, 711-732. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/470900/mod_resource/content/1/Origens%20da%20habita%C3%A7%C3%A3o%20social%20no%20Brasil.pdf>. Acesso em: fevereiro de 2023.

CHAVES NETO, L. **Gestão das águas no século XXI: uma questão de sobrevivência**. São Paulo: Atlas, 2005.

FONTELLES, M. J.; SIMÕES, M. G.; FARIAS, S. H.; FONTELLES, R. G. S. **Metodologia da pesquisa científica: diretrizes para a elaboração de um protocolo de pesquisa**. 2009. Disponível em: <https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/150/o/Anexo_C8_NONAME.pdf>. Acesso em: fevereiro de 2023.

KOZLOSKI, C. L.; VAGHETTI, M. A. O. **Casa Popular Eficiente: processo inicial e considerações quanto a Avaliação Pós Ocupação**. Anais: ENSUS. UFSC. v.4. 2019. p. 648-657.

MARGUTI, B. O. **Políticas de Habitação**. 2018. Disponível em: <<https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/8628?mode=full>>. Acesso em: fevereiro de 2023.

MEDEIROS, V. A.; NARDI, V. **Casa Sustentável**. 2012. Disponível em: <http://sengeba.org.br/wp-content/uploads/2014/04/21-08-2012_construcao_sustent.pdf>. Acesso em: fevereiro de 2023.

RUBIN, G. R.; BOLFE, S. A. **O desenvolvimento da habitação social no Brasil**. Ciência e Natura, v. 36 n. 2 mai-ago. 2014, p. 201–213.

VILLA, S. B.; SARAMAGO, R. de. C. P.; GARCIA, L. C. **Desenvolvimento de metodologia de Avaliação Pós Ocupação do Programa Minha Casa Minha Vida: Aspectos Funcionais, Comportamentais e Ambientais**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília: Rio de Janeiro: Ipea. 2016.

CORREÇÃO DE SOLOS PARA TAIPA DE PILÃO COM REJEITO DE MINERAÇÃO: ANÁLISE DA LITERATURA

SOIL CORRECTION FOR RAMMED EARTH WITH IRON ORE TAILINGS: LITERATURE ANALYSIS

Data de aceite: 17/07/2023 | Data de submissão: 07/07/2023

LAGE, Gabriela Tavares de Lanna, M.^a

UFMG, Belo Horizonte, Brasil, E-mail: gabrielat@ufmg.br

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-0018-2555>.

SANTOS, White José dos, Dr.

UFMG, Belo Horizonte, Brasil, E-mail: white@ufmg.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7451-3365>.

BESSA, Sofia Araújo Lima, Dr.^a

UFMG, Belo Horizonte, Brasil, E-mail: sofiabessa@ufmg.br

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

RESUMO:

Minas Gerais destaca-se como uma das principais regiões de extração de minério de ferro no Brasil, país que é o segundo maior produtor mundial. Durante essa extração, grandes quantidades de rejeitos são geradas. No setor da Engenharia Civil e Arquitetura, há o desafio de apresentar soluções construtivas com menor impacto ambiental. A taipa de pilão surge como uma técnica construtiva sustentável devido à sua baixa energia incorporada em comparação com técnicas convencionais. Portanto, este artigo propõe analisar a possibilidade do uso do rejeito de minério de ferro (RMF) como estabilizante físico para solos da taipa de pilão. Não foram encontradas pesquisas sobre este uso especificamente. No entanto, constatou-se que o RMF pode ser viável para a correção granulométrica dos solos da taipa de pilão ou como substituto de materiais base, devido às suas características físicas, químicas e mineralógicas adequadas, especialmente quando requerem percentuais de areia, areia fina ou silte.

PALAVRAS-CHAVE:

Rejeito de minério de ferro. Taipa de pilão. Estabilização de solos. Sustentabilidade. Resíduos.

ABSTRACT:

Minas Gerais stands out as one of the main iron ore extraction regions in Brazil, the world's second largest producer. During this extraction, large amounts of waste are generated. In the Civil Engineering and Architecture sector, there is the challenge of presenting construction solutions with less environmental impact. Rammed earth emerges as a sustainable construction technique due to its low embodied energy compared to conventional techniques. Therefore, this paper proposes to analyze the possibility of using iron ore tailings (RMF) as a physical stabilizer for rammed earth soils. No research on this use specifically was found. However, it was found that RMF can be viable for grain size correction of rammed earth soils or as a substitute for base materials due to its suitable physical, chemical and mineralogical characteristics, especially when requiring percentages of sand, fine sand or silt.

KEYWORDS:

Iron ore tailings. Rammed earth. Soil stabilization. Sustainability. Waste reuse.

1. INTRODUÇÃO

Desde a Revolução industrial há uma demanda cada vez maior de minerais e consequentemente de rejeitos também (SCHATZMAYR *et al.*, 2022). Durante os processos de extração e beneficiamento de minérios, grandes quantidades de resíduos são produzidas (IPEA, 2012). Estima-se que para cada tonelada de minério de ferro processada no Brasil, são gerados cerca de 400 kg de rejeito (IPT, 2016). Segundo a Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico (DIÁRIO DO COMÉRCIO, 2021) o produto mais exportado em Minas Gerais em 2020 foi o minério de ferro e seus concentrados (37%). Uma das alternativas mais utilizadas na destinação desses rejeitos é a construção de barragens de mineração, onde esses materiais ficam dispostos na forma de polpa ou de lama (IPEA, 2012). No Brasil, há pouco mais de 800 barragens de mineração e destas, apenas 50% estão inseridas na política nacional de segurança de barragens (ANM, 2020).

Além do considerável volume de resíduos produzidos no país, a forma como o RMF é estocado tem provocado ameaças ao ambiente e à população. A deposição de RMF em barragens tornou-se uma preocupação constante devido à má gestão e aos riscos inerentes. No estado de Minas Gerais ocorreram, nos últimos anos, dois dos maiores desastres ambientais do Brasil. Em 2015, o rompimento da Barragem de Fundão, em Bento Rodrigues, subdistrito do município de Mariana, que provocou o deslocamento de RMF por 663 km até o litoral (LACAZ; PORTO; PINHEIRO, 2017) e, em 2019, o rompimento da Barragem B1, na mina do Córrego do Feijão, no município de Brumadinho, que provocou a morte de mais de 270 pessoas (COSTA *et al.*, 2021).

De forma paralela, há o fato de que o setor da construção civil é reconhecido como um dos principais geradores de impacto ambiental. Segundo (CABRAL *et al.*, 2008) as técnicas de construção convencionais do século XXI necessitam de grande quantidade de material inerte, que é extraído de sedimentos aluviais e formações rochosas e causam alterações drásticas no meio ambiente, além de materiais com alto conteúdo energético incorporado (JOHN, 2001; ZAMI *et al.*, 2022). Ademais, a construção civil é o principal setor de geração de resíduos, que tem grande potencial poluidor agregado, já que estes frequentemente são gerenciados de maneira incorreta e acumulados no meio ambiente.

Desta forma, é acordo que há um desafio no setor da Engenharia Civil e Arquitetura de apresentar soluções construtivas mais sustentáveis (SIEFFERT; HUYGEN; DAUDON, 2014) Dentre as técnicas construtivas com grande potencial sustentável encontra-se a taipa de pilão, devido a possibilidade de ser produzida com baixa energia incorporada (GIUFFRIDA; CAPONETTO; CUOMO, 2019; MELLAIKHAFI *et al.*, 2021), advinda da viabilidade de executá-la com solo local, promovendo limitado transporte de materiais (BECKETT; CIANCIO, 2013). Além disso, há investigações acerca da capacidade das construções com terra de equilibrarem a umidade e temperatura interior do ambiente (MINKE, 2022), uma característica que pode auxiliar no melhor controle do conforto térmico das edificações (MELLAIKHAFI *et al.*, 2021).

A estabilização da taipa de pilão visa colaborar com o aumento de sua resistência e durabilidade, sendo uma prática frequente nos países desenvolvidos que utilizam a

técnica (HALL; ALLINSON, 2009a). Segundo Arrigoni *et al.*, (2017) a incorporação de cimento como estabilizante eleva a durabilidade da taipa de pilão. Entretanto, a análise de ciclo de vida realizada pelo autor revelou um aumento significativo do impacto ambiental da técnica construtiva quando o cimento, principalmente com conteúdo de clínquer, foi utilizado como estabilizante.

Desta forma, o autor recomenda o uso de materiais alternativos ao cimento para atuar como estabilizantes da taipa de pilão, para alcançar valores ainda mais baixos de energia incorporada à técnica (Arrigoni, Beckett, et al., 2017). Sendo assim, há uma lacuna acerca da possibilidade de se utilizar alguns resíduos como estabilizantes já que os materiais alternativos tendem reduzir a energia incorporada da técnica entre 50 e 100% (GIUFFRIDA; CAPONETTO; CUOMO, 2019).

Dentro do setor da construção civil o uso do RMF já vem sendo estudado e empregado com diversas finalidades: como substituto parcial do cimento (CHENG *et al.*, 2016; SHETTIMA *et al.*, 2018; MORAIS *et al.*, 2021); e como substituto da areia para concreto (PROTASIO *et al.*, 2021); na produção de tijolos cerâmicos (LI *et al.*, 2019; MENDES *et al.*, 2019); como pigmento de tintas (GALVÃO *et al.*, 2018); como agregado de argamassa de revestimento (CARRASCO *et al.*, 2017; FONTES *et al.*, 2016; MORAIS *et al.*, 2021); como adição mineral em argamassas estruturais (ALMADA, B. *et al.*, 2022; ALMADA, B. S. *et al.*, 2022; DUARTE *et al.*, 2022; LINHARES *et al.*, 2021). Destaca-se ainda o uso como estabilizante de blocos de terra comprimida (NAVARRO *et al.*, 2019) que demonstrou aumento na resistência a compressão e diminuição da absorção por capilaridade em teores incorporados com até 30% de RMF. Como estabilizante para pavimentação, foi analisado que porcentagens entre 10 e 20% de rejeito e obtiveram valores adequados de resistência do pavimento e se assemelharam com amostras equivalentes ao solo-cimento para a pavimentação (SCHATZMAYR *et al.*, 2022). Segundo os autores, os valores satisfatórios podem estar relacionados à nova distribuição granulométrica e, conseqüentemente, a um melhor empacotamento das partículas (SCHATZMAYR *et al.*, 2022);

Estudos demonstram, entre diversas características do RMF, o comportamento inerte e o formato de partículas angulares e irregulares, superfície porosa e rugosa, além da presença relevante de minerais, como o ferro (SHETTIMA *et al.*, 2018; ZHAO; FAN; SUN, 2014). Além disso, a composição granulométrica do RMF pode variar de região para região, mas ainda assim é possível uma comparação em relação ao diâmetro de grãos de autores que realizaram a caracterização do RMF com a granulometria da areia natural (SHETTIMA *et al.*, 2018; ZHAO; FAN; SUN, 2014). Alguns estudos demonstram compatibilidade entre o rejeito e o solo, o que pode ser devido ao fato de que ambos são advindos de processos de decomposição de rochas ou pelo fato de ambos (solo e rejeito) serem ricos em sílica (SiO₂). Entretanto não há ainda referências na literatura a respeito do uso do RMF como estabilizante para a taipa de pilão.

Desta forma, é importante realizar um levantamento sobre as características do RMF e verificar a possibilidade da sua incorporação à técnica de taipa de pilão. Portanto, são objetivos deste artigo: i) realizar uma revisão da literatura sobre o RMF com foco em estabilização de solos; ii) mapear os produtos já usados como estabilizantes físicos da taipa de pilão com o RMF; e iii) avaliar a possibilidade de uso do RMF como estabilizante de solos em taipa de pilão baseado em características físicas e granulométricas.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O método empregado tem como base a pesquisa bibliográfica, de forma a realizar uma revisão da literatura sobre as propriedades do RMF como estabilizante físico, principalmente em relação à granulometria e à composição química, bem como sobre o uso de diferentes materiais utilizados como estabilizantes para a taipa de pilão.

Os métodos a serem utilizados são: i) a coleta de dados documentais (identificação, localização, compilação e fichamento) (Tabela 1); e ii) a análise e a interpretação dos dados, representados através de tabelas. A coleta de dados teve como fonte documental cinco bases de dados: i) Scopus; ii) ScienceDirect; iii) Sielo; iv) Horizon Research; v) MDPI.

Tabela 1: Critérios para levantamento de dados sobre o rejeito de minério de ferro.

FOCO	CRITÉRIO	CONDIÇÕES
REJEITO DE MINÉRIO DE FERRO	Data de publicação	Período entre 2013-2021
	Palavras-chave	“Iron ore tailings” ou “IOT” e “Waste” e “Civil construction” ou “Soil stabilization”
	Tipo de documento	Artigos de periódicos ou anais de eventos
	Idioma	Inglês, português ou espanhol
TAIPA DE PILÃO	Data de publicação	Período entre 2013-2021
	Palavras-chave	“Rammed Earth” e “Residue” ou “Waste” ou “Recycling” ou “Particle size distribution”
	Tipo de documento	Artigos de periódicos ou anais de eventos
	Idioma	Inglês, português ou espanhol

Fonte: autores.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A estabilização do tipo cimentícia na taipa de pilão vem sendo amplamente utilizada nos últimos anos como forma de melhorar sua durabilidade. O uso de cimento ou cal como estabilizantes colaboram com aumento da resistência à compressão da taipa de pilão, além de reduzir a retração e a desagregação das paredes (ARRIGONI; BECKETT; *et al.*, 2017). O uso do cimento também demonstra ter maior eficácia em paredes de taipa reforçadas com aço (MEEK; BECKETT; ELCHALAKANI, 2021), evitando a corrosão do reforço estrutural. De acordo com (KARIYAWASAM; JAYASINGHE, 2016) teores acima de 4% de cimento são desejáveis para construção da taipa de pilão em climas tropicais, e ainda apontam que o uso de até 10% de cimento como estabilizante para a taipa de pilão ainda torna a energia incorporada da técnica menor que a energia incorporada em construção com tijolos cerâmicos.

Segundo um estudo de caso sobre a energia incorporada na construção de taipa de pilão estabilizada com cimento (VENKATARAMA REDDY; LEUZINGER; SREERAM, 2014) constatou-se que esta representa um terço da energia incorporada de uma construção de alvenaria convencional e menos de um quarto da energia incorporada

em uma construção de concreto armado. Portanto, a taipa de pilão com baixa adição de cimento é considerada uma opção de construção sustentável (KARIYAWASAM; JAYASINGHE, 2016).

Entretanto, segundo Arrigoni *et al.*, (2017) a incorporação de cimento, principalmente com a adição de clínquer, como estabilizante da taipa de pilão, diante da análise de ciclo de vida, eleva o impacto ambiental da técnica construtiva se comparada a taipa de pilão não estabilizada. Desta forma, o autor recomenda o uso de materiais alternativos ao cimento para atuar como estabilizantes da taipa de pilão, de forma a diminuir os valores de energia incorporada à taipa de pilão estabilizada (ARRIGONI; BECKETT; *et al.*, 2017).

Em relação ao uso dos resíduos, há estudos que indicam que os impactos ambientais são semelhantes entre a taipa de pilão não estabilizada e a taipa de pilão estabilizada com resíduos, quando o solo local não era apropriado (ARRIGONI *et al.*, 2017a). Arrigoni *et al.*, (2017) realizaram análise de ciclo de vida da taipa de pilão com um solo inadequado por si só, estabilizado com cimento, agregado de concreto reciclado e cinzas volantes. A investigação realizada demonstrou que a incorporação de 6% de agregado de concreto reciclado e 25% de cinzas volantes, por exemplo, elevou a durabilidade e a resistência da taipa de pilão e evitou quantidade considerável do impacto ambiental que seria causado caso a estabilização acontecesse com porcentagens acima de 5% de cimento (ARRIGONI *et al.*, 2017a).

Kosarimovahhed e Toufigh, (2020) e Giuffrida, Caponetto e Cuomo (2019) enfatizam a importância do uso de resíduos para a estabilização de solos para execução da taipa de pilão, afim de manter a técnica considerada de baixo impacto. Ademais, o uso de resíduos como forma de melhorar as propriedades da taipa de pilão já foi apresentado por vários autores, entre os encontrados na literatura tem-se as cinzas volantes, carboneto de cálcio e escórias de aço (SIDDIQUA; BARRETO 2018; KOSARIMOVAHHED; TOUFIGH 2020; LIU *et al.*, 2018;). Além de guar e fibra de vidro (TOUFIGH; KIANFAR 2019) e cinza da casca do arroz (MILANI, LABAKI 2012).

Siddiqua e Barreto (2018) utilizaram os subprodutos carbonato de cálcio e cinzas volantes, que atuaram como estabilizantes químicos, e alcançaram valores acima de 3 MPa de resistência à compressão. O uso de cinzas volantes em solos também foi analisado por da Rocha, Consoli e Johann (2014), associada à cal hidratada, para estabilização de solo na região de Porto Alegre. Os autores demonstram relação direta entre maior uso de cinzas volantes com menor uso da cal, então sugerem teores do resíduo em torno de 30% e baixo teor de cal (3%), para alcançar resultados satisfatórios (em torno de 1,3 MPa), em período de cura de 90 dias.

O uso desses resíduos também foi estudo por Arrigoni *et al.*, (2017b) com o propósito de elevar o desempenho ambiental do produto e atingiram resultados acima do adequados pelas normas Neozelandesa (NZS 4298) de 0,5 MPa e Australiana (HB 195) de 2 MPa. Kosarimovahhed e Toufigh, (2020) analisaram o uso de cinzas volantes e cimento para alcançar resultados suficientes de resistência à compressão, em uma mistura de 0,7% de cimento e 6,5% de cinzas volantes

Liu *et al.*, (2018) testaram escórias de aço em diferentes proporções como estabilizantes da taipa de pilão. Seus estudos apontam um aumento na resistência à compressão proporcionalmente ao aumento da porção de escórias, sendo o valor máximo utilizado 25%. Essa adição fez com a resistência da amostra dobrasse seu valor, de 3MPa a 6 MPa em 28 dias de cura.

Além dos autores citados, Toufigh e Kianfar (2019) também testaram a goma de guar, fibra de vidro, pozolana e microssílica, junto a porções de 5, 7,5 e 10% de cimento Portland como estabilizantes alternativos, com valores de resistência a compressão variando de 1,15 MPa a 5,19 MPa. (MILANI; LABAKI, 2012) apresentaram o uso de resíduo de cinza da casca do arroz em porcentagens de 7,5%, junto de 10 a 13% de cimento para melhorar as propriedades de solos arenosos para a taipa de pilão.

A maioria dos resíduos encontrados como estabilizantes para a taipa de pilão na literatura representam estabilização por tratamento químico: “agrega ao solo diversas substâncias capazes de formar compostos estáveis com os elementos da argila” (NEVES *et al.*, 2010, p. 13) ou cimentícia: adição de material que atua através da solidificação dos grãos de areia e argila, “de forma a obter um esqueleto interno que faça oposição à capacidade de absorção de água pela argila” (NEVES *et al.*, 2010, p. 13).

Ressalta-se que alguns autores (LIN *et al.*, 2017; SILVA *et al.*, 2013) entendem como estabilização apenas a adição de produtos cimentantes e tratamentos químicos, porém tal proposição não é consenso. Este artigo apresenta uma abordagem mais ampla, na qual a estabilização de solos pode ser entendida também como uma ação mecânica/física, como por exemplo, a correção granulométrica do solo (GIUFFRIDA; CAPONETTO; CUOMO, 2019; HALL; ALLINSON, 2009b; NEVES *et al.*, 2010).

A correção granulométrica do solo corresponde à mescla de diferentes materiais para se obter proporções mais adequadas entre as dimensões dos grãos (NEVES *et al.*, 2010). Uma das formas mais comuns e recomendadas de estabilização de solos para a taipa de pilão é por meio da correção granulométrica com adição de areia - em casos de solo argiloso (ABNT, 2022; HOFFMANN; MINTO; HEISE, 2011; KOUTOUS; HILALI, 2019b; MELLAIKHAFI *et al.*, 2021; NEVES *et al.*, 2010). Para a realização da taipa de pilão ou qualquer construção com terra, uma das características mais importantes a se atentar em relação ao material é a sua distribuição granulométrica em relação ao bom empacotamento das partículas (HALL; ALLINSON, 2009a) pois este influencia diretamente na densidade e resistência das paredes (LIN *et al.*, 2017).

Entretanto já é consenso na literatura sobre o tema de que o tamanho do grão não é o único fator físico que interfere na qualidade das paredes de taipa de pilão, tendo-se que considerar também a característica plástica e a rugosidade, o ângulo/forma e a aspereza dos grãos (KOUTOUS; HILALI, 2019b)

Como apresentado acima, a maioria dos resíduos empregados como estabilizantes para a taipa de pilão na literatura são estabilizantes químicos ou cimentícios. O uso

de conceitos de empacotamento de partículas permitirá a mescla de diferentes materiais para se obter proporções mais adequadas entre as dimensões dos grãos (NEVES *et al.*, 2010).

Essa circunstância se dá pelo fato de que, para a boa execução da técnica faz-se necessário solos mais arenosos, mas com coesão adequadas à compactação. Autores sugerem frações de solos para a taipa de pilão, assim como é possível encontrar sugestão de teores em algumas normas técnicas (Tabela 2). Há uma enorme variação em relação aos teores, o que deve ser por conta de as características dos solos serem muito diversas, visto ser um material natural (DELGADO; GUERRERO, 2007).

Tabela 2: Recomendações relativas aos teores das frações do solo.

Tipo de fonte	Fonte	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)	Cascalho (%)
Artigos	Walker <i>et al.</i> , 2005	5 a 20	10 a 30	45 a 80	
	Delgado e Guerrero 2007	10 a 15	10 a 25	-	-
Documentos técnicos	IS 2110	-	-	<35	-
	SADAC 983	5 a 15	15 a 30	50 a 70	
	IETcc	10 a 40	20 a 40	10 a 40	10 a 20
	HB 195	5 a 20	10 a 30	45 a 75	
	NBR 17014		20 a 35	50 a 80	-
	CraTerre	15 a 25	20 a 35	40 a 50	0 a 15

Fonte: Autores.

Um mínimo teor de argila é necessário, pois adiciona coesão à terra, entretanto o excesso está relacionado ao aumento da retração à dificuldade de trabalhabilidade (HOFFMANN; MINTO; HEISE, 2011) e ao aumento da demanda de água. Elevados teores de areia são importantes para reduzir o teor de umidade, aumentar a densidade seca da mistura e ainda tem a capacidade de melhorar a resistência à compressão da taipa de pilão (KOUTOUS; HILALI, 2019a).

Ao se discutir o grau de compactação por adequada distribuição granulométrica deve ser levada em consideração uma fração equilibrada de argila, silte, areia e cascalho. Evidentemente que a sugestão de uma faixa granulométrica padrão é frequentemente mencionado na literatura, de modo a alcançar as já mencionadas características proporcionadas pela argila e areia. Porém, outro objetivo para o equilíbrio de diferentes dimensões de grãos na realização da parede de taipa de pilão é se atingir um bom preenchimento de vazios, a fim de alcançar um eficiente empacotamento de partículas (HALL; ALLINSON, 2009), uma propriedade pouco explorada na bibliografia analisada.

Tendo em vista as características necessárias para um solo adequado para a taipa de pilão é possível investigar materiais complementares que atuam, entre outros, como estabilizantes físicos da técnica por meio de um melhor grau de empacotamento. Entretanto foram encontrados apenas alguns autores que apresentaram análises do uso de resíduos com esta finalidade (Tabela 3), sendo os resíduos mais frequentemente encontrados os decorrentes da demolição de concreto e de tijolos (ARRIGONI *et al.*, 2018; JAYASINGHE; FONSEKA; ABEYGUNAWARDHENE, 2016; MEEK; BECKETT; ELCHALAKANI, 2020; SHAABAN, 2021)

Tabela 3: Tipos de materiais encontrados que fazem o papel de estabilização física para a taipa de pilão.

Resíduo	Autores	Proporção	f_c (MPa)*
Solo vulcânico residual	(LIN <i>et al.</i> , 2017)	solo residual: 1	2,18
Granito completamente decomposto (GCD)	(LIN <i>et al.</i> , 2017)	granito decomposto:1	0,54
Agregado de concreto reciclado (ACR)	(ARRIGONI <i>et al.</i> , 2018)	ACR: 1; cimento: 0,05; cinza volante: 0,05	6,70
Agregado de concreto reciclado (ACR)	(JAYASINGHE; FONSEKA; ABEYGUNAWARDHENE, 2016)	solo: 1; ACR: 1; cimento: 0,2	6,30
Tijolo e concreto reciclado (TCR)	(MEEK; BECKETT; ELCHALAKANI, 2021)	TCR: 1; 0,5 cimento	8,90
Tijolo vermelho triturado (TVT)	(SHAABAN, 2021)	1 solo: 1; TVT: 0,66	0,97

Fonte: Autores. * f_c corresponde a resistência à compressão aos 28 dias de secagem para todas as amostras

As proporções da utilização de resíduos nas misturas encontradas são consideráveis (a partir de 44%), o que é um indicativo de que o emprego de resíduo via substituição granulométrica promove a destinação de notável volume destes materiais, considerando as particularidades dos solos usados em cada estudo. Além disso a maioria dos traços apresentados atingem resultados de resistência a compressão satisfatórios de acordo com a literatura, que ficam entre 1 e 2 MPa (ABNT, 2022; ARRIGONI; BECKETT; *et al.*, 2017; SADCSTAN, 2014; WALKER; AUSTRALIA, 2002).

A investigação dos autores reitera a importância da distribuição granulométrica em construções com terra, visto que a curva granulométrica das amostras foi o único dado de caracterização em comum apresentado em todos os trabalhos analisados. Através da média diâmetro dos grãos dos resíduos em destaque (Tabela 4) fica claro que a maioria dos materiais foi incorporado atuando como material arenoso, já que levando em consideração a Tabela 2, a maior demanda em termos granulométricos da taipa de pilão é justamente a areia.

Levando-se em consideração as características do solo necessários para atingir qualidade necessária para a taipa de pilão e as características dos materiais utilizados para estabilizar fisicamente o solo quando este não apresenta uma faixa granulométrica adequada, identifica-se como possibilidade a incorporação do RMF como estabilização física para a técnica. Ainda que não tenha sido encontrada pesquisas que relacionem o resíduo de mineração de ferro com a taipa de pilão, entende-se que o RMF apresenta características adequadas para essa associação.

Tabela 4: Índice de diâmetro de grãos dos resíduos investigados

MATERIAL	AUTORES	D ₁₀ (MM)	D ₃₀ (MM)	D ₆₀ (MM)
Solo vulcânico residual	(LIN <i>et al.</i> , 2017)	0.012	0.12	0.40
Granito completamente decomposto	(LIN <i>et al.</i> , 2017)	0.002	0.30	1.1
Agregado de concreto reciclado	(ARRIGONI <i>et al.</i> , 2018)	0.250	1.00	7.50

Agregado de concreto reciclado	(JAYASINGHE <i>et al.</i> , 2016)	0.150	0.45	1.25
Tijolo e concreto reciclado	(MEEK <i>et al.</i> , 2021)	0.350	0.65	2.00
Tijolo vermelho triturado	(SHAABAN, 2021)	0.500	2.15	9.10

Fonte: Autores.

O RMF é heterogêneo e apresenta diversidades físicas, químicas, mineralógicas, granulométricas e de dureza. Assim sendo, as jazidas e o tipo de beneficiamento do RMF podem influenciar na sua heterogeneidade. O RMF possui características inertes e pode atuar como filer (SHETTIMA *et al.*, 2018; ZHAO; FAN; SUN, 2014). Contudo eles apresentam granulometria diversa (Tabela 5) a depender do processo de beneficiamento e características da jazida. Observa-se que as dimensões dos grãos variam desde areia até siltes e argilas, logo a correção granulométrica a ser feita deverá atender um arranjo ideal para um bom empacotamento das partículas, através da combinação entre diferentes tipos de solo e tipos de RMF com grãos com dimensões distintas.

Tabela 5. Diversidade da granulometria do RMF presentes na literatura

AUTORES	ORIGEM	FAIXA GRANULOMÉTRICA
(PROTASIO <i>et al.</i> , 2021)	Brasil	0,01mm e 0,3 mm
(CARRASCO <i>et al.</i> , 2017)	Brasil	0,01mm e 0,1mm
(MAGALHÃES <i>et al.</i> , 2018)	Brasil	< 0,036mm
(FONTES <i>et al.</i> , 2016)	Brasil	<2,4mm
(DAUCE <i>et al.</i> , 2019)	Brasil	0,037mm e 6,3mm
(SHETTIMA <i>et al.</i> , 2018)	Malásia	,15mm e 1,5 mm
(ZHAO; <i>et al.</i> , 2014)	China	0,003mm e 0,5 mm
(LI <i>et al.</i> , 2019)	China	<0,046mm

Fonte: valores aproximados adaptados de: (CARRASCO *et al.*, 2017; DAUCE *et al.*, 2019; FONTES *et al.*, 2016; LI *et al.*, 2019; MAGALHÃES *et al.*, 2018; PROTASIO *et al.*, 2021; SHETTIMA *et al.*, 2018; ZHAO *et al.*, 2014)

Partindo das características iniciais do RMF discutidas, observa-se a forte possibilidade de uso como estabilizante para a taipa de pilão. Entretanto, apesar destes valores granulométricos serem um indicativo inicial de que as características do RMF podem ser compatíveis com estabilização de solos para a taipa de pilão, considera-se essencial que outras análises, como os limites de *Atterbeg*, sejam realizados, visto que são meios de caracterizar o solo já muito disseminados na literatura (CIANCIO; JAQUIN; WALKER, 2013; KOUTOUS; HILALI, 2019a).

Ainda assim, ressalta-se que estudos sobre o comportamento dos materiais aplicados a técnica da taipa de pilão ainda são muito escassos e frequentemente distintos dos ensaios realizados durante a caracterização de um material para aplicação no setor da construção civil, já que a maioria dos ensaios de tecnologias com terra são baseados em estudos da geotecnia e estes testes laboratoriais nem sempre são os mais adequados para entender as características da tecnologia (CIANCIO *et al.*, 2015) e insuficientes para obter dados concretos sobre estabilização com resíduos. Ensaios de caracterização da morfologia das partículas, volume de vazios, análise de pH, reatividade das argilas e atividade pozolânica, por

exemplo, poderiam ser sugeridos na norma de taipa de pilão para obter maiores informações sobre o material utilizado para a técnica.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É de extrema relevância, por conta do cenário de aquecimento global, que sejam analisadas possibilidades de estabilização do tipo física dentro da técnica de taipa de pilão. Desta forma, tende-se a preservar a baixa energia incorporada da técnica e evitar, se possível, o uso de materiais cimentícios. O uso de resíduos para este propósito agrega muitas vantagens ambientais desde que seu uso esteja associado a uma escala regional, sem que seja gasta energia para o seu transporte. O uso da técnica de empacotamento de partículas tende a maximizar, também, as propriedades mecânicas e de durabilidade se usado junto à estabilização do tipo química.

Desta maneira este artigo analisou a viabilidade do uso do RMF como estabilizante da taipa de pilão nas regiões onde a extração do minério é frequente e o seu excedente ainda é estocado em barragens. Devido as características físicas, químicas e mineralógicas do rejeito, há expectativas de que tenha um comportamento adequado (inerte) para colaborar com uma curva granulométrica bem distribuída em tipos de solos que demandem principalmente material com características de areia, areia fina ou silte.

Por fim, reitera-se a importância da investigação de estudos padronizados e adotando-se os conceitos de ciências dos materiais para a caracterização de solos e do RMF a serem incorporados na arquitetura de terra, explorando para além dos ensaios geotécnicos, a fim de alcançar maior eficácia na estabilização da taipa de pilão.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. **NBR 17014: taipa de pilão: requisitos, procedimentos e controle**. Rio de Janeiro, 2022.

ALMADA *et al.* Evaluation of mechanical properties and durability indicators of mortars with addition of iron ore tailings. Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. **Anais**. Porto Alegre: ANTAC, 2022.

ALMADA *et al.* Study of mechanical, durability and microstructural properties of cementitious composite with addition of different iron ore tailings from Brazil. **Journal of Materials Research and Technology**, v. 18, p. 1947–1962, 1 maio 2022.

ARRIGONI, *et al.* Life cycle analysis of environmental impact vs. durability of stabilised rammed earth. **Construction and Building Materials**, v. 142, p. 128–136, 1 jul. 2017.

ARRIGONI *et al.* Rammed Earth incorporating Recycled Concrete Aggregate: a sustainable, resistant and breathable construction solution. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 137, p. 11–20, 1 out. 2018.

ARRIGONI *et al.* Reduction of rammed earth's hygroscopic performance under stabilisation: an experimental investigation. **Building and Environment**, v. 115, p. 358–367, 1 abr. 2017.

BECKETT, C.; CIANCIO, D. **Rammed earth**: An overview of a sustainable construction material. A report prepared for the Third International Conference on Sustainable Construction Materials and Technologies, 2013.

CABRAL *et al.* Determinação da influência do tipo de agregado reciclado de resíduo de construção e demolição sobre o módulo de deformação de concretos produzidos com agregados reciclados. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 1, n. 2, p. 171–192, jun. 2008.

CARRASCO *et al.* Characterization of mortars with iron ore tailings using destructive and non-destructive tests. **Construction and Building Materials**, v. 131, p. 31–38, 2017.

CHEN *et al.* Effect of incorporation of rice husk ash and iron ore tailings on properties of concrete. **Construction and Building Materials**, v. 338, 2022.

CHENG, *et al.* Test research on the effects of mechanochemically activated iron tailings on the compressive strength of concrete. **Construction and Building Materials**, v. 118, p. 164–170, 2016.

CIANCIO *et al.* **First International Conference on Rammed Earth Construction**. A report prepared for the First International Conference on Rammed Earth Construction, 2015.

CIANCIO *et al.* Advances on the assessment of soil suitability for rammed earth. **Construction and Building Materials**, v. 42, p. 40–47, 2013.

COSTA *et al.* Rompimento da barragem em Brumadinho: um relato de experiência sobre os debates no processo de desastres. **Saúde em Debate**, v. 44, n. spe2, p. 377–387, 2021.

AUCE *et al.* Characterisation and magnetic concentration of an iron ore tailings. **Journal of Materials Research and Technology**, v. 8, n. 1, p. 1052–1059, 2019.

DIÁRIO DO COMÉRCIO. **Minas Gerais agrega valor com diversificação das exportações**. Disponível em: <<https://diariodocomercio.com.br/negocios/perfil-exportador-de-minas-gerais-se-mantem-por-decadas/>>. Acesso em: 5 fev. 2023.

DUARTE *et al.* Influence of mechanical treatment and magnetic separation on the performance of iron ore tailings as supplementary cementitious material. **Journal of Building Engineering**, v. 59, 2022.

FONTES *et al.* Mortars for laying and coating produced with iron ore tailings from tailing dams. **Construction and Building Materials**, v. 112, p. 988–995, 2016.

GALVÃO *et al.* Reuse of iron ore tailings from tailings dams as pigment for sustainable paints. **Journal of Cleaner Production**, v. 200, p. 412–422, 2018.

GIUFFRIDA *et al.* An overview on contemporary rammed earth buildings: Technological advances in production, construction and material characterization.

IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. **Anais**. Institute of Physics Publishing, 2019

HALL, M.; ALLINSON, D. Assessing the effects of soil grading on the moisture content-dependent thermal conductivity of stabilised rammed earth materials. **Applied Thermal Engineering**, v. 29, n. 4, p. 740–747, 2009a.

_____. Analysis of the hygrothermal functional properties of stabilised rammed earth materials. **Building and Environment**, v. 44, n. 9, p. 1935–1942, 2009b.

HOFFMANN, *et al.* Taipa de pilão. *Em*: NEVES, C.; FARIA, O. B. (Eds.). **Técnicas de construção com terra**. Bauru, SP: FEB-UNESP/PROTERRA, 2011. p. 1–79.

JAYASINGHE *et al.* Load bearing properties of composite masonry constructed with recycled building demolition waste and cement stabilized rammed earth. **Construction and Building Materials**, v. 102, p. 471–477, 2016.

DELGADO, M. C.; GUERRERO, I. C. The selection of soils for unstabilised earth building: A normative review. **Construction and Building Materials**, v. 21, n. 2, p. 237–251, 2007.

JOHN, V. M. Aproveitamento de resíduos sólidos como materiais de construção. *Em*: **Reciclagem de entulho para a produção de materiais de construção**: projeto entulho bom. 1. ed. Salvador: EDITORA DA UFBA, 2001. p. 26–44.

KARIYAWASAM, K. K. G. K. D.; JAYASINGHE, C. Cement stabilized rammed earth as a sustainable construction material. **Construction and Building Materials**, v. 105, p. 519–527, 2016.

KOSARIMOVAAHED, M.; TOUFIGH, V. Sustainable usage of waste materials as stabilizer in rammed earth structures. **Journal of Cleaner Production**, v. 277, 2020.

KOUTOUS, A.; HILALI, E. M. A Proposed Experimental Method for the Preparation of Rammed Earth Material. **International Journal of Engineering Research & Technology**, v. 8, n. 7, 2019a.

_____. Grain shape effects on the mechanical behavior of compacted earth. **Case Studies in Construction Materials**, v. 11, 2019b.

LACAZ, *et al.* Tragédias brasileiras contemporâneas: o caso do rompimento da barragem de rejeitos de Fundão/Samarco. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 42, n. 0, 2017.

LI, *et al.* Recycling of industrial waste iron tailings in porous bricks with low thermal conductivity. **Construction and Building Materials**, v. 213, p. 43–50, 2019.

LIN *et al.* Characterization of coarse soils derived from igneous rocks for rammed earth. **Engineering Geology**, v. 228, p. 137–145, 2017.

LINHARES *et al.* Influence of Addition Contents of Iron Ore Tailings on Structural Mortar. **Journal of Management and Sustainability**, v. 11, n. 1, p. p74, 2021.

MAGALHÃES *et al.* Iron Ore Tailing as Addition to Partial Replacement of Portland Cement. **Materials Science Forum**, v. 930, p. 225–230, 2018.

MEEK *et al.* Alternative stabilised rammed earth materials incorporating recycled waste and industrial by-products: Durability with and without water repellent. **Construction and Building Materials**, v. 265, 2020.

____. Reinforcement corrosion in cement- and alternatively-stabilised rammed earth materials. **Construction and Building Materials**, v. 274, 2021.

MELLAIKHAFI *et al.* Characterization of different earthen construction materials in oasis of south-eastern Morocco (Errachidia Province). **Case Studies in Construction Materials**, v. 14, 2021.

MENDES *et al.* Technical and environmental assessment of the incorporation of iron ore tailings in construction clay bricks. **Construction and Building Materials**, v. 227, 2019.

MILANI, A. P. DA S.; LABAKI, L. C. Physical, Mechanical, and Thermal Performance of Cement-Stabilized Rammed Earth–Rice Husk Ash Walls. **Journal of Materials in Civil Engineering**, v. 24, n. 6, p. 775–782, 2012.

MINKE, G. **Manual de construção com terra: a terra como material de construção e seu uso na arquitetura**. Solisluna Editora, v.1, 2022.

MORAIS *et al.* Thermal and mechanical analyses of colored mortars produced using Brazilian iron ore tailings. **Construction and Building Materials**, v. 268, 2021.

NAVARRO *et al.* Estabilização de blocos de terra comprimida com cal e rejeitos de mineração. 6o. Encontro Nacional de Aproveitamento de Resíduos na Construção - ENARC. **Anais...**Belém: ENARC, 2019.

NEVES *et al.* **Seleção de solos e métodos de controle na construção com terra: práticas de campo**. Rede Ibero-americana PROTERRA, 2010.

PROTASIO *et al.* The use of iron ore tailings obtained from the Germano dam in the production of a sustainable concrete. **Journal of Cleaner Production**, v. 278, 2021.

REDDY, B. V. V.; JAGADISH, K. S. Embodied energy of common and alternative building materials and technologies. **Energy and Buildings**, v. 35, n. 2, p. 129–137, 2003.

ROCHA *et al.* Greening stabilized rammed earth: Devising more sustainable dosages based on strength controlling equations. **Journal of Cleaner Production**, v. 66, p. 19–26, 2014.

SADCSTAN. **SADC ZD HS 983: Rammed earth structures: code of practice**. Zimbabwe, 2014.

SCHATZMAYR *et al.* Use of iron ore tailings and sediments on pavement structure. **Construction and Building Materials**, v. 342, 2022.

SHAABAN, M. Sustainability of Excavation Soil and Red Brick Waste in Rammed Earth. **Civil Engineering and Architecture**, v. 9, n. 3, p. 789–798, 2021.

SHETTIMA *et al.* Strength and Microstructure of Concrete with Iron Ore Tailings as Replacement for River Sand. Web of Conferences. **Anais...**Penang: EDP Sciences, 2018.



SIDDIQUA, S.; BARRETO, P. N. M. Chemical stabilization of rammed earth using calcium carbide residue and fly ash. **Construction and Building Materials**, v. 169, p. 364–371, 2018.

SIEFFERT *et al.* Sustainable construction with repurposed materials in the context of a civil engineering-architecture collaboration. **Journal of Cleaner Production**, v. 67, p. 125–138, 2014.

SILVA *et al.* Rammed earth construction with granitic residual soils: The case study of northern Portugal. **Construction and Building Materials**, v. 47, p. 181–191, 2013.

TOUFIGH, V.; KIANFAR, E. The effects of stabilizers on the thermal and the mechanical properties of rammed earth at various humidities and their environmental impacts. **Construction and Building Materials**, v. 200, p. 616–629, 2019.

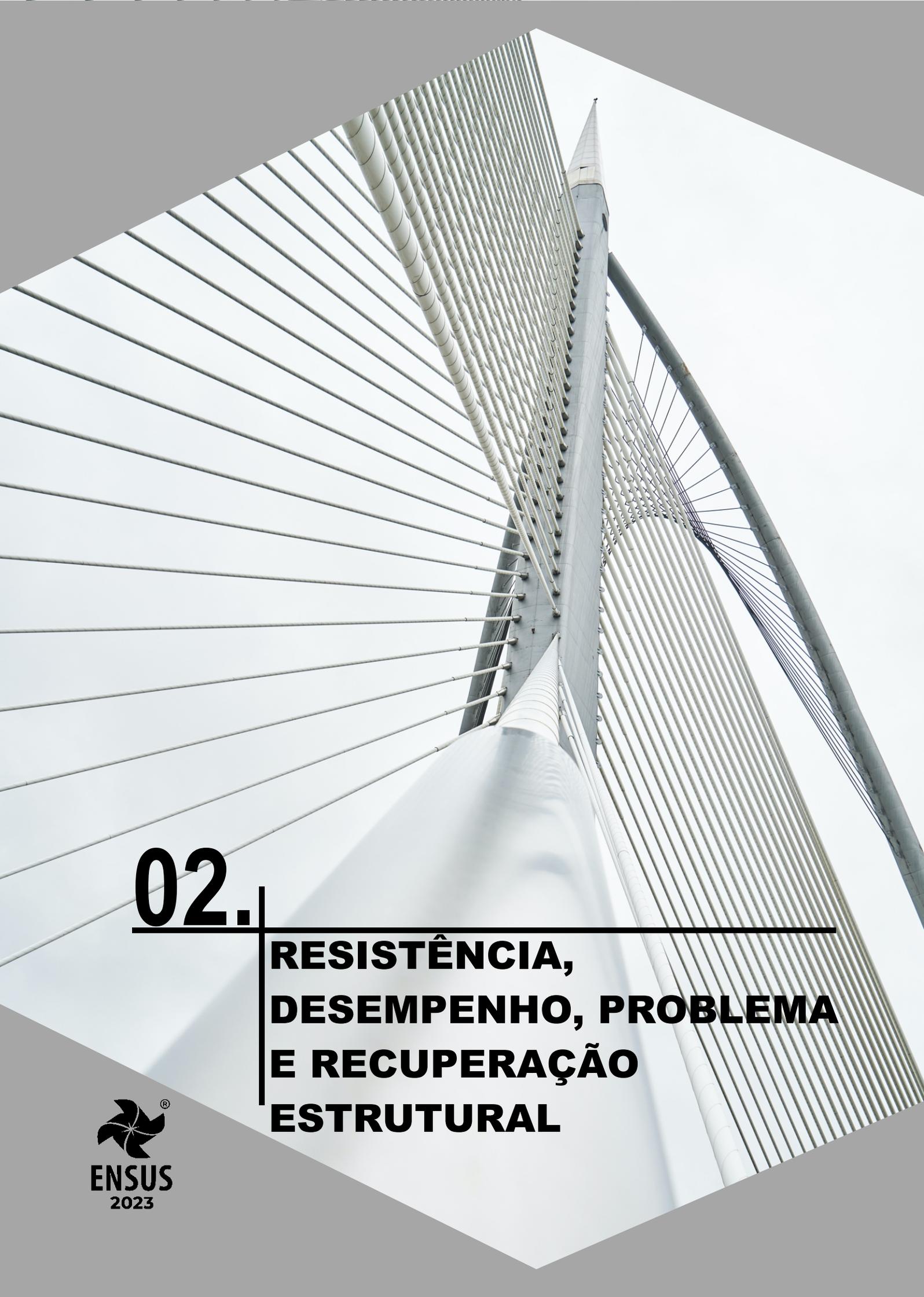
WALKER, P.; AUSTRALIA, S. **HB 195: The Australian earth building handbook**, 2002.

ZAMI *et al.* Geotechnical properties and strength of Al-Hassa White Soil suitable for stabilized earth construction. **Arabian Journal of Geosciences**, v. 15, n. 8, 2022.

ZHAO *et al.* Utilization of iron ore tailings as fine aggregate in ultra-high-performance concrete. **Construction and Building Materials**, v. 50, p. 540–548, 2014.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPMIG pelo financiamento desta pesquisa (Projeto APQ05495-18).



02.

**RESISTÊNCIA,
DESEMPENHO, PROBLEMA
E RECUPERAÇÃO
ESTRUTURAL**



AVALIAÇÃO FÍSICO-MECÂNICA DE SOLOS PARA
EXECUÇÃO DE PAREDES AUTOPORTANTES EM TAIPA DE **57-72**
PILÃO

WOLENSKI, Anderson Renato Vobornik; BARVIERA, Cássio Alexandre;
KOPPE, Ezequiel; BORÇATO, Allan Guimarães; WELTER, Elisa Maria.

02.

**RESISTÊNCIA,
DESEMPENHO, PROBLEMA
E RECUPERAÇÃO
ESTRUTURAL**

AVALIAÇÃO FÍSICO-MECÂNICA DE SOLOS PARA EXECUÇÃO DE PAREDES AUTOPORTANTES EM TAIPA DE PILÃO

PHYSICAL-MECHANICAL CHARACTERIZATION OF SOILS FOR THE PRODUCTION OF RAMMED EARTH WALLS

Data de aceite: 04/07/2023 | Data de submissão: 07/06/2023

WOLENSKI, Anderson Renato Vobornik, Doutor

Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), Docente Tecnologias e Estruturas da Construção Civil, São Carlos, Brasil, E-mail: anderson.wolenski@ifsc.edu.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5709-1965>

BARIVIERA, Cássio Alexandre, Mestre

Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), Docente Projetos da Construção Civil, São Carlos, Brasil, E-mail: cassio.bariviera@ifsc.edu.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0589-5726>

KOPPE, Ezequiel, Doutor

Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), Docente Produção Vegetal, São Carlos, Brasil, E-mail: ezequiel.koppe@ifsc.edu.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2914-138X>

BORÇATO, Allan Guimarães, Mestre

Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), Docente Projetos de Estruturas de Construção Civil, São Carlos, E-mail: allan.borcato@ifsc.edu.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3822-2859>

WELTER, Elisa Maria, Graduanda

Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), Graduanda em Engenharia Civil, São Carlos, E-mail: elisa.w@ifsc.edu.br

RESUMO:

Projetos pautados em sistemas construtivos e inovadores têm sido cada vez mais urgentes quando se objetiva a concepção de uma edificação sustentável. A relevância desta demanda tem resultado em estudos que transponham o paradigma da construção civil que insiste no uso de materiais não renováveis, como o cimento e o aço. O método construtivo denominado Taipa de Pilão tem se inserido neste contexto com uma importante alternativa, ao adotar a terra como principal componente em sua constituição, o que impacta na relação custo-benefício, pois possibilita a direta redução do consumo energético e a melhoria do conforto termo acústico. Neste contexto, a presente pesquisa buscou avaliar física e mecanicamente 3 (três) solos extraídos em municípios da região oeste de Santa Catarina, a fim de executar, de modo experimental e em escala real, paredes autoportantes em Taipa de pilão, sendo este um método construtivo altamente inovador e que tem ganhado visibilidade no Brasil por meio de projetos pautados em edificações sustentáveis.

PALAVRAS-CHAVE:

Sustentabilidade. Taipa de Pilão. Solo. Métodos experimentais. Sistemas Construtivos.

ABSTRACT:

Projects based on innovative building systems have become increasingly urgent when it comes to designing sustainable buildings. The relevance of this demand has led to studies that overcome the paradigm of civil construction, which insists on the use of non-renewable materials such as cement and steel. In this context, the construction method called rammed earth has been introduced as an important alternative, adopting soil as the main component in its constitution, which impacts on the cost-benefit ratio, since it allows a direct reduction in energy consumption and improves the thermal and acoustic comfort. In this context, this research sought to physically and mechanically evaluate 3 (three) soils extracted from municipalities located in the western region of Santa Catarina, in order to perform, experimentally and on a real scale, self-supporting walls in rammed earth, this being a highly innovative construction method that has gained visibility in Brazil through projects based on sustainable buildings.

KEYWORDS:

Sustainability. Rammed Earth. Soil. Experimental methods. Constructive System.

1. INTRODUÇÃO

As técnicas que usam o compósito solo-cimento como principal material constituinte em uma edificação possuem em comum a minimização dos impactos ambientais negativos, quando comparados a insumos tradicionais e não renováveis, como o cimento e o aço, que despontam como grandes vilões do efeito estufa ao gerar grandes quantidades de CO₂. Inserir a terra crua como um componente construtivo ou como uma possibilidade mais sustentável, portanto, resulta em mudanças significativas para a cadeia produtiva da construção civil.

Para além disso, adotar um material extraído in loco, como o solo da própria área a ser edificada, representa um impacto na redução dos custos totais da obra, pois contribui diretamente na redução do consumo energético durante a construção. Podendo ainda somar a isso, uma melhora significativa do conforto térmico e acústico proporcionados pelo uso deste material e apreciados no pós-ocupação.

Por meio de uma pesquisa experimental, este trabalho tem como objetivos: (1) avaliar os aspectos físicos de solos de três municípios do oeste catarinense, tais como os limites de liquidez e plasticidade, densidade e umidade; (2) analisar o comportamento mecânico do compósito solo-cimento, a partir de corpos de prova moldados com compactação e teor de umidade ótimos; e (3) ter subsídios para a incorporação, na construção civil local, destes materiais nos municípios de Águas de Chapecó, Palmitos e em São Carlos-SC.

Nos tópicos seguintes, são apresentados o referencial teórico que dá base a esta pesquisa, a estrutura metodológica utilizada, os resultados obtidos por esta análise e ao final, tecidas as considerações finais e é apresentado as bibliografias adotadas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

No arcabouço das pesquisas relacionadas à construção com terra no Brasil, Milani e Barboza (2016) destacam que muitas das pesquisas realizadas voltam-se à confecção de tijolos ou blocos que adotam a técnica de prensagem ou da compactação da terra, para produzir paredes de vedação. Em comum, tais técnicas

compartilham da estabilização do solo a partir de uma incorporação mínima de cimento ou da cal, de modo a se tornar uma importante alternativa às matérias-primas tradicionais da construção civil, cada vez mais escassas e com custos crescentes.

A taipa de pilão, em linhas gerais, consiste em apiloar/compactar camadas de terra crua entre formas de madeira, camadas essas que resultam em paredes monolíticas, autoportantes e de material isotérmico, entretanto, bastante rudimentares dado o caráter artesanal da sua execução (PISANI, 2004). Sobre esta técnica tradicional, Minke (2022) destaca que esta ainda é usada em diversos países, todavia, a emergência do uso de métodos e materiais mais sofisticados e de ferramentas mais apropriadas, como formas moduladas e apiloadores pneumáticos, têm possibilitado a execução desta técnica de modo mais eficiente, tornando seu uso mais expressivo, mesmo nos países desenvolvidos, dada a sua viabilidade econômica e o caráter ecológico do seu material básico.

Um dos primeiros países a empregar tecnologia em novos edifícios de taipa foi o Egito, através do arquiteto Hassan Fathy da Universidade do Cairo, onde a partir da inserção de novos equipamentos, métodos, ferramentas e design, revelaram novas possibilidades para o uso da taipa de pilão (GATTI, 2012). Em relação ao método tradicional, a taipa de pilão apresenta diversos benefícios, como a associação facilitada com outros materiais ou subsistemas, formas projetadas, esbeltez das estruturas, possibilidade de modulação das paredes, a agilidade na execução e também resultados estéticos mais interessantes (VERALDO, 2015), evidenciando que, para além do seu caráter sustentável, a taipa de pilão mostra-se também viável técnica e economicamente na atualidade.

Num panorama mundial, os Estados Unidos e a Austrália são os países que mais possuem escritórios e construtoras especializadas em terra crua e dentre os que possuem normas técnicas, destacam-se os Estados Unidos, Peru e El Salvador e também o Brasil, que regulamentou a técnica em 2022.

No que se refere à mudanças e avanços da técnica, Martin Rauch na Áustria destaca-se ao aliar importantes inovações ao modo de fazer tradicional, tais como a utilização de elementos em terra pré-moldados em seus projetos, elementos estes normalmente produzidos em fábricas próximas aos canteiros de obras e também o caso chileno de um Centro de Ecologia Aplicada, desenvolvido por Marcelo Cortez, este projeto contribuiu com a elaboração de tecnologias anti sísmicas aliadas às paredes externas em taipa de pilão (GATTI, 2002).

No cenário acadêmico e de desenvolvimento de pesquisas sobre o tema, destacam-se o Reino Unido com o Centro de Pesquisas Plymouth, a França com a Associação CRATerre-EAG, que desenvolve pesquisas sobre o tema desde 1970 e o Brasil, mais recentemente, com a Rede Terra Brasil, que reúne diversos profissionais, pesquisadores, arquitetos, engenheiros e interessados no tema para pesquisar e difundir conhecimento sobre a construção com terra de modo geral.

No Brasil, a técnica construtiva da taipa de pilão não figura como algo novo no hall das técnicas e sistemas utilizados, vez que diversas construções históricas em muitas regiões do país guardam esta técnica por trás de seus rebocos e pinturas caiadas, mas que infelizmente entrou em desuso no início do século XIX com o advento do cimento Portland. Segundo Minke (2022), as construções com terra de modo geral são conhecidas há mais de nove mil anos, sendo este, um material amplamente utilizado em diversas culturas antigas, tanto em casas, quanto em

templos e edifícios religiosos e as com terra compactada, mais precisamente, há pelo menos cinco mil anos de registro de sua utilização.

Há de se destacar algumas experiências anteriores aos anos 2000, como o grupo de arquitetos baianos que tinha como objetivo a construção de casas em grande escala e de baixo custo — o Centro de Pesquisa e Desenvolvimento — Ceped. Este projeto construiu 42 casas em taipa de pilão estabilizada com cimento em Narandiba, SP. Todavia, tal grupo enfrentou grandes preconceitos contra os sistemas construtivos com terra crua, até mesmo promovidos pelo governo brasileiro, que através de uma campanha nacional iniciada nos 1960, associou as construções com terra à doença de Chagas. Esta campanha fez parte da política habitacional para construção em massa de casas populares financiadas pelo Banco Nacional de Habitação - BNH, e auxiliou na popularização da associação da proliferação do inseto com as casas construídas em terra, cabendo destacar que este inseto vive em pequenas cavidades, independentemente do tipo de material que a parede é feita (TAVEIRA, 2002).

Contemporaneamente, tem crescido o número de obras feitas em taipa de pilão no Brasil. Em uma revisão bibliográfica, Pinheiro, Rangel, Guimarães e Silva (2016) mapearam as obras realizadas com essa técnica nos últimos 60 anos e chegaram a um total de 38 obras conhecidas, dentre as quais predominam as de caráter habitacional e a localização no Estado de São Paulo. Ainda na sequência deste levantamento, foram selecionados os edifícios construídos em taipa mecanizada, retratados em documentos científicos como artigos, teses ou dissertações, representando a evolução tecnológica na construção em taipa contemporânea, ou seja, representando as adaptações no processo construtivo ou nas soluções projetuais adotadas devido às observações realizadas no decorrer do desenvolvimento da própria tecnologia (STEENBOCK e TAVARES, 2022).

Apesar de expressivos para a época, estes dados mostram a necessidade de uma nova atualização acerca destes números, tendo em vista o surgimento de novos grupos e laboratórios de pesquisa sobre o tema, a promulgação na Norma ABNT 17014 no ano de 2022, a qual trata exclusivamente dos requisitos, procedimentos e controle da Taipa de Pilão e a própria popularização e resgate da técnica que vem galgando maiores espaços no cenário construtivo brasileiro.

Do ponto de vista de sustentabilidade, cabe-nos também destacar o que Sakr et al. (2010) sustentam ao indicar a construção civil é uma das atividades econômicas que mais consomem matérias-primas virgens em seus processos e são estes processos que geram crescentes impactos ambientais resultantes da extração, consumo e descarte de bens naturais ou manufaturados, da ampla ocupação e modificação da paisagem, e conseqüentemente, da degradação e poluição ambiental causados por esses processos. Logo, a cadeia produtiva das construções é também corresponsável na ampla rede de transformação dos insumos, vez que esta é seguida por uma extensa gama de resíduos, gerados antes, durante e após as distintas etapas de uma construção.

Por conseguinte, quando os resíduos da construção civil não são gerenciados da maneira correta, desconsiderando o ciclo de vida do material e a sua posterior disposição na natureza, estes continuam causando impactos negativos, degradando solos, comprometendo corpos hídricos superficiais e lençóis freáticos, obstruindo sistemas de drenagem, intensificando enchentes e degradando a paisagem de modo geral (YEHEYIS et al., 2013; PASSUELLO et al., 2014).

E a incorporação dos ditos Materiais a 0 Km, conceito elaborado por Souza (2021) e onde a Taipa de Pilão entraria enquanto um digno exemplar, tem contribuído muito para mudar este paradigma cíclico da construção civil, vez que esses materiais podem ser adquiridos localmente, sem necessidade de transporte ou transformação e que, no fim da sua vida útil, podem facilmente ser reincorporados ao ambiente.

Esta visão sistêmica, portanto, sobre a manufatura e o uso dos materiais de uma edificação é resultado de um necessário movimento de incentivo ao uso de insumos locais e que incorporem uma industrialização mínima, como forma de proporcionar construções mais sustentáveis, saudáveis, econômicas, socialmente acessíveis e identificadas com o lugar onde estão inseridas, elementos cada vez mais necessários frente aos desafios ambientais e econômicos do nosso tempo. E é neste contexto, que o presente artigo busca ser enquadrado.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa aqui proposta permeia questões de cunho técnico, baseadas nos aspectos sustentáveis ao seguir um conceito novo, mas que mundialmente tem se consolidado cada vez mais e se apresentado em manifestos e projetos da construção civil, denominado Arquitetura km 0. Estudar o material solo-cimento busca um enquadramento no tripé Ambiental-Cultural-Econômico pautado pela ideia original da sustentabilidade, ao adotar materiais extraídos in loco, mas precisamente de solos encontrados nos municípios de Águas de Chapecó, Palmitos e São Carlos, região oeste do Estado de Santa Catarina, a fim de seguir o conceito de materiais Km 0 e agregar tecnologia na avaliação físico-mecânica do solo-cimento, visando seu uso em paredes autoportantes de taipa de pilão.

Esta visão pautada na sustentabilidade e na viabilidade técnica contribui para fundamentar o presente artigo, que objetiva caracterizar do ponto de vista físico-mecânico o material solo-cimento em âmbito laboratorial, a fim de viabilizar a técnica construtiva da Taipa de Pilão em âmbito comercial, seja por empresas e indústrias da construção civil ou por profissionais que busquem incorporar a nova Arquitetura Km 0 em seus projetos para edificações mais sustentáveis na região oeste de Santa Catarina.

As etapas experimentais da pesquisa aqui proposta demandam do correto procedimento metodológico intrínseco de cada ensaio, o que implica em seguir rigorosamente as normas técnicas de classificação constituinte do solo-cimento.

Neste sentido, este artigo está pautado em normas que buscam avaliar do ponto de vista físico e mecânico os materiais: solo, cimento e agregado miúdo, bem como, em trabalhos científicos (normatizados e/ou empíricos) que auxiliaram no entendimento das metodologias aqui adotadas, com destaque para a recente publicação da ABNT NBR 17014:2022 que traz os requisitos, procedimentos e controle para execução de paredes em taipa de pilão. Logo, tem-se na sequência o detalhamento dos ensaios físicos e mecânicos desta pesquisa.

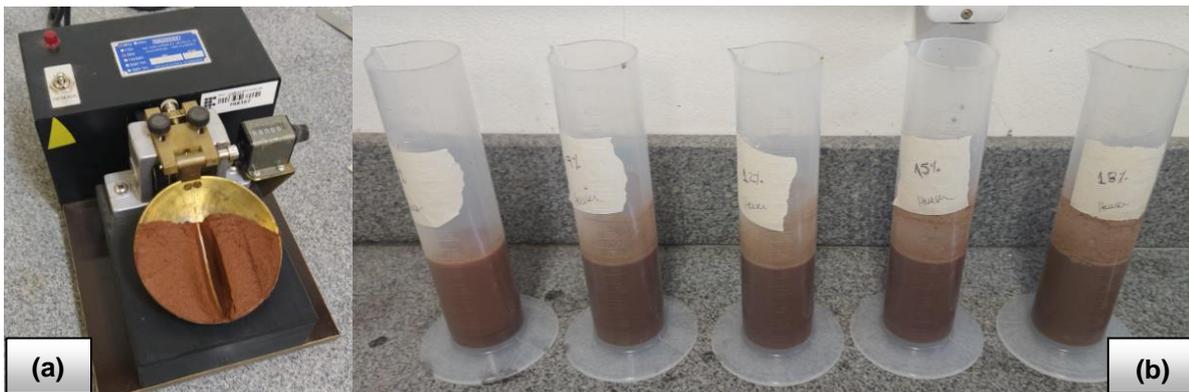
3.1 Características físicas

Este artigo partiu da seleção e correção de solos encontrados na região do extremo oeste catarinense, mais precisamente, nos municípios de Águas de Chapecó, Palmitos e São Carlos, a fim de reconhecer as características físicas dos solos extraídos *in loco* para verificar sua conformidade em termos de coesão, compactação e correção granulométrica.

Na extração descartou-se a primeira camada de solo, visto as suas características estritamente orgânicas. Com a seleção do solo mais adequado, avaliou-se a distribuição dos tamanhos de partículas (EMBRAPA, 2017) e os limites de plasticidade (ABNT NBR 7180:2016) e de liquidez (ABNT NBR 6459:2016). A Figura 1a mostra o equipamento de Casagrande adotado para determinação de tais limites.

Além disso, realizou-se o ensaio de densidade real dos grãos dos solos (DNER ME 093:1994) e a análise do teor mínimo de cimento requerido para estabilização físico-química completa do solo (DNIT ME 414:2019), com as provetas de 250 mL dispostas com diferentes percentuais de cimento, conforme ilustra a Figura 1b.

Figura 1: (a) Equipamento de Casagrande adotado para determinar os limites plásticos dos solos; (b) disposição das provetas para o ensaio de determinação ótima do teor de cimento.



Fonte: Autores.

Estes ensaios iniciais apontaram a necessidade de correção granulométrica do solo obtido a partir da adição de agregados miúdos, sendo a areia natural média adotada neste artigo em um teor aproximado de 50%. O termo solo-mistura, portanto, refere-se à mistura do solo com areia necessária para melhoramento da distribuição granulométrica e melhor empacotamento das partículas, sem, contudo, ocasionar problemas de fissuração, devido ao excesso de argila, ou esfrelamento, dada a elevada inserção de agregado miúdo.

3.2 Características mecânicas

O solo-mistura foi adotado em seu estado seco, com adição de 10% de cimento, seguida da mistura manual dos materiais e com adição de água em um teor de 12%, a fim de atingir a umidade ótima de compactação, conforme ilustra a Figura 2.

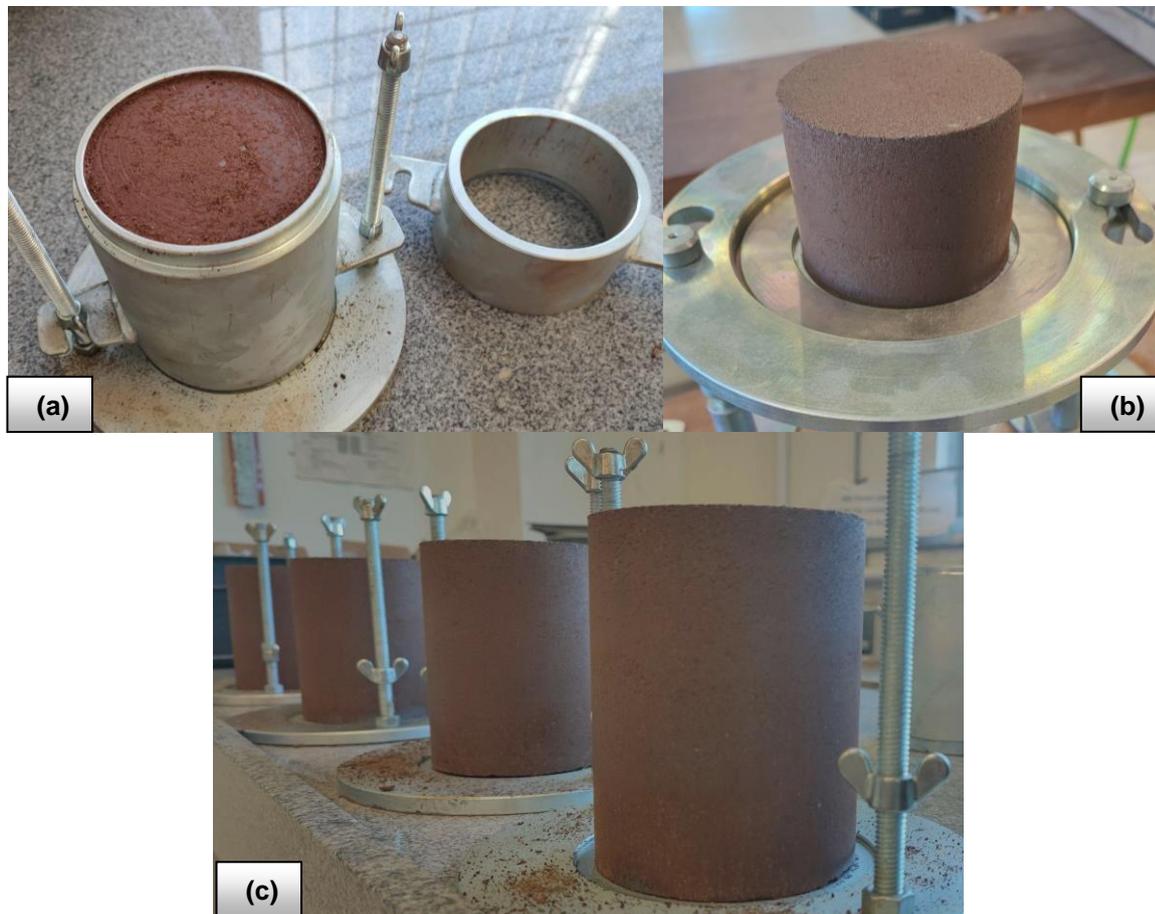
Figura 2: Processo de mistura: (a) solo com 10% de cimento, (b) mistura do solo e areias secas e adição de água em uma mistura homogênea, e (c) misturas prontas para moldagem.



Fonte: Autores.

Os corpos de prova (CPs) foram moldados por compactação, com três camadas de mesma altura e compactadas com 15 golpes por camada (ABNT NBR 12023:2012), espalhando o solo-cimento dentro dos moldes CBRs (\varnothing 10 cm), com quantidade suficiente para produzir uma camada compactada de mesma altura, conforme sequência ilustrada pela Figura 3.

Figura 3: Amostras (a) moldadas no CBR, (b) extrator de CBR, (c) amostras aguardando tempo de cura para o ensaio de resistência mecânica.



Fonte: Autores.

Foram confeccionados 03 (três) corpos de prova (CPs) para cada um dos 3 (três) tipos de solo, de modo a determinar a resistência à compressão (f_{co}), conforme recomenda a ABNT NBR 12025:2012. Após 28 dias de cura (ambiente seco), o rompimento dos CPs foi realizado a uma taxa de incremento de tensão de $(0,15 \pm 0,10)$ MPa/min, em uma prensa servo controlada com capacidade máxima de 1.000 kN (Intermetric iM Unique 2223©).

Ensaio para resistência mecânica em idades avançadas não foram apresentados neste trabalho, mas considera-se relevante levar esta questão em consideração. Os resultados são apresentados na sequência.

4. APLICAÇÕES E RESULTADOS

Os resultados e discussões foram divididos conforme a caracterização física e mecânica do solo-cimento compactado, fruto principal deste estudo. Ao longo dos resultados, quando se refere ao solo-mistura, faz-se referência a diferentes percentuais de mistura de solo in loco, em conjunto com areia natural, como forma

de alcançar um melhor empacotamento das partículas e coesão. Adicionados ao solo-mistura, adotou-se um percentual de 10% de cimento CP V-ARI, a fim de melhorar a resistência mecânica à compressão.

4.1. Características físicas

Na Tabela 1 são apresentados dados referentes aos limites de liquidez e plasticidade, realizados a fim de caracterizar fisicamente os solos utilizados.

Tabela 1: Dados de caracterização física dos solos adotados neste trabalho.

Partículas de Solo Argiloso < 0,002mm	Partículas de Solo Siltoso < 0,05mm	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Local
79,48	18,73	46,77	29,90	16,39	Águas de Chapecó, SC
73,37	20,15	50,14	29,73	23,28	Palmitos, SC
86,22	13,78	49,20	38,9	10,3	São Carlos, SC

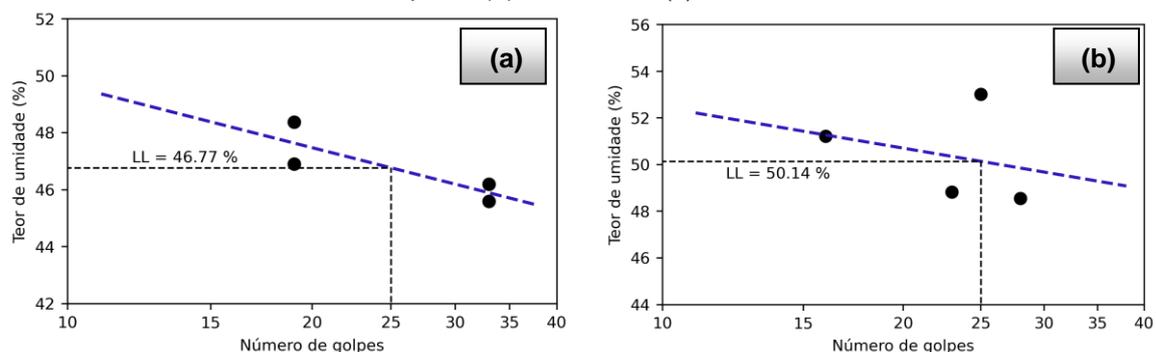
Fonte: Autores.

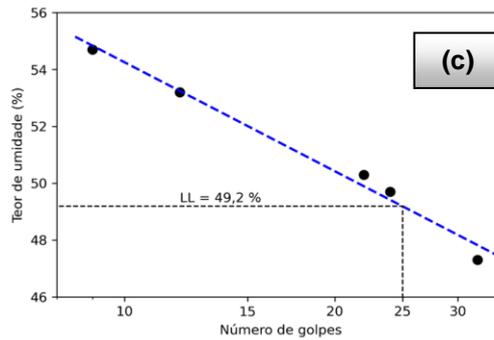
A análise resultou na constatação de que o solo contém grande quantidade de material fino (partículas < 0,075mm). Esta característica é predominante de solos residuais de basalto da Formação Serra Geral, conforme relatado por Menegotto et al. (2016) e Wolenski et al. (2022).

Todavia, ao realizar a mistura do solo, a qual resulta no solo-mistura composto pelas proporções de 50% de solo e 50% de areia, temos a redução da quantidade de finos, a fim de alcançar um teor médio de 50% de material argilo-siltoso, como forma de promover resistência mecânica, sem perder a importante propriedade de coesão entre as partículas.

Para os limites de consistência, os resultados apresentados na Tabela 1 e Figura 4 mostram que o grande percentual de partículas finas presente no solo induz a elevados teores de umidade para o limite de liquidez e o limite de plasticidade.

Figura 4: Resultado do ensaio para o limite de liquidez para cada um dos solos estudados: (a) Águas de Chapecó; (b) Palmitos; e (c) São Carlos.

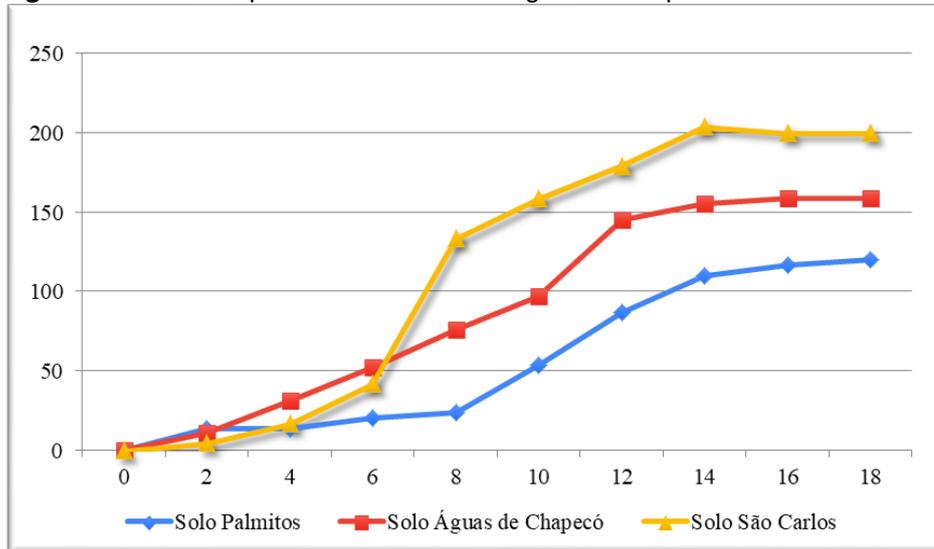




Fonte: Autores.

Na Figura 5 têm-se os resultados para o teor máximo de cimento a ser incorporado para promover a completa estabilização físico-química dos solos pesquisados para amostras de Palmitos, Águas de Chapecó e São Carlos.

Figura 5: Resultado para o método de dosagem físico-químico de solo-cimento.



Fonte: Autores.

Os ensaios evidenciam que os solos requerem teores limitados entre 14 e 16% de cimento para sua estabilização. Contudo, a fim de otimizar a relação custo-benefício da parede em taipa de pilão, adotou-se um percentual padrão de 10% de adição de cimento em todas as misturas ensaiadas, sendo este o teor suficiente para alcançar a resistência mecânica mínima exigida pela norma ABNT NBR 17014:2022.

Para pesquisas futuras, pretende-se chegar nestes 14% de adição de material estabilizante, por meio do uso da cal hidratada, a fim de não elevar o custo final das paredes, dado o alto custo do cimento, tanto financeiro quanto ambiental. Assim, pretende-se mesclar o uso do cimento com a cal em diferentes proporções.

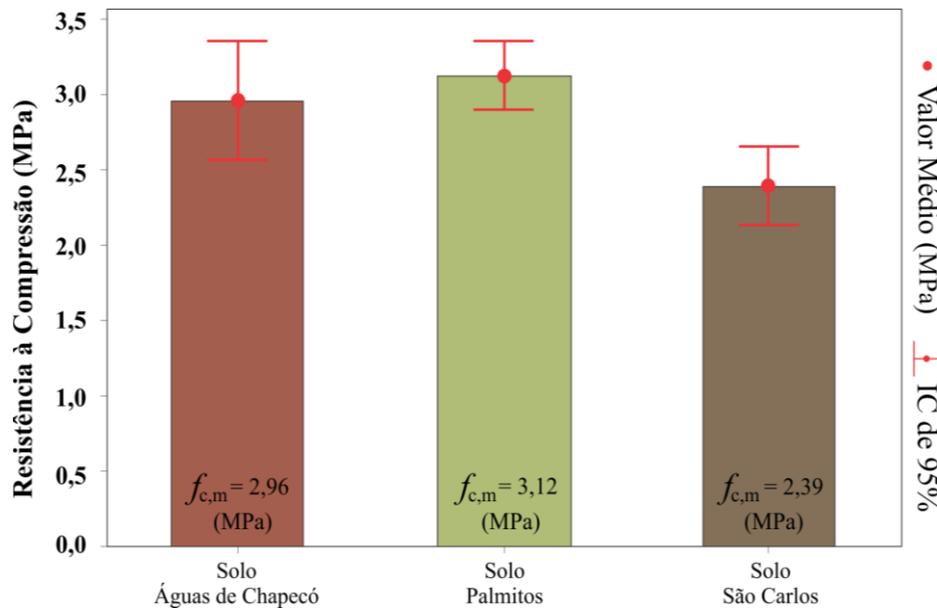
4.2. Características mecânicas

Para estabilização intergranular e melhor empacotamento das partículas da mistura entre solo e cimento, adotou-se uma adição de cimento CP V-ARI de 10%, em relação à massa total de solo-mistura, a fim de obter um material de baixa permeabilidade, elevada densidade e capacidade de carga mínima para atestar seu uso em paredes em taipa de pilão. A mistura destes materiais (solo, areia, cimento e

água), submetido ao estado ótimo de compactação, é o que denominamos neste artigo de solo-cimento compactado.

Na Figura 6 têm-se os resultados da resistência f_c (MPa) para 3 (três) corpos de prova, com as estatísticas para o valor médio e coeficiente de variação (CV%), além do valor médio ($f_{c,m}$ em MPa) e o intervalo de confiança (IC) para 95% da média.

Figura 6: Resultados para resistência mecânica à compressão para 03 (três) CPs para cada município, com traços de 50% de solo e 50% de areia e teor de 10% de cimento.

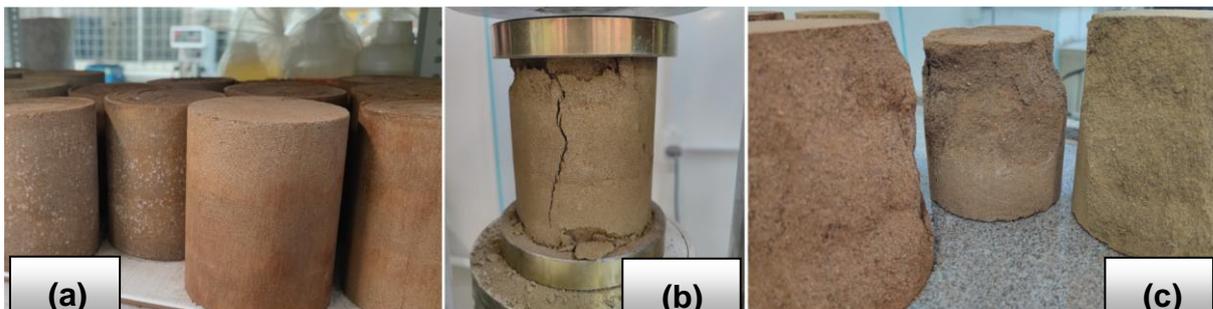


Fonte: Autores.

A resistência $f_{c,m}$ alcançou CVs(%) próximos de 10%, valores ótimos para uma determinada amostra. Como comparativo, para madeiras e concretos, as respectivas normas admitem um CV(%) de até 18% para solicitações normais. Destaca-se ainda que todos os solos atingiram valores mínimos de 2 MPa, conforme exigido pela ABNT NBR 17014:2022, com destaque ao solo de Palmitos que ultrapassou os 3 MPa de resistência média.

A Figura 7a mostra os CPs armazenados e aguardando para realização do ensaio, conforme amostra rompida na Figura 7b. Durante o rompimento dos CPs foram observadas zonas preferenciais de falha, conforme ilustra a Figura 7c, sendo iniciadas nas regiões entre as camadas de compactação e rompidas por cisalhamento ao longo da seção longitudinal da peça.

Figura 7: Corpos de prova moldados (a), durante o rompimento (b) e após rompimento (c).



Fonte: Autores.

Como sequência destes ensaios, sugere-se que o cimento de alta resistência inicial possa ser substituído por cimentos mais sustentáveis, como o CP II-E, Z ou F, a fim de promover a sustentabilidade do compósito, por meio do uso de cimento que contém em sua composição resíduos oriundos de escória, pozolana ou fíler.

Para as paredes autoportantes em escala real, o cimento CP IV-32, com alta concentração de adições pozolânicas, foi empregado como forma de elevar os aspectos sustentáveis e intrínsecos a este sistema construtivo.

4.3. Experimentos com paredes autoportantes em escala real

Uma vez avaliados, do ponto de vista físico e mecânico, dos diferentes solos da região do oeste catarinense, procedeu-se com os experimentos em escala real com paredes autoportantes utilizando o sistema construtivo em taipa de pilão.

Nas Figuras 7, 8 e 9 são apresentadas as primeiras paredes autoportantes em taipa de pilão produzidas em nossa instituição. Pretende-se realizar o fechamento de uma estufa, a uma altura de 1 metro, sendo esta utilizada para as aulas práticas do Curso Técnico Integrado em Agropecuária do IFSC. Todas as paredes foram realizadas em experimentos com alunos bolsistas, voluntários e público externo ao IFSC, que possuem interesse em aprender e aprimorar a técnica da taipa de pilão.

Foram testadas diferentes traços, proporções e intensidades de compactação, como forma de verificar as possíveis patologias provenientes, principalmente, de traços de solo-cimento não ideais para serem aplicados neste sistema construtivo.

Na Figura 7 destacam-se os problemas resultantes de um traço altamente elevado em percentual de solo argiloso. Para esta situação adotou-se um percentual de 80% de solo de São Carlos, adicionados a 20% de areia média, além de 10% de cimento CP IV-32 em torno deste total. Após compactada, os taipais foram retirados e não foram observadas grandes fissuras. Contudo, ao longo do processo de cura e, conseqüente perda de água por calor proveniente das reações entre o solo e cimento, foram observadas as primeiras fissuras, que após 3 dias, resultaram em uma trinca ao longo de toda a parede. Tal patologia traz um indicativo acerca da retração elevada do solo, que acaba por resultar no processo de retração causados pelo excesso de material argiloso.

Figura 7: Parede em taipa de pilão com extensa trinca resultante da retração promovida pelo elevado percentual de solo argilo-siltoso.



Fonte: Autores.

Já na Figura 8 destacam-se os problemas resultantes da falta de aderência ocorrida entre as diferentes camadas compactadas. Novamente, as trincas observadas só tiveram início após iniciada a cura do solo-cimento compactado. Contudo, nesta parede as trincas foram concentradas entre as camadas, uma vez que tentou-se adotar os solos de Águas de Chapecó e Palmitos como forma de mesclar as diferentes camadas desta parede.

Figura 8: Parede em taipa de pilão com retração e esfarelamento entre as diferentes camadas compactadas, mescladas com solos de Águas de Chapecó e Palmitos.



Fonte: Autores.

Por fim, na Figura 9 tem-se o que seria uma parede em taipa de pilão próxima aos resultados ideais, sem a ocorrência de fissuras significativas, altamente compactada e com aparência e textura agradável aos olhos e ao tato.

Figura 9: Parede em taipa de pilão próxima ao ideal.



Fonte: Autores.

Nesta última parede foram adotados apenas o solo de São Carlos, com proporção de 50% de solo argilo-siltoso e 50% de areia média, além 10% de cimento CP IV-32 em torno deste percentual total. Após compactada, os taipais foram retirados e não foram observados grandes fissuras ou processo de esfarelamento, seja nos primeiros dias ou após os 28 dias de cura para atingir a plena capacidade de carga.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As conclusões deste estudo foram pautadas em dois pontos principais de inovação, sendo: os aspectos técnico e sustentável. Como fator técnico, destaca-se a contribuição enquanto pesquisa essencial para a criação de uma nova cadeia produtiva no oeste catarinense, mais precisamente nas cidades de Águas de Chapecó, Palmitos, São Carlos e de seus entornos, de modo a incorporar o uso do solo-cimento, aqui caracterizado, em um extenso estudo sobre a aplicabilidade deste material como parte do processo construtivo da taipa de pilão.

Paralelamente, o aspecto sustentável pautado na concepção dos Materiais Km 0, amplamente discutidos em países desenvolvidos, revelam a lacuna destes temas no Brasil, onde tal temática ainda é desconhecida por uma parcela considerável de profissionais que atuam na construção civil.

A junção destes dois pontos, foi essencial para caracterizar, do ponto de vista físico e mecânico, os diferentes solos encontrados na região, a fim de inseri-los como um sistema construtivo inovador e ainda pouco conhecido dentro da cadeia da construção civil local. Ao utilizar a terra de maneira inovadora contribui-se para edificações mais eficientes do ponto de vista energético e econômico, ampliando o campo de atuação de profissionais e empresas que buscam inovar de maneira sustentável em seus projetos.

Ressalta-se por fim, a importância de normas técnicas acerca da caracterização dos solos, para além da NBR 17014:2022 de Taipa de Pilão, vez que, este tema torna-se fundamental para a promoção da inserção de técnicas de construção com terra na construção civil, tanto para criar competitividade frente aos materiais convencionais e usados em grande escala e de grande impacto ambiental, como também para ampliar o leque de possibilidade de sua aplicação em projetos e obras.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 17014 (2022). Taipa de Pilão - Requisitos, procedimentos e controle. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

_____. NBR 6459 (2016). Solo – determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

_____. NBR 7180 (2016). Solo – determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

_____. NBR 7181 (2016). Solo – análise granulométrica. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

_____. NBR 12023 (2012). Solo-cimento – ensaio de compactação. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

_____. NBR 12025 (2012): Solo-cimento: ensaio de compressão simples de corpos de prova cilíndricos: método de ensaio. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

CORREIA, M.; GÓMES, F.; CARLOS, G.D. CORREIA, J. (2014). Reflexões do projeto versus contributo do patrimônio vernáculo para a arquitetura contemporânea sustentável. In: 14º Seminário Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra, SIACOT. Anais. El Salvador, p. 80-87.

DNER ME 093 (1994). Agregado graúdo para concreto de cimento. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem.

EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2017, 574p.

GATTI, Fábio. Arquitectura y construcción en tierra: estudio comparativo de las técnicas contemporáneas en tierra. Dissertação de mestrado. Barcelona, UPC, 2012, p. 45.

MENEGOTTO, M.L.; BANDEIRA, F.O.; SARTORI, L.; MORAIS, M. Caracterização Geotécnica Preliminar do Solo da Área Experimental da UFFS – Campus Chapecó. 18º Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica 2016, Belo Horizonte, Brasil: ABMS.

MILANI, A.P.S; BARBOZA, C.S. (2016). Contribuição ao estudo de propriedades de solo-cimento autoadensável para fabricação de paredes monolíticas. Ambiente Construído, v.16, p. 143-153.

MINKE, G. Manual de construção com terra: a terra como manual de construção e seu uso na arquitetura. Lauro de Freitas: Solisluna, 2022. 224 p. Traduzido por Jorge Simões.

PASSUELLO, A.C.B; OLIVEIRA, A.F.; COSTA, E.B. e KIRCHHEIM, A.P. (2014). Aplicação da avaliação do ciclo de vida na análise de impactos ambientais de materiais de construção inovadores: estudo de caso da pegada de carbono de clínqueres alternativos. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 7-20.

PINHEIRO, L.; RANGEL, B.; GUIMARÃES, A.; SILVA, A.. Panorama da produção de obras em terra crua com design contemporâneo nos últimos sessenta anos no Brasil. Anais do 2º Congresso Internacional de História da Construção Luso-Brasileira, Porto, FAUP, 2016.

PISANI, M.A.J. Taipas: a arquitetura de terra. Sinergia, São Paulo, v. 5, n. 1, 2004, p. 9-15.

SAKR, D.A.; SHERIF, A.; EL-HAGGAR, S.M. (2010). Environmental management systems' awareness: an investigation of top 50 contractors in Egypt. Journal of Cleaner Production, v. 18, n. 3, p. 210-218.

SOUZA, E. (2021). Materiais a 0 km e a ideia de preservar o meio ambiente e as culturas locais. ArchDaily Brasil. Acessado via www.archdaily.com.br.

STEENBOCK, G.E.; TAVARES, S.F. Taipa de pilão: do vernacular à mecanização. Panorama mundial e brasileiro. Arqtextos, São Paulo, ano 22, n. 263.07, Vitruvius, abr. 2022 <<https://vitruvius.com.br/revistas/read/arqtextos/22.263/8454>>.

VERALDO, Ana Carolina. Análise do processo construtivo de taipa mecanizada: estudo de caso da sede do canteiro experimental da UFMS. Dissertação de mestrado. Campo Grande, UFMS, 2015, p. 9.

YEHEYIS, M. (2013). An overview of construction and demolition waste management in Canada: a lifecycle analysis approach to sustainability. Clean Technologies and Environmental Policy, v. 15, p. 81-91.

WOLENSKI, A.R.V.; BORÇATO, A.G.; FACCIN, C.L.; KIPPER, M.H. Caracterização Físico-Mecânica de Solo-Cimento oriundo do Município de São Carlos (SC). In: TERRA BRASIL, 8., 2022, Florianópolis. Anais [...]. Florianópolis: UFSC, 2022. p. 50-58. Disponível em: <http://redeterrabrasil.net.br/>. Acesso em: 25 mar. 2023.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a Fundação de Ensino e Engenharia de Santa Catarina (FEESC) e ao Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) pelo auxílio financeiro aos projetos de pesquisa que originaram o presente artigo.

03.

**IMPACTO
SOCIAL E ECONÔMICO**





03.

IMPACTO SOCIAL E ECONÔMICO

PROJETO DE *UP-CYCLING*: O DESENVOLVIMENTO DE UM ORGANIZADOR DE MESA DE CABECEIRA FEITO DE POLÍMERO PEAD RECICLADO

75-88

RATOLA, Fernanda Cardoso; NEVES, Carla Arcoverde de Aguiar.

AMBIENTE CONSTRUÍDO ESTRESSOR: O USO DOS PADRÕES BIOFÍLICOS NA MORADIA POPULAR

89-102

COSTA, Jullyene; ARRUDA, Amilton.



PROJETO DE UP-CYCLING: O DESENVOLVIMENTO DE UM ORGANIZADOR DE MESA DE CABECEIRA FEITO DE POLÍMERO PEAD RECICLADO

UP-CYCLING PROJECT: THE DEVELOPMENT OF A BESIDE TABLE ORGANIZER MADE WITH RECYCLED HDPE POLYMER

Data de aceite: 04/07/2023 | Data de submissão: 24/06/2023

RATOLA, Fernanda Cardoso, graduanda

IFSC, Florianópolis, Brasil, E-mail: feferatola@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-2151-7726>.

NEVES, Carla Arcoverde de Aguiar, doutora

IFSC, Florianópolis, Brasil, E-mail: carcoverde@ifsc.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4144-5287>

RESUMO:

Este artigo tem o objetivo de relatar o projeto relâmpago de Up-cycling no qual se desenvolveu um organizador de mesa de cabeceira feito a partir de resíduos descartados de embalagens e tampas de garrafa, compostos do polímero PEAD, focando em alguns dos princípios do Eco-design. Por meio deste trabalho espera-se também trazer reflexões e aprendizados sobre contribuições que o Design pode oferecer considerando aspectos sustentáveis. A metodologia utilizada no estudo baseou-se na metodologia projetual de Gui Bonsiepe, delineando-se em um primeiro momento por meio de pesquisas exploratórias com revisão de literatura e pesquisas de campo; e em um segundo momento aplicando-se as etapas para o desenvolvimento do produto propriamente dito. Como resultado obteve-se um produto final eficiente, útil e prático. O sucesso do projeto sugere a continuidade de desenvolvimento do produto, realizando testes de viabilidade, bem como, estudos sobre os custos de produção e prospecção de futuros mercados.

PALAVRAS-CHAVE:

Design de Produto. Eco-design. Up-cycling

ABSTRACT:

This article aims to reflect and learn about the contributions that Design can offer considering sustainable aspects. In a quick Up-cycling project, it was designed as a bedside table organizer made from discarded packaging waste and bottle caps, composed of HDPE polymer, focusing on some of the principles of Eco-design. The methodology used in the study was based on Gui Bonsiepe's project methodology, outlining at first bibliographical research and in a second moment characterizing the stages for the product development. As a result, an efficient, useful and practical final product was obtained. The success of the project suggests the continuity of the product development, the performance of more tests, as well as studies about the production costs in order to be able to prospect it in a future market.

KEYWORDS:

Product Design. Eco Design. Up-cycling

1. INTRODUÇÃO

A questão ambiental tem se mostrado emergente por vários fatores e um aspecto que se tornou foco de atenção é a poluição do ar, solo e mananciais hídricos decorrentes da ampliação do consumismo nas últimas décadas e a produção de bens de consumo que também cresce e conseqüentemente o número de embalagens e descarte desenfreado apresentam aumento exponencial.

As embalagens estão presentes em diversos setores, principalmente no da indústria de alimentos, nas quais as embalagens têm como principal função contribuir para a conservação do alimento, transporte e venda do produto. Porém com o aumento da produção e consumo de embalagens descartáveis, que em sua maioria são feitas de polímeros, cresce o descarte e acúmulo indevido deste material no meio ambiente.

O polímero é um material que apresenta diversas vantagens e desvantagens em relação à produção e ao descarte, de acordo com a CETEA (Centro de Tecnologia de Embalagem) (2004), o plástico possui propriedades que os tornam atrativos, como leveza, resistência a impactos e corrosão, durabilidade, reciclabilidade, economia de energia na produção e transporte, diminuição do custo da coleta, facilidade de higienização, vida útil prolongada, entre outras. Apesar dessas vantagens, a gestão de resíduos plásticos é uma preocupação mundial, por conta dos desafios ambientais significativos no cenário global (BRASKEM, 2000). O plástico gera um enorme impacto ambiental negativo, visto que demora centenas de anos para se decompor, sendo o principal causador de ilhas de lixo flutuantes, uma vez que a natureza conduz à formação destas ilhas devido ao movimento de confluência das correntes marítimas (FUNVERDE, 2020).

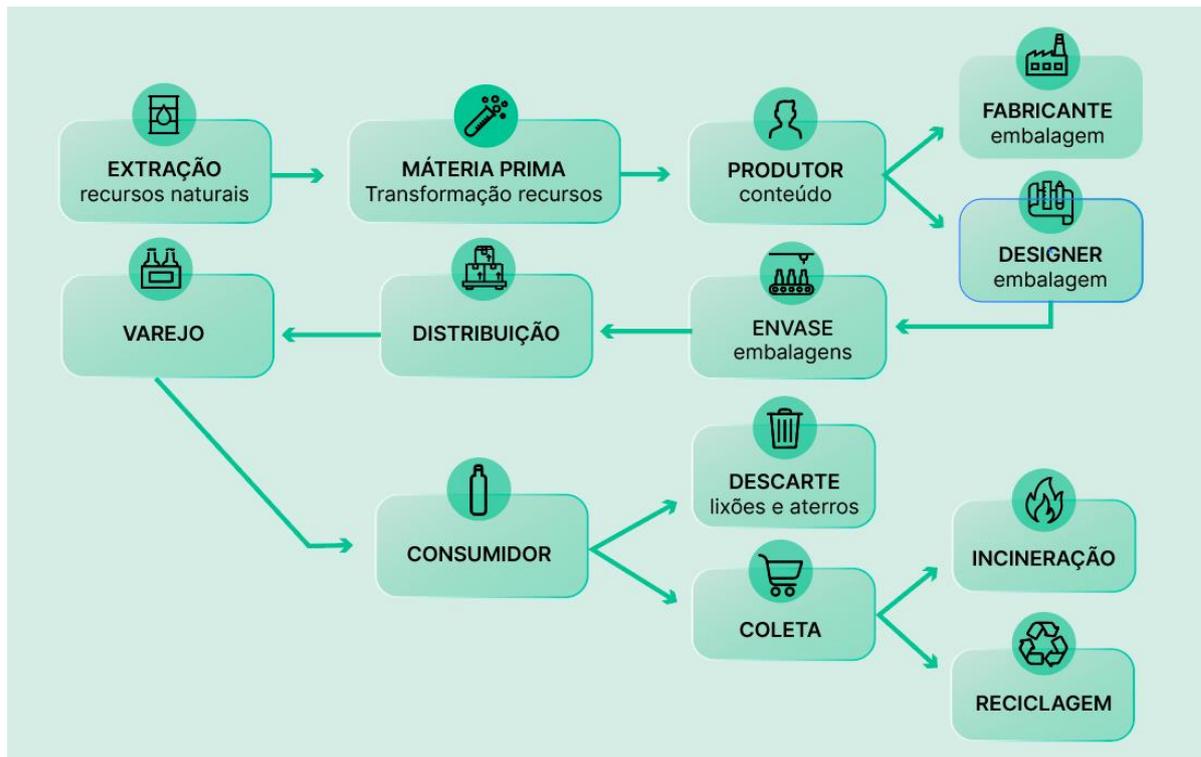
Muito do lixo doméstico é composto por embalagens, principalmente embalagens de Polietileno de Alta Densidade, pois esse polímero é atrativo economicamente e quimicamente devido às suas características (VILHENA, 2013), como o baixo custo de produção, facilidade em conformação, alta resistência, rigidez, durabilidade, ductilidade, resistência à corrosão e tração, baixo coeficiente de atrito e impermeabilidade à água (PARENTE, 2006).

O Polietileno de Alta Densidade (PEAD) é um polímero sintético orgânico, feito a partir da nafta, um composto derivado do petróleo que é extraído na natureza, com isso formará os tipos de resina no processo de polimerização (BRASKEM, 2000). Após a polimerização, o polímero é levado para a indústria que produzirá as embalagens, onde passa pelo processamento, que transforma o polímero como matéria-prima em um produto final. A escolha do tipo de processo de transformação é feita com base nas características do polímero, na geometria do produto a ser moldado e na quantidade do produto que será produzido, podendo ser feito por várias técnicas, sendo as principais a moldagem por injeção, extrusão, moldagem por sopro, moldagem por compressão, termoformagem e rotomoldagem. (BRASKEM, 2000).

Com as embalagens prontas passa-se para a parte de envase dos produtos, ou

seja, inseri-se o produto (conteúdo) dentro do recipiente escolhido. Quando terminado o envase, o produto está pronto para ser distribuído, vendido e consumido pelos consumidores. Logo em seguida que a embalagem é consumida, ela pode seguir dois caminhos, ou é descartada, indo para lixões e aterros sanitários, ou então ela passa por um processo de coleta e triagem que pode ser encaminhada para incineração ou para reciclagem, e quando reciclada pode ser reutilizada (Figura 1), gerando assim uma estratégia de economia circular (PEREIRA, 2003).

Figura 1: Ciclo de vida do PEAD



Fonte: Autores.

Apesar da reciclagem de materiais descartados estar cada vez mais aumentando, os dados apontam que das 6,3 bilhões de toneladas de lixo plástico produzidas de 1950 até 2015, apenas 9% foram reciclados (SOARES, 2017). Contudo, para ter sucesso, a reciclagem deve relacionar-se com diversos fatores, como a quantidade e a qualidade do material, fatores culturais, políticos e socioeconômicos da população, a implementação de empresas recicladoras, a existência de programas de coleta seletiva, a disponibilidade de volumes recicláveis, a redução de tributação ou isenção fiscal para a comercialização de produtos reciclados, entre outros, sendo assim não é uma atividade considerada com alto retorno financeiro, principalmente devido ao custo da coleta seletiva (FORLIN; FARIA, 2002).

Em função destes e de outros aspectos tidos como negativos para o processo de reciclagem do plástico, a busca por soluções para minimizar tais impactos têm sido cada vez mais explorada, principalmente na área do design, que assume o compromisso de tentar contornar esses efeitos produzindo produtos a partir de resíduos que seriam descartados, agregando a eles um novo valor e criando uma estética diferenciada a fim de torná-los únicos.

Nesse sentido, este estudo tem como objetivo relatar a criação de um organizador de mesa feito a partir do polímero Polietileno de Alta Densidade (PEAD), a fim de

umentar o ciclo de vida e minimizar os impactos ambientais deste material, além de ser também uma forma de economia circular.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O estudo aqui desenvolvido foi feito a partir de uma pesquisa exploratória, com base em pesquisas do tipo bibliográficas, como uma forma de identificar e explicar os fatores que contribuem para a ocorrência dos impactos ambientais gerados pelos polímeros, e também uma pesquisa de campo, realizada por meio de aplicação de formulário online. Em um segundo momento aplicou-se as etapas para o desenvolvimento do produto feito a partir da reciclagem do polímero Polietileno de Alta Densidade (PEAD), as quais serão exploradas no tópico a seguir sobre os procedimentos metodológicos.

A base teórica para este estudo foi constituída a partir de uma revisão de escopo sobre as propriedades do polímero escolhido e como funciona a reciclagem das embalagens desse material. Estas bases foram selecionadas por serem consideradas fundamentais no processo de produção do produto. Para restringir a pesquisa, limitou-se a busca a artigos e trabalhos de conclusão de curso da área de Design, Química e Sustentabilidade, e também a Lei nº12.305/10, que estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

Essa lei estabelece princípios, objetivos e instrumentos para o gerenciamento de resíduos sólidos. A PNRS incentiva a prevenção e redução da geração de resíduos sólidos, indica diretrizes de como deve ser o tratamento adequado dos resíduos sólidos e a disposição final ambientalmente ajustada dos rejeitos, além do incentivo à reciclagem e reutilização (BRASIL, 2010).

O descarte inadequado acarreta vários problemas à saúde pública e ao meio ambiente. O Brasil, segundo dados do Banco Mundial, é o quarto maior produtor de lixo plástico no mundo, com 11,3 milhões de toneladas, ficando atrás apenas dos Estados Unidos (WWF BRASIL, 2019). Em 2020, cerca de 62,3% do lixo gerado no Brasil são de embalagens, que são descartadas após usadas apenas uma vez, porém apenas 23,1% dos resíduos plásticos pós consumo foram reciclados, o que ajuda a superlotar os aterros e depósitos de lixo (ABIPLAST, 2021).

Hoje se sabe que, pelo menos, um terço do lixo doméstico é composto por embalagens plásticas, que apesar de apresentarem diversas vantagens geram um enorme impacto ambiental negativo, visto que demoram centenas de anos para se decompor, sendo o principal causador de ilhas de lixo flutuantes (FUNVERDE, 2020). Muitas das embalagens do setor alimentício e outros setores são feitas de Polietileno de Alta Densidade, também conhecido como PEAD, configurando-se como a terceira embalagem mais descartada no Brasil, apresentando 16,3% (ABIPLAST, 2021).

O ponto positivo de utilizar o PEAD para fazer a reciclagem é que, embora sólidos à temperatura ambiente, quando aquecidos acima da temperatura de fusão são capazes de ser repetidamente amolecidos e em seguida moldados por calor e pressão, o que permite uma reciclabilidade mais fácil, sendo assim um processo relativamente fácil, barato e rápido (SINDIPLAST, 2021). Esse processo é uma das soluções para minimizar o impacto causado pelos polímeros ao meio ambiente, e além disso, por conta dos elementos estruturais dos termoplásticos reciclados estes

configuram-se como substitutos às diversas aplicações de concreto, aço e madeira, sendo uma alternativa que exige muito menos consumo de energia no seu processo industrial, portanto surge como um aliado na preservação das florestas (PARENTE, 2006), na redução no consumo de água, da emissão de dióxido de carbono, enxofre e óxido nitroso, da preservação de fontes esgotáveis de matéria-prima, do aumento da vida útil dos aterros sanitários, a redução de gastos com a limpeza e a saúde pública, e a geração de emprego e renda (SILVA, *et al.*, 2013).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O projeto foi desenvolvido por metas e etapas sucessivas, segundo a Metodologia Projetual de Gui Bonsiepe (1983), servindo de orientação para o processo projetual de produtos, que dá ao designer uma liberdade para tomar as decisões baseadas em sua competência profissional.

A metodologia formada por cinco etapas, iniciou-se pela etapa 1 que tratou de descobrir qual a situação-problema, qual a finalidade do projeto e qual o caminho a ser seguido para resolver o problema diagnosticado, para tanto se fez um levantamento informacional em cima de temas relacionados à reciclagem, polímero, PEAD e embalagem. Após essa etapa, executou-se a etapa 2 que trata de fazer algumas análises em relação ao produto concebido, para a qual definiu-se a execução de um questionário online para identificar as necessidades do público, além disso realizou-se uma análise sincrônica que serve para reconhecer o universo do produto e identificar pontos que devem ser melhorados para assim criar um produto novo no mercado. Em seguida se realizou a etapa 3 na qual se construiu uma lista de requisitos que serviu para orientação do processo projetual em relação às metas a serem atingidas, com base em uma hierarquização de relevância destes requisitos.

De posse dessas e outras informações se propôs a etapa 4, pela qual as alternativas de produtos foram geradas e passaram posteriormente, por uma etapa de síntese que consistiu em analisar as ideias, juntar soluções, gerar novas alternativas e por fim concebeu-se a etapa de avaliação, na qual as ideias foram julgadas a partir de uma matriz de seleção com o uso dos requisitos gerados para finalmente escolher-se a alternativa que seria detalhada. Como conclusão, teve-se a etapa 5 na qual o projeto se materializou e foram definidos os detalhes construtivos do produto.

3.1 Desenvolvimento do organizador

Um móvel tem uma grande importância no relaxamento e conforto que um quarto deve proporcionar, nesse sentido uma mesa de cabeceira auxilia nesse bem-estar, pois serve para apoiar e guardar objetos e outros itens que são utilizados com frequência quando se está no cômodo, facilitando o acesso para a pessoa que estiver no leito, gerando maior conforto. Esse móvel deve ser funcional, versátil e prático, além de agregar um valor na decoração do ambiente, porém nem sempre se encontram todas essas características neles, por isso às vezes se faz necessário utilizar um organizador para poder arranjar os objetos de melhor maneira. Entretanto, não é comum encontrar organizadores próprios para mesa de cabeceira ou móveis similares, em razão disso se achou uma oportunidade de projeto que unisse esse problema atrelado à questão do polímero descartado.

Tendo isso em mente, o primeiro passo foi criar um questionário online, feito no mês de Outubro de 2022, ficando em aberto por apenas dois dias. Com o questionário obteve-se um total de 31 respostas. O instrumento tinha como intenção detectar se os usuários possuíam mesa de cabeceira e quais eram os objetos pessoais mais utilizados no quarto. Buscou-se, ainda, verificar se a organização era um ponto importante e quais seriam suas preferências e sugestões caso quisessem adquirir um organizador próprio para esse móvel.

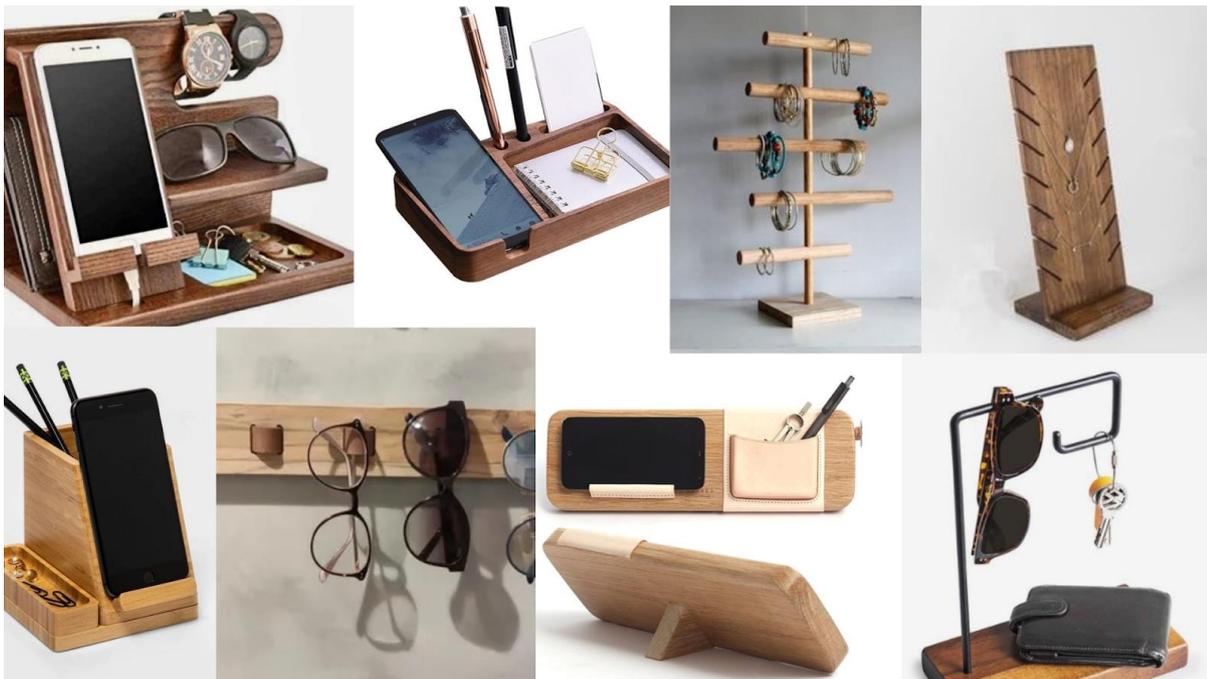
O questionário apresentou a informação de que 80% dos questionados possuíam uma mesa de cabeceira e os outros 20% possuíam um móvel similar, ou não tinham nenhum produto que se assemelhasse. A partir disso os entrevistados apontaram quais objetos eram mais importantes para se deixar ao lado da cama, sendo eles o celular (96,8%), garrafa da água (77,4%), remédios (71%), acessórios (71%) e óculos (64,5%).

Depois, pediu-se sugestões para os entrevistados:

- Em relação ao dimensionamento, a maioria apontou que preferia que fosse mais compacto, mas que ainda coubesse o essencial;
- A maioria sugeriu o celular ficasse na horizontal, pois facilitaria para carregar;
- Em relação a estética e composição, a maioria disse preferir algo mais simples.

Após identificar quais objetos os usuários mais utilizam em uma mesa de cabeceira, realizou-se uma análise sincrônica para encontrar organizadores que tivessem compartimentos semelhantes para esses objetos, como uma forma de tentar unir tudo e deixar com uma composição que remetesse mais a um quarto. Abaixo se encontra um painel (Figura 2) contendo imagens de diversos organizadores pessoais, sendo eles de escritório, para entrada da casa e para acessórios.

Figura 2: Análise sincrônica



Fonte: Autores

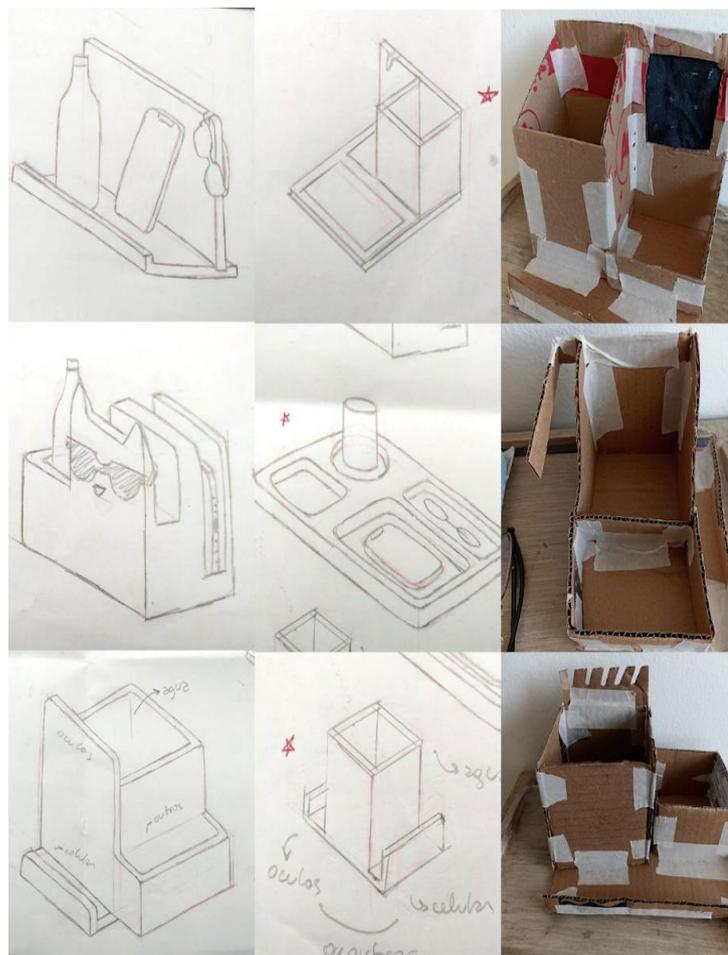
Pensando nas respostas dos usuários e no painel sincrônico foram gerados os

requisitos, passando por um diagrama de Mudge para pontuá-los e hierarquizá-los conforme sua relevância, sendo eles:

1. Ser feito de PEAD descartado;
2. Fácil produção e montagem;
3. Ter principalmente compartimento para celular, água, óculos e remédio;
4. Não ocupar muito espaço;
5. Não apresentar cantos vivos;
6. Apresentar um efeito estético flocado.

Após se definir os requisitos realizou-se a geração de alternativas, algumas feitas em sketches e outras em forma de modelos preliminares (Figura 3), que forneceram o caminho de tomada de decisão projetual do que se pretendia produzir quanto ao dimensionamento e a composição dos compartimentos.

Figura 3: Geração de alternativas



Fonte: Autores

Posteriormente as alternativas, realizou-se uma matriz de seleção para definir qual alternativa seria escolhida para ser refinada. A alternativa selecionada atendia todos os requisitos propostos no projeto, contendo então: compartimento para diversos objetos pessoais, como celular, óculos, colares, brincos, garrafa de água, remédios,

entre outros; e não ocupava muito espaço, por isso podia se adequar a diversos móveis ou prateleiras, podendo ser configurada da maneira que agradasse mais o consumidor, facilitando o acesso aos objetos pessoais. Sendo assim ela se configurou como um produto prático, versátil e funcional.

Tendo a alternativa finalizada e refinada, executou-se um modelo 3D para desenvolver as medidas adequadas e os planos de corte, que permitiram verificar rapidamente a usabilidade e a funcionalidade do produto, transmitindo segurança suficiente para prosseguir com o desenvolvimento do produto. Para a produção do produto foram necessários os seguintes materiais: embalagens e tampas de garrafa feitas de PEAD, moedor de polímero, balança, prensa hidráulica térmica, manta de Teflon, moldes de metal, serra de esquadria, serra circular de bancada, serra-fita e ferro de solda.

O primeiro passo foi conseguir os resíduos de PEAD, estes foram lavados e deixados para secar por completo. Em seguida foram separados conjuntos de cores e levados para serem moídos em um moedor de polímero (figura 4). O segundo passo foi construir duas chapas de metal inteiras de 200x180x3 mm e uma outra chapa de metal com as mesmas medidas, porém com um recorte retangular no meio de 160x140 mm (figura 5), sendo que nesse espaço seriam colocados os resíduos moídos para que se conformassem no mesmo formato e espessura do recorte.

Figura 4: Embalagens e tampas de garrafa moídas



Fonte: Autores

Figura 5: Moldura metálica



Fonte: Autores

Com essas partes prontas os resíduos moídos foram colocados em um Becker e pesados para que todas as chapas tivessem o mesmo peso, a partir disso foi montada a primeira chapa inteira, por cima uma manta de Teflon, depois a chapa recortada e dentro os resíduos distribuídos, em cima outra manta de Teflon e outra chapa inteira (figura 6), essa composição foi levada à prensa hidráulica térmica pré aquecida a 180° e foi prensada a 4 mil toneladas por 10 minutos (figura 7), após isso foi retirada da prensa e colocada em um balcão para resfriar por mais 10 minutos, então a chapa estava pronta para ser retirada e o processo foi repetido mais 5 vezes, totalizando em 6 chapas de polímero (figura 8).

Figura 6: Montagem das camadas



Fonte: Autores

Figura 7: Composição na prensa térmica hidráulica



Fonte: Autores

Figura 8: Chapas poliméricas



Fonte: Autores

O próximo passo foi imprimir os moldes em papel sulfite, após recortados foram colados nas chapas seguindo o plano de corte feito anteriormente, em seguida as chapas foram cortadas usando a serra de esquadria e a serra circular de bancada para fazer os cortes retos e a serra-fita para as partes curvas (figura 9). Tendo todas as peças cortadas, elas foram unidas usando ferro de solda para fazer a montagem do produto final (figura 10).

Figura 9: Chapas cortadas

Fonte: Autores

Figura 10: Montagem

Fonte: Autores

Abaixo descrevem-se os resultados após a finalização dos testes e a montagem do produto.

4. RESULTADOS

Por definição, os organizadores têm o objetivo exclusivo ou principal de manter a ordem de itens por meio de compartimentos de diferentes tamanhos e acelerar o seu processo de busca. Dado isso, o produto final mostrado na Figura 11 e 12 apresenta uma configuração e estética inéditas, visto que o produto não se encontra facilmente no mercado, trazendo então, compartimentos ideais para o ambiente e assim, atendendo as necessidades que foram identificadas pelos usuários.

Figura 11: Organizador finalizado



Fonte: Autores

Figura 12: Organizador com possibilidades de uso



Fonte: Autores

A escolha do Polietileno de Alta Densidade envolveu a premissa de que este material apresenta facilidade de conformação, alta resistência, rigidez, durabilidade, ductilidade, resistência à corrosão e tração, baixo coeficiente de atrito e impermeabilidade à água (CANDIAN, 2007), e por ser um dos polímeros mais utilizados na produção e descarte de embalagens.

Para obter a melhor funcionalidade, o compartimento de joias e óculos é um detalhe sutil, ou seja, se não utilizado pelo consumidor não vai trazer nenhum transtorno e nem ocupar muito espaço, além disso o compartimento para *smartphones* se encontra na horizontal para que facilite o acesso à entrada do carregador, visto que a maioria dos aparelhos apresenta essa entrada na parte inferior.

Por se tratar de um projeto relâmpago não houve tempo de fazer outros tipos de testes, porém para a fabricação levou-se em consideração maquinários que apresentassem melhor benefício para a produção do produto final.

5. DISCUSSÕES

A reciclagem é um dos gargalos da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei Federal 12.305/2010), contudo, os resíduos plásticos pós consumo mesmo parcialmente passados por usinas de reciclagem, apresentam perdas na separação de tipos de plásticos, por motivos como estarem contaminados, serem multicamadas ou de baixo valor. No final, o destino de 7,7 milhões de toneladas de plástico é o dos aterros sanitários. E outros 2,4 milhões de toneladas de plástico são descartados de forma irregular (WWF BRASIL, 2019). O Brasil perde R\$14 bilhões todos os anos com o descarte incorreto do lixo reciclável e uma oportunidade de gerar novos empregos, mercados, serviços e produtos. (SOUZA, 2021).

A concepção do produto se dá pelo ponto de vista de alguns princípios do Ecodesign, sendo estes: a otimização do tempo de vida, pois foram reaproveitados resíduos descartados; a eficiência energética, visto que o processo de fabricação

consome menos energia do que se fosse feito em uma fábrica; a durabilidade, dado que o plástico reciclado apresenta uma significativa resistência a impactos e porque se trata de um produto mais estático; e a remoldagem, uma vez que se o produto quebrar basta desmontar e refazer os passos de fabricação, o que vai evitar que mais resíduo seja gerado.

A aparência final é resultante do processo que se deu de forma praticamente artesanal, pois devido à indisponibilidade de uma tecnologia ideal, preferiu-se utilizar os maquinários acessíveis para agilizar o processo, o que limitou em algumas etapas do projeto, como por exemplo: a textura obtida no produto final apresenta ondulações causadas pela manta de teflon para prensa térmica que se contraiu ao aquecer; a qualidade da união das peças feitas com o ferro de solda não trouxe estabilidade e um bom acabamento. Para se obter um melhor resultado, poderia se utilizar uma prensa com maior dimensão; uma manta de teflon para forno, pois é mais grossa e apresenta textura lisa; a chapa de metal que serve como um molde precisaria ter uma espessura maior, pois assim a montagem poderia ter sido feita a partir de parafusos, o que daria um melhor acabamento, maior resistência a impactos e permitiria a desmontagem e a possibilidade de ser remodelado caso quebrasse parte do produto.

Apesar desses empecilhos, o produto final mostrou-se eficiente, útil e com espaços ideais para armazenar diversos itens essenciais. O produto pode vir a ser uma forma de se refletir sobre os impactos que os polímeros causam ao meio ambiente, contribuindo inclusive, com uma mudança de perfil de alguns consumidores que possam se sentir mais atraídos pelo produto tanto por sua solução estética, prática, mas também simbólica já que traz a luz à uma problemática emergente.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente projeto foi elaborado com a intenção de se produzir um organizador de mesa de cabeceira com restos de embalagens de PEAD descartadas, de forma que evitasse o descarte indevido de um tipo de produto e material que agrediria o meio ambiente dando a ele um novo propósito e um ciclo de vida maior.

A possibilidade de gerar um produto com o polímero descartado apresenta-se como uma alternativa para substituição de materiais finitos e que quando descartados não podem ser reutilizados, aumentando o número de resíduos em lixões e aterros sanitários.

A partir dos resultados pode se admitir que o produto promoveu maior organização no ambiente, atendendo todas as necessidades e informações obtidas pelos usuários. Apesar de a fabricação não ter sido a ideal, os resultados até o momento alcançados foram considerados positivos.

Entretanto, existe espaço para melhorias, portanto a continuidade e o aprofundamento das pesquisas tornam-se necessárias, principalmente em função de testes complementares que precisam ser efetuados no sentido de criar um produto com melhor nível de acabamento e de como viabilizar a produção com objetivos comerciais.

REFERÊNCIAS

ABIPLAST. **Estudo aponta que 23,1% dos resíduos plásticos pós consumo foram reciclados em 2020 no Brasil**. ABIPLAST – Associação Brasileira da Indústria do Plástico, 2021. Disponível em:

<https://www.abiplast.org.br/noticias/estudo-aponta-que-231-dos-residuos-plasticos-pos-consumo-foram-reciclados-em-2020-no-brasil/>. Acesso em: Outubro, 2022.

BRASIL. **Lei 12.305**. Presidência da República, 2010. Disponível em:

https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: Setembro, 2022.

BRASKEM. **Estratégia de desenvolvimento sustentável**. BRASKEM, 2000.

Disponível em:

<https://www.braskem.com.br/estrategiadedesenvolvimentosustentavel#:~:text=Para%20n%C3%B3s%20da%20Braskem%2C%20desenvolvimento,a%20um%20futuro%20mais%20sustent%C3%A1vel>. Acesso em: Outubro, 2022.

BRASKEM. **Boletim técnico nº 08**: Glossário de termos aplicados a polímeros.

BRASKEM, 2000. Disponível em:

https://www.braskem.com.br/Portal/Principal/Arquivos/html/boletm_tecnico/Glossario_de_termos_aplicados_a_polimeros.pdf. Acesso em: Outubro, 2022.

BONSIEPE, G. **A Tecnologia da Tecnologia**. Editora Edgard Blucher, São Paulo, 1983.

CANDIAN, L. M. **Estudo de polietileno de alta densidade reciclado para uso em elementos estruturais**. 2007. Dissertação de mestrado. Faculdade de Engenharia de Estruturas, Universidade de São Carlos, São Paulo, 2007. CANDIAN, L. M.

Estudo de polietileno de alta densidade reciclado para uso em elementos estruturais. São Carlos, 2007. Disponível em:

https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-10042008-093848/publico/2007ME_LiviaMatheusCandian.pdf. Acesso em: Setembro de 2022

CETEA. **Relatório CETEA A028/04**: Parecer técnico sobre embalagens plásticas.

CETEA, 2004. Disponível em:

http://www.plastivida.org.br/images/temas/CETEA_parecer-tecnico-embalagens-plasticas_final.pdf. Acesso em: Agosto, 2022.

FORLIN, F. J.; FARIA, J. A. F. **Considerações sobre a reciclagem de embalagens plásticas**. Polímeros: Ciência e Tecnologia, vol. 12, nº 1, p. 1-10. São Paulo, 2002.

Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/po/a/YNNvN9nLDV8rS5ffJp9rF4Q/?format=pdf#:~:text=Op%C3%A7%C3%B5es%20de%20reciclagem%20de%20embalagens,com%20se%2D%20quran%C3%A7a%20a%20fun%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: Setembro, 2022.

FUNVERDE. **Ilhas de lixo plástico nos oceanos**. FUNVERDE, 2020. Disponível em:

<https://www.funverde.org.br/blog/ilhas-de-lixo-no-oceano/#:~:text=No%20oceano%20Pac%C3%ADfico%20h%C3%A1%20uma,pl%C3%A1stico%20de%20todos%20os%20tipos>. Acesso em: Setembro, 2022.

PARENTE, A. R. **Elementos estruturais de plástico reciclado**. 2006. Dissertação de mestrado. Faculdade de Engenharia de Estruturas, Universidade de São Carlos, São Paulo. 2006. Disponível em:

https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-19072006-095941/publico/2006ME_RicardoAParente.pdf. Acesso em: Setembro de 2022

PEREIRA, A. F. **Da sustentabilidade ambiental e da complexidade sistêmica no design industrial de produtos**. Revista Estudos em Design. Rio de Janeiro: AEND, v. 10, n. 91, p. 37-36, 2003. Disponível em: http://biton.uspnet.usp.br/residuos/wp-content/uploads/2014/11/DesignResiduoDignidade_PT.pdf. Acesso em Outubro de 2022

SINDIPLAST. **O uso do plástico**. SINDIPLAST – Sindicato da Indústria de Material Plástico, Transformação e Reciclagem de Material Plástico do Estado de São Paulo, 2021. Disponível em: <https://www.sindiplast.org.br/plasticos/lorem-ipsum-sit-amet/>. Acesso em: Setembro, 2022.

SILVA, C. O. *et al.* **A degradação ambiental causada pelo descarte inadequado das embalagens plásticas**: estudo de caso. Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas – UFSM, v. 13 n. 13 Ago. 2013, p. 2683- 2689, Santa Maria, 2013. Disponível em: file:///C:/Users/User/Downloads/revistas,+RGT_8248_AGO_2013.pdf. Acesso em: Outubro, 2022.

SOARES, V. **Plástico**: mundo produziu 8,3 bi de toneladas em 65 anos e reciclou só 9%. Correio Braziliense, 2017. Disponível em:

https://www.correio braziliense.com.br/app/noticia/ciencia-e-saude/2017/07/22/interna_ciencia_saude,611649/plastico-mundo-produziu-8-3-bi-de-toneladas-em-65-anos-e-reciclou-so.shtml. Acesso em: Novembro, 2022.

SOUZA, L. B. **Você sabe qual é a Taxa de Reciclagem de alguns resíduos que produzimos?**. Autossustentável, 2021. Disponível em:

<https://autossustentavel.com/2021/11/taxa-reciclagem-residuos.html>. Acesso em: Setembro, 2022.

VILHENA, A.G. **Guia da coleta seletiva de lixo**. São Paulo: CEMPRE - Compromisso Empresarial para Reciclagem, 2013. Disponível em:

<https://cempre.org.br/wp-content/uploads/2020/11/4-GuiadaColetaSeletiva2014.pdf>. Acesso em: Abril de 2023

WWF Brasil. **Brasil é o 4º país do mundo que mais gera lixo plástico**. WWF Brasil, 2019. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/?70222/Brasil-e-o-4-pais-do-mundo-que-mais-gera-lixo-plastico>. Acesso em: Setembro, 2022.

AMBIENTE CONSTRUÍDO ESTRESSOR: O USO DOS PADRÕES BIOFÍLICOS NA MORADIA POPULAR

STRESSOR BUILT ENVIRONMENT: THE USE OF BIOPHILIC PATTERNS IN POPULAR HOUSING

Data de aceite: 17/07/2023 | Data de submissão: 16/07/2023

COSTA, Jullyene, Mestranda

Univerdade Federal de Alagoas, Recife, Brasil,

E-mail: jullyene.costa@ufpe.br

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-1396-6043>

ARRUDA, Amilton, Doutor

Univerdade Federal de Alagoas, Recife, Brasil,

E-mail: arruda.amilton@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4551-4497>

RESUMO:

As relações entre a natureza, a biologia humana e o design do ambiente construído são articuladas a partir da categorização dos 14 padrões biofílicos, sendo estes aplicados em ambientes internos e externos. Eles podem reduzir o estresse, melhorar o bem-estar, aumentar a criatividade, direcionar a atenção e a clareza de pensamento do usuário. Fatores sociais, culturais e econômicos cooperam para a implantação de projetos biofílicos, utilizando-se de ferramentas voltadas para a formulação de pesquisas bibliográficas. Nesse sentido, o objetivo do estudo é revisar os conceitos do campo da biofilia, definindo os padrões que podem ser aplicados no ambiente construído, visando propor reflexões significativas referentes ao possível contato do usuário, como os padrões biofílicos na moradia popular e no design, particularizando para o campo do Design de Interiores.

PALAVRAS-CHAVE:

Biofilia. Ambiente Construído. Moradia Popular. Estressor. 14 Padrões Biofílicos.

ABSTRACT:

The relationships between nature, human biology, and the design of the built environment are articulated through the categorization of the 14 biophilic patterns, which are applied in indoor and outdoor environments. They can reduce stress, improve well-being, increase creativity, and direct the user's attention and clarify of thoughts. Social, culture and economic factors cooperate in the implementation of biophilic projects, using tools aimed at the formulating bibliographic research. In this sense, the objective of the study is to review the concepts of the field of biophilia, defining the patterns that can be applied in the built environment, aiming to propose significant reflections regarding the possible contact of the user with biophilic patterns in affordable housing and design, particularizing in the field of Interior Design.

KEYWORDS:

Biophilia. Built Environment. Popular Housing. Stressor. 14 Biophilic Patterns.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Browning (2014), o design biofílico, que nos reconecta com a natureza, é essencial para fornecer ao indivíduo oportunidades de viver e trabalhar em locais com espaços saudáveis, menos estresse e maior saúde e bem-estar. Ou seja, é por meio do design biofílico que o indivíduo se torna capaz de melhorar a função cognitiva e criativa, direcionar a atenção e cultivar o bem-estar, dado que a experiência da natureza provoca uma resposta restauradora de forma rápida.

Conforme Browning (2014), cientistas e diversos profissionais, especialmente da área de design e arquitetura, têm trabalhado há anos na busca pelos aspectos da natureza que mais impactam na satisfação do indivíduo em sua relação com o espaço, associando natureza, ciência e ambiente construído. O foco tem sido na identificação das vantagens da aplicação do design biofílico, uma vez que é necessário experiências repetitivas satisfatórias para gerar apego ao natural e obter esses benefícios.

Wilson (1986) e Kellert (2012) afirmam que o design biofílico representa uma tendência biológica que requer desenvolvimento e nutrição para se tornar funcional. Nesse sentido, levando em consideração as mudanças no estilo de vida do homem nos últimos anos, tanto em relação às concepções de tempo e espaço, observa-se que cada vez mais se busca a tradução de si nos detalhes do habitat, fundamentado em crenças e conceitos sobre o ambiente em que está inserido. Isso tem levado à elaboração de projetos de moradia que saíram da zona rural para a zona urbana, representando um reflexo da necessidade de progresso social, econômico e cultural.

Contudo, a produção habitacional voltada para a população de baixa renda não considerou adequadamente o tamanho das famílias e a quantidade de pessoas necessitando de moradia. Apesar do papel crucial do Estado nesse processo, a demanda crescente nas grandes e médias cidades brasileiras, devido ao êxodo rural contínuo desde o século XX, apresenta desafios significativos. (PALERMO et al, 2007, p. 1).

Diante da demanda desordenada da zona rural para a zona urbana, foi criada a política pública habitacional brasileira visando reduzir o déficit de moradias, muitas vezes sem pensar na qualidade das unidades habitacionais, apenas na quantidade. Para reduzir custos, a estratégia é reduzir as dimensões, ignorando os aspectos sociais e culturais que trazem ao morador o sentimento de pertencimento ao espaço onde está inserida a casa e a comunidade.

Tendo em vista alguns problemas da moradia residencial popular, dentre eles o espaço físico interno que impossibilita a experiência positiva do usuário, Pereira (2007) atribui ao morador ser apto às necessidades naturais e passíveis de apropriação do lugar em que vive, e que lhe traga segurança e capacidade de ser agente do espaço.

Portanto, por meio dos estudos referentes à biofilia, foram extraídos os padrões biofílicos, com uma gama de aplicações para os designers do ambiente construído, tanto internos como externos, e devem ser flexíveis e adaptáveis, permitindo a implementação adequada ao projeto. Dessa forma, o design biofílico pode ser

considerado uma ferramenta importante para a construção de um ambiente restaurador.

Para a construção de um ambiente restaurador, os padrões do design biofílico, definidos nas palavras de Edward Wilson (1984) como "separados e analisados individualmente", revelam afiliações emocionais, psicofisiológicas e cognitivas com o ambiente construído e requerem cuidado com sua aplicabilidade e uso.

Para compreender o design biofílico, é interessante saber que os padrões se organizam em três categorias e seus conceitos fundamentais para a aplicabilidade do ambiente:

Natureza no Espaço - aborda a presença direta, física e efêmera da natureza em um espaço ou lugar. Isso inclui vida vegetal, água e animais, bem como brisas, sons, aromas e outros elementos naturais.

Análogos Naturais – aborda a presença de elementos orgânicos, não vivos e implícitos da natureza em um espaço, com uma conexão indireta com a natureza. Isso inclui formas, materiais, cores e texturas encontradas na natureza em espaços construídos.

Natureza do Espaço - aborda configurações espaciais que lembram ou imitam as formas, padrões e processos da natureza. Isso inclui nosso desejo inato e o aprendizado de poder ver além do nosso entorno imediato, nosso fascínio pelo ligeiramente perigoso ou desconhecido; visões obscurecidas e momentos reveladores; e às vezes até propriedades indutoras de fobia quando incluem um elemento confiável de segurança.

Este artigo está sendo desenvolvido como parte de uma pesquisa de mestrado em andamento, cujo objetivo é revisar os conceitos do campo da biofilia e definir os padrões que podem ser aplicados no ambiente construído. O objetivo é contribuir para o campo do Design de Interiores, oferecendo reflexões significativas sobre como é possível criar espaços que atendam às necessidades dos usuários, tornando-os seguros tanto fisicamente quanto emocionalmente, permitindo a realização de diferentes atividades e gerando respostas positivas a partir das experiências no ambiente.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Durante toda a existência humana, o homem teve contato com a natureza e recebeu dela todos os recursos que precisava para viver. Portanto, o homem e a natureza têm uma relação inata, com a capacidade de desenvolver respostas biologicamente adaptativas às forças naturais, artificiais ou criadas por ele mesmo.

O conceito de biofilia está vinculado à necessidade do homem com a natureza, mesmo com a modernidade do mundo, a uma busca por um ambiente que possibilite respostas restauradoras e bem-estar físico e emocional, segundo Wilson (1984).

Ao longo dos anos, diversas definições relacionadas à biofilia foram popularizadas em campos como psicologia e biologia, expandindo-se para áreas como neurociência, endocrinologia, arquitetura e design. Isso se deve ao entendimento de

que a natureza tem efeitos curativos sobre o indivíduo quando este entra em contato com ela (KELLERT, 2018; KELLERT et al., 2008). Kellert e Wilson (1993) afirmam que existe uma preferência humana por características vinculadas à configuração natural, o que contribui decisivamente para a sobrevivência da humanidade e conduz à ideia de preservação do ambiente.

Com os efeitos extremamente úteis causados por ela no campo da medicina, a indústria da construção civil tem despertado para a promoção do uso da biofilia em ambientes construídos, considerando-a uma experiência fundamental para a qualidade de vida (REEVE et al., 2012). Quando utilizada em ambientes construídos, a biofilia promove sentimentos de emoções positivas, como apego ao lugar, identidade ambiental, percepção de restauração, comportamentos sustentáveis, ou, como hipótese, funciona como gatilho para efeitos positivos diretos ou indiretos, seja no plano emocional, cognitivo, estético ou espiritual.

A conexão emocional e afetiva entre um indivíduo e o ambiente natural ou urbano em que vive pode levar a um compromisso maior com comportamentos pró-ambientais. Esse vínculo, quando positivo, promove tanto a preservação do meio ambiente quanto o bem-estar psicológico da pessoa, pois ela percebe as qualidades restauradoras desse ambiente. A apreciação e conexão com a natureza local podem ser expressões da biofilia, e essa relação positiva tem um impacto benéfico na restauração psicológica. (BERTO et al., 2018; HARTIG et al., 2001).

Em teoria, há uma conexão genética e emocional entre o homem e a natureza, que leva a uma necessidade de escolher e permanecer em ambientes naturais ou que possuam elementos naturais.

2.1. Design Biofílico

Conforme o estudo publicado pela Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, o design biofílico constitui uma teoria, ciência e prática que propõe a criação de ambientes inspirados na natureza, visando ampliar a conexão do usuário com a mesma dentro do espaço de moradia ou no local de trabalho (DETANICO, SCHWAB, PIZZATO, TEIXEIRA, JACQUES E OLIVEIRA, 2019).

O estudo referente ao design biofílico foi realizado para identificar elementos do design biofílico e para se aprofundar na base da afinidade do homem com a natureza, examinando os fundamentos da biofilia. Com isso, os resultados sobre a temática nos últimos anos em ambiente construído apontam para um fator que requer maior atenção por parte dos novos pesquisadores da área. O design biofílico não é uma escolha, mas uma necessidade biológica humana contundente perante o espaço.

O design biofílico busca soluções para as limitações das edificações contemporâneas, proporcionando experiências satisfatórias com a natureza no contexto da construção. Seu objetivo é criar ambientes agradáveis para os seres humanos, que promovam a saúde e o bem-estar (KELLERT; CALABRESE, 2017). À medida que a urbanização global continua a crescer rapidamente, valorizar o design biofílico é importante para reduzir o estresse, aumentar a produtividade, criatividade

e função cognitiva, e melhorar o bem-estar e a saúde de forma geral (BROWNING, RYAN & CLANCY, 2014).

O uso do design biofílico em ambientes construídos é uma forma de tornar os espaços internos mais agradáveis, saudáveis e sustentáveis. Trata-se de uma experiência positiva que se adequa a soluções que permitem a integração e o contato com a natureza, transmitindo conforto e aconchego.

Entretanto, é importante ressaltar um alerta quanto ao design biofílico: não basta aplicar qualquer elemento natural, pois isso pode não ser satisfatório ao usuário, sem antes analisar o processo para obter maior eficiência. Deve-se levar em consideração valores relevantes para o equilíbrio do homem, como as experiências vividas, valores culturais, origens e outros fatores particulares, classificados em oito categorias, cada uma com seus próprios benefícios: afeto, atração, aversão, controle, exploração, intelecto, simbolismo e espiritualidade (GONÇALVES e PAIVA, 2018; Kellert, 2018).

É importante ressaltar que o design biofílico deve ser integrado de forma holística, onde as diferentes aplicações se reforçam e complementam, resultando em um todo ecológico integrado. Existem três categorias principais: experiência direta da natureza, que envolve o contato real com elementos naturais como água, luz, fogo, animais e plantas; experiência indireta da natureza, que inclui imagens e representações de padrões naturais através de arte, materiais como metal e madeira, entre outros; e experiência do espaço e do lugar, que se baseia nos recursos característicos do ambiente natural e sua ecologia. (KELLERT; CALABRESE, 2015, p. 9).

Apesar de o sentido visual ser dominante na percepção e resposta aos ambientes, o objetivo da aplicabilidade e estratégia do design biofílico é estimular a multissensorialidade.” A satisfação, o prazer e o desempenho cognitivo; criar espaços inspiradores, restauradores, saudáveis, bem como integrados com a funcionalidade do local e do ecossistema (urbano) ao qual é aplicado. Acima de tudo, o design biofílico deve nutrir o amor pelo lugar.” (BROWNING et.al., 2014:13).

É preciso lembrar que o design biofílico não é um fenômeno recente, pois a presença de elementos naturais em estruturas e lugares históricos já existe há milênios. Como campo de ciência aplicada, o design biofílico é a compilação da história, do discernimento humano e da neurociência, mostrando que a conexão com a natureza é essencial para sustentar uma vivência saudável e vibrante como espécie afável.

Segundo Harari, (2020) “a psicologia evolutiva afirma que muitas de nossas características psicológicas e sociais presentes foram moldadas durante a longa era pré-agrícola.” Mesmo nos dias de hoje, nosso cérebro e mente estão adaptados para uma vida de caça e coleta, e nosso corpo necessita de movimento e contato com a natureza. Conforme Browning et.al., (2014, p. 14) No entanto, o avanço tecnológico tem levado a uma crescente desconexão com a paisagem, vegetação, luz, vento e outros elementos naturais, o que resulta em desequilíbrio.

Por razões de desconexão do homem com a natureza devido ao avanço tecnológico, o design biofílico é utilizado como ferramenta projetual para incorporar e

conectar a natureza no ambiente artificial (LIMA, 2020). Como meio de reabilitação cognitiva, melhora do estresse, ansiedade e improdutividade gerando bem-estar devido à conexão do usuário com o natural (BROWNING E COOPER, 2017). Browning et al. (2014) e Kellert et al. (2013) ressaltam que o design biofílico tem como desafio fundamental abordar tais deficiências, direcionando para possibilidades de experiências satisfatórias com o natural no ambiente construído. Portanto, ele apresenta um componente rotativo e complementar na sustentabilidade e resiliência do ambiente construído, instruindo-nos a refletir em termos de sistema, a detectar fatores variáveis, complexos e dinâmicos no espaço.

2.2. Padrões Biofílicos

De acordo com Browning (2014), os padrões da natureza são suportados por pesquisas empíricas interdisciplinares desenvolvidas por pesquisadores como Christopher Alexander, Judith Heerwagen, Rachel e Stephen Kaplan, Stephen Kellert, Roger Ulrich e muitos outros. A partir desses estudos sobre a biofilia, foram identificados 14 padrões biofílicos, com uma variedade de aplicações no ambiente construído, interno ou externo, possibilitando a implementação de soluções ágeis, flexíveis e adaptáveis no espaço, com foco nos benefícios psicológicos, fisiológicos e cognitivos.

O termo "padrão" aparecerá com frequência ao longo do texto, mas suas razões serão definidas para uma melhor compreensão. O autor Browning (2014) propõe uma terminologia clara e padronizada para o design biofílico, evitando assim a confusão com a variação de termos como métrica, atributo, condição, característica, tipologia, entre outros. Isso maximiza a acessibilidade em todas as disciplinas, mantendo uma linguagem única.

2.3. 14 Padrões de Projeto Biofílicos

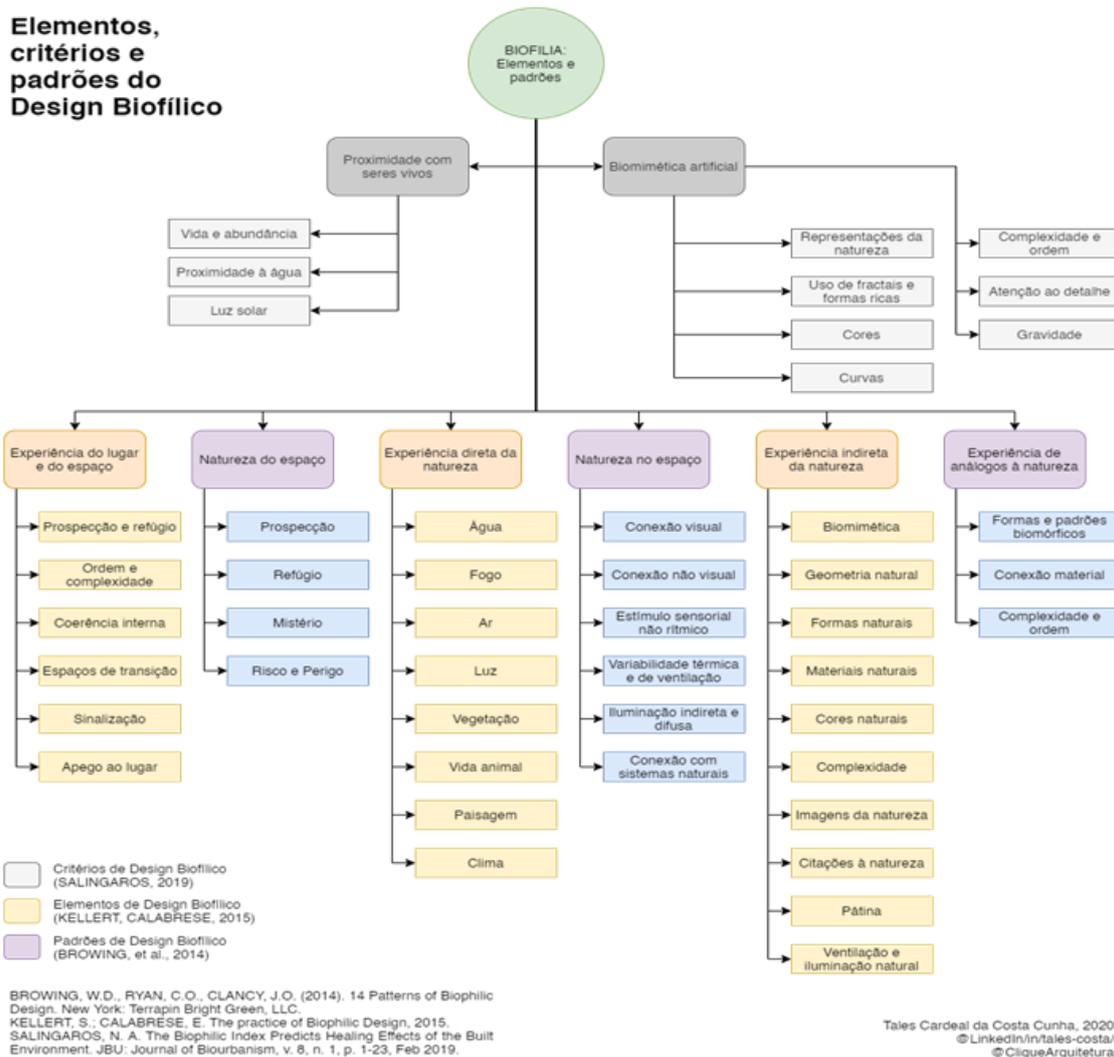
Os 14 padrões de projeto do design biofílico são divididos em três categorias: natureza e espaço, analogia natural e natureza do espaço. Essas categorias serão definidas nos próximos tópicos e subtópicos. Entretanto, é importante ressaltar que esses padrões foram separados e estudados por Edward Wilson (em "Biophilia", de 1984) para mostrar as relações emocionais, psicofisiológicas e cognitivas entre o ser humano e o ambiente construído. Por isso, é necessário ter cuidado com a aplicabilidade e uso desses padrões no ambiente construído. Os 14 padrões são:

Natureza nos padrões do espaço 1. Conexão Visual com a Natureza, 2. Conexão Não Visual com a Natureza, 3. Estímulos Sensoriais Não Rítmicos, 4. Variabilidade Térmica e de Fluxo de Ar, 5. Presença de Água, 6. Luz Dinâmica e Difusa, 7. Conexão com Sistemas Naturais, Padrões de análogos naturais 8. Formas e padrões biomórficos, 9. Conexão material com a natureza, 10. Complexidade e Ordem, Natureza dos Padrões Espaciais 11. Prospecção, 12. Refúgio, 13. Mistério, 14. Risco/Perigo.

De modo geral, os padrões têm como finalidade abordar questões universais de saúde e bem-estar humano, evitando altos níveis de estresse e desequilíbrio emocional, criando assim um ambiente construído que direciona a atenção, transmite equilíbrio, harmonia, acuidade visual e criatividade. É por isso que a

atenção está nos padrões de design da natureza, experimentados, indicados ou teorizados para aliviar ambientes estressantes ou aprimorar qualidades desejáveis, que podem ser aplicados em vários setores e escalas do espaço. De forma ilustrativa, na Figura 1, serão apresentados os elementos, critérios e padrões de design biofílico.

Figura 1: Esquema sobre as divisões de conceitos de cada uma das vertentes de abordagem ao Design Biofílico.



Fonte: Tales Cardeal da Costa Cunha (2020).

Diante dos elementos e critérios dos padrões de projeto, é importante compreender a definição do design biofílico em relação à sua escala de uso e aplicabilidade. Além disso, a organização das três categorias foi feita de maneira clara e ponderada, incorporando uma estrutura e diversidade de estratégias no ambiente construído. Os três eixos considerados primordiais que regem os princípios do design biofílico são descritos no Quadro 1 abaixo.

Quadro 1: 14 padrões Biofílico

Descrição/ 14 padrões Biofílico	
<p>Categoria Natureza no Espaço;</p> <p>[...] aborda a presença direta, física e efêmera da natureza em um espaço ou lugar. Isso inclui vida vegetal, água e animais, bem como brisa, sons, aromas e outros elementos naturais. Exemplos comuns dessa categoria inclui: vasos de plantas, canteiros de flores, alimentadores de pássaros, jardins de borboletas, fontes, aquários, jardins de pátio e paredes verdes ou telhados com vegetação. As experiências mais fortes da Natureza no Espaço são alcançadas através da criação de conexões diretas e significativas com esses elementos naturais, particularmente através da diversidade, movimento e interações multissensoriais (BROWNING, 2014).</p>	
<p>P. [1] Conexão visual com a natureza - [...] a experiência direta da natureza para o ambiente construído. A presença de plantas pode reduzir o estresse, contribuir para a saúde física, melhorar o conforto e aumenta o desempenho e a produtividade. A vegetação em edifícios e paisagens construídas deve ser abundante, ecologicamente conectada e tendendo a se concentrar em espécies locais e não exóticas e invasivas. (KELLETT E CALABRESE).</p>	
<p>P. [2] Conexão não visual com a natureza- A percepção e o contato com o clima no ambiente construído podem ser satisfatórios e estimulantes. Isso pode ocorrer por meio da exposição direta a condições externas, bem como pela simulação de qualidades meteorológicas por meio da manipulação do fluxo de ar, temperatura, pressão barométrica e umidade. As estratégias de design incluem vistas para o exterior, janelas operáveis, varandas, decks, colonatas, pavilhões, jardins e muito mais. (KELLETT E CALABRESE).</p>	
<p>P. [3] Estímulos sensoriais não rítmicos- A natureza está sempre mudando e em fluxo, a vida refletindo especialmente as forças dinâmicas de crescimento e envelhecimento. As pessoas respondem positivamente a essas forças dinâmicas e à pátina associada do tempo, revelando a capacidade da natureza de responder de forma adaptativa às condições em constante mudança. Essas tendências dinâmicas costumam ser mais satisfatórias quando equilibradas pelas qualidades complementares de unidade e estabilidade. A mudança e a pátina de tempo podem ser alcançadas através de estratégias de projeto como materiais naturalmente envelhecidos, intemperismo, sensação da passagem do tempo e de outras maneiras. (KELLETT E CALABRESE).</p>	
<p>P. [4] Variabilidade térmica e de fluxo de ar- A experiência da ventilação natural no ambiente construído pode ser aprimorada por variações no fluxo de ar, temperatura, umidade e pressão barométrica. Essas condições podem ser alcançadas através do acesso ao exterior por meios simples como janelas operáveis, ou por estratégias tecnológicas e de engenharias mais complexas. (KELLETT E CALABRESE).</p>	

<p>P. [5] Presença de Água. A água é essencial à vida e sua experiência positiva no ambiente construído pode aliviar o estresse, promover a satisfação e melhorar a saúde e o desempenho. A atração pela água pode ser especialmente pronunciada quando associada aos múltiplos sentidos da visão, audição, tato, paladar e movimento. Estratégias de projeto variadas podem satisfazer o desejo de contato com a água, incluindo vistas de corpos d'água proeminentes, fontes, aquários, pântanos construídos e outros. A água no ambiente construído geralmente é mais agradável quando percebida como limpa, em movimento e experimentada através de múltiplos sentidos (embora em níveis de som abafados). (KELLETT E CALABRESE, 2015)</p>	
<p>P. [6] Luz Dinâmica e Difusa- A experiência da luz natural é fundamental para a saúde e bem-estar humano, permitindo a orientação durante o dia, noite. A consciência da luz natural também pode facilitar o movimento e wayfinding e contribuir para o conforto e a satisfação. Além da simples exposição, a luz natural pode assumir formas e formatos esteticamente atraentes através da interação criativa de luz e sombra, difusa e variável e a integração da luz com propriedades espaciais. A luz natural pode ser trazida para todos os espaços interiores por meio de paredes de vidro e clerestórios, o uso de cores e materiais refletores e outras estratégias de design. A experiência da luz em movimento pode ser alcançada através do contraste de áreas mais claras e mais escuras e mudanças de luz do dia ao longo do tempo. (KELLETT E CALABRESE)</p>	
<p>P. [7] Conexão com Sistemas Naturais- A experiência de ecossistemas autossustentáveis pode ser especialmente satisfatória. Ecossistemas funcionais são tipicamente ricos em diversidade biológica e comportam uma série de serviços ecológicos, como regulação hidrológica, ciclagem de nutrientes, polinização, decomposição e muito mais. Ecossistemas autossustentáveis no ambiente construído podem ser alcançados por meio de estratégias de projeto como pântanos construídos, clareiras florestais e pastagens; telhados verdes; ambientes aquáticos simulados e outros meios. O contato com sistemas naturais pode ser fomentado por vistas, plataformas de observação, interação direta e até participação ativa. (KELLETT E CALABRESE)</p>	
<p>Categoria Análogos Naturais</p> <p>[...] aborda evocações orgânicas, não vivas e indiretas da natureza. Objetos, materiais, cores, formas, sequências e padrões encontrados na natureza, manifestam-se como obras de arte, ornamentação, móveis, decoração e têxteis no ambiente construído. Mimetismo de conchas e folhas, móveis com formas orgânicas e materiais naturais que foram processados ou amplamente alterados itens em seu estado 'natural'. As experiências mais fortes dos análogos naturais são alcançadas fornecendo riqueza de informações de maneira organizada e às vezes evolutiva (Browning (2014)).</p>	
<p>P. [8] Formas e padrões biomórficos- A experiência de formas e formatos característicos do mundo natural pode ser especialmente atraente. Essas formas naturalistas podem ser extraordinariamente diversas, desde os padrões semelhantes a folhas encontradas nas colunas, as formas das plantas nas fachadas dos edifícios, até as cópias de animais gravadas em tecidos e coberturas. A ocorrência de formas e formatos naturalistas pode transformar um espaço estático em um que possui as qualidades dinâmicas e ambientais de um sistema vivo. (KELLETT E CALABRESE).</p>	

P. [9] Conexão material com a natureza - Os materiais naturais podem ser especialmente estimulantes, refletindo as propriedades dinâmicas da matéria orgânica em resposta adaptativa aos estresses e desafios da sobrevivência ao longo do tempo. A transformação de materiais da natureza frequentemente provoca respostas visuais e táteis positivas, que poucos materiais artificiais podem duplicar. Materiais naturais de construção e decorativos proeminentes incluem madeira, pedra, lã, algodão e couro, usados em uma ampla variedade de produtos, móveis, tecidos e outros designs de interiores e exteriores. (KELLET E CALABRESE).



P. [10] Complexidade e Ordem- A diversidade e a variabilidade do mundo natural são tão pronunciadas que têm sido descritas como o ambiente mais rico em informações que as pessoas jamais encontrarão. Seja natural ou construído, as pessoas tendem a responder positivamente a ambientes diversos e ricos em informações que apresentam uma riqueza de opções e oportunidades, desde que a complexidade seja vivenciada de forma coerente e legível. (KELLET E CALABRESE).



Categoria Natureza do Espaço-

[...]aborda configurações espaciais na natureza. Isso inclui nosso desejo inato e aprendido de poder ver além do nosso entorno imediato, nosso fascínio pelo ligeiramente perigoso ou desconhecido; visões obscurecidas e momentos reveladores; e às vezes até propriedades indutoras de fobia quando incluem um elemento confiável de segurança. As experiências mais fortes da Natureza do Espaço são alcançadas através da criação de configurações espaciais deliberadas e envolventes misturadas com padrões de Natureza no Espaço e Análogos Naturais. (BROWNING, 2014).

P. [11] Prospecção / P. [12] Refúgio- Os seres humanos evoluíram em resposta adaptativa aos benefícios complementares de perspectiva e refúgio. A perspectiva refere-se a visões de longa distância dos ambientes circundantes que permitem que as pessoas percebam oportunidades e perigos, enquanto o refúgio fornece locais de segurança e proteção. Essas condições complementares podem ser funcionais e satisfatórias no ambiente construído. Este resultado biofílico pode ser alcançado através de estratégias de projeto como vistas para o exterior, conexões visuais entre espaços interiores e a ocorrência de ambientes seguros e protegidos. (KELLET E CALABRESE)



P. [13] Mistério- A experiência do ambiente construído, é sentir a emoção e os elementos do ar livre no ambiente. Vistas de longa distância parcialmente obstruídas, instalações surpreendentes ou recursos arquitetônicos inesperados, a perspectiva está na antecipação do que pode estar ao virar dos lados, o que gera no humano uma resposta forte e inegável. (BROWNING, 2014).



P. [14] Risco/Perigo- A experiência do perigo de um risco identificável, associado à sensação de uma salvaguarda confiável. A evolução nos projetou para a sobrevivência. Seja uma passarela alta ou uma parede de vidro com vista para o horizonte da cidade, o padrão Risco / Perigo desencadeia a pressa de viver à beira da segurança. (BROWNING, 2014).



Fonte: Acervo Pessoal

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente artigo é decorrente de uma pesquisa em dissertação de mestrado de cunho experimental, comportamental e qualitativo, em andamento. A etapa inicial consistiu na formulação de uma revisão bibliográfica, utilizando plataformas digitais, materiais publicados, sites eletrônicos, livros, artigos científicos, dissertações e teses. Essa revisão permitiu a compreensão dos conceitos e autores relevantes para o embasamento teórico do primeiro capítulo - Biofilia - e criou um guia para compreender o design biofílico e seus padrões, analisando sua aplicabilidade no ambiente construído de moradias populares. É importante ressaltar que os estudos que utilizam a categoria dos padrões biofílicos têm um número maior de estudos e aplicações em ambiente de trabalho.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os levantamentos bibliográficos realizados neste trabalho permitiram explorar os conhecimentos e a compreensão em relação ao uso dos padrões biofílicos no ambiente construído. Com destaque para o artigo, foi possível trazer definições claras sobre cada categoria, seu uso e aplicabilidade no ambiente construído. Observou-se que os padrões biofílicos para o design são ferramentas importantes que têm como finalidade melhorar a qualidade de vida do ser humano, reduzindo o estresse, contribuindo para o bem-estar, aumentando a criatividade, direcionando a atenção e a clareza de pensamentos. Diante disso, é essencial que o designer de interiores tenha um olhar direcionado para a usabilidade dos padrões nos ambientes, uma vez que os mesmos proporcionam experiências positivas quando há contato.

Pode-se concluir que, embora nem sempre precisemos de evidências tão rigorosas, o contato com a natureza é benéfico para os seres humanos. Embora ainda não saibamos tudo o que há para saber sobre esses benefícios, sabemos que o design biofílico no ambiente construído é fundamental para orientar o ritmo em que as decisões são tomadas e os lugares são construídos. É cada vez mais evidente a necessidade de implementar o design biofílico, considerando a importância da natureza para o bem-estar e a saúde humanos.

REFERÊNCIAS

BERTO, Rita et al. An individual's connection to nature can affect perceived restorativeness of natural environments. Some observations about biophilia. **Behavioral Sciences**, v. 8, n. 3, p. 34, 2018.

BONSIEPE, Gui et, al. **Metodologia Experimental: Desenho Industrial**. Brasília: CNPq/Coordenação Editorial, 1984.

BOUERI FILHO, José Jorge. **Antropometria: Fator de dimensionamento da habitação**. São Paulo, 1989. Tese (Doutorado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo.

BROWNING, Bill; COOPER, Sir Cary. **Human Spaces: the global impact of biophilic design in the workplace**. 2017.

BROWNING, W.D., Ryan, C.O., Clancy, J.O. **14 Patterns of Biophilic Design**. New York: Terrapin Bright Green, LLC, 2014.

CANTER, D.; BROWN, J.; GROAT, L. A multiple sorting procedure for studying conceptual systems. In BRENNER, M; BROWN, J.; CANTER, D. (Eds). *The research interview: uses and approaches*. London: Academic Press, 1985. p. 79- 114.

DE LIMA PEREIRA, João Victor; MOREIRA, Lis Rogélin. Recuperação e preservação de nascentes-uma alternativa de melhoria socioambiental para pequenos produtores rurais de Nova Andradina-MS. **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, n. 4, 2020.

DETANICO, Flora Bittencourt et al. Emoções positivas no uso do espaço construído de um campus universitário associadas aos atributos do design biofílico. **Ambiente Construído**, v. 19, p. 37-53, 2019.

DETANICO, Flora Bittencourt et al. Emoções positivas no uso do espaço construído de um campus universitário associadas aos atributos do design biofílico. **Ambiente Construído**, v. 19, p. 37-53, 2019.

FROMM, Erich. **The Heart of Man**. Disponível em: <https://archive.org/details/heartofmanitsgen00from/page/12/mode/2up?q=biophilia>. Acesso em 26 de Ago. de 2022.

FROMM, Erich. **Anatomy of Human Destructio** disponível em: <<https://archive.org/details/ErichFrommTheAnatomyOfHumanDestructiveness/mode/2up?q=biophilia>> Acesso em 27 de Ago. de 2022.

GONÇALVES, Robson e PAIVA, Andrea de. TRIUNO. **Neurobusiness e qualidade de vida**. São Paulo: Dos autores, 2018.

HARARI, Yuval Noah. Um dia na vida de Adão e Eva. In: **Sapiens: uma breve história da humanidade**. Porto Alegre: L&PM, 2020.

HARTIG, Terry; KAISER, Florian G.; BOWLER, Peter A. Psychological restoration in nature as a positive motivation for ecological behavior. **Environment and behavior**, v. 33, n. 4, p. 590-607, 2001.

KALVAITIS, Darius; MONHARDT, Rebecca. Children voice biophilia: The phenomenology of being in love with nature. **Journal of Sustainability Education**, v. 9, n. March, p. 1-15, 2015.

Kellert, S. Birthright. **People and Nature in the Modern World**. New Haven: Yale University Press, 2012.

KELLERT, Stephen R. **Nature by design: The practice of biophilic design**. Vale university press, 2018.

KELLERT, Stephen R.; WILSON, Edward O. Biophilia. **Human Ecology**, v. 2008, p. 462-466, 2008.

KELLERT, Stephen R.; WILSON, Edward O. **The biophilia hypothesis**. 1993.

KELLERT, Stephen; CALABRESE, Elizabete. A prática do design biofílico. **Londres: Terrapin Bright LLC**, v. 3, p. 26, 2015.

MENDONÇA, Rafaela Nunes; VILLA, Simone Barbosa. **Modos de morar: o conceito de apropriação como qualificador de moradias no design: Educação Gráfica**, São Paulo, V. 22 nº 01, p. 242 – 258. Abril de 2018.



NEHME, Valéria Guimarães de Freitas. **Os laços topo-biofílicos que transformam espaços em lugares para servidores e estudantes da escola Agrotécnica Federal de Uberlândia (MG):** Abordagem perspectiva em geografia. Uberlândia, 2008. 236 p. Tese (CURSO DE DOUTORADO) – Universidade Federal de Uberlândia. Instituto de Geografia, Uberlândia, 2008.

NISBET, E. G.; SLEEP, N. H. The habitat and nature of early life. **Nature**, v. 409, n. 6823, p. 1083-1091, 2001.

PALERMO, Carolina et al. Habitação Social: uma visão projetual. **Colóquio de Pesquisas em Habitação**, v. 4, 2007.

PEREIRA, A. C. S. **O comércio internacional de espécies da flora silvestre ameaçadas de extinção e a convenção CITES.** Ornamental Horticulture, v. 13, p. 2045-2054, 2007.

REEVE, A. et al. **Informing Healthy Building Design With Biophilic Urbanism Design Principles:** a review and synthesis of current knowledge and research. Australia, 2012.

RYAN, Catherine O. et al. Biophilic design patterns: emerging nature-based parameters for health and well-being in the built environment. **ArchNet-IJAR: International Journal of Architectural Research**, v. 8, n. 2, p. 62, 2014.

WILSON, E. O. **Biophilia:** The human bond with other species. Cambridge (Massachusetts): Harvard University Press, 1986

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seu agradecimento à Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), ao Laboratório Biodesign e à CAPES pelo suporte técnico e financeiro fornecido para o desenvolvimento deste trabalho. É importante ressaltar que este estudo foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) no Brasil.



04.

**SUSTENTABILIDADE
URBANA E EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA**



**AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA COMO FERRAMENTA PARA
MEDIR A EFICIÊNCIA AMBIENTAL DO HIDROGÊNIO
RENOVÁVEL** **105-122**

ABREU, Victor Hugo Souza de; CORALLI, Alberto; PROENÇA, Laís
Ferreira Crispino; SANTOS, Andrea Souza.

**FATORES PERTINENTES AO DESEMPENHO E
SUSTENTABILIDADE DO MEIO URBANO: A PERCEPÇÃO
DOS MORADORES BRASILEIROS** **123-138**

ESPERIDIÃO, Aline Ramos; PENTEADO, Ana Paula Bonini; FONTOLAN,
Beatrice Lorenz; DEL-ROIO, Iolanda Geronimo; IAROZINSKI NETO,
Alfredo.

**ANÁLISE SISTEMÁTICA DA CONEXÃO DE EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES COMERCIAIS COM OS
OBJETIVOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E AS
MUDANÇAS CLIMÁTICAS** **139-156**

REBELATTO, Bianca; SALVIA, Amanda; BUENO, Pietra; BRANDLI,
Luciana; RODRIGUES, Gabriela.

**MECANISMOS PARA CONCEPÇÃO DE PROJETOS DE
EDIFICAÇÕES SUSTENTÁVEIS NO BRASIL** **157-174**

LUZ, Samantha Ohana de Miranda; GONÇALVES, Pedro Henrique; LIMA,
Fabiolla Xavier Rocha Ferreira.

**DESAFIOS E OPORTUNIDADES DA AVALIAÇÃO DA
SUSTENTABILIDADE NO CONTEXTO DA LAGOA DA
CONCEIÇÃO: o projeto USAT/ESA-B** **175-194**

LIBRELOTTO, Lisiane Ilha; BANDINI, Verônica; LUZ, Eduarda Cardoso
da; BRAGA, Kamylla Emily; AGUIAR, Andressa Cristine de.

04.

SUSTENTABILIDADE URBANA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA COMO FERRAMENTA PARA MEDIR A EFICIÊNCIA AMBIENTAL DO HIDROGÊNIO RENOVÁVEL

A LIFE CYCLE ASSESSMENT AS A TOOL FOR MEASURING THE ENVIRONMENTAL EFFICIENCY OF RENEWABLE HYDROGEN

Data de aceite: 05/07/2023 | Data de submissão: 03/07/2023

ABREU, Victor Hugo Souza de, Pós-doutorando

Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Rio de Janeiro, Brasil, E-mail: victor@pet.coppe.ufrj.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2557-2721>

CORALLI, Alberto, Pós-doutorando

Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Rio de Janeiro, Brasil, E-mail: alberto.coralli@coppe.ufrj.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3010-1342>

PROENÇA, Laís Ferreira Crispino, Pós-doutoranda

Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Rio de Janeiro, Brasil, E-mail: laiscrispino@poli.ufrj.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1508-3833>

SANTOS, Andrea Souza, Doutora

Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Rio de Janeiro, E-mail: andrea.santos@pet.coppe.ufrj.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5984-6313>

RESUMO:

O hidrogênio renovável tem ganhado destaque no cenário atual de transição energética global devido ao seu potencial de ser utilizado como matéria-prima, combustível ou transportador e armazenador de energia limpa, para equilibrar o fornecimento e a demanda de eletricidade. No entanto, a avaliação do ciclo de vida (ACV) do hidrogênio renovável é necessária para quantificar as possíveis reduções de impactos ambientais de sua implementação em larga escala, inclusive em comparação com as tecnologias existentes. Dessa forma, este estudo aplica uma revisão sistemática com abordagem bibliométrica de estudos sobre a ACV aplicada ao hidrogênio renovável. Os resultados mostram que os estudos sobre a temática são bem atuais e apresentam diversas aplicações práticas, que são limitadas por disponibilidade de dados e generalizações de informação.

PALAVRAS-CHAVE:

Hidrogênio Renovável. Avaliação do Ciclo de Vida. Revisão Sistemática. Abordagem Bibliométrica.

ABSTRACT:

Renewable hydrogen has gained a prominent position in the current global energy transition landscape due to its potential to be used as a raw material, fuel, or clean energy carrier and storage solution to balance electricity supply and demand. However, Life Cycle Assessment (LCA) of renewable hydrogen is necessary to quantify the potential reductions of environmental impacts of its large-scale implementation, including in comparison to existing technologies. Thus, this paper applies a systematic review with a bibliometric approach of studies on LCA applied to green hydrogen. The results show that studies on the subject are very current and present several practical applications, which are limited by data availability and information generalizations.

KEYWORDS:

Renewable Hydrogen. Life Cycle Assessment. Systematic Review. Bibliometric Approach.

1. INTRODUÇÃO

A implementação em larga escala de fontes de energia renovável está sendo impulsionada pela proposta de metas de carbono neutro em vários países, pelo aprofundamento da ação global sobre a mudança climática e pela aceleração da recuperação da economia verde na era pós-Covid (SANTOS *et al.*, 2021; LIU *et al.*, 2022; ZHANG *et al.*, 2022).

Segundo Gulotta *et al.* (2022), um dos principais obstáculos que têm impedido a ampla aplicação das fontes renováveis de energia, tais como a solar fotovoltaica e eólica é sua natureza intermitente. Além disso, o transporte de energia de longa distância doméstico e/ou internacional é outra barreira importante que deve ser enfrentada ao optar por uma fonte de energia mais econômica e ambientalmente correta (AKHTAR, DICKSON & LIU, 2021).

Dessa maneira, todas essas questões exigem sistemas de armazenamento e transporte de energia de alta eficiência acoplados às fontes renováveis (WANG *et al.*, 2016; ZHAO *et al.*, 2019). Vale ainda ressaltar que os setores da economia que mais contribuem para as emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE) são o transporte e a indústria, porque usam majoritariamente combustíveis fósseis ou são não eletrificáveis (IEA, 2021; EPE, 2022).

Nesse sentido, o uso do hidrogênio como vetor energético permite a renovabilidade desses setores por meio do conceito *Power-to-X* (CHEHADE *et al.*, 2019). Embora o hidrogênio seja geralmente considerado como um combustível limpo durante sua fase de uso (combustão direta ou uso em células de combustível), sua produção tem impactos negativos sobre o meio ambiente. (BHANDARI, TRUDEWIND & ZAPP, 2014). Portanto, a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) para quantificação da carga ambiental é gradualmente reconhecida pela indústria e academia para avaliar a tecnologia do hidrogênio e apoiar a tomada de decisões (LIU *et al.*, 2022).

Neste sentido, este artigo tem como objetivo realizar uma revisão sistemática com abordagem bibliométrica sobre estudos que tratam da ACV do hidrogênio renovável, coletados por meio de buscas diretas na base de dados do *Web of Science*, que apresenta alcance e cobertura satisfatórios.

2. EFICIÊNCIA AMBIENTAL DO HIDROGÊNIO RENOVÁVEL

A construção de um sistema de produção e distribuição de hidrogênio, que apresenta maior poder calorífico e menores emissões de carbono do que os combustíveis fósseis (CHANBURANASIRI *et al.*, 2011; CHU *et al.*, 2015; LAL & YOU, 2023), tornou-se gradualmente um consenso global (SANTOS *et al.*, 2021; LIU *et al.*, 2022; WEIDNER, TULUS & GUILLÉN-GOSÁLBEZ, 2022; CAPURSO *et al.*, 2022; OLIVEIRA, 2022).

O hidrogênio pode ser usado como matéria-prima, combustível ou transportador e armazenador de energia para equilibrar a oferta e demanda de eletricidade (EUROPEAN COMMISSION, 2019; PROENÇA *et al.*, 2023), fazendo com que, globalmente, a demanda de H² possa ultrapassar US\$ 12 trilhões - equivalente a R\$ 62,56 trilhões - em 2050 (ONI *et al.*, 2022). Cabe destacar, entretanto, que a energia do hidrogênio geralmente é uma energia secundária, que precisa consumir energia primária para sua preparação, ou seja, o hidrogênio usualmente não é uma fonte de energia, mas um vetor energético, transportador de energia química, (BHANDARI, TRUDEWIND & ZAPP, 2014; OKONKWO *et al.*, 2021).

À medida que vários países implementam metas de neutralidade de carbono, o setor reconhece cada vez mais a necessidade de definir quantitativamente diferentes métodos de produção de hidrogênio com base nas emissões de GEE em todo o ciclo de vida (LIU *et al.*, 2022).

A pesquisa constatou mediante revisão bibliográfica que a maior parte da produção atual de hidrogênio está dividida principalmente em três categorias, que são: (i) de origem renovável, denominado em muitos casos de hidrogênio verde; (ii) de origem fóssil com Carbon Capture and Storage - CCS/ *Carbon Capture, Utilisation and Storage* - CCUS; e (iii) de origem fóssil.

A fim de promover o desenvolvimento do mercado de hidrogênio limpo, os padrões de hidrogênio renovável têm sido discutidos em nível global (BHANDARI, TRUDEWIND & ZAPP, 2014; LIU *et al.*, 2022). O hidrogênio renovável não é produzido por combustíveis fósseis, representando uma melhor resolução a longo prazo para a economia descarbonizadora em diferentes setores (GULOTTA *et al.*, 2022).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O crescente número de políticas focadas na redução das emissões de GEE e no consumo de combustíveis fósseis, têm-se desenvolvido diversos estudos sobre a implementação de energias renováveis na produção do hidrogênio (GULOTTA *et al.*, 2022). Dessa forma, este estudo busca desenvolver uma revisão bibliográfica de artigos científicos recentes para analisar os aspectos bibliométricos, técnicos e metodológicos dos estudos sobre ACV aplicados ao hidrogênio renovável, por meio de um protocolo de revisão sistemática sólido para alcançar consistência, robustez e transparência na pesquisa.

Para ampliar a compreensão sobre a metodologia adotada na busca e seleção dos estudos, foram estabelecidos critérios específicos para a inclusão e qualificação dos artigos na revisão sistemática. O Quadro 1 apresenta em detalhes as informações sobre os termos utilizados, os critérios de inclusão e qualificação, bem como os procedimentos adotados para a busca e extração dos dados.

Para garantir a abrangência da pesquisa, foram utilizadas palavras-chave relevantes relacionadas ao tema em questão, que foram inseridas nos títulos, resumos e palavras-chave dos estudos selecionados. A sigla "TS" na tabela refere-se ao termo de busca utilizado, denominado "Tópico", que serviu para identificar os estudos relevantes na base de dados.

Quadro 1: Descrição das Estratégias de Buscas.

Critério	Descrição
Tópicos	<i>TS = ('Life cycle' AND "Renewable Hydrogen") OR TS=('Life cycle' AND "Green Hydrogen")</i>
Indexes	SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, ESCI
Inclusão	(I) Tempo de cobertura: todos os anos da base de dados (1945 – 2023); (II) Enquadramento com o objetivo proposto; (III) Fator de impacto do periódico; e (IV) Tipos de documentos: todos os tipos.
Qualificação	(I) A pesquisa apresenta uma revisão bibliográfica bem fundamentada? (II) O estudo apresenta inovação técnica? (III) As contribuições são discutidas? (IV) As limitações são explicitamente declaradas? e (V) Os resultados e conclusões são consistentes com os objetivos pré-estabelecidos?
Data da Procura	10 de fevereiro de 2023, às 10h00min.

Fonte: Autores.

Para escolha do tópico de pesquisa, considerou-se adequado utilizar os termos as variações do termo em inglês '*Life cycle*' (ou seja, este booleano permite que tenham incluídas palavras-chave como '*Life Cycle Assessment*', '*Life Cycle Cost*' e '*Life Cycle Impact*') e os termos '*Renewable Hydrogen*' e '*Green Hydrogen*', que apesar de simples e intuitivo, fornece bons resultados para a coleta de dados. Cabe mencionar que a escolha do termo em inglês, em detrimento a outras línguas, como o próprio português, origina-se do fato de que a maioria dos estudos de prestígio publicados internacionalmente são desenvolvidos em inglês. Além disso, na maior parte das vezes, mesmo os estudos publicados em outras línguas possuem o Abstract em língua inglesa.

Salienta-se ainda que decidiu-se utilizar os bancos de dados do *Web of Science*, pertencentes ao *Clarivate Analytics*, como principal ferramenta de busca devido à sua difusão na comunidade acadêmica e à confiabilidade de seus padrões de seleção (AMEEN *et al.*, 2018). Além disso, essa base de dados apresenta alcance e cobertura satisfatórios (CHEN, 2010), atendendo aos requisitos desta pesquisa.

Outro aspecto que precisa ser mencionado é que, enquanto os critérios de inclusão servem principalmente para uma triagem mais superficial do estudo, até mesmo porque consideram aspectos relacionados ao ano, tipo de estudo e revista de

publicação, os critérios de qualificação são utilizados para uma triagem mais profunda dos estudos, analisando aspectos de aplicabilidade e qualidade, os quais só são possíveis de determinar por meio de análise e leitura mais específica dos estudos. Com o tratamento da base de dados, foram incluídos 158 estudos.

Após a coleta e organização dos dados necessários, a etapa seguinte consistiu na realização das análises bibliométricas e sistemáticas. Essa fase é crucial para a compreensão do panorama geral do tema em questão e permite identificar tendências e lacunas no conhecimento disponível. As análises bibliométricas foram realizadas a partir das informações obtidas diretamente das bases de dados utilizadas na pesquisa. Nesse processo, foram analisados aspectos como o número de publicações ao longo dos anos, as principais revistas que publicam sobre o assunto, os autores mais citados e os principais temas abordados. Já as análises sistemáticas demandaram uma investigação mais aprofundada de cada estudo identificado durante a busca bibliográfica. Nessa etapa, foram avaliados aspectos como a qualidade metodológica dos estudos, as principais conclusões alcançadas, as lacunas no conhecimento e as perspectivas futuras de pesquisa.

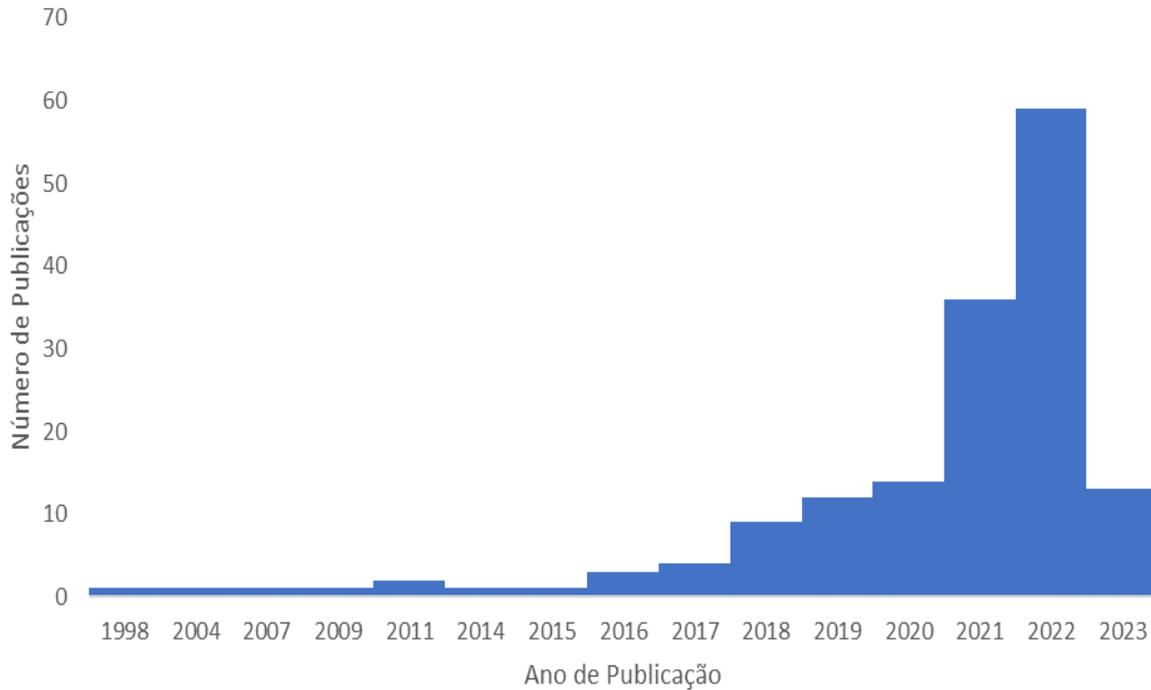
É importante ressaltar que as análises sistemáticas são fundamentais para a identificação de lacunas no conhecimento disponível sobre o tema em questão. Por meio dessa abordagem, é possível identificar quais são as áreas em que ainda há pouca produção científica e, assim, orientar futuras pesquisas nessa direção. Em resumo, a combinação das análises bibliométricas e sistemáticas permite uma compreensão mais completa e aprofundada do tema em questão, auxiliando na elaboração de conclusões robustas e na identificação de possíveis direções para a pesquisa futura.

4. RESULTADOS BIBLIOMÉTRICOS

Após a realização da busca na base de dados *Web of Science* e a aplicação dos critérios de inclusão e qualificação, foi constatado que 158 publicações atenderam aos requisitos estabelecidos para a inclusão no repositório de pesquisa. Esse número reflete a relevância e a importância do tema da avaliação do ciclo de vida do hidrogênio renovável na literatura científica atual.

A Figura 1 apresenta a evolução das publicações sobre o tema ao longo dos anos. Essa análise é fundamental para avaliar o nível de expansão da temática, bem como as novas oportunidades de estudos. Na Figura 1, verifica-se que a primeira publicação foi registrada em 1998; entretanto, apenas a partir de 2014, foram registradas publicações consecutivas, ou seja, existiram publicações para todos os anos após esta data. Além disso, cabe destacar que os 5 últimos anos correspondem a 85% das publicações com destaque para o ano de 2022, com 59 publicações.

Figura 1: Evolução das publicações por ano.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Torna-se também pertinente avaliar os artigos por periódico de publicação, de modo a identificar quais são as revistas que mais se interessam pelo assunto, bem como o fator de impacto de cada uma delas. Isso permite que pesquisadores direcionem seus esforços de publicação para periódicos que possuem foco direto no assunto estudado, evitando submissões sem direcionamento e perdas consideráveis de tempo. Cabe destacar que isto é especialmente importante para assuntos novos, que apresentam grupos de especialistas ainda em formação.

A Tabela 1 apresenta os periódicos com volume de publicações maior que 3, em que P (Publicações) refere-se à quantidade de artigos publicados no periódico sobre a área de interesse investigada e FI (Fator de Impacto) avalia a importância de periódicos científicos em suas respectivas áreas. É importante destacar que os valores apresentados na Coluna FI correspondem ao ano de 2021 e FI média a média dos últimos 5 FI de cada periódico.

Tabela 1: Principais periódicos.

Periódico	P	FI	FI média
<i>International Journal of Hydrogen Energy</i>	33	7,139	6,2
<i>Journal of Cleaner Production</i>	14	11,072	11,016
<i>Energies</i>	8	3,252	3,333
<i>Sustainability</i>	8	3,889	4,089
<i>Energy Conversion and Management</i>	6	11,533	10,818
<i>Renewable and Sustainable Energy Reviews</i>	6	16,799	17,551
<i>Energy & Environmental Science</i>	5	39,714	39,151
<i>Science Of The Total Environment</i>	5	10,754	10,237

Fonte: Elaborado pelos autores.

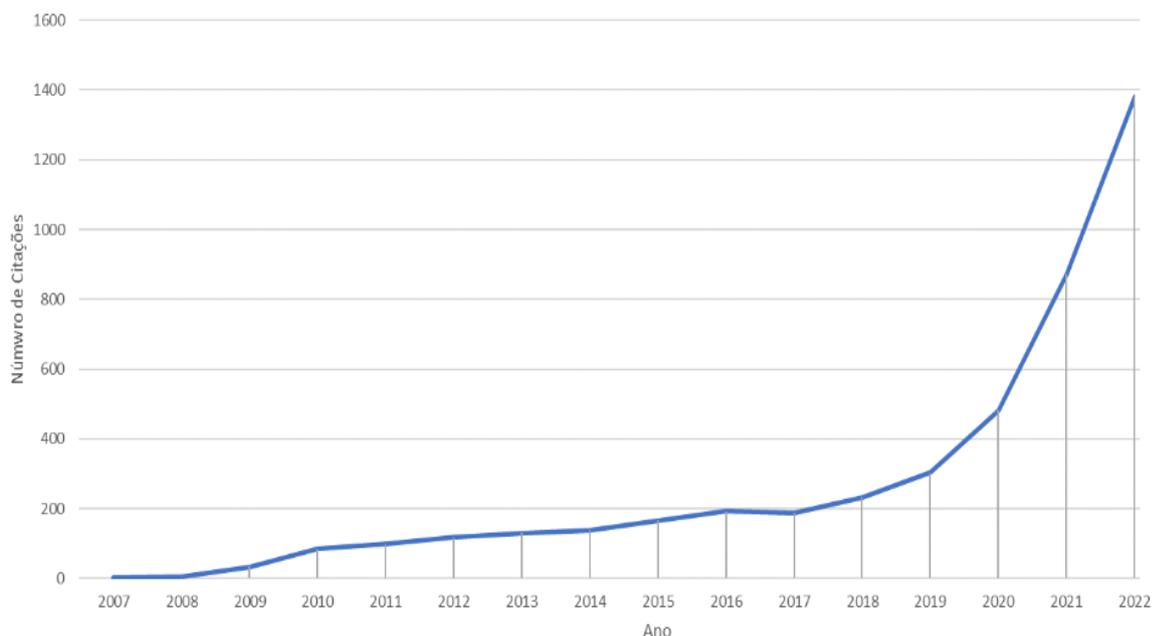
Por meio da rede de interligação entre as palavras-chave é possível visualizar a relação entre os conceitos e as suas interconexões, permitindo uma compreensão mais profunda do campo de estudo. Essa estratégia permite que pesquisadores encontrem mais facilmente estudos diretamente relacionados ao assunto investigado, bem como identifiquem novos rumos de pesquisa que podem ser tomados, o que é fundamental para o avanço do conhecimento na área. Além disso, a identificação de novos conceitos e temas emergentes pode indicar áreas de pesquisa promissoras e apontar possíveis oportunidades de desenvolvimento de pesquisas futuras.

Na Figura 2 ainda é possível perceber palavras-chave mais intuitivas sobre o assunto, em virtude dos termos de busca utilizados, como avaliação do ciclo de vida (do inglês, *'life-cycle assessment'*); energia (do inglês, *'energy'*) e hidrogênio verde (do inglês, *'green hydrogen'*). Além disso, é possível encontrar outras palavras-chave interessantes como eletrólise da água (do inglês, *'water electrolysis'*), biomassa (do inglês, *'biomass'*), biogás (do inglês, *'biogas'*), gás natural sintético (do inglês, *'synthetic natural gas'*) e metano (do inglês, *'methane'*).

Outra análise importante refere-se ao número de citações por ano, conforme apresentado na Figura 3. Essa análise permite identificar o crescimento de interesse sobre o tema ao longo dos anos e a evolução das publicações científicas. Com isso, é possível compreender como o assunto tem sido abordado pela comunidade acadêmica e científica, além de apontar possíveis lacunas ou áreas que necessitam de maior aprofundamento.

Com a Figura 3, observa-se que a primeira citação ocorreu no ano de 2007, 9 anos após a primeira publicação, e que o número de citações cresceu com o passar dos anos, atingindo o ápice de citações no ano de 2022 com 1.381, que corresponde a 30% do total de citações. Esses dados mostram, mais uma vez, que o interesse pelo assunto continua em expansão, o comprova a relevância deste artigo para o estudo sobre a ACV do hidrogênio renovável.

Figura 3: Evolução das citações por ano.



Fonte: Elaborado pelos autores.

5. RESULTADOS SISTEMÁTICOS

O hidrogênio renovável pode desempenhar um papel crítico no cumprimento das demandas globais de energia, ao mesmo tempo em que adere às regulamentações ambientais (AKHTAR, DICKSON & LIU, 2021; PROENÇA *et al.*, 2023). As emissões da produção e uso de hidrogênio como combustível tornam-se dependentes não do tipo de uso ou da tecnologia de produção, mas das fontes primárias que estão sendo utilizadas para gerar o hidrogênio (WALKER, FOWLER & AHMADI, 2015).

Desta forma, uma crescente quantidade de estudos tem sido desenvolvida com o objetivo de verificar os ganhos ambientais e na saúde humana e até mesmo econômicos da introdução em larga escala de hidrogênio de origem renovável produzido a partir de diferentes tipos de fontes energéticas, em comparação a outras opções de combustíveis, incluindo hidrogênio produzido a partir de fontes puramente fósseis, conforme exemplos destacados no Quadro 2.

Quadro 2: Resultados encontrados em estudos sobre a ACR do hidrogênio renovável.

Referência	Objetivo	Resultados
AKHTAR, DICKSON & LIU (2021)	Realizou-se uma avaliação abrangente do ciclo de vida do berço ao portão para sete vias de fornecimento de hidrogênio: (i) gás comprimido via gasoduto (CGH2-PL), (ii) gás comprimido via reboque tubular (CGH2-TT), (iii) hidrogênio líquido (LH2), (iv) portador de hidrogênio orgânico líquido com gás natural como fonte de aquecimento (LOHC), (v) amônia líquida (LNH3), (vi) portador de hidrogênio orgânico líquido com hidrogênio como fonte de aquecimento (LOHC-Own), e (vii) a utilização direta do NH3 em veículo de célula combustível de amônia direta (LNH3-DAFCV).	De acordo com os resultados da ACV, o CGH2-PL foi identificado como a alternativa mais sustentável em comparação com outras opções avaliadas. Isso se deve ao seu menor potencial de aquecimento global (GWP) de apenas 1,57 kgCO ₂ -eq/kgH ₂ . Em contrapartida, a entrega por meio de LOHC apresentou os piores resultados, com emissões mais altas de 3,58 kgCO ₂ -eq/kgH ₂ .
WEIDNER, TULUS & GUILLÉN-GOSÁLBEZ (2022)	Foi realizada uma análise prospectiva do ciclo de vida com o objetivo de comparar diferentes opções para a produção de 500 Mt/ano de hidrogênio. A análise incluiu cenários que levaram em consideração possíveis mudanças nas cadeias de suprimentos futuras. Além disso, os impactos ambientais e na saúde humana decorrentes desses níveis de produção foram contextualizados em relação à estrutura dos Limites Planetários. Esses limites definem até onde o desenvolvimento humano pode chegar sem afetar irreversivelmente a capacidade regenerativa da Terra. A análise também considerou os impactos na saúde humana, os efeitos na	Os resultados indicam que os impactos da mudança climática dos níveis de produção projetados são 3,3-5,4 vezes maiores do que os limites planetários alocados, com apenas o hidrogênio renovável da energia eólica permanecendo abaixo dos limites. Os impactos na saúde humana e outros impactos ambientais são menos severos em comparação, mas o esgotamento de metais e os impactos da ecotoxicidade do hidrogênio renovável merecem mais atenção. Os danos ambientais causados pelos preços aumentam mais fortemente o custo do hidrogênio azul (de ~2 a ~5 USD/kg de hidrogênio), enquanto tais custos reais caem mais fortemente para o hidrogênio renovável da energia solar fotovoltaica (de ~7 a ~3 USD/kg de

Referência	Objetivo	Resultados
	economia mundial e os custos de produção com preços externos que incorporam o impacto ambiental.	hidrogênio) quando se aplica uma análise prospectiva do ciclo de vida.
CHIRONE <i>et al.</i> (2022)	Neste artigo, um novo layout de sistema para a produção catalítica de metano foi combinado com uma unidade de <i>looping</i> de cálcio para a captura de CO ₂ dos gases de combustão de uma usina elétrica alimentada a carvão, e com um eletrolítico de água sustentado por energia renovável.	A partir dos resultados da análise tecnico-econômica, foi constatado que o custo de produção do metano é superior ao do gás natural (0,66 vs 0,17 euros/Nm ³), mas inferior ao do biometano (1 euro/Nm ³). O eletrolisador PEM tem o maior impacto sobre esses custos. Por sua vez, a análise da ACV revelou um desempenho ambiental que é superior em algumas categorias, mas inferior em outras, quando comparado com os cenários tradicionais. Nesse sentido, mais uma vez, o eletrolisador PEM é identificado como responsável pela maior parte dos impactos ambientais do processo.
CHEN & LAM (2022)	Aplicou-se uma ACV para avaliar o impacto ambiental de dois sistemas de energia em rebocadores. Nesse sentido, compara-se: (i) células a combustível de hidrogênio - combinação de hidrogênio produzido de diferentes fontes, que contém 96,5% de hidrogênio cinza da reforma do gás natural e 3,5% de hidrogênio renovável da eletrólise da água; e (ii) motores a diesel.	Os resultados indicam um potencial evidente de redução no aquecimento global (83,9-85%), acidificação (45%), eutrofização (54%) e oxidação fotoquímica (50%) ao adotar o hidrogênio. Especificamente, o rebocador movido a hidrogênio pode reduzir até 48.552.160 kg CO ₂ equivalente ao aquecimento global, 51.930 kg SO ₂ equivalente à acidificação, 11.476 kg PO ₄ - equivalente à eutrofização, e 2.629 kg C ₂ H ₄ equivalente à oxidação fotoquímica em comparação com o rebocador a diesel.
ZHANG <i>et al.</i> (2022)	Realizou-se uma avaliação abrangente do ciclo de vida para três métodos de produção de hidrogênio por energia solar: (i) produção de hidrogênio por eletrólise de membrana eletrolítica polímera (do inglês, <i>polymer electrolyte membrane</i> - PEM, em inglês) de água acoplada à geração de energia fototérmica; (ii) produção de hidrogênio por eletrólise de membrana eletrolítica polímera de água acoplada à geração de energia fotovoltaica; e (iii) produção de hidrogênio por método de divisão termoquímica de água utilizando a tecnologia fototérmica solar acoplada ao Ciclo S-I.	Após conduzir uma análise quantitativa dos três métodos com os fatores ambientais sendo considerados, foi tirada uma conclusão: O potencial de aquecimento global e o potencial de acidificação da divisão termoquímica da água pelo acoplamento do Ciclo S-I à tecnologia solar fototérmica são 1,02 kg CO ₂ -eq e 6,56E-3 kg SO ₂ -eq. E este método tem vantagens significativas no impacto ambiental do ecossistema como um todo.
JANG <i>et al.</i> (2022)	Investigou-se a viabilidade das células de combustível de hidrogênio como solução sustentável para transporte marítimo, considerando ciclo de vida. Avaliaram-se impactos ambientais de métodos de produção de hidrogênio, como reforma a vapor, gaseificação de carvão, craqueamento de metanol e eletrólise eólica. Consideraram-se	Os processos de reforma do metano a vapor e de gaseificação do carvão foram considerados como tendo o maior potencial ambiental ao longo de sua vida útil. No entanto, este documento aponta que a reforma do metano a vapor poderia fazer melhores méritos de ciclo de vida do que os produtos convencionais a diesel ou GNL, se os

Referência	Objetivo	Resultados
	três tipos de células de combustível: membrana de troca de prótons, carbonato fundido e óxido sólido.	caminhos de produção forem propostos adequadamente. Além disso, ao utilizar o GNL como fonte primária de combustível para as células de combustível, descobriu-se que a fase upstream do GNL produziria cerca de 100 vezes mais emissões do que a fase <i>downstream</i> .
ZHAO <i>et al.</i> (2019)	Este artigo implementa a análise do custo do ciclo de vida da produção de hidrogênio por PEM e aplicações para fins de eletricidade e mobilidade. Cinco cenários são desenvolvidos para comparar o custo das aplicações de hidrogênio com as fontes de energia convencionais, considerando o custo de emissão de CO ₂ .	As comparações mostram que o custo do uso do hidrogênio para fins energéticos ainda é maior do que o custo do uso de combustíveis fósseis. O maior contribuinte do custo é o consumo de eletricidade. Na análise de sensibilidade, suportes políticos como a tarifa de alimentação (FITs) poderiam trazer complementos de hidrogênio com combustíveis fósseis no mercado energético atual.
GERLOFF (2021)	Os impactos ambientais potenciais de uma produção de hidrogênio renovável foram analisados levando em conta as três tecnologias mais importantes de eletrólise de água: eletrólise alcalina (AEC), membrana eletrolítica de polímero (PEMEC) e célula de eletrólise de óxido sólido (SOEC). O estudo mostra como o potencial de CO ₂ -eq. de uma produção de hidrogênio mais verde muda ao aplicar os diferentes cenários energéticos para cada tecnologia.	Os resultados mostram que o CO ₂ -eq. diminui com maior participação de energia eólica e solar, reduzindo as energias fósseis. Além disso, a Tecnologia SOEC tem menor emissão de CO ₂ -eq. em cenários de 2019, 2030 e 2050, aplicando-se também à tecnologia AEC em cenário de Energias Renováveis. Apenas o cenário de Energia Renovável, com eólica e solar, tem resultados mais baixos comparando produção de hidrogênio convencional e alternativas. Assim, apenas esse cenário é adequado para produção e uso ambientalmente corretos de hidrogênio, reduzindo emissões de CO ₂ . A tecnologia SOEC tem menores impactos ambientais em cenários de 2019 e 2030, considerando indicadores LCIA, aplicando-se também à tecnologia PEMEC em cenário de 2050 e RE.

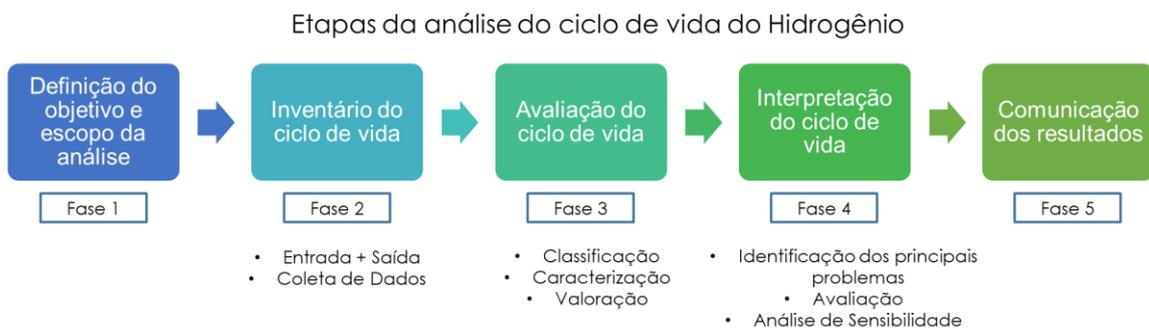
Referência	Objetivo	Resultados
PALMER <i>et al.</i> (2021)	Estudos de avaliação de ciclo de vida/análise de energia líquida de hidrogênio renovável geralmente incluem suposições simplificadoras, como operação em estado estacionário sob condições médias. Embora simplificações possam ser necessárias para a análise preliminar, diferenças marcantes decorrentes de variações específicas do contexto e restrições operacionais podem ser negligenciadas. Para resolver essa lacuna, o estudo realiza uma avaliação do ciclo de vida/análise de energia líquida de uma hipotética usina de eletrólise solar em larga escala, com foco nas sensibilidades operacionais.	Os resultados mostram que a interrupção do eletrolisador e a necessidade de amortecer a eletricidade solar afetam significativamente as emissões de gases de efeito estufa (GEE). Em condições normais, as emissões de GEE são cerca de um quarto do processo dominante atual, o <i>steam methane reforming</i> (SMR) para produção de hidrogênio. No entanto, a análise de sensibilidade revela que as emissões de GEE podem ser comparáveis às de SMR em condições antecipadas. Os resultados de energia líquida são inferiores aos dos combustíveis fósseis e incertos o suficiente para requerer mais atenção. Recomenda-se integrar a avaliação do ciclo de vida e a análise de energia líquida no planejamento do projeto para garantir que o hidrogênio atenda aos objetivos de produção verde.
IANNUZZI, HILBERT & LORA (2021)	O objetivo deste artigo é construir a primeira comparação de ACV, desde a extração da matéria-prima até o seu consumo como combustível, entre os ônibus com motor de combustão interna atualmente utilizados na cidade de Rosário, Província de Santa Fé, Argentina, e algumas alternativas tecnológicas e suas variantes com foco em ônibus com um motor elétrico movido a hidrogênio (hidrogênio renovável e de origem fóssil) comprimido que alimenta células de combustível de PEM.	Os resultados mostram que os ônibus cujo combustível seria o hidrogênio renovável atendem a um dos principais critérios de sustentabilidade dos biocombustíveis da União Europeia levados em consideração no Diretiva de Energia Renovável (RED) 2009/28 e Diretiva RED da UE 2018/2001 que precisam de redução significativa nos GEE líquidos de matéria-prima de origem de biomassa respeitam combustíveis fósseis: pelo menos 70% dos GEE seriam evitadas, no pior e atual cenário do fator de emissão da rede elétrica da Argentina no ponto de uso que é de cerca de 0,40 kg CO ₂ eq/kWh com energia e carga ambiental de 100% em o fator de alocação na etapa de produção de hidrogênio da ACV.
VALENTE, IRIBARREN & DUFOUR (2017)	Este trabalho realiza uma revisão completa da literatura sobre as escolhas metodológicas feitas em estudos de ACV de sistemas de energia de hidrogênio. Com base no processo de produção de hidrogênio, esses estudos de caso são classificados em três categorias tecnológicas: termoquímica, eletroquímica e biológica.	A maioria dos sistemas de energia de hidrogênio aplica limites berço/portão a portão, enquanto os limites berço/portão ao túmulo são encontrados principalmente para uso de hidrogênio em mobilidade. A unidade funcional geralmente é baseada em massa ou energia para estudos berço/portão a portão e distância percorrida para estudos berço/portão ao túmulo.

Fonte: Elaborado pelos autores.

6. DISCUSSÕES DOS RESULTADOS

A ACV, conforme esquema básico apresentado na Figura 4, é fundamental para determinar os impactos ambientais do hidrogênio renovável. No entanto, os impactos climáticos estimados das diversas rotas de produção de hidrogênio apresentam uma ampla variação na literatura de ACV, o que pode dificultar a escolha da melhor opção em termos de hidrogênio de baixa emissão pelos responsáveis pela formulação de políticas, investidores e consumidores (DE KLEIJNE et al., 2022). Nesse sentido, recentemente, foram criados protocolos de harmonização para a avaliação do ciclo de vida comparativa de sistemas de energia do hidrogênio, com o objetivo de evitar conclusões equivocadas em relação à pegada de carbono e à demanda acumulada de energia (VALENTE, IRIBARREN & DUFOUR, 2019).

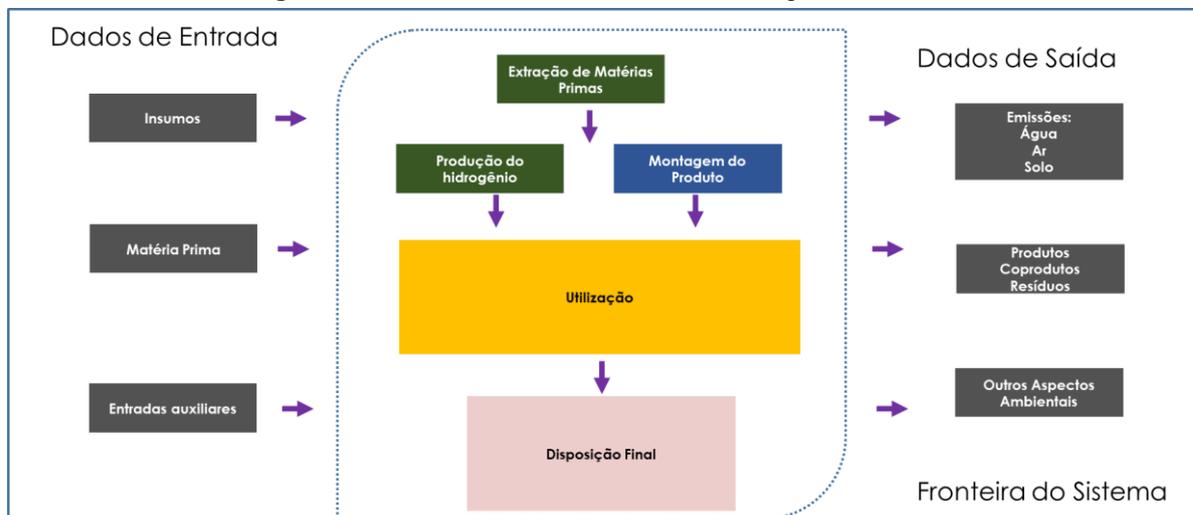
Figura 4: Esquema de aplicação do ACV.



Fonte: Elaborado pelos autores

É importante também destacar que a precisão dos resultados depende fortemente da qualidade dos dados utilizados na análise, conforme também relatado por Valente, Iribarren & Dufour (2017). Infelizmente, nem sempre é fácil obter dados confiáveis e representativos do sistema analisado. Desta forma, faz-se necessário desenvolver um bom Inventário do ciclo de vida do hidrogênio renovável, conforme raciocínios apresentados na Figura 5.

Figura 5: Inventário do ciclo de vida do hidrogênio renovável.



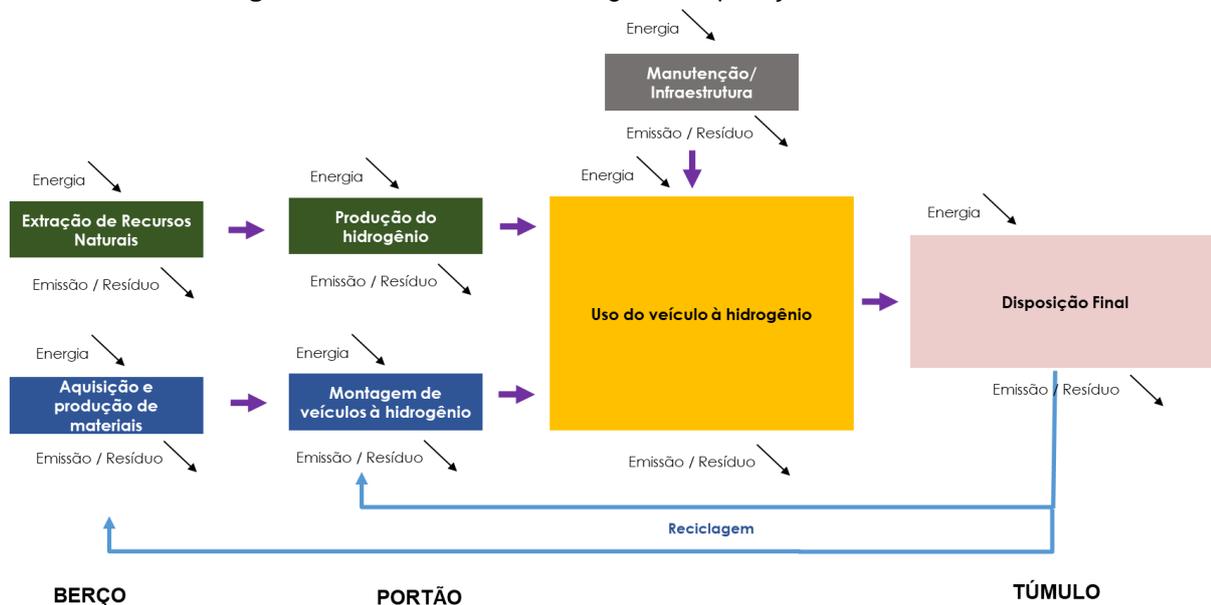
Fonte: Baseado em Campos (2012).

Além disso, os modelos usados para calcular a ACV podem conter várias incertezas que podem afetar os resultados. Por isso, é fundamental que sejam conduzidas análises de sensibilidade para testar a influência desses parâmetros incertos e que sejam priorizadas pesquisas adicionais para melhorar a precisão e a confiabilidade da ACV do hidrogênio renovável (GULOTTA *et al.*, 2022).

A comunicação adequada da incerteza e qualidade dos dados é fundamental para garantir a credibilidade e transparência dos estudos de ciclo de vida. É importante lembrar que a ACV é uma ferramenta que lida com muitos dados e informações, e, por isso, é comum que existam incertezas nos resultados. No entanto, essas incertezas precisam ser relatadas de forma clara e precisa para que os pesquisadores possam compreender a confiabilidade dos resultados e, assim, tomar decisões mais informadas (VALENTE, IRIBARREN & DUFOUR, 2017). Torna-se também essencial que os estudos de ACV sejam bem interpretados, especialmente por profissionais não especializados na área. Muitas vezes, a interpretação inadequada dos resultados pode levar a conclusões equivocadas e ações inapropriadas. Por isso, é importante que os pesquisadores sejam claros ao comunicar seus resultados e discutam suas limitações, de forma a evitar interpretações errôneas (GAVANKAR, ANDERSON & KELLER, 2015).

Além disso, muitos pesquisadores destacam que é importante avaliar os impactos ambientais do hidrogênio renovável ao longo de todo o seu ciclo de vida, desde a extração da matéria-prima (berço) até a disposição final dos resíduos (túmulo). Neste sentido, um esquema básico aplicado ao setor de mobilidade encontra-se apresentado na Figura 6.

Figura 6: Ciclo de vida do Hidrogênio – aplicação em mobilidade.



Fonte: Baseado em Vaughan, Faghri & Li (2016).

No entanto, em muitos casos, os resultados das análises da ACV são apresentados com indicadores de agrupamento e ponderação, o que dificulta a identificação dos principais pontos quentes dos estudos (GULOTTA *et al.*, 2022). Dessa forma, é fundamental que a comunidade científica seja capaz de avaliar a contribuição relativa de cada etapa do ciclo de vida do hidrogênio renovável, a fim de identificar

áreas em que a eficiência e a sustentabilidade podem ser melhoradas. Para isso, é necessário obter dados precisos e confiáveis e desenvolver modelos que possam avaliar adequadamente os impactos ambientais do hidrogênio renovável. Essas informações são essenciais para orientar a tomada de decisões informadas e conscientes sobre o uso do hidrogênio renovável como uma alternativa energética mais limpa e sustentável.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como objetivo desenvolver uma revisão sistemática da literatura com abordagem bibliométrica sobre a Análise do Ciclo de Vida (ACV) do hidrogênio renovável. Os resultados bibliométricos mostram que o assunto é extremamente atual com diversas oportunidades de estudos, sendo inclusive publicados em importantes periódicos internacionais como o *Energy & Environmental Science*, o *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, e o *Energy Conversion and Management*.

Além disso, as análises sistemáticas indicam que se têm desenvolvido ACV para comparar o desempenho ambiental do hidrogênio renovável, tanto em relação ao combustível fóssil, quanto ao hidrogênio obtido de fontes não renováveis e os resultados mostram resultados bem satisfatórios do desempenho do hidrogênio renovável, mas o esgotamento de metais e os impactos da ecotoxicidade desse tipo de hidrogênio merecem mais atenção. Além disso, sugere-se que ainda precisam ser elaborados mais estudos utilizando dados completos e confiáveis, que representem adequadamente o sistema analisado.

Por fim, é importante destacar que a qualidade dos dados utilizados na ACV é fundamental para garantir a precisão dos resultados. Dessa forma, é fundamental que os pesquisadores tenham acesso a dados completos e confiáveis, que representem de forma adequada o sistema analisado. Caso contrário, a confiabilidade dos resultados pode ser comprometida, e os estudos de ACV podem não cumprir seu papel de auxiliar na tomada de decisões mais sustentáveis.

Com a crescente importância do uso de ACV no setor de hidrogênio renovável, é essencial que novos estudos sejam realizados para explorar sua aplicação em setores específicos, como transporte e indústria, além de tipos específicos de produção de hidrogênio renovável, como as tecnologias eletrolíticas. Esses estudos podem fornecer insights valiosos sobre o impacto ambiental dessas atividades e ajudar a orientar políticas públicas e estratégias de negócios para uma transição sustentável. Portanto, é aconselhável que pesquisadores continuem a desenvolver revisões sistemáticas para explorar a aplicação do ACV nesses contextos específicos e estudos de caso.

REFERÊNCIAS

AKHTAR, Malik Sajawal; DICKSON, Rofice; LIU, J. Jay. **Life cycle assessment of inland green hydrogen supply chain networks with current challenges and future prospects**. ACS Sustainable Chemistry & Engineering, v. 9, n. 50, p. 17152-17163, 2021.

AMEEN, Wadea *et al.* **An overview of selective laser sintering and melting research using bibliometric indicators.** *Virtual and Physical Prototyping*, v. 13, n. 4, p. 282-291, 2018.

BHANDARI, Ramchandra; TRUDEWIND, Clemens A.; ZAPP, Petra. **Life cycle assessment of hydrogen production via electrolysis—a review.** *Journal of cleaner production*, v. 85, p. 151-163, 2014.

BUFFI, Marco; PRUSSI, Matteo; SCARLAT, Nicolae. **Energy and environmental assessment of hydrogen from biomass sources: Challenges and perspectives.** *Biomass and Bioenergy*, v. 165, p. 106556, 2022.

CAMPOS, Marcel Gonin de. **Abordagem de Ciclo de Vida na avaliação de impactos ambientais no processamento primário offshore.** 2012.

CAPURSO, T. *et al.* **Perspective of the role of hydrogen in the 21st century energy transition.** *Energy Conversion and Management*, v. 251, p. 114898, 2022.

CHANBURANASIRI, Naruewan *et al.* **Hydrogen production via sorption enhanced steam methane reforming process using Ni/CaO multifunctional catalyst.** *Industrial & Engineering Chemistry Research*, v. 50, n. 24, p. 13662-13671, 2011.

CHEHADE, Zaher *et al.* **Review and analysis of demonstration projects on power-to-X pathways in the world.** *International Journal of Hydrogen Energy*, v. 44, n. 51, p. 27637-27655, 2019.

CHEN, Xiaotian. **The declining value of subscription-based abstracting and indexing services in the new knowledge dissemination era.** *Serials Review*, v. 36, n. 2, p. 79-85, 2010.

CHEN, Zhong Shuo; LAM, Jasmine Siu Lee. **Life cycle assessment of diesel and hydrogen power systems in tugboats.** *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, v. 103, p. 103192, 2022.

CHIRONE, Roberto *et al.* **Carbon capture and utilization via calcium looping, sorption enhanced methanation and green hydrogen: A techno-economic analysis and life cycle assessment study.** *Fuel*, v. 328, p. 125255, 2022.

CHU, Hsuanyu *et al.* **Investigation of hydrogen production from model bio-syngas with high CO₂ content by water-gas shift reaction.** *International Journal of Hydrogen Energy*, v. 40, n. 11, p. 4092-4100, 2015.

DE KLEIJNE, Kiane *et al.* **The many greenhouse gas footprints of green hydrogen.** *Sustainable Energy & Fuels*, v. 6, n. 19, p. 4383-4387, 2022.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Relatório Síntese 2022.** 2022. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-675/topico-631/BEN_Síntese_2022_PT.pdf

EUROPEAN COMMISSION. **European green deal.** 2019. Disponível em: <https://policycommons.net/artifacts/1337481/european-green-deal/1945374/>

GAVANKAR, Sheetal; ANDERSON, Sarah; KELLER, Arturo A. **Critical components of uncertainty communication in life cycle assessments of emerging technologies: nanotechnology as a case study.** *Journal of Industrial Ecology*, v. 19, n. 3, p. 468-479, 2015.

- GERLOFF, Niklas. **Comparative Life-Cycle-Assessment analysis of three major water electrolysis technologies while applying various energy scenarios for a greener hydrogen production**. Journal of Energy Storage, v. 43, p. 102759, 2021.
- GULOTTA, Teresa Maria *et al.* **Life Cycle Assessment and Life Cycle Costing of unitized regenerative fuel cell: A systematic review**. Environmental Impact Assessment Review, v. 92, p. 106698, 2022.
- IANNUZZI, Leonardo; HILBERT, Jorge Antonio; LORA, Electo Eduardo Silva. **Life Cycle Assessment (LCA) for use on renewable sourced hydrogen fuel cell buses vs diesel engines buses in the city of Rosario, Argentina**. International Journal of Hydrogen Energy, v. 46, n. 57, p. 29694-29705, 2021.
- International Energy Agency - IEA. **Global Hydrogen Review 2022**. 2022. Disponível em: [iea.org/reports/global-hydrogen-review-2022](https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2022)
- JANG, Hayoung *et al.* **Parametric trend life cycle assessment for hydrogen fuel cell towards cleaner shipping**. Journal of Cleaner Production, v. 372, p. 133777, 2022.
- LAL, Apoorv; YOU, Fengqi. **Targeting climate-neutral hydrogen production: Integrating brown and blue pathways with green hydrogen infrastructure via a novel superstructure and simulation-based life cycle optimization**. AIChE Journal, v. 69, n. 1, p. e17956, 2023.
- LIU, Wei *et al.* **Green hydrogen standard in China: Standard and evaluation of low-carbon hydrogen, clean hydrogen, and renewable hydrogen**. International Journal of Hydrogen Energy, v. 47, n. 58, p. 24584-24591, 2022.
- OLINDO, Roberta; SCHMITT, Nathalie; VOGTLÄNDER, Joost. **Life cycle assessments on battery electric vehicles and electrolytic hydrogen: The need for calculation rules and better databases on electricity**. Sustainability, v. 13, n. 9, p. 5250, 2021.
- OLIVEIRA, Rosana Cavalcante de. **Panorama do hidrogênio no Brasil**. 2022. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/11291/1/td_2787_web.pdf
- OKONKWO, Eric C. *et al.* **Sustainable hydrogen roadmap: A holistic review and decision-making methodology for production, utilization and exportation using Qatar as a case study**. International Journal of Hydrogen Energy, v. 46, n. 72, p. 35525-35549, 2021.
- ONI, A. O. *et al.* **Comparative assessment of blue hydrogen from steam methane reforming, autothermal reforming, and natural gas decomposition technologies for natural gas-producing regions**. Energy Conversion and Management, v. 254, p. 115245, 2022.
- PALMER, Graham *et al.* **Life-cycle greenhouse gas emissions and net energy assessment of large-scale hydrogen production via electrolysis and solar PV**. Energy & Environmental Science, v. 14, n. 10, p. 5113-5131, 2021.
- PROENÇA, Laís Ferreira Crispino *et al.* **Opportunities and Challenges for the New Hydrogen Economy: Advances in Renewable Hydrogen**. Transportation Systems Technology and Integrated Management. 2023.
- SANCHEZ, Nestor *et al.* **Biomass Potential for Producing Power via Green Hydrogen**. Energies, v. 14, n. 24, p. 8366, 2021.



SANTOS, Andrea Souza *et al.* **An overview on costs of shifting to sustainable road transport:** A challenge for cities worldwide. Carbon Footprint Case Studies: Municipal Solid Waste Management, Sustainable Road Transport and Carbon Sequestration, p. 93-121, 2021.

VALENTE, Antonio; IRIBARREN, Diego; DUFOUR, Javier. **Life cycle assessment of hydrogen energy systems:** a review of methodological choices. The International Journal of Life Cycle Assessment, v. 22, p. 346-363, 2017.

VALENTE, Antonio; IRIBARREN, Diego; DUFOUR, Javier. **Harmonising methodological choices in life cycle assessment of hydrogen:** A focus on acidification and renewable hydrogen. International Journal of Hydrogen Energy, v. 44, n. 35, p. 19426-19433, 2019.

VAUGHAN, Michael L.; FAGHRI, Ardeshir; LI, Mingxin. **An interactive expert system based decision making model for the management of transit system alternate fuel vehicle assets.** Intelligent Information Management, v. 9, n. 1, p. 1-20, 2016.

WALKER, Sean B.; FOWLER, Michael; AHMADI, Leila. **Comparative life cycle assessment of power-to-gas generation of hydrogen with a dynamic emissions factor for fuel cell vehicles.** Journal of Energy Storage, v. 4, p. 62-73, 2015.

WANG, Yifei *et al.* **A review on unitized regenerative fuel cell technologies, part-A: Unitized regenerative proton exchange membrane fuel cells.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 65, p. 961-977, 2016.

WATABE, Akihiro *et al.* **Life cycle emissions assessment of transition to low-carbon vehicles in Japan:** combined effects of banning fossil-fueled vehicles and enhancing green hydrogen and electricity. Clean Technologies and Environmental Policy, v. 22, p. 1775-1793, 2020.

WEIDNER, Till; TULUS, Victor; GUILLÉN-GOSÁLBEZ, Gonzalo. **Environmental sustainability assessment of large-scale hydrogen production using prospective life cycle analysis.** International Journal of Hydrogen Energy, 2022.

ZHANG, Jinxu *et al.* **Life cycle assessment of three types of hydrogen production methods using solar energy.** International Journal of Hydrogen Energy, v. 47, n. 30, p. 14158-14168, 2022.

ZHAO, Guangling *et al.* **Life cycle cost analysis:** A case study of hydrogen energy application on the Orkney Islands. International Journal of Hydrogen Energy, v. 44, n. 19, p. 9517-9528, 2019.

AGRADECIMENTOS

Esta publicação é uma realização conjunta da UFRJ e do projeto H2Brasil. O projeto H2Brasil integra a Cooperação Brasil-Alemanha para o Desenvolvimento Sustentável e é implementado pela *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit* (GIZ) GmbH e pelo Ministério de Minas e Energia (MME) e financiado pelo Ministério Federal da Cooperação Econômica e Desenvolvimento (BMZ) da Alemanha.

FATORES PERTINENTES AO DESEMPENHO E SUSTENTABILIDADE DO MEIO URBANO: A PERCEPÇÃO DOS MORADORES BRASILEIROS

RELEVANT FACTORS TO THE PERFORMANCE AND SUSTAINABILITY OF THE URBAN ENVIRONMENT: THE PERCEPTION OF BRAZILIAN RESIDENTS

Data de aceite: 04/07/2023 | Data de submissão: 15/05/2023

ESPERIDIÃO, Aline Ramos, Doutoranda em Engenharia Civil

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, E-mail:
aresperidiao@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5354-6918>.

PENTEADO, Ana Paula Bonini, Doutora em Engenharia Civil

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, E-mail:
anapaula_bpenteado@hotmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0776-165X>.

FONTOLAN, Beatrice Lorenz, Doutoranda em Engenharia Civil

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, E-mail:
fontolanbeatrice@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1245-9009>.

DEL-ROIO, Iolanda Geronimo, Mestranda em Engenharia Civil

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, E-mail:
iroio@alunos.utfpr.edu.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1443-2790>.

IAROZINSKI NETO, Alfredo, Doutor

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, E-mail:
alfredo.iarozinski@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3160-5251>.

RESUMO:

Devido ao impacto das ações antrópicas no ambiente, o desenvolvimento sustentável vem sendo discutido ao longo dos anos por diversas áreas. Em se tratando do meio urbano, as características de sustentabilidade contextualizam-se nos bairros a partir da satisfação dos moradores para com o entorno. O presente estudo tem como objetivo analisar as percepções de desempenho do meio urbano dos moradores brasileiros com base nos atributos da vizinhança, do bairro e da cidade. Através da

aplicação de um questionário *online*, foi coletada uma amostra com 279 indivíduos. Com os dados, foram desenvolvidas análises descritivas e multivariadas (fatorial e fatorial confirmatória), a fim de identificar as variáveis mais influentes ao desempenho e à sustentabilidade na percepção dos residentes. Os resultados apontaram que a percepção de sustentabilidade está mais relacionada com os aspectos de aparência, segurança, coleta de lixo e recicláveis, transporte público e bairro adequado para pessoas com deficiência. Assim, a pesquisa contribui ao trazer reflexões sobre os principais aspectos a serem observados no planejamento de bairros e cidades sustentáveis.

PALAVRAS-CHAVE:

Meio urbano. Satisfação com o bairro. Planejamento sustentável. Percepção do morador.

ABSTRACT:

Due to the impact of human actions on the environment, sustainable development has been discussed over the years by several areas. When it comes to the urban environment, the sustainability characteristics are contextualized in the neighborhoods based on the satisfaction of residents with the surroundings. The present study aims to analyze the performance perceptions of the urban environment of Brazilian residents based on the attributes of the neighborhood, the neighborhood and the city. Through the application of an online questionnaire, a sample of 279 individuals was collected. With the data, descriptive and multivariate analyzes (factorial and confirmatory factorial) were developed in order to identify the variables that most influenced performance and sustainability in the residents' perception. The results showed that the perception of sustainability is more related to aspects of appearance, security, garbage and recyclable collection, public transport and suitable neighborhood for people with disabilities. Thus, the research contributes by bringing reflections on the main aspects to be observed in the planning of sustainable neighborhoods and cities.

KEYWORDS:

Urban environment. Neighborhood satisfaction. Sustainable planning. Resident's perception.

1. INTRODUÇÃO

Os conceitos de desenvolvimento sustentável vêm sendo amplamente debatidos em diversos campos de pesquisa, buscando formas de reparação dos danos causados pelo homem ao ambiente, além da manutenção do progresso de forma equilibrada. Embora seja lembrada principalmente em relação ao aspecto ambiental, a sustentabilidade apresenta-se em três pilares principais: social, econômico e ambiental (SACHS, 2002; SATTLER, 2007; BOFF, 2016).

Para Hamman (2017), as cidades desempenham um papel primordial no desenvolvimento sustentável, pois a busca do equilíbrio econômico, ambiental e social se estende a todas as áreas da gestão urbana e da tomada de decisões por parte dos formuladores de políticas públicas. Portanto, as cidades devem englobar esses conceitos a fim de serem reconhecidas como funcionais, com qualidade e funcionalidade pelos moradores (PASTANA; FORMIGA, 2021).

Segundo Gehl (2013), só é possível planejar uma cidade com informações sobre ao entender quais melhorias são prioritárias. Para Santos (2012), os residentes foram introduzidos com a emergência do planejamento urbano participativo, trazendo questões sociais como um aspecto central. Na abordagem social, a cidade é dos cidadãos, que devem ser ouvidos e participar da gestão da cidade, vista como um bem coletivo, e não apenas deixando para os planejadores.

Coutinho (2016) destaca a importância de que o meio urbano proporcione conforto a seus habitantes, com melhores condições de trabalho, transporte, acessibilidade, buscando mesclar as finalidades de comércio, moradia e serviços essenciais, para uma vida urbana mais adequada. Assim, os deságios do planejamento urbano incluem

a abordagem que se preocupa com a construção sustentável das cidades, diante dos problemas socioambientais que envolvem a participação popular (SANTOS, 2012).

Contudo, observa-se que o desenvolvimento urbano sustentável é reconhecido principalmente pela criação de áreas verdes, em busca de desenvolver a infraestrutura, lazer, meio ambiente e a economia em várias escalas (HAMMAN, 2017). Da mesma maneira, Ascher (2010) apresenta novos princípios do urbanismo contemporâneo com maior foco na sustentabilidade socioambiental das cidades, inovação, qualidade de vida e mobilidade, de modo a conceber lugares em função das novas práticas sociais.

Hamman (2017) observa que é crescente o número de pesquisas sobre a qualidade de vida urbana em que o desenvolvimento sustentável é o norteador das políticas públicas. Uma vez que o desenvolvimento sustentável deve envolver a participação local, a utilização de métodos de avaliação da percepção dos indivíduos em relação ao meio urbano deve ser aplicada, auxiliando para aumentar a satisfação dos usuários (REIS; LAY, 2006; EMO; AL-SAYED; VAROUDIS, 2016).

Neste sentido, a satisfação com o bairro, envolvendo aspectos como segurança, privacidade, acessos e áreas verdes, tem sido explorada em diversas pesquisas envolvendo a qualidade de vida nas cidades (PARKES; KEARNS; ATKINSON, 2002; LOVEJOY; HANDY; MOKHTARIAN, 2010; HADAVI; KAPLAN, 2016). A satisfação do indivíduo pode variar de acordo com características sociodemográficas (LU, 1999; MOHIT; AZIM, 2012; IBEM; ADUWO, 2013; ESPERIDIÃO *et al.*, 2021), com as características da habitação (MOHIT; IBRAHIM; RASHID, 2010; CHEN *et al.*, 2019) e com as características do bairro (HADAVI; KAPLAN, 2016; LEE *et al.*, 2017). Segundo Parkes, Kearns e Atkinson (2002), dada a variedade de atributos amplamente diferentes, só é possível sua avaliação analisando a percepção dos indivíduos.

Deste modo, a percepção é entendida como a capacidade de gerar informação a partir de cortes seletivos na paisagem urbana; a leitura do espaço urbano flagra, comparando, analogias, convergências e divergências entre os espaços selecionados; e a interpretação, que faz inferências sobre a necessidade, a adequação e o desempenho dos espaços urbanos a partir dos dois aspectos anteriores (FERRARA, 1999). Segundo o autor, a percepção e a leitura do ambiente urbano, como instrumentos de sua interpretação, trazem parâmetros mais reais para ser adequada ao seu uso, a partir de ações no espaço urbano para o usuário.

Em relação às percepções do espaço urbano, diversos estudos têm explorado os fatores que determinam a satisfação dos indivíduos com o meio urbano em que vivem, adotando questionários para a coleta de dados. Observa-se que a satisfação com o bairro é formada por características objetivas e subjetivas (CAO; ZHANG, 2016; LEE *et al.*, 2017). Algumas das características objetivas que apresentaram boas correlações em relação à satisfação com o bairro foram a localização do bairro, a existência de serviços locais e a disponibilidade de áreas verdes (LOVEJOY; HANDY; MOKHTARIAN, 2010; ZHANG *et al.*, 2017; MOURATIDIS, 2018). Entre as características subjetivas, os estudos identificaram boas relações com a percepção de segurança, de bons espaços públicos, de boa aparência e de acessibilidade (PARKES; KEARNS; ATKINSON, 2002; HUR; MORROW-JONES, 2008; LEE *et al.*, 2017; MOURATIDIS, 2018).

Quanto à satisfação residencial entre proprietários e inquilinos, de forma geral, ambos os grupos apresentam maior satisfação quando há boas opções de serviços e boas condições de manutenção nos contextos urbanos (ESPERIDIÃO; FÓNTOLAN,

IAROSINSKI-NETO, 2023). Esse conhecimento pode ser útil para que as políticas públicas fomentem a implantação de mais serviços, espaços públicos e de lazer nos contextos urbanos, não priorizando apenas as regiões centrais. Ainda, a importância da manutenção do contexto urbano destaca-se, pois isso é capaz de encorajar os moradores a cada vez mais utilizarem o meio urbano como espaço de convívio e socialização.

Observou-se que a maioria das pesquisas sobre o tema não publicam os instrumentos de pesquisa desenvolvidos (HUR; MORROW-JONES, 2008; IBEM; ADUWO, 2013; HUANG; DU, 2015), ou não apresentam um método para sua validação (SMRKE; BLENKUS; SOCAN, 2018). Alguns questionários são muito extensos, o que pode prejudicar a qualidade dos dados coletados (FORNARA; BONAIUTO; BONNES, 2010). Assim, um questionário reduzido poderia ser uma ferramenta mais útil para ser aplicada nas políticas de planejamento urbano.

A partir dessas lacunas, este trabalho apresenta a validação de aspectos relacionados às percepções de desempenho do entorno a partir dos moradores, por meio da aplicação de um questionário com 279 respondentes das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil. Dado o papel significativo das cidades na qualidade de vida dos indivíduos, esta pesquisa contribui para um melhor entendimento das características essenciais para a criação de cidades e bairros pautados pelo desenvolvimento sustentável.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção são apresentados os conceitos e definições que fundamentaram o trabalho e objetivaram desenvolver a base teórica para a pesquisa. Na primeira parte identificam-se questões da habitação e do entorno. Na sequência são apresentados os conceitos para o entendimento da percepção do indivíduo. E por fim, são tratadas as definições de satisfação residencial.

Os aspectos da habitação têm sido objeto de estudos sob diferentes enfoques, tais como conforto, saúde, bem-estar, planejamento comunitário e satisfação (BURRIS, 2014; BERGAN, 2005; AIGBAVBOA; THWALA, 2018; BONAIUTO; FORNARA, 2017; AMÉRIGO; ARAGONÉS, 1997). Para Albuquerque e Gunther (2019) a habitação pode ser apenas um local físico, designando o endereço do indivíduo e não conferindo nenhum apego ao local. Por sua vez, esse local de moradia pode ser configurado como lar, o qual é preenchido por significados e afetos positivos, compartilhados com os demais moradores do local.

Desse modo, Weidemann e Anderson (1985) afirmam que todas as moradias são, em última análise, vistas por algum indivíduo como sendo um pedaço de terra. Porém, como um lugar para casa, esse local representa o núcleo da parte física do ambiente físico-social, que é definido pelos indivíduos como o seu lar.

Para Amérigo e Aragonés (1997) a casa não pode ser considerada apenas o espaço privado, deve-se ponderar as áreas semipúblicas, localizadas imediatamente no entorno da habitação. Segundo Albuquerque e Gunther (2019) a percepção de cada morador é que delimita o ambiente residencial, assim como as relações com a vizinhança e os aspectos ligados à apropriação do espaço.

Marans e Rodgers (1975) definem a vizinhança como sendo uma zona intermediária entre o macro e o micro da vizinhança, incluindo mais ou menos a área subjetiva da

casa, onde encontram-se certos serviços e, as amizades são formadas com as outras pessoas que ali vivem. Já para Américo e Aragonés (1997) a vizinhança é uma área que não precisa ser determinada, pois os residentes consideram outro aspecto para definir essa área. Assim, é um espaço que não se refere a limites da área geográfica, mas sim à percepção subjetiva e ao senso de pertencimento.

De acordo com Tuan (1980), a visão de mundo dos indivíduos, pode ser compreendida como sendo uma mescla do meio ambiente com as influências culturais. Dessa forma, as atitudes dos indivíduos frente ao espaço são desenvolvidas pelas suas percepções e experiências, gerando valores e interesses, e que formam assim sua visão de mundo. Para que se conheça a preferência ambiental dos indivíduos ou como eles se orientam no mundo, se faz necessário analisar sua educação, seu trabalho, suas heranças biológicas, assim como as características dos espaços físicos que os cercam

O indivíduo é impactado por diversos fatores, tais como cultura, sociedade, ambiente físico e fatores psicológicos. E, quando ocorre o desenvolvimento de projetos arquitetônicos e de interiores, as dimensões sobre a consciência do impacto psicológico sobre os residentes devem ser consideradas (MAHMOUD, 2017).

Segundo Reis e Lay (2006), ao considerar o usuário na avaliação de projetos de edificações e urbanos, a abordagem perceptiva e cognitiva assume que a qualidade desses projetos, está diretamente ligada com as atitudes e com os comportamentos de seus usuários, como consequência das experiências espaciais possibilitadas pelos projetos.

Conforme Fang (2006), o principal foco da pesquisa sobre satisfação residencial, baseia-se no processo psicológico de percepção do ambiente, em que o comportamento dos residentes, segue suas respostas afetivas e cognitivas ao seu ambiente residencial. Desta forma, a percepção é um fator importante na avaliação da satisfação residencial. Pois, é por meio dela que os indivíduos experienciam o ambiente, impactando na forma como cada indivíduo percebe e interage com o ambiente ao qual está inserido.

De acordo com Freitas (2001), quando se fala da satisfação residencial, se fala também dos sentimentos e dos gostos perante os espaços ou dos lugares aos quais se desenvolve uma vivência cotidiana. Aigbavboa e Thwala (2019) afirmam que, os motivos para o interesse e a popularidade dos estudos sobre o tema são o reconhecimento da satisfação residencial como um importante componente da qualidade de vida do indivíduo; e o fato da casa ser um local onde encontra-se o refúgio e o descanso.

É considerada uma avaliação geral do ambiente, sob a perspectiva do habitante e que pode ser definida como uma experiência de prazer ou gratificação, dada pelos habitantes da residência (BONAIUTO; FORNARA, 2017). Quando as famílias fazem suas avaliações sobre as condições da habitação, comumente as fazem baseando-se em suas aspirações e necessidades (MOHIT *et al.*, 2010). Assim, a satisfação é a diferença percebida entre as aspirações e as necessidades e a realidade do contexto atual da habitação (GALSTER, 1987).

Dessa forma, Pereira e Palermo (2015, p.219) afirmam que a satisfação residencial, é “uma resposta individual, emocional e cognitiva a um foco particular (casa), em um tempo específico, a partir de uma atitude tomada por cada morador, revelando valores positivos ou negativos relativos à casa”.

A satisfação não é simples, e não pode ser identificada por um único fator, é sim uma combinação de diferentes variáveis (AIGBAVBOA; THWALA, 2018), pois envolve fatores interdependentes e não podendo ser entendida como sendo apenas um dos aspectos da qualidade residencial (PEREIRA; PALERMO, 2015).

Neste estudo, as questões da habitação servem como norteadores para o entendimento de que o ambiente residencial é um local importante para o indivíduo, sendo nesse espaço o acontecimento de interações fundamentais para o seu bem-estar psicológico. Com isso, uma boa qualidade desses espaços, faz com que os indivíduos se sintam melhores e conseqüentemente, mais satisfeitos.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta pesquisa exploratória teve como fonte de pesquisa o campo, pois os dados foram extraídos da realidade do objeto de estudo. Como técnica de pesquisa para a coleta de dados foi adotado o método *Survey*, utilizando um questionário estruturado, composto por variáveis qualitativas ordinais medidas pela escala Likert de 5 pontos, ou seja, respostas com nível de mensuração qualitativa foram transformadas numa escala paramétrica. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (CEP/UTFPR).

Para o desenvolvimento do questionário, foram realizadas análises bibliométricas e a revisão dos dados da literatura. O questionário foi formado por variáveis de diversos estudos ao redor do mundo, relacionados à satisfação residencial e ao meio urbano (AMÉRIGO; ARAGONÉS, 1990; GE; HOKAO, 2006; ADRIAANSE, 2007; FORNARA; BONAIUTO; BONNES, 2010; SAM, BAYRAM; BILGEL, 2012; IBEM; ADUWO, 2013; HADAVI; KAPLAN, 2016; LEE *et al.*, 2017; FAGANELLO, 2019). O Quadro 1 apresenta os constructos e as 21 variáveis empregadas neste estudo.

Quadro 1: Variáveis empregadas.

Constructo: Desempenho do entorno	
Bairro silencioso	Privacidade
Bairro habitável	Aparência
Bairro adequado PCD	Coleta de lixo e reciclável
Bairro seguro	Transporte público
Preocupação com sustentabilidade	Distância local de trabalho
Bairro isolado	Distância escola
Fácil chegar a outros pontos	Distância serviços de saúde
Fácil circular	Distância comércio
Vagas estacionamento	Distância locais de lazer
Tráfego calmo	Distância transporte público
Boa sinalização	-

Fonte: Autores.

O questionário foi disponibilizado online durante o ano de 2020, com o auxílio da ferramenta Google Forms. Foi adotada uma amostra não probabilística, pois a pesquisa utilizou indivíduos que estavam disponíveis, e não selecionados por algum

critério estatístico. Para inclusão na pesquisa os indivíduos deveriam ser maiores de 18 anos, brasileiros e residir no país. Os participantes receberam um link, o qual continha a apresentação da pesquisa e informava que a participação seria de forma livre e voluntária. Foi considerado que uma variedade de respostas de diferentes perfis seria fundamental para a pesquisa. A amostra foi formada por 279 respondentes das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do país, todos morando em casa própria e/ou financiada.

Os dados coletados foram tabelados, resultando em uma matriz numérica para preservar o anonimato, e as análises foram desenvolvidas no software SPSS (Statistical Package for the Social Sciences). Para atingir o objetivo deste estudo, aplicou-se as análises multivariadas: fatorial e fatorial confirmatória. A análise fatorial foi empregada para a validação dos constructos, reduzindo as variáveis a fatores, que representam as dimensões que explicam o conjunto observado (HAIR *et al.*, 2005), sem perder nenhuma informação importante.

A análise de componentes principais foi realizada para extração dos fatores, onde a soma dos valores próprios se iguala ao número de variáveis. A extração dos fatores segue o critério de Kaiser, que define o número de fatores a partir do número de valores próprios acima de 1 (FÁVERO *et al.*, 2009). Por fim, gerou-se uma matriz de cargas fatoriais, com coeficientes entre -1 e $+1$, que expressam quanto a variável está carregada nesse fator. Quanto maior, mais a variável se identifica dentro do fator, e as cargas relevantes são aquelas com valores absolutos maiores que 0,5 (VICINI, 2005; HAIR *et al.*, 2005). Para interpretar cada fator, é necessário observar os valores das cargas fatoriais de cada variável, e identificar quais são as maiores dentro de cada fator.

Na sequência, foi utilizada a análise fatorial confirmatória (AFC), que é aplicada para confirmar padrões estruturais, em estruturas pré-existentes, além de determinar quais fatores latentes são os responsáveis pelo comportamento de determinadas variáveis (NEVES, 2018). Para o cálculo das validades, foram utilizados dois componentes, a convergente e a discriminante.

Na validade convergente, os itens são fortemente ligados aos fatores a medir. Para Marôco (2010) essa validade é demonstrada no construto quando as variáveis que o compõem oferecem correlações entre si positivas e elevadas. Já a validade discriminante é verificada quando os fatores que medem o construto correlacionam-se mais intensamente com esse construto do que com outros. Ainda, é quando o construto analisado não está correlacionado consideravelmente com os constructos que compõem os demais constructos estudados (MÂROCO, 2010).

A validade convergente é medida pelos índices AVE (Average Variance Extracted) e CR (Composite Reliability), sendo os valores adotados como referência $AVE > 0,50$ e $CR > 0,50$. Já a validade discriminante, por MSV (Maximum Shared Square Variance) e ASV (Average Shared Square Variance), cujos valores de referência são $MSV < AVE$ e $ASV < AVE$.

4. RESULTADOS

O grupo de variáveis que compõem o desempenho do entorno visa identificar as características da vizinhança, do bairro e da cidade que proporcionam satisfação aos indivíduos. A análise fatorial desse grupo resultou em cinco componentes, conforme Tabela 1.

Tabela 1: Análise fatorial do desempenho do entorno (vizinhança, bairro e cidade).

Construto	Componente				
	1	2	3	4	5
DE7- Fácil chegar a outros pontos	,834				
DE8- Fácil circular	,802				
DE9 - Vagas estacionamento	,726				
DE6- Bairro isolado	-,644				
DE11- Boa sinalização	,542	,351			
DE5- Preocupação com sustentabilidade		,764			
DE3- Bairro adequado PCD		,603			
DE13- Aparência		,599			
DE4- Bairro seguro		,490		,417	-,345
DE15- Transporte público	,387	,483	-,438		
DE21- Distância transporte público			,790		
DE19- Distância comércio			,765		
DE20- Distância locais de lazer			,611		
DE18- Distância serviços de saúde			,570		,429
DE1- Bairro silencioso				,743	
DE10- Tráfego calmo				,698	
DE2- Bairro habitável				,641	
DE12- Privacidade		,424		,568	
DE17- Distância escola					,687
DE16- Distância local de trabalho					,633
DE14- Coleta de lixo e reciclável	,350	,420	-,334		,426

Fonte: Autores.

No Quadro 2 são apresentadas as novas nomenclaturas das variáveis e seus respectivos constructos de acordo com a análise fatorial. Os fatores foram definidos como: infraestrutura viária (IV), atributos do bairro (AB), deslocamentos eventuais (DE), tranquilidade do bairro (TB) e deslocamentos frequentes (DF).

O cálculo para as validades convergente e discriminante são apresentados na Tabela 2. Para as validades convergentes apenas o construto da infraestrutura viária apresentou valor conforme a referência, apresentando $AVE > 0,5$, sendo os demais com valor abaixo da referência. Contudo, todos os constructos apresentaram $CR > AVE$. Para as validades discriminantes todos os valores de MSV apresentaram valores inferiores ao de referência ($MSV < AVE$). Porém, contemplam os valores de $ASV < AVE$.

Quadro 2: Novo agrupamento do desempenho do entorno.

Grupo	Código	Variáveis	Nova nomenclatura	Constructos
DESEMPENHO DO BAIRRO	DE7	Fácil chegar a outros pontos	DEIV1	Infraestrutura viária (IV)
	DE8	Fácil circular	DEIV2	
	DE9	Vagas estacionamento	DEIV3	
	DE6	Bairro isolado	DEIV4	
	DE11	Boa sinalização	DEIV5	
	DE5	Preocupação com sustentabilidade	DEAB1	Atributos do bairro (AB)
	DE3	Bairro adequado PCD	DEAB2	
	DE13	Aparência	DEAB3	
	DE4	Bairro seguro	DEAB4	
	DE15	Transporte público	DEAB5	
	DE14	Coleta de lixo e reciclável	DEAB6	
	DE21	Distância transporte público	DEDE1	Deslocamentos eventuais (DE)
	DE19	Distância comércio	DEDE2	
	DE20	Distância locais de lazer	DEDE3	
	DE18	Distância serviços de saúde	DEDE4	
	DE1	Bairro silencioso	DETB1	Tranquilidade do bairro (TB)
	DE10	Tráfego calmo	DETB2	
	DE2	Bairro habitável	DETB3	
	DE12	Privacidade	DETB4	
	DE17	Distância escola	DEDF1	Deslocamentos frequentes (DF)
DE16	Distância local de trabalho	DEDF2		

Fonte: Autores.

Tabela 2: Validades convergente e discriminante do desempenho do entorno.

Construtos	Convergente		Discriminante	
	AVE	CR	MSV	ASV
Infraestrutura viária	0,52	0,84	0,44	0,30
Atributos do bairro	0,31	0,73	0,44	0,34
Deslocamentos eventuais	0,46	0,77	0,43	0,31
Tranquilidade do bairro	0,33	0,66	0,42	0,14
Deslocamentos frequentes	0,36	0,53	0,43	0,22

Fonte: Autores.

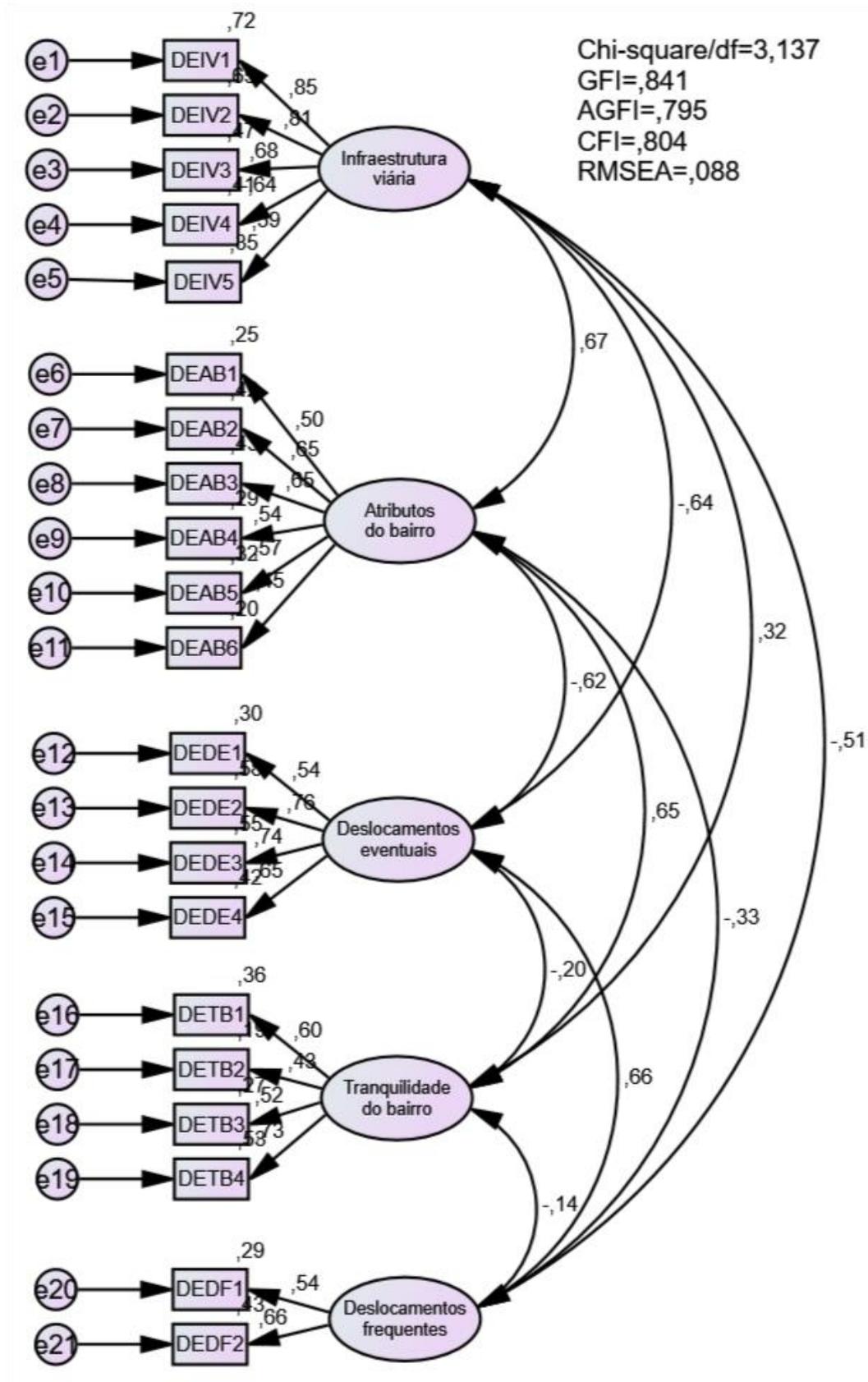
Para a verificação das inter-relações entre os constructos foi realizada a análise fatorial confirmatória (Figura 1). Os valores obtidos foram: Chi-quadrado $X^2 = 3,137$ (<5), GFI = 0,841 ($<0,90$), AGFI = 0,795 ($<0,90$), CFI = 0,804 ($<0,90$) e RMSEA = 0,088 ($\leq 0,08$), indicando um bom ajustamento dos constructos.

As inter-relações entre os constructos do grupo mostraram que a maioria das correlações foram negativas. A correlação mais significativa ocorreu entre os constructos da infraestrutura viária e atributos do bairro (0,67), seguido por deslocamentos eventuais e deslocamentos frequentes (0,66). Já a correlação entre os atributos do bairro com a tranquilidade do bairro também apresentou uma correlação significativa (0,65), pois as variáveis dos constructos se complementam para transmitir a sensação de tranquilidade e bem-estar. Essas correlações mostram a interligação entre a infraestrutura viária com os atributos, com a tranquilidade e com os deslocamentos frequentes.

A infraestrutura viária quando correlacionada com a deslocamentos eventuais apresentou uma correlação moderada inversa (-0,64). Isso indica que quanto maior a infraestrutura viária, menor os deslocamentos eventuais para comércio, lazer e transporte público, e quanto maior a facilidade de circulação, menor o deslocamento para esses serviços.

A correlação atributos do bairro também apresentou relação moderada e inversa (-0,62) com os deslocamentos eventuais. Nesse caso pode ser devido à variável transporte público e distância de deslocamento até o mesmo. Já as menores correlações ocorreram com o construto da tranquilidade do bairro com a infraestrutura do bairro, com os deslocamentos eventuais e com os deslocamentos frequentes.

Figura 1: Análise fatorial confirmatória do desempenho do entorno.



Fonte: Autores.

5. ANÁLISES DOS RESULTADOS

Os resultados demonstraram que a análise fatorial foi adequada e consistente em agrupar as variáveis em cinco fatores. O primeiro componente refere-se à infraestrutura do bairro, agregando as variáveis sobre a facilidade de chegar a outros pontos, circular no bairro e encontrar vagas de estacionamento, assim como o bairro ser isolado e apresentar uma boa sinalização. No segundo componente estão as variáveis sobre a preocupação com a sustentabilidade e ao bairro ser adequado aos PCD, apresentação da aparência e segurança e transporte público. Optou-se por acrescentar a variável coleta de lixo e reciclável nesse componente, visto que o valor da análise fatorial foi de 0,420 para esse grupo. Além disso, essa variável apresenta as mesmas características das demais variáveis que se referem aos atributos do bairro.

O terceiro componente diz respeito aos deslocamentos eventuais que são as distâncias da habitação para os serviços tais como, transporte público, comércio, locais de lazer e serviços de saúde. O quarto componente relaciona-se com a tranquilidade do bairro, apresentando as variáveis bairro silencioso, tráfego calmo, bairro habitável e privacidade.

No quinto componente, agregaram-se as variáveis sobre as distâncias da escola e do local de trabalho e dessa forma, o construto refere-se aos deslocamentos frequentes. Nesse construto cabe a observação de que a amostra da pesquisa representa um público que se desloca com maior frequência com carros e motocicletas.

Em relação à análise fatorial confirmatória, os índices mostraram a aderência dos fatores criados e suas inter-relações. As correlações positivas mostram a interligação entre a infraestrutura viária com os atributos do bairro, com a tranquilidade e com os deslocamentos frequentes, representando como a percepção do usuário sobre o entorno é influenciado pelas infraestruturas existentes ou não, e suas consequências. Ou seja, como a frequência e a distância dos deslocamentos para o acesso a serviços, e a movimentação que o bairro proporciona com esses atributos.

A validação do construto do modelo criado pelo SPSS pela validade convergente apresentou a maioria dos valores no intervalo de referência, com destaque para a infraestrutura viária. A validade convergente apresentou todos os seus parâmetros conforme a referência, garantindo a confirmação do modelo.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados indicaram a consistência da estrutura fatorial, com uma boa adequação da amostra ao conjunto de variáveis e as relações foram consideradas significativas. Assim, a análise fatorial foi eficiente em agrupar as 21 variáveis relacionadas ao desempenho do entorno em cinco fatores. O modelo gerado foi ainda confirmado pela análise fatorial confirmatória, validando a estrutura. Destaca-se que os resultados indicaram que a percepção de sustentabilidade está mais relacionada com os aspectos de aparência, segurança, coleta de lixo e reciclável, transporte público e

bairro adequado para pessoas com deficiência. Desta forma, poderiam ser criados alguns subgrupos dentro dos constructos definidos inicialmente.

A confirmação dos fatores indica que este estudo pode ser reaplicado em diferentes contextos, regionais ou culturais, e contribui para difundir a aplicabilidade de ferramentas que envolvem a sustentabilidade e a satisfação com o bairro. Entre as limitações da pesquisa, destaca-se a delimitação às regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, que corresponde a uma parcela da população com características específicas, e não caracterizam a população majoritária do país.

A elaboração de um instrumento de pesquisa reduzido torna a aplicação mais direta, embasando os formuladores de políticas públicas a partir das percepções dos moradores. Por fim, este estudo contribui para aprimorar pesquisas futuras, trazendo o indivíduo para o foco principal de discussão, de forma a promover a sustentabilidade nos bairros e cidades.

REFERÊNCIAS

- ADRIAANSE, C. C. M. Measuring residential satisfaction: a residential environmental satisfaction scale (RESS). **Journal of housing and the built environment**, v. 22, n. 3, p. 287-304, 2007.
- AIGBAVBOA, C.; THWALA, W. **Residential satisfaction and housing policy evolution**. 1. ed. New York: Routledge, 2018.
- AMÉRIGO, M.; ARAGONÉS, J. I. Residential satisfaction in council housing. **Journal of Environmental Psychology**, v. 10, n. 4, p. 313-325, 1990.
- ASCHER, F. **Les nouveaux principes de l'urbanisme**. Paris: de l'Aube, 2010.
- BERGAN, K. **Casa saudável: um estudo sobre os sentidos da moradia**. Estudo de Caso: Conjunto Pedro I, Realengo, Rio de Janeiro/RJ. 2005. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.
- BONAIUTO, M.; FORNARA, F. Residential satisfaction and perceived urban quality. **Encyclopedia of applied psychology**, v. 3, p. 267-272, out. 2017.
- BOFF, Leonardo. **Sustentabilidade: o que é - o que não é**. 5. ed. Petrópolis: Vozes, 2016.
- BURRIS, A. **Creature comforts: an exploration of comfort in the home**. 2014. Tese (Doutorado em Filosofia). Loughborough University Institutional Repository. England, United Kingdom, 2014.
- CAO, J.; ZHANG, J. Built environment, mobility, and quality of life. **Travel Behaviour and Society**, v. 5, p. 1-4, 2016.
- CHEN, N. C. *et al.* Environmental Satisfaction, Residential Satisfaction, and Place Attachment: The Cases of Long-Term Residents in Rural and Urban Areas in China. **Sustainability**, v. 11, n. 22, p. 6439, 2019.

COUTINHO, Ricardo Silva. **Cidades sustentáveis: conteúdos e limites do Estado Ambiental na perspectiva de uma teoria estruturante**. 2016. Tese (Doutorado em Direito) Pontifícia Universidade Católica, São Paulo.

EMO, Beatrix; AL-SAYED, Kinda; VAROUDIS, Tasos. Design, cognition & behaviour: usability in the built environment. **International Journal of Design Creativity and Innovation**, v. 4, n. 2, p. 63-66, 2016.

ESPERIDIÃO, Aline Ramos; FONTOLAN, Beatrice Lorenz; IAROSINSKI-NETO, Alfredo. Proprietários estão mais satisfeitos que inquilinos? Uma análise discriminante no contexto urbano. **Cadernos Metrópole**, v. 25, n. 57, p. 641-661, 2023.

ESPERIDIÃO, Aline Ramos *et al.* Estudo de diferenças na satisfação com o bairro em relação ao gênero. **Revista de Morfologia Urbana**, v. 9, n. 2, p. e00199-e00199, 2021.

GALSTER, G. C. Identifying the correlates of dwelling satisfaction and empirical critique. **Environment and Behavior**, Beverly Hills, v. 19, n. 5, p. 539-568, 1987.

FAGANELLO, A. M. P. **Estudo sistêmico das inter-relações dos constructos que influenciam a satisfação residencial visando à elaboração de um modelo a partir da percepção cognitiva do indivíduo**. 2019. 293 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2019.

FANG, Y. Residential satisfaction, moving intention and moving behaviours: A study of redeveloped neighbourhoods in inner-city Beijing. **Housing studies**, v. 21, n. 5, p. 671-694, 2006.

FÁVERO, L. P. *et al.* **Análise de dados: modelagem multivariada para tomada de decisões**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

FERRARA, Lucrécia d'Aléssio. **Olhar periférico: informação, linguagem, percepção ambiental**. São Paulo: EDUSP, 2.a ed.1999

FORNARA, F.; BONAIUTO, M.; BONNES, M. Cross-validation of abbreviated perceived residential environment quality (PREQ) and neighborhood attachment (NA) indicators. **Environment and Behavior**, v. 42, n. 2, p. 171-196, 2010.

FREITAS, M.J. **Habitação e Cidadania: No trilho da complexidade de processos relacionais generativos**. 2001. Dissertação (Doutorado em Sociologia) - Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Lisboa, 2001.

GE, Jian; HOKAO, Kazunori. Research on residential lifestyles in Japanese cities from the viewpoints of residential preference, residential choice and residential satisfaction. **Landscape and urban planning**, v. 78, n. 3, p. 165-178, 2006.

GEHL, Jan. **Cidades para pessoas**. São Paulo: Perspectiva, 2013.

HADAVI, S.; KAPLAN, R. Neighborhood satisfaction and use patterns in urban public outdoor spaces: Multidimensionality and two-way relationships. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 19, p. 110-122, jul. 2016.

HAIR, J. F. *et al.* **Análise multivariada**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HAMMAN, Philippe. Sustainable urbanism. *In*: CHOONÉ, Aurélie; HAJEK, Isabelle; HAMMAN, Philippe (org.). **Rethinking Nature: Challenging Disciplinary Boundaries**. Nova York: Routledge, 2017. p. 176-186.

- HUANG, Z.; DU, X. Assessment and determinants of residential satisfaction with public housing in Hangzhou, China. **Habitat International**, v. 47, p. 218-230, 2015.
- HUR, M.; MORROW-JONES, H. Factors that influence residents' satisfaction with neighborhoods. **Environment and Behavior**, v. 40, n. 5, p. 619-635, 2008.
- IBEM, E. O.; ADUWO, E. B. Assessment of residential satisfaction in public housing in Ogun State, Nigeria. **Habitat International**, v. 40, p. 163-175, 2013.
- LEE, Suzanna M. *et al.* The relation of perceived and objective environment attributes to neighborhood satisfaction. **Environment and behavior**, v. 49, n. 2, p. 136-160, 2017. <https://doi.org/10.1177/0013916515623823>.
- LOVEJOY, K.; HANDY, S.; MOKHTARIAN, P. Neighborhood satisfaction in suburban versus traditional environments: An evaluation of contributing characteristics in eight California neighborhoods. **Landscape and Urban Planning**, v. 97, n. 1, p. 37-48, 2010.
- LU, M. Determinants of residential satisfaction: Ordered logit vs. regression models. **Growth and Change**, v. 30, n. 2, p. 264-287, 1999.
- MAHMOUD, H.T. H. Interior architectural elements that affect human psychology and behavior. **The Academic Research Community Publication**, v. 1, n. 1, p. 10, 2017.
- MARANS, R. W.; RODGERS, W. Toward an understanding of community satisfaction. In Hawley, A e Rock, V. Eds. **Metropolitan America in contemporary perspective**. V.1, p.299-352, New York, 1975.
- MARÔCO, J. **Análise de equações estruturais: Fundamentos teóricos, software & aplicações**. ReportNumber, Ltda, 2010.
- MOHIT, M. A.; IBRAHIM, M.; RASHID, Y. R. Assessment of residential satisfaction in newly designed public low-cost housing in Kuala Lumpur, Malaysia. **Habitat International**, v. 34, n.1 p. 18-27. 2010.
- MOHIT, Mohammad Abdul; AZIM, Mohamed. Assessment of residential satisfaction with public housing in Hulhumale', Maldives. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 50, p. 756-770, 2012.
- MOURATIDIS, Kostas. Is compact city livable? The impact of compact versus sprawled neighbourhoods on neighbourhood satisfaction. **Urban studies**, v. 55, n. 11, p. 2408-2430, 2018.
- NEVES, J. A. B. **Modelo de equações estruturais: uma introdução aplicada**. Brasília: Enap, 2018.
- PARKES, Alison; KEARNS, Ade; ATKINSON, Rowland. What makes people dissatisfied with their neighbourhoods?. **Urban studies**, v. 39, n. 13, p. 2413-2438, 2002. <https://doi.org/10.1080/0042098022000027031>.
- PASTANA, Sheila Trícia Guedes; FORMIGA, Nilton Soares. Evidências Psicométricas das Dimensões da Qualidade de Serviços de um Bairro Urbano. **Gestão e Sociedade**, v. 15, n. 41, p. 4013-4042, 2021.
- PEREIRA, G. M.; PALERMO, C. O processo de apropriação da casa: separando o deslumbramento da satisfação. **Revista INVI**, Santiago, v. 30, n. 85, pp. 215-225, nov., 2015.

REIS, A. T. da L.; LAY M. C. D. Avaliação da qualidade de projetos – uma abordagem perceptiva e cognitiva. **Ambiente Construído**. Porto Alegre, v. 6, n. 3, p. 21-34, jul./set. 2006.

SACHS, Ignacy. **Caminhos Para O Desenvolvimento Sustentável**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Garamond, 2002. *E-book*. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=Evor4GwUmg4C&oi=fnd&pg=PA11&dq=related:rBN1gsxcGzYJ:scholar.google.com/&ots=S7BSU6JcO7&sig=HewXgt-gBi-deZfPhgrkHWu9_-M#v=onepage&q&f=false.

SAM, Neslihan; BAYRAM, Nuran; BILGEL, Nazan. The perception of residential environment quality and neighbourhood attachment in a metropolitan city: A study on Bursa, Turkey. **eCanadian Journal of Humanities and Social Sciences**, v. 1, n. 1, p. 22-39, 2012.

SANTOS, A.M. S. P. Planejamento urbano: para quê e para quem? **Revista de Direito da Cidade**, vol.04, no01. ISSN 2317-7721 p.91- 119 , 2012.

SATTLER, Miguel Aloysio. Habitações de baixo custo mais sustentáveis: a casa Alvorada e o Centro Experimental de tecnologias habitacionais sustentáveis. *In: COLEÇÃO HABITARE*. Porto Alegre: ANTAC, 2007. p. 488.

SMRKE, Urška; BLENKUŠ, Matej; SOČAN, Gregor. Residential satisfaction questionnaires: A systematic review. **Urbani izziv**, v. 29, n. 2, p. 67-82, 2018.

TUAN, Y.F. **Topofilia**: um estudo da percepção, atitudes e valores do meio ambiente. Tradução. de Lívia de Oliveira. São Paulo: DIFEL, 1980.

VICINI, L. **Análise multivariada: da teoria à prática**. 2005. 140 f. Monografia (Especialização em Estatística e Modelagem Quantitativa) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2005.

WEIDEMANN, S.; ANDERSON, J. R. A Conceptual Framework for Residential Satisfaction. **Home environments**. Springer, Boston, p. 153–182. 1985.

ZHANG, Yang *et al.* Quality over quantity: Contribution of urban green space to neighborhood satisfaction. **International journal of environmental research and public health**, v. 14, n. 5, p. 535, 2017.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pelo apoio à pesquisa.

ANÁLISE SISTEMÁTICA DA CONEXÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES COMERCIAIS COM OS OBJETIVOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

SYSTEMATIC ANALYSIS OF THE CONNECTION BETWEEN ENERGY EFFICIENCY IN COMMERCIAL BUILDINGS AND THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS AND CLIMATE CHANGE

Data de aceite: 04/07/2023 | Data de submissão: 20/05/2023

REBELATTO, Bianca, Me. Engenharia Civil e Ambiental

Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, Brasil, E-mail:
biancagrebelatto@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5845-1651>.

SALVIA, Amanda, Dra. Engenharia Civil e Ambiental

Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, Brasil, E-mail:
amandasalvia@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4549-7685>.

BUENO, Pietra, Engenheira Ambiental e de Segurança do Trabalho

Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, Brasil, E-mail:
pietrataize@hotmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8758-8270>.

BRANDLI, Luciana, PHD em Engenharia Civil e Ambiental

Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, Brasil, E-mail: brandli@upf.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0763-7149>.

RODRIGUES, Gabriela, estudante de Ciências Biológicas

Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, Brasil, E-mail:
gabiirodrigues14@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9196-271X>

RESUMO:

Os edifícios têm um enorme papel no aumento do consumo de energia e nas emissões de CO₂. As edificações também são importantes para a transição da sociedade para uma economia de baixo carbono, com maior eficiência energética e menores impactos ambientais. Esta pesquisa teve como objetivo identificar por meio de uma revisão sistemática da literatura estudos relevantes existentes sobre o tema eficiência energética em edifícios comerciais e analisar sua conexão com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e as Mudanças Climáticas. As bases de dados Web of Science e Scopus foram utilizadas com critérios de busca específicos e resultaram em 227 artigos publicados na última década. Esta pesquisa ilustra uma abordagem abrangente relacionada ao panorama da relação entre artigos com os ODS e as mudanças climáticas. Além disso, a discussão da revisão da literatura destaca exemplos que mostram benefícios e barreiras para a implementação da eficiência energética em edifícios comerciais, mostrando suas características relevantes.

PALAVRAS-CHAVE:

Eficiência energética. Edificações comerciais. ODS. Mudanças climáticas.

ABSTRACT:

Buildings have a huge role in the increase of energy consumption and in the energy-related CO₂ emissions. Buildings are also important to the society's transition to a low-carbon economy, with increased energy efficiency and lower environmental impacts. This research aimed to identify through a systematic review of the literature relevant existing studies on the theme of energy efficiency in commercial buildings and analyze their connection with Sustainable Development Goals (SDG) and Climate Mitigation. The databases Web of Science and Scopus were used with specific search criteria and resulted in 227 articles published in the last decade. This research illustrates a comprehensive approach related to the panorama of the relation between articles and SDGs and climate mitigation. In addition, the discussion of the literature review highlights examples with benefits and barriers for the implementation of energy efficiency in commercial buildings, showing its relevant features.

KEYWORDS:

Energy efficiency. Commercial buildings. SDG. Climate change.

1. INTRODUÇÃO

O setor da construção é um componente vital para o crescimento econômico de países em desenvolvimento e desenvolvidos. De acordo com Dixit (2017), aproximadamente 48% do consumo de energia global é atribuído à construção e operação de edifícios. A energia é consumida em todas as etapas do ciclo de vida dos materiais de construção, desde a extração das matérias-primas até a fabricação, transporte, instalação, manutenção, demolição e reciclagem no final da vida útil do edifício (Huberman e Pearlmutter, 2008).

Entretanto, a utilização de materiais de construção locais, verdes, ecológicos, alternativos, energeticamente eficientes, duráveis e de baixo consumo de energia pode reduzir o consumo de energia nos edifícios e melhorar a eficiência energética geral, o que contribui para alcançar as 169 metas dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecidos em 2015 pela Agenda 2030. A sustentabilidade energética é um objetivo fundamental a ser atingido, que está diretamente ligado aos ODS 7, 9 e 13. O sétimo ODS visa assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e acessível à energia para todos, incentivando a diversificação da matriz energética por meio de fontes alternativas, renováveis e limpas. O nono ODS dedica-se à "Indústria, inovação e infraestrutura", promovendo a construção de infraestruturas resilientes que possam impulsionar uma industrialização inclusiva e sustentável, estimulando a inovação. O ODS 13, por sua vez, enfoca a ação climática, buscando adotar medidas urgentes para combater as mudanças

climáticas e seus efeitos globais. Devido à ampla gama de metas estabelecidas pela Agenda 2030, formuladores de políticas e líderes comunitários em nível regional e local precisarão avaliar facilmente as implicações econômicas, sociais e ambientais de suas estratégias, de forma integrada a médio e longo prazo.

Segundo o último relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2022), a construção de edifícios é fundamental para a transição para uma economia de baixo carbono e focada em eficiência energética. A categoria de construção conhecida como *Zero Energy Buildings* (ZEB) é composta por edifícios que geram energia renovável suficiente para compensar suas emissões de gases de efeito estufa durante toda a sua vida útil (US DEPARTMENT OF ENERGY, 2022). Para obter essa qualificação, é necessário levar em consideração fatores como projeto, materiais, sistemas de aquecimento, refrigeração, iluminação e eletrodomésticos (ALTAN *et al.*, 2013), não apenas na fase de projeto, mas também durante a construção e operação do edifício. De acordo com a Agência Internacional de Energia (2021), os edifícios são responsáveis por 37% das emissões globais de CO₂ ao longo de seu ciclo de vida, destacando a necessidade de melhorar a intensidade energética dos edifícios e fazer a transição para fontes de energia com emissões zero para enfrentar as mudanças climáticas.

Ao adotar estratégias de conservação e eficiência energética, novas edificações têm o potencial de reduzir a demanda de energia em 50% em relação às tradicionais (ASHRAE, 2011) e ainda contribuir para diversos aspectos da sustentabilidade e dos ODS. Portanto, é essencial que as infraestruturas urbanas sejam planejadas tendo como base os pilares do desenvolvimento sustentável. Logo, a seguinte pesquisa teve como objetivo verificar estudos de implementações de eficiência energética em edificações comerciais a fim de estabelecer relação com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e as mudanças climáticas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A eficiência energética em edifícios comerciais é um tópico amplo que abrange diversos fatores, desde o comportamento dos ocupantes em relação ao consumo de energia até os componentes e materiais construtivos da própria edificação, incluindo seus sistemas de climatização, design e qualidade do ar interno. É importante considerar soluções tecnológicas inovadoras, como materiais e equipamentos de baixo consumo energético, e utilizar simulações, modelos, normas e certificações para garantir a eficiência energética da edificação.

Os resultados da análise da pesquisa na literatura sobre eficiência energética em edifícios comerciais mostram que a maioria dos artigos se concentra no consumo de energia, levando em consideração as práticas de eficiência energética e a influência do comportamento dos ocupantes. Isso se deve ao fato de que os edifícios são responsáveis por mais de um terço do consumo total de energia primária em todo o mundo (IEA, 2021). Adotar medidas de eficiência energética pode reduzir o consumo de energia em cerca de 20% nos edifícios, sem comprometer os serviços ou o conforto dos ocupantes (ALLOUHI *et al.*, 2015). Além disso, Gonzáles *et al.* (2011) afirmam que tecnologias emergentes poderiam gerar uma economia de energia média de 36% (variando de 23% a 60%) em edifícios comerciais.

Para a construção de novos edifícios, é fundamental seguir as etapas de planejamento, projeto, construção e comissionamento. Por outro lado, no caso de edifícios já existentes, é preciso avaliar o desempenho energético inicial, realizando a identificação e diagnóstico de falhas, retro comissionamento, medição e verificação, e, a partir daí, decidir sobre ações de atualização. No entanto, é um desafio avaliar o desempenho energético inicial de edifícios devido à diversidade do parque imobiliário (como o tipo de edifício, zonas climáticas e tempo de construção), diferentes configurações (por exemplo, tipos de serviços, operações do sistema e estratégias de controle) e variáveis externas (como condições climáticas e comportamentos dos ocupantes) (LI *et al.*, 2021).

Segundo Seeley e Dhakal (2021), há esforços significativos em todo o mundo para desenvolver e implementar programas de *retrofit* de eficiência energética em edifícios, como a C40 e a Iniciativa Climática Clinton da Fundação Clinton. No entanto, ainda existem múltiplas e persistentes barreiras nos níveis de projeto e sistema, que limitam o potencial desses programas. Além disso, o maior desafio na implementação de projetos de *retrofit* de eficiência energética é a dificuldade em identificar as melhores soluções para um projeto específico, devido à falta de compreensão das relações e sinergias entre medidas de eficiência energética, custo e conforto (Jakob 2007). Os resultados de Sherman *et al.* (2021) mostram que, em pequenos edifícios comerciais, a economia de custos de energia é o critério de decisão mais comum citado, destacando a importância de argumentos convincentes e confiáveis na redução dos custos de energia para vender *retrofits* de energia. Por outro lado, Salem *et al.* (2020) afirmam que um *retrofit* completo do edifício é o melhor caminho para alcançar o padrão "edifícios de energia quase zero" (nZEB). Priorizar um aspecto do *retrofit* em detrimento de outro leva a um *retrofit* "incompleto" que não reduz a demanda de energia do edifício ou melhora a eficiência energética geral dos sistemas e componentes.

As diferenças climáticas, locais e outros fatores contextuais têm impulsionado a proliferação global de ferramentas de avaliação de edifícios. No entanto, o desafio tem sido desenvolver um modelo universalmente aceitável que possa ser usado como uma estrutura para gerenciar o desempenho da energia de uma edificação (MAFIMISEBI *et al.* 2020).

A área de simulação e desenvolvimento de modelos para melhorar a eficiência energética está em crescimento. De acordo com Melo *et al.* (2012), o processo de etiquetagem de edifícios depende de diferentes níveis de simulação computacional de desempenho em muitos países. Alguns regulamentos utilizam programas de simulação energética de edifícios (BES) devido à avaliação energética detalhada e às opções disponíveis. Wang *et al.* (2018) ilustra diferentes métodos para agregar métricas de economia de energia e aumento de eficiência utilizando novos modelos, uma vez que as técnicas de avaliação e benchmark de desempenho energético de edifícios evoluíram.

Nos últimos anos, houve avanços significativos na eficiência energética das envoltórias de edifícios (paredes, telhados e fundações) devido ao desenvolvimento de materiais de engenharia avançados e à melhoria das especificações de projeto (LI

et al., 2018). Além disso, Pacheco-Torgal (2017) destaca a importância das inovações nano e biotecnológicas no ambiente construído com eficiência energética. Um novo método de análise que pode ser mencionado é a implementação de sistemas de energia distribuída (SED), que têm um grande valor na abordagem de questões energéticas em escala local (ACHA *et al.*, 2018).

Também é importante notar que a colaboração entre diferentes partes interessadas, incluindo proprietários, desenvolvedores, designers, construtores, fornecedores e pesquisadores, é fundamental para o sucesso de políticas e iniciativas de eficiência energética em edifícios (PARKINSON *et al.*, 2015). Além disso, a implementação de políticas de longo prazo que incentivem a adoção de tecnologias de eficiência energética em edifícios pode ter um impacto significativo na redução das emissões de gases de efeito estufa e na melhoria da sustentabilidade do setor de construção (GAO *et al.*, 2017).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Uma revisão sistemática foi realizada a fim de obter respostas ao objetivo proposto. Conforme indicado por Camarasa *et al.* (2019), uma revisão sistemática responde a um propósito claro e a uma questão de pesquisa baseada em uma abordagem de busca com critérios para incluir/excluir artigos e caracterizá-los (Camarasa *et al.*, 2019). Seguindo os passos sugeridos por Levy *et al.* (2022), a revisão sistemática começa com a busca dos artigos por meio de um banco de dados, seguida da triagem e filtragem dos artigos encontrados e, em seguida, avaliação dos mesmos quanto à elegibilidade, para assim proceder à análise dos dados e conclusões.

Portanto, para aprofundar o conhecimento sobre o tema abordado, esse estudo delineou como questão de pesquisa: “Qual é o estado da literatura científica internacional sobre o tema de eficiência energética em edifícios comerciais?”. Segundo Caiado *et al.* (2017), esta pesquisa pode ser descrita como exploratória e descritiva, envolvendo coleta de dados de duas fontes, e tem abordagem qualitativa, mapeando as principais áreas da análise de síntese temática. As bases de dados utilizadas para identificar as publicações mais relevantes sobre este tema específico foram *Scopus* e *Web of Science*, devido às extensas áreas que ambas cobrem.

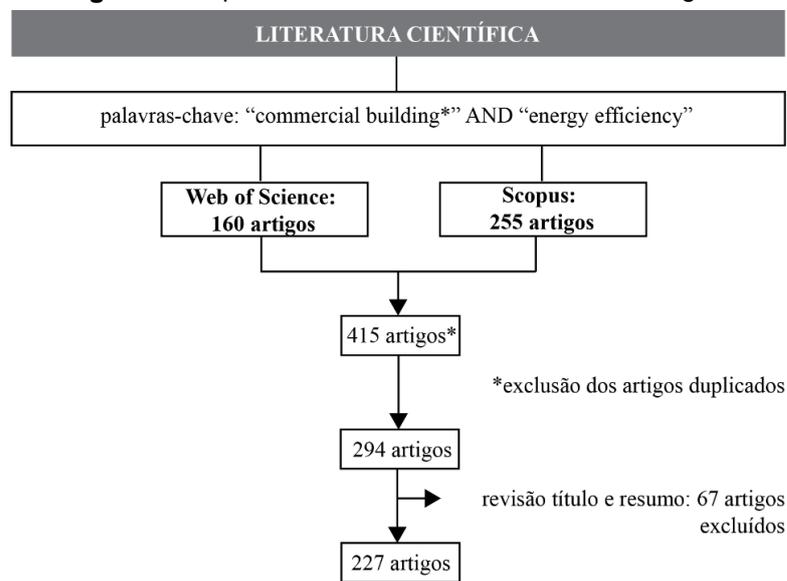
A combinação de palavras-chave utilizada para identificar os artigos nas bases de dados foi: (“*commercial building**” AND “*energy efficiency*”) aplicada ao título, resumo e palavras-chave. A busca foi limitada a alguns critérios de inclusão/exclusão, e a seleção centrou-se em artigos de acesso aberto em inglês, publicados entre os anos de 2012 a 2022, nas áreas de pesquisa de engenharia, energia, ciência ambiental, ciência da computação, ciências sociais, ciências da terra e planetárias.

Para a análise, os trabalhos duplicados (coletados em ambas as bases de dados) foram excluídos. Em seguida, foram verificados título e resumo, a fim de eliminar estudos não alinhados com o objetivo da pesquisa. Por fim, foi realizada uma análise do texto completo dos artigos do Portfólio Bibliográfico, para que cada artigo pudesse

ser analisado em termos da conexão do estudo com os ODS e as mudanças climáticas (Viegas et al., 2016).

O estudo iniciou com um banco de dados de 2.735 artigos (1.797 da *Scopus* e 938 da *Web of Science*). Aplicando os critérios de filtragem nas bases de dados (ano de publicação, idioma, tipos de documentos e áreas de busca), o número foi reduzido para 415 artigos (255 da *Scopus* e 160 da *Web of Science*). Excluindo os artigos duplicados, restaram 294 artigos. Após análise de título e resumo, e selecionando-se apenas artigos de estudo de caso (ou seja, implementação prática/análise de casos reais em edifícios comerciais), 88 artigos compuseram a amostra do Portfólio Bibliográfico. Esse processo é ilustrado na Figura 1.

Figura 1: Mapeamento da busca sistemática de artigos.



Fonte: Autores (2023).

4. APLICAÇÕES E/OU RESULTADOS

Nesta etapa deve-se descrever as principais aplicações e/ou resultados que sustentam a análise da pesquisa. Os resultados devem ser apresentados de forma lógica, clara e objetiva. É de responsabilidade do autor fazer uso da ferramenta mais conveniente para apresentar seus resultados (gráficos, tabelas, figuras, etc.). A seguir constam alguns itens que devem ser observados durante esta fase:

Dos 88 artigos analisados, 27 artigos mencionaram a conexão de seu conteúdo com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. Em relação às mudanças climáticas, 43 artigos mencionaram sua contribuição em relação ao tema. A Figura 2 apresenta a análise SWOT dos artigos e os principais pontos relevantes das discussões dos artigos sobre a temática estudada.

Nota-se que a maioria dos artigos com conexão com os ODS foram publicados a partir do ano 2017 e ao longo dos anos houve maior aprofundamento à temática e suas interrelações. Entre os anos de 2020 e 2021 houve maior adesão à temática estudada,

51,11% dos artigos utilizados neste estudo estão relacionados com a Agenda 2030 e/ou mudanças climáticas no intervalo de tempo de dois anos. Além disso, os resultados da análise dos artigos acima e suas conexões com a temática das mudanças climáticas, indicaram que apenas dois deles (4,44% não abordaram o tema de mudanças climáticas e a contribuição do estudo para a ação climática) os outros quarenta e três (95,56%) mencionaram ou abordaram o termo de forma geral. Em relação ao ODS 7, 60% dos artigos mencionaram-no direta ou indiretamente em suas discussões e conclusões. Contudo, quanto aos ODS 9 e 11, apenas um artigo relaciona de forma mais direta as metas relacionadas a estes objetivos. Observa-se que apesar da temática “Eficiência Energética” estar atrelada a mais de um dos ODS, o sétimo objetivo ainda é o mais representativo nas análises e menções nos trabalhos.

Figura 2: Análise SWOT dos Resultados do Levantamento.



Fonte: Autores (2023).

5. ANÁLISES DOS RESULTADOS OU DISCUSSÕES

As mudanças climáticas são consideradas um dos maiores desafios enfrentados pela humanidade atualmente. Existe uma mobilização global para reduzir as emissões de gases de efeito estufa em todos os setores, e a construção é responsável por aproximadamente 40% do consumo de energia e um terço das emissões de gases de efeito estufa em todo o mundo. Portanto, é essencial que o setor da construção desempenhe um papel de liderança na luta contra o aquecimento global e as mudanças climáticas (ALAZZMEH E ASIF, 2021; LI et al., 2021; MAFIMISEBI et al., 2020). É importante destacar que a sustentabilidade a longo prazo dos edifícios, especialmente aqueles com fachadas de vidro, é fortemente influenciada pelos efeitos das alterações climáticas e pela disponibilidade de recursos (WU E FLEMMER, 2020).

Nos Estados Unidos, os edifícios comerciais são responsáveis por uma parcela significativa da emissão de dióxido de carbono (TOUZANI et al., 2018). Além disso, para combater os efeitos de longo prazo da urbanização e das mudanças climáticas, é fundamental que os edifícios, infraestrutura e espaços abertos sejam adequadamente preparados para enfrentar esses desafios (RAJAPAKSHA, 2019).

Com o objetivo de mitigar as alterações climáticas, é necessário implementar melhorias ambiciosas na intensidade energética dos edifícios, como os NZEB, em conjunto com a transição energética para a eletrificação livre de emissões (ZHONG et al, 2021; SHUJA et al, 2021). Para alcançar a neutralidade energética, é essencial maximizar o uso de energia renovável produzida localmente e atingir o nível ideal de desempenho energético em edifícios, o que requer previsões confiáveis da demanda de energia de curto prazo (com resolução inferior a um dia), de acordo com Walker *et al.* (2020). Mukhtar *et al.* (2021) destacam que, para contribuir para a reversão das mudanças climáticas, é importante projetar edifícios energeticamente eficientes considerando todas as fases, uma vez que a edificação afeta significativamente o consumo de energia, as emissões de carbono e a adaptação e resiliência ao clima (WANG *et al.*, 2019). Além disso, os edifícios com altos padrões de economia de energia não apenas consomem menos energia, mas também são menos sensíveis às mudanças climáticas, especialmente o aquecimento global. Portanto, o desenvolvimento de edifícios com alto padrão de economia de energia será benéfico para melhorar o conforto humano e reduzir as emissões de CO₂ (LI *et al.*, 2018).

De acordo com Alwan *et al.* (2021), o setor da construção civil está enfrentando a pressão de adotar medidas globais de sustentabilidade para atender aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS). No entanto, um dos desafios que ainda existem é a limitação do uso do sistema BIM para melhorar a qualidade do design, aumentar a produtividade e permitir uma melhor colaboração. Na realidade, para alcançar as metas de sustentabilidade, o BIM também deve ser adotado como uma estrutura na análise da redução de energia e pode ser aplicado em diferentes etapas de projetos.

De acordo com Thyer *et al.* (2018), as análises de *retrofit* indicam que a adoção de medidas simples para tornar um modelo de negócio mais sustentável, como ações de *retrofit* em eficiência energética, pode resultar em impactos positivos na diminuição de gases do efeito estufa. Além disso, a adoção de sistemas combinados de geração de calor e energia (CHP), fotovoltaicos (PV) e refrigeradores de absorção (ABCs) em edifícios NZEB pode maximizar a eficiência energética elétrica e térmica, reutilizando o calor desperdiçado de sistemas CHP com ABCs e energia renovável de sistemas fotovoltaicos (Kim *et al.*, 2017). De fato, adotar uma abordagem integrada para *retrofits* de energia aumenta a eficiência energética, bem como a economia de carbono, e é fundamental para atingir as metas urgentes de ação climática. Segundo Sherman *et al.* (2021), essa abordagem tem o potencial de aumentar a taxa de *retrofit* para mais de 1%, o que é necessário para atender às metas de redução de energia e carbono. Reduzir o consumo de energia de aquecimento é um passo importante para atingir as metas de economia de energia e combater as mudanças climáticas, especialmente em áreas com frio severo (Song *et al.*, 2020).

O papel dos edifícios verdes e com rótulo ecológico na redução do risco de mudança climática é reforçado pela implementação de políticas e divulgações ambientais mais rigorosas, conforme destacado por Lee *et al.* (2022). O governo do Reino Unido é um exemplo de esforço governamental que estabelece requisitos mais rigorosos de eficiência energética para edifícios novos e existentes, com o objetivo de enfrentar a crise climática (AMIRKHANI *et al.*, 2020). Além disso, há diversas iniciativas de sustentabilidade comunitária em Cambridge, Massachusetts, como metas climáticas locais, distritos ecológicos e esforços para alcançar emissões líquidas zero, como mencionado por Meng *et al.* (2017). Já o governo municipal de Pequim tem incentivado amplamente o uso de energia limpa para substituir o consumo de carvão, conforme apontado por Liu *et al.* (2019). Tais ações são importantes para promover práticas mais sustentáveis na construção, reduzir o impacto ambiental dos edifícios e mitigar os efeitos das mudanças climáticas.

Conforme os autores Carlson e Pressnail (2018), a mudança climática é amplamente percebida como uma questão importante pelo público canadense, com 91% da população preocupada com o aquecimento global e 89% apoiando ações imediatas para lidar com o problema. No entanto, a projeção para 2030 indica que o Canadá provavelmente não alcançará sua meta de reduzir as emissões de gases de efeito estufa, mesmo no cenário mais otimista, que prevê uma redução de 6,7% em relação aos níveis de 2005. Enquanto isso, a Dinamarca está liderando o caminho na transição para uma economia de baixo carbono, com o plano nacional de energia dinamarquês estabelecendo a meta de que o setor de eletricidade e aquecimento seja 100% baseado em energia renovável até 2035 (CAI *et al.*, 2018). Mortazavigazar *et al.* (2021) destacam a Lei de Mudanças Climáticas de Victoria de 201, que tem como objetivo alcançar emissões líquidas zero de gases de efeito estufa até 2050, incluindo a transformação do setor de construção comercial para atender a pressão de uma população em rápido crescimento para aumentar as emissões. Além disso, em setembro de 2020, o governo chinês anunciou sua meta de atingir pico de emissão de CO₂ até 2030 e neutralidade de carbono até 2060, seguindo as metas estabelecidas pelo Acordo de Paris, com outros países também propondo metas semelhantes para reduzir as emissões de CO₂ (CHEN *et al.*, 2022).

6. CONCLUSÃO OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo focou na revisão sistemática da literatura sobre edifícios comerciais e eficiência energética, com objetivo de verificar como os estudos publicados vêm abordando os ODS e as mudanças climáticas.

A amostra de publicações analisadas evidencia a importância do tema das mudanças climáticas e aspectos relacionados, como economia de baixo carbono e a pressão internacional por limitar as emissões de gases de efeito estufa. De modo geral, os estudos analisados apontam a conexão dos estudos de caso aplicados com o apoio à ação climática, e principalmente com o potencial de redução de emissões. Além das ações de eficiência energética (abordados nos estudos de caso), os artigos também

dedicam atenção a outros aspectos importantes de mitigação da mudança do clima, como a utilização de energias renováveis.

Por outro lado, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável são abordados em menor intensidade. Dos artigos que incluíram a conexão entre o estudo de caso e os ODS, a maioria focou no ODS 7 e suas metas. Há potencial para explorar mais a fundo a contribuição da eficiência energética em edificações comerciais com a Agenda 2030, e ao quanto os ODS estão atrelados diretamente com as transformações a longo prazo nos padrões de temperatura, clima e comportamento humano.

As edificações possuem um alto impacto nas emissões de carbono, por isso os edifícios precisam ser projetados com maior eficiência energética para diminuir seu consumo de energia, emissões de carbono e também sua adaptação e resiliência ao clima. Para as edificações já existentes, existem ações de *retrofit* que podem auxiliar na diminuição do consumo de energia da construção, assim como contribuir para combater as mudanças climáticas.

REFERÊNCIAS

ACHA, S. Modelling distributed energy resources in energy services networks. **The Institution of Engineering and Technology**. 2013.

ALAZAZMEH, A.; ASIF, M. Commercial building retrofitting: Assessment of improvements in energy performance and indoor air quality. **Case Studies in Thermal Engineering**, V. 26. 2021.

ALLOUHI et al. Energy consumption and efficiency in buildings: current status and future trends. **Journal of Cleaner Production**, V. 109, pp. 118–130. 2015.

ALTAN et al. Using energy modeling for calculations of energy savings, payback and return on investment for a typical commercial office building with IBT systems. **Conference of International Building Performance Simulation Association**, V. 13, pp. 26–28. 2013.

ALWAN et al. Framework for parametric assessment of operational and embodied energy impacts utilizing BIM. **Journal of Building Engineering**, V. 42. 2021.

AMIRKHANI et al. Uncertainties in Non-Domestic Energy Performance Certificate Generating in the UK. **Sustainability**, V. 13. 2021.

ASHRAE HANDBOOK. **HVAC Applications**. SI Edition. 2011.

CAI et al. Demand side management in urban district heating networks. **Applied Energy**, V. 230, pp. 506-518. 2018.

CAIADO et al. Towards sustainable development through the perspective of eco-efficiency - A systematic literature review. **Journal of Cleaner Production**, V. 165, pp. 890-904. 2017.

CAMARASA et al. Diffusion of energy efficiency technologies in European residential buildings: A bibliometric analysis. **Energy & Buildings**, V. 202. 2019.

CARLSON, K; PRESSNAIL, K. D. Value impacts of energy efficiency retrofits on commercial office buildings in Toronto. **Canada Energy and Buildings**, V. 162, pp. 154-162. 2018.

CHEN et al. Optimal Control Strategies for Demand Response in Buildings under Penetration of Renewable. **Energy Buildings**, V. 12, pp. 371. 2022.

DIXIT, M.K. Life cycle embodied energy analysis of residential buildings: a review of literature to investigate embodied energy parameters. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, V. 79, pp. 390–413. 2017.

GAO, L. et al. Application of the extended theory of planned behavior to understand individual's energy saving behavior in workplaces. **Resources, Conservation and Recycling**, V. 127, pp. 107-113. 2017.

GONZÁLEZ et al. Towards a universal energy efficiency index for buildings, **Energy Build**, V. 43, pp. 980–987. 2011.

HUBERMAN, N.; PEARLMUTTER, D. A life-cycle energy analysis of building materials in the Negev desert. **Energy and Buildings**, V. 40(5), pp. 837–848. 2008.

IEA - International Energy Agency. **Tracking Buildings**. 2021. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/tracking-buildings-2021>.

JAKOB, M. The Trade-Offs and Synergies between Energy Efficiency, Costs, and Comfort in Office Buildings. **CISBAT**. 2007.

KIM et al. Evaluation of energy savings potential of variable refrigerant flow (VRF) from variable air volume (VAV) in the U.S. climate locations. **Energy Reports**, V. 3, pp. 85-93. 2017.

LEE, C. L.; GUMULYA, N.; BANGURA, M. The Role of Mandatory Building Efficiency Disclosure on Green Building Price Premium: Evidence from Australia Buildings. **Buildings**, V. 12. 2022.

LEVY, Y; ELLIS, T. J. Informing science journal a systems approach to conduct an effective literature review in support of information systems research. **Informing Science Journal**. 2006.

LI et al. Numerical Thermal Characterization and Performance Metrics of Building Envelopes Containing Phase Change Materials for Energy-Efficient Buildings. **Sustainability**, V. 10. 2018.

LI et al. Optimizing energy efficiency and thermal comfort in building green retrofit. **Energy**, V. 237. 2021.

LIU et al. Developing a methodology for the ex-post assessment of Building Energy Efficiency Special Planning in Beijing during the 12th Five-Year Plan” period. **Journal of Cleaner Production**, V. 216, pp. 552-569. 2019.

MAFIMISEBI et al. Procedural tool for analyzing building energy performance: structural equation modeling protocol. **International Journal of Environmental Science and Technology**, V. 17, pp. 2875–2888. 2020.

MELO et al. Assessing the accuracy of a simplified building energy simulation model using BESTEST: the case study of Brazilian regulation. **Energy Build**, V. 45, pp. 219–228. 2012.

MENG, T; HSU, D; HAN, A. T. Estimating Energy Savings from Benchmarking Policies in New York City. Proceedings of the ICE. **Energy**, V. 133. 2017.

MORTAZAVIGAZAR et al. Application of Artificial Neural Networks for Virtual Energy Assessment. **Energies**, V. 14. 2021.

MUKHTAR et al. Building Retrofit and Energy Conservation/ Efficiency Review: A Techno-Environ- Economic Assessment of Heat Pump System Retrofit in Housing Stock. **Sustainability**, V. 13, pp. 983. 2021

PACHECO-TORGAL, F. High tech startup creation for energy efficient built environment. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, V. 71, pp. 618–629. 2017.

PAINEL INTERNACIONAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS – IPCC. **Relatório especial**. 48a Sessão. Incheon, 2018. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/07/SPM-Portuguese-version.pdf>

PARKINSON et al. Nudging the adaptive thermal comfort model. **Energy and Buildings**, V. 206. 2020.

RAJAPAKSHA, U. Heat Stress Pattern in Conditioned Office Buildings with Shallow Plan Forms in Metropolitan Colombo. **Buildings**, V. 9, pp. 35. 2019.

SALEM et al. Energy performance and cost analysis for the nZEB retrofit of a typical UK hotel. **Journal of Building Engineering**, V. 31. 2020.

SEELEY, C.C; DHAKAL, S. Energy Efficiency Retrofits in Commercial Buildings: An Environmental, Financial, and Technical Analysis of Case Studies in Thailand. **Energies**, V. 14. 2021.

SHERMAN, R.; NAGANATHAN, H.; PARRISH, K. Energy Savings Results from Small Commercial Building Retrofits in the US. **Energies**, V. 14. 2021.

SHUJA, D; GARDEZI, S; IDREES, M. Prospects of Transforming Conventional Commercial Buildings to Net Zero Energy Building – Balancing the Economic Aspects with Energy Patterns. **Environmental and Climate Technologies**, V. 25(1) pp. 990-1002. 2021.

SONG et al. Impact of Urban Morphology and Climate on Heating Energy Consumption of Buildings in Severe Cold Regions. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, V. 17. 2020.

THYER et al. Optimizing energy use in an existing commercial building: a case study of Australia's Reef HQ Aquarium. **Energy Efficiency**, V. 11, pp.147–168. 2018.

TOUZANI, S; GRANDERSON, J; FERNANDES, S. Gradient boosting machine for modeling the energy consumption of commercial buildings. **Energy and Buildings**, V. 158, pp. 1533-1543. 2018.

US DEPARTMENT OF ENERGY. **Energy efficiency and renewable energy**. Zero Energy Buildings. 2022. Disponível em: <https://www.energy.gov/eere/buildings/zero-energy-buildings>

VIEGAS et al. Critical attributes of Sustainability in Higher Education: a categorization. **Journal of Cleaner Production**. 2016.

WALKER et al. Accuracy of different machine learning algorithms and added-value of predicting aggregated-level energy performance of commercial buildings. **Energy & Buildings**. 2020.

WANG et al. Occupancy prediction through Markov based feedback recurrent neural network (M-FRNN) algorithm with WiFi probe technology. **Building and Environment**, V. 138, pp. 160-170. 2018.

WANG, W.; CHENA, J.; HONG, T. Modeling occupancy distribution in large spaces with multi-feature classification algorithm. **Building and Environment**, V. 137, pp. 108–117. 2018.

WU, Y; FLEMMER, C. Glass Curtain Wall Technology and Sustainability in Commercial Buildings in Auckland, New Zealand. **International Journal of Built Environment and Sustainability**, V. 7, pp. 57-65. 2020.

ZHONG et al. The evolution and future perspectives of energy intensity in the global building sector 1971 e 2060. **Journal of Cleaner Production**, V. 305. 2021.



ANEXO

Tabela 1: Artigos analisados e a conexão com os ODS e mudanças climáticas.

Título do artigo	Autor (ano)	ODS	Mudanças Climáticas
Reducing energy consumption and increasing filter life in HVAC systems using an aspiration efficiency reducer: Long-term performance assessment at full-scale	Morgan et al. (2017)	N/A	Presente
The case study of combined cooling heat and power and photovoltaic systems for building customers using HOMER software	Kim et al. (2017)	N/A	Presente
Optimizing energy use in an existing commercial building: a case study of Australia's Reef HQ Aquarium	Thyer et al. (2018)	N/A	Presente
Impact of Adding Comfort Cooling Systems on the Energy Consumption and EPC Rating of an Existing UK Hotel	Amirkhani et al. (2020)	N/A	Presente
Impact of Urban Morphology and Climate on Heating Energy Consumption of Buildings in Severe Cold Regions	Song et al. (2020)	N/A	Presente
Lifecycle cost analysis (LCCA) of tailor-made building integrated photovoltaics (BIPV) façade: Solsmaragden case study in Norway	Gholami et al. (2020)	N/A	Presente
Energy Efficiency Retrofits in Commercial Buildings: An Environmental, Financial, and Technical Analysis of Case Studies in Thailand	Seeley and Dhakal (2021)	N/A	Presente
Energy Savings Results from Small Commercial Building Retrofits in the US	Sherman et al. (2021)	N/A	Presente
Occupant-Centric key performance indicators to inform building design and operations	Li et al. (2021)	N/A	Presente
Energy performance analytics and behavior prediction during unforeseen circumstances of retrofitted buildings in the arid climate	AlFaris et al. (2021)	N/A	Presente
Commercial building retrofitting: Assessment of improvements in energy performance and indoor air quality	Alazazmeh and Asif (2021)	N/A	Presente
Building retrofit and energy conservation/efficiency review: A techno-environmental assessment of heat pump system retrofit in housing stock	Mukhtar et al. (2021)	N/A	Presente
Heat Stress Pattern in Conditioned Office Buildings with Shallow Plan Forms in Metropolitan Colombo	Rajapaksha (2019)	N/A	Presente

Título do artigo	Autor (ano)	ODS	Mudanças Climáticas
Improving building energy efficiency in India: State-level analysis of building energy efficiency policies	Sha Yu et al. (2017)	N/A	Presente
Comparing energy efficiency labeling systems in the EU and Brazil: Implications, challenges, barriers and opportunities.	Wong and Kruger (2017)	N/A	Presente
Estimating energy savings from benchmarking policies in New York City	Meng et al. (2017)	N/A	Presente
Wakala buildings of Mamluk era in Cairo, Egypt and how far they meet the rating criteria of LEED V4	Abdel-Aal and El-Sayary (2018)	N/A	Presente
Developing a methodology for the ex-post assessment of Building Energy Efficiency Special Planning in Beijing during the 12th Five-Year Plan ^o period	Liu et al. (2019)	N/A	Presente
Green Performance Evaluation System for Energy-Efficiency-Based Planning for Construction Site Layout	Wang et al. (2019)	N/A	Presente
A Nonintrusive Load Monitoring Method for Office Buildings Based on Random Forest	Ling et al. (2021)	N/A	Presente
Uncertainties in Non-Domestic Energy Performance Certificate Generating in the UK	Amirkhani et al. (2021)	N/A	Presente
The Role of Mandatory Building Efficiency Disclosure on Green Building Price Premium: Evidence from Australia	Lee et al. (2022)	Alinhado com as metas do ODS 7	Presente
A model-based decision support tool for building portfolios under uncertainty	Boxer et al. (2017)	N/A	Presente
Investigating the potential impact of energy-efficient measures for retrofitting existing UK hotels to reach the nearly zero energy building (nZEB) standard	Salem et al. (2019)	N/A	Presente
Procedural tool for analysing building energy performance: structural equation modelling protocol	Mafimisebi et al. (2020)	Alinhado com as metas do ODS 7	Presente
A data-driven modelling and analysis approach to test the resilience of green buildings to uncertainty in operation patterns	Alkaabi et al. (2020)	N/A	Presente
Gradient boosting machine for modeling the energy consumption of commercial buildings	Touzani et al. (2018)	N/A	Presente

Título do artigo	Autor (ano)	ODS	Mudanças Climáticas
The potential for cool roofs to improve the energy efficiency of single storey warehouse-type retail buildings in Australia: A simulation case study	Seifhashemi et al. (2018)	Alinhado com as metas do ODS 7	Presente
Significant Implication of Optimal Capacitor Placement and Sizing for a Sustainable Electrical Operation in a Building	Razak et al. (2020)	N/A	Presente
Glass Curtain Wall Technology and Sustainability in Commercial Buildings in Auckland, New Zealand	Wu e Flemmer (2020)	N/A	Presente
Exploring the Critical Barriers to the Implementation of Renewable Technologies in Existing University Buildings	Fuentes-del-Burgo et al. (2021)	Alinhado com as metas do ODS 7, 9, 11	Presente
In-Depth Analysis of Energy Efficiency Related Factors in Commercial Buildings Using Data Cube and Association Rule Mining	Noh. B. et al. (2017)	Alinhado com as metas do ODS 7	Presente
The role of psychology and social influences in energy efficiency adoption	Hanus, N. et al. (2018)	Alinhado com as metas do ODS 7	N/A
How Climate Change Impacts Energy Load Demand for Commercial and Residential Buildings in a Large City in Northern China	Li, M. et al. (2018)	Alinhado com as metas do ODS 7	Presente
Value impacts of energy efficiency retrofits on commercial office buildings in Toronto, Canada	Carlson, K. and Pressnail, K.D. (2018)	Alinhado com as metas do ODS 7	Presente
Techno-economic analysis of DC power distribution in commercial buildings	Vossos, V. et al. (2018)	Alinhado com as metas do ODS 7	Presente
Demand side management in urban district heating networks	Cai et al. (2018)	Alinhado com as metas do ODS 7	Presente
Quantifying the uncertain effects of climate change on building energy consumption across the United States	Fonseca J. et al. (2020)	Alinhado com as metas do ODS 7	Presente

Título do artigo	Autor (ano)	ODS	Mudanças Climáticas
Future western U.S. building electricity consumption in response to climate and population drivers: A comparative study of the impact of model structure	Burleyson C. et al (2020)	Alinhado com as metas do ODS 7	N/A
Accuracy of different machine learning algorithms and added-value of predicting aggregated-level energy performance of commercial buildings	Walker S. et al. (2020)	Alinhado com as metas do ODS 7	Presente
The evolution and future perspectives of energy intensity in the global building sector 1971-2060	Zhong X. et al. (2021)	Alinhado com as metas do ODS 7	Presente
Application of Artificial Neural Networks for Virtual Energy Assessment	Mortazavigar A., et al. (2021)	Alinhado com as metas do ODS 7	Presente
Framework for parametric assessment of operational and embodied energy impacts utilizing BIM	Alwan Z. et al. (2021)	Alinhado com as metas do ODS 7	Presente
Optimal Control Strategies for Demand Response in Buildings under Penetration of Renewable Energy	Chen Y. et al (2022)	Alinhado com as metas do ODS 7	Presente
Cooling energy savings and occupant feedback in a two year retrofit evaluation of 99 automated ceiling fans staged with air conditioning	Miller et al. (2021)	N/A	Presente

Fontes: Autores.

MECANISMOS PARA CONCEPÇÃO DE PROJETOS DE EDIFICAÇÕES SUSTENTÁVEIS NO BRASIL

MECHANISMS FOR DESIGNING SUSTAINABLE BUILDING PROJECTS IN BRAZIL

Data de aceite: 04/07/2023 | Data de submissão: 24/06/2023

LUZ, Samantha Ohana de Miranda, mestranda

Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil,

E-mail: samantha.luz@discente.ufg.br

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-3580-0976>

GONÇALVES, Pedro Henrique, doutor

Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil, E-mail: pedrogoncalves@ufg.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9919-6557>

LIMA, Fabíolla Xavier Rocha Ferreira, doutora

Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil, E-mail: fabiollla_lima@ufg.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4889-7286>

RESUMO:

A construção civil é a atividade humana com maior impacto no meio ambiente, sendo de fundamental importância na consolidação das metas para desenvolvimento sustentável no país. Apesar dos maiores impactos na sustentabilidade do edifício ocorrerem durante o uso e manutenção, é no projeto do edifício que se tem maior potencial de interferir no desempenho ao longo da vida útil. Desta forma, o objetivo deste artigo é entender por meio de quais mecanismos a sustentabilidade pode ser inserida nos processos de concepção de projetos de edificações novas e de intervenção em pré-existências brasileiros. Para tanto, foi adotada a revisão de literatura como metodologia da pesquisa. Como resultado, foi identificado que o projeto sustentável pode recorrer às estratégias bioclimáticas, às simulações computacionais para entendimento da performance dos edifícios em diversos cenários sustentáveis; às premissas das certificações e dos selos; e à sensibilidade do projetista para inserir as questões sociais no processo.

PALAVRAS-CHAVE:

Projeto sustentável. Estratégias bioclimáticas. Simulação computacional. Selos e Certificações ambientais.

ABSTRACT:

Civil construction is the human activity with the greatest impact on the environment, and is of fundamental importance in consolidating the goals for sustainable development in the country. Although the greatest impacts on building sustainability occur during use and maintenance, it is no building design that has the greatest potential to interfere with performance over its useful life. In this way, the objective of this article is to understand through which the control of sustainability can be inserted in the design processes of new building projects and intervention in Brazilian pre-existing buildings. Therefore, a literature review was adopted as the research methodology. As a result, it was

identified that sustainable design can follow bioclimatic strategies, computational simulations to understand the performance of buildings in different contemplative scenarios; the assumptions of certifications and seals; and the sensitivity of the designer to include social issues in the process.

KEYWORDS:

Sustainable design. Bioclimatic strategies. Computer simulation. Environmental seals and certifications.

1. INTRODUÇÃO

As discussões em escala global sobre conservação do meio ambiente foram iniciadas em 1972 com a Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano, em Estocolmo, na Suécia, que estabeleceu uma agenda ambiental caracterizada pela gestão do uso do planeta e de seus recursos de maneira saudável e responsável (ONU, 2020). Conseqüentemente, nesta década, segundo Miranda (et al, 2019), foram criados, no Brasil, os órgãos ambientais: Secretaria do Meio Ambiente e Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

Em 1983 foi instituída a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento que, após quatro anos, concebeu o Relatório de Brundtland, com amplas recomendações, tornando público o conceito, até então inovador, de desenvolvimento sustentável (ONU, 2020).

O desenvolvimento sustentável pode ser definido como “o desenvolvimento que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de atender às suas próprias necessidades” através de ações ambientalmente responsáveis, socialmente justas e economicamente viáveis (MOTTA e AGUILLAR, 2009). “Aplicar o conceito de desenvolvimento sustentável é buscar em cada atividade formas de diminuir o impacto ambiental e aumentar a justiça social dentro do orçamento disponível” (MIRANDA et al, 2019). Isso nos mostra uma mudança de paradigma, pois insere junto com as preocupações ambientais, as questões sociais e econômicas e ainda as coloca em um mesmo patamar de importância.

Tal paradigma foi amplamente divulgado com a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (Rio-92), no Rio de Janeiro, que estabeleceu a “Agenda 21” como um instrumento para propiciar sociedades sustentáveis em todo o planeta, tendo como parâmetros a proteção ambiental, a justiça social e a eficiência econômica, devendo ser seguida, ao longo do século XXI, pelos países que a adotaram. Pela primeira vez propuseram ações concretas a serem cumpridas (MIRANDA et al, 2019).

Após 10 anos, em 2002, uma nova conferência foi realizada em Joanesburgo, na África do Sul (RIO+10); outra em 2012, no Rio de Janeiro novamente (Rio +20). No ano de 2015, em Nova York, nos Estados Unidos, foi realizada a Cúpula de Desenvolvimento Sustentável onde propuseram a renovação dos acordos e compromissos através de uma nova agenda de desenvolvimento sustentável, conhecida como Agenda 2030 para desenvolvimento sustentável (ONU, 2020).

Essa agenda, a ser alcançada até o ano de 2030, é um plano de ação composto por 17 objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) e 169 metas, todos integrados e buscando o equilíbrio entre as áreas social, econômica e ambiental. Foram criados com a intenção de promover vida digna a todas as pessoas do globo terrestre;

erradicar a pobreza; proporcionar a igualdade social, racial e de gênero; melhorar a educação; oportunizar políticas de combate às mudanças climáticas e conservação dos recursos naturais; dentre outros. No Brasil, a aplicação desta agenda está em retrocesso, segundo o VI Relatório Luz da Sociedade Civil, emitido em 2022 (GT AGENDA, 2022).

Esse panorama deixa claro que o conceito de sustentabilidade é relativamente jovem e engloba todas as esferas da sociedade, inclusive a construção civil. Ocorre que esta é a atividade do homem com maior impacto no meio ambiente, em função da enorme cadeia produtiva de materiais e componentes da construção e da dependência das suas atividades em um ambiente construído (AGOPYAN e JOHN, 2011), o que confere fundamental importância na consolidação das metas para desenvolvimento sustentável no país. Porém, em contrapartida, consegue contribuir na melhoria da qualidade de vida das pessoas em função de seus efeitos sociais e econômicos (MOTTA E AGUILLAR, 2009).

As edificações têm um ciclo de vida composto por: projeto, construção, uso e manutenção e final de vida útil. Segundo Motta e Aguilar (2009), a fase de uso e manutenção é a que apresenta maior impacto na sustentabilidade do edifício, porém é na etapa de projeto que se tem maior potencial de interferir no desempenho de uso e operação. Isso nos mostra que no projeto, ao adotar estratégias sustentáveis, é possível conseguir diminuir o uso dos recursos naturais e propiciar melhor desempenho para os edifícios.

Isto posto, o objetivo do trabalho é entender por meio de quais mecanismos a sustentabilidade pode ser inserida nos processos de concepção de projetos de edificações novas e de intervenção em pré-existências brasileiros.

Como metodologia foi adotada a revisão de literatura, onde foram levantadas as características dos projetos sustentáveis; que levou ao estudo das principais estratégias bioclimáticas e a aplicabilidade para cada zona bioclimática, em conformidade com a NBR 15220; ao entendimento da importância da simulação computacional e seleção dos principais softwares com continuidade utilizados pelos projetistas no Brasil; e ao levantamento dos selos e certificações vigentes no país, seleção dos principais e identificação dos critérios de cada que podem ser aplicados aos projetos sustentáveis.

Infere-se que o conhecimento dos mecanismos de promoção da sustentabilidade nos projetos de arquitetura auxilia os projetistas na tomada de decisão durante a elaboração do projeto, propiciando não só a redução do consumo de recursos naturais, mas também a economia na operação do edifício e seus sistemas, bem como melhor qualidade e conforto aos usuários no espaço construído.

2. O PROJETO DE EDIFICAÇÕES SUSTENTÁVEIS

Os projetos das edificações são capazes de determinar o quanto ela será sustentável, uma vez que as decisões projetuais influenciam diretamente no uso e operação. Oliveira e Romero (2020) entendem que para um projeto ser sustentável, deve ser concebido em sintonia com o meio ambiente e integrar, com mesmo patamar de importância, os aspectos sociais e econômicos envolvidos nas edificações. Desta forma, deve ser eficiente energeticamente, ter um ciclo de vida

adequado, propor espaços saudáveis e confortáveis aos usuários, atender às necessidades sociais e ser viável economicamente.

Agopyan e John (2011) ressaltam sobre a importância das decisões em relação à localização e implantação do edifício; ao partido arquitetônico adotado; a especificação dos materiais, insumos, componentes e sistemas construtivos e aos condicionantes ambientais pois promovem reflexos diretos no consumo energético e nos recursos naturais. Motta e Aguillar (2009) complementam esses quesitos citando as práticas para sustentabilidade propostas pelo Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS), onde entendem como primordiais que haja aproveitamento das condições naturais locais; melhor aproveitamento do terreno com utilização otimizada; análise do entorno; não impactar negativamente no entorno; proporcionar qualidade ambiental interna e externamente; redução do consumo de energia e água; escolha de materiais sustentáveis e propor inovações tecnológicas.

Com esse panorama, ressalta-se que os arquitetos precisam se conscientizar do seu papel como produtores de espaços sustentáveis e disseminadores do conceito na sociedade. Para tanto, precisam incluir na sua prática metodologias projetuais de racionalização dos recursos naturais e de viabilidade econômica, bem como a sensibilidade para lidar com os aspectos sociais e culturais necessários para a adequada apropriação do edifício pelos usuários.

Para tanto, o profissional precisa entender a realidade do local de inserção do edifício, para propor estratégias sociais e bioclimáticas adequadas e personalizadas; utilizar de ferramentas computacionais para simulação dos aspectos ambientais; bem como se aproximar aos aportes teóricos da sustentabilidade por meio de normativas, regulamentos, certificações ambientais e sistemas de etiquetagem, mesmo que tenham um enfoque predominante na dimensão ambiental ou em tipologias arquitetônicas distintas (SANTOS E SOUZA, 2008; MATOS E LIBRELOTTO, 2016).

No Brasil, os meios de validação da sustentabilidade mais conhecidos são: NBR 15215 que trata da iluminação natural nos ambientes (ABNT, 2020); NBR 15220, que trata do desempenho térmico de edificações habitacionais, identificando estratégias bioclimáticas específicas para cada zona bioclimática do país (ABNT, 2005); NBR 15575, que trata do desempenho das edificações habitacionais em todas as suas fases de vida (ABNT, 2013); certificação ambiental LEED (Leadership in Energy and Environmental Design); certificação ambiental AQUA (Alta Qualidade Ambiental); sistema de etiquetagem PROCEL Edifica e sistema de etiquetagem Selo Azul Caixa.

Os tópicos a seguir propõem a discussão sobre alguns mecanismos e suas possíveis incidências na prática de projeto de edificações novas e de reabilitação ambiental no Brasil.

2.1. Estratégias bioclimáticas

O bioclimatismo é definido como a aplicação de estratégias passivas de projeto que visam o equilíbrio entre clima e ambiente construído que minimizem o gasto energético e promovam o conforto térmico. Para Costa (2021), “nada mais é do que adequar a construção ao seu microclima, tirando proveito dos recursos naturais, através da forma arquitetônica (tipologia e morfologia) com o intuito de atingir a carga térmica desejada dentro do ambiente”.

As estratégias bioclimáticas se mostram essenciais na promoção de edifícios mais sustentáveis, haja vista que por definição buscam meios passivos de aquecimento, climatização e iluminação naturais para conforto no ambiente construído e minimização do gasto energético. Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (2014), sua eficácia é comprovada, principalmente, nos exemplares de construção vernacular, sendo a arquitetura bioclimática precursora da arquitetura sustentável.

Corbella e Yannas (2003) entendem que o equilíbrio entre o clima e o ambiente construído é propiciado pelo controle solar, pela dissipação de energia, pela escolha dos materiais dos sistemas, pelo desempenho térmico, pela iluminação natural, pelo conforto acústico e pela correta implantação do edifício no terreno.

De modo geral, existem 6 estratégias bioclimáticas, que poderão ser agrupadas para melhor atendimento das necessidades e aplicadas em conformidade com a estação, o clima e o problema que se pretende resolver, sendo elas: Aquecimento solar passivo, inércia para aquecimento, inércia térmica para resfriamento, resfriamento evaporativo, sombreamento e ventilação natural (PROJETEE, 2023)

Para edificações habitacionais unifamiliares de interesse social, essas estratégias são normatizadas por meio da NBR 15220 (ABNT, 2005), que estabelece características para as vedações externas e para ventilação e sombreamento das aberturas, bem como estratégias bioclimáticas em conformidade com cada uma das 8 zonas bioclimáticas, conforme discriminado a seguir.

Quadro 1: Critérios da NBR 15220/2005 para elaboração de projetos em cada zona bioclimática (ZB) brasileira: transmitância (U), atraso térmico (ϕ) e fator solar (FSo) das paredes e coberturas.

ZB	Paredes				Cobertura			
	Tipo	U(W/m2.K)	ϕ (h)	FSo(%)	Tipo	U(W/m2.K)	ϕ (h)	FSo(%)
01	leve	$\leq 3,00$	$\leq 4,3$	$\leq 5,0$	leve isolada	$\leq 2,00$	$\leq 3,3$	$\leq 6,5$
02	leve	$\leq 3,00$	$\leq 4,3$	$\leq 5,0$	leve isolada	$\leq 2,00$	$\leq 3,3$	$\leq 6,5$
03	leve refletora	$\leq 3,60$	$\leq 4,3$	$\leq 4,0$	leve isolada	$\leq 2,00$	$\leq 3,3$	$\leq 6,5$
04	pesada	$\leq 2,20$	$\geq 6,5$	$\leq 3,5$	leve isolada	$\leq 2,00$	$\leq 3,3$	$\leq 6,5$
05	leve refletora	$\leq 3,60$	$\leq 4,3$	$\leq 4,0$	leve isolada	$\leq 2,00$	$\leq 3,3$	$\leq 6,5$
06	pesada	$\leq 2,20$	$\geq 6,5$	$\leq 3,5$	leve isolada	$\leq 2,00$	$\leq 3,3$	$\leq 6,5$
07	pesada	$\leq 2,20$	$\geq 6,5$	$\leq 3,5$	pesada	$\leq 2,00$	$\geq 6,5$	$\leq 6,5$
08	leve refletora	$\leq 3,60$	$\leq 4,3$	$\leq 4,0$	leve refletora	$\leq 2,30$.FT	$\leq 3,3$	$\leq 6,5$

Fonte: produzido pelos autores a partir de ABNT (2005).

Quadro 2: Critérios da NBR 15220/2005 para elaboração de projetos em cada zona bioclimática (ZB) brasileira: sombreamento das aberturas, o percentual de aberturas e estratégias de condicionamento passivo em função da estação do ano.

ZB	Aberturas para ventilação		Sombreamento das aberturas	Estratégias de condicionamento térmico passivo	
	Tipo	Percentual		Verão	Inverno
01	médias	$15\% < A < 25\%$	permitir sol durante o período frio	-	Aquecimento solar da edificação e Vedações internas pesadas (inércia térmica)
02	médias	$15\% < A < 25\%$	permitir sol durante o inverno	Ventilação cruzada	Aquecimento solar da

ZB	Aberturas para ventilação		Sombreamento das aberturas	Estratégias de condicionamento térmico passivo	
	Tipo	Percentual		Verão	Inverno
					edificação e Vedações internas pesadas (inércia térmica)
03	médias	15%<A<25%	permitir sol durante o inverno	Ventilação cruzada	Aquecimento solar da edificação e Vedações internas pesadas (inércia térmica)
04	médias	15%<A<25%	sombrear aberturas	Resfriamento evaporativo e massa térmica para resfriamento; Ventilação seletiva (nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior à externa)	Aquecimento solar da edificação e Vedações internas pesadas (inércia térmica)
05	médias	15%<A<25%	sombrear aberturas	Ventilação cruzada	Vedações internas pesadas (inércia térmica)
06	médias	15%<A<25%	sombrear aberturas	Resfriamento evaporativo e massa térmica para resfriamento; Ventilação seletiva (nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior à externa)	Vedações internas pesadas (inércia térmica)
07	pequenas	10%<A<15%	sombrear aberturas	Resfriamento evaporativo e massa térmica para resfriamento; Ventilação seletiva (nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior à externa)	-
08	grandes	A>40%	sombrear aberturas	Ventilação cruzada permanente	-

Fonte: produzido pelos autores a partir de ABNT (2005).

Apesar desta norma não abranger todas as tipologias construtivas, na ausência de regulamentação, se mostra como uma ferramenta viável na projeção de edifícios que se adequam ao local de implantação.

2.2. Simulação computacional para projetos sustentáveis

A simulação computacional no projeto de edificações tem por função reproduzir, em meio virtual, suas características em funcionamento reais e manipuladas após as intervenções, de modo que se chegue a um cenário favorável.

Para Wilde (2004), essas ferramentas na elaboração dos projetos atuam como suporte ao desenvolvimento nas fases iniciais de projeto e como otimizadoras e verificadoras das decisões nas etapas mais avançadas da concepção.

Segundo Kolarevic (2005), a incorporação das simulações computacionais na prática projetual tem como função orientar para um design generativo, ou seja, sua função não é apenas avaliar uma proposta já formulada, como mecanismo para obter soluções práticas, mas sim moldar a forma do edifício concomitantemente aos feedbacks sobre o desempenho em diferentes perspectivas, como por exemplo: estrutural, térmica, iluminação, de fabricação. Com isso, o projetista assume um papel de manipulador do potencial morfogênico do edifício que está sendo projetado, onde equilibra os elementos quantificáveis de desempenho com a sensibilidade estética e plástica.

Além da utilização dessas ferramentas durante a elaboração dos projetos de edificações novas, também há fundamental aplicação para intervenções em edificações em operação. A simulação permite identificar as práticas de ocupação dos usuários, características construtivas, bem como equipamentos que geram maior consumo de energia (SOUZA E SILVA, 2021). Da mesma forma, a avaliação do comportamento na operação permite criar sistemas de retroalimentação de dados e buscar melhoria contínua para a edificação que está sendo reformada e para as que ainda serão projetadas (OLIVEIRA e ROMERO, 2020).

O uso da simulação computacional é indicado como um dos métodos, porém o mais preciso, dos Regulamentos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações (RTQ-R e RTQ-C) e pela norma de desempenho das edificações habitacionais NBR 15575 (ABNT, 2013). Além do mais, é usado nas certificações ambientais, como a Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) e a Alta Qualidade Ambiental (AQUA).

O quadro a seguir elenca alguns dos softwares mais conhecidos que realizam simulações termo energéticas e de iluminação, que refletem na sustentabilidade final do edifício projetado.

Quadro 3: Exemplos de softwares que avaliam aspectos da sustentabilidade em projetos

Software	Descrição	Referência
Daysim	Ferramenta para análise da iluminação natural que calcula as iluminâncias internas de um ambiente no período de um ano, tendo como dados de entrada os arquivos climáticos, bem como os padrões de consumo de iluminação artificial com base nos padrões de uso.	DIDONÉ, PEREIRA (2010)
Design Builder	Ferramenta utilizada na modelagem para criação, visualização e simulação de modelos térmicos de edifício. Permite análise do consumo de energia em edifícios, incluindo energia e conforto, HVAC, iluminação natural, custo, otimização do projeto, CFD, créditos BREEAM/LEED e relatórios em conformidade com vários regulamentos nacionais de construção e padrões de certificação	DESIGNBUILDER (2023); HARISH e KUMAR, 2016.
DIALux	Ferramenta de análise luminotécnica que simula iluminância e fator de luz diurna, tendo como base o horário e o tipo de céu para cada simulação.	OLIVEIRA, SPIEL, CRIPPA (2021)
DOMUS	Ferramenta para simulação higratérmica e energética de edificações que analisa o consumo e demanda de energia; conforto térmico; risco de crescimento de mofo e de condensação; influência climática, monitoramento de sistemas centrais de condicionamento de ar; avaliação do nível de eficiência, em	PROCEL (2006); DOMUS (2022)

Software	Descrição	Referência
	conformidade com os RTQs.	
EnergyPlus	Ferramenta para simulação de energia de edifícios e modelagem do consumo para aquecimento, resfriamento, ventilação, iluminação e cargas de processos, bem como o uso de água	ENERGYPLUS (2023)
Grasshopper	É uma linguagem de programação visual, executada no programa de desenho auxiliado por computador chamado Rhinoceros 3D, que realiza modelagem algorítmica e paramétrica com base em dados referenciados e simulação de diferentes tipos de análises ambientais, fazendo uso de Plugins como: Ladybug (simulação de dados climáticos), Honeybee (análise de eficiência energética), Dragonfly (simulação de ilhas de calor e energia), Butterfly (avaliação de fluidos - ventos).	FARIA (2017); RHINO 3D (2023) LADYBUG (2023)
Insight	É um plugin desenvolvido para o Revit para realizar simulações de iluminância, fator de luz diurna, autonomia espacial da luz natural e exposição anual à luz solar.	OLIVEIRA, SPIEL, CRIPPA (2021)
Radiance	Ferramenta para simulação do comportamento físico da luz, que informa a distribuição das iluminâncias e luminâncias em edificações sob condições de céu definidas.	DIDONÉ, PEREIRA (2010)

Fonte: produzido pelos autores a partir de DESIGNBUILDER (2023); DIDONÉ, PEREIRA (2010); DOMUS (2022); ENERGYPLUS (2023); FARIA (2017); HARISH e KUMAR, 2016; LADYBUG (2023); OLIVEIRA, SPIEL, CRIPPA (2021); PROCEL (2006); RHINO 3D (2023).

Os softwares citados permitem a realização de estudos quantitativos e qualitativos da luz disponível no ambiente, do comportamento da iluminação artificial em função dos padrões de consumo; da dinâmica do consumo energético; dos reflexos das variáveis ambientais no edifício: temperatura do ar, umidade relativa, movimento do ar e iluminação; da radiação incidente; dos padrões de ocupação; dos efeitos da inércia térmica; do sombreamento das fachadas; variações do clima, entre outros. O entendimento pelo projetista dessas variáveis no edifício consegue nortear suas decisões para um projeto sustentável.

2.3. Selo PROCEL Edifica

O Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações - (PROCEL Edifica) faz parte do Programa Brasileiro de Etiquetagem em edificações (PBE-Edifica) que desenvolveu o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) e o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R) e seus documentos complementares, o caderno técnico de Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética de Edificações (RAC) e os Manuais para aplicação do RTQ-C e do RTQ-R.

O RTQ-C se caracteriza como um manual de procedimentos para a obtenção da Etiqueta Nacional de Eficiência Energética (ENCE) da edificação que avalia três sistemas: a envoltória, composta pelas vedações externas dos edifícios; a iluminação, que considera a eficiência das luminárias, lâmpadas e circuitos elétricos; e o condicionamento de ar, com foco em equipamentos eficientes, em edificações novas ou existentes utilizando o método prescritivo e/ou simulação computacional. Os pré-requisitos e elementos avaliados estão sintetizados no Quadro 4. Além desses sistemas, podem ser contabilizadas bonificações, ou seja, pontos extras acrescentados ao indicador numérico que visam incentivar a adoção de soluções que geram economia: sistemas de racionalização do uso de água, fontes renováveis de

energia, aquecimento de água utilizando energia solar, cogeração, entre outros. (ELETROBRÁS; PBE EDIFICA; INMETRO, 2016).

Quadro 4: Síntese dos pré-requisitos (itens em verde), dos elementos avaliados (itens em azul) e as bonificações na obtenção da ENCE para edificações comerciais, de serviços e públicas.

Envoltória	Iluminação	Condicionamento de ar	Bonificações
Limites referenciais de absorvância térmica da cobertura	Divisão de circuitos internos no ambiente para permitir desligamento das luminárias próximas às janelas	Isolamento térmico para dutos de ar com espessuras correspondentes ao seu diâmetro nominal	Sistemas e equipamentos que racionalizam o uso da água.
Limites referenciais de transmitância térmica da cobertura	Contribuição da luz natural	Atendimento a COP mínimo para condicionamento por aquecimento artificial	Aproveitamento de água pluvial
Limites referenciais de absorvância térmica das paredes	Desligamento automático do sistema de iluminação	Cargas térmicas calculadas de acordo com a ASHRAE e NBR 16401	Uso de fontes alternativas de água
Limites referenciais de transmitância térmica das paredes	Medição individualizada de energia	Controle da temperatura por zonas de uso.	Uso de fontes renováveis de energia
Limites referenciais de capacidade térmica das paredes	Potência adequada de iluminação com base na área ou no uso	Sistemas de desligamento automático	Uso de sistemas de cogeração e inovações técnicas ou de sistemas
Limites referenciais de fator solar em aberturas zenitais	Uso de lâmpadas e luminárias eficientes	Aparelhos com nível de eficiência A	Elevadores ENCE nível A
Sombreamento das aberturas			Elevadores ENCE nível A
Equilíbrio no ganho de calor pelas aberturas			

Fonte: produzido pelos autores a partir de ELETROBRÁS; PBE EDIFICA; INMETRO, 2016.

O RTQ-R se diferencia do RTQ-C em relação aos sistemas avaliados: envoltória, composta pela cobertura e fechamentos verticais externos do edifício; e aquecimento de água, referente aos sistemas elétricos, solares e a gás que aquece a água utilizada no edifício. Neste caso, as bonificações se resumem em estratégias que visam a redução do uso de água e iluminação artificial, bem como pela preferência por aparelhos com selo de eficiência nível A (ELETROBRÁS; PBE EDIFICA; INMETRO, 2016). Os pré-requisitos e as bonificações estão dispostos no Quadro 5 a seguir.

Quadro 5: Síntese dos pré-requisitos (itens em verde), dos elementos avaliados (itens em azul) e as bonificações na obtenção da ENCE para edificações residenciais.

Envoltória	Aquecimento de água	Bonificações
Limites referenciais de absorvância térmica da cobertura	Isolamento térmico das tubulações com espessuras correspondentes ao seu diâmetro nominal	Estratégias de ventilação natural
Limites referenciais de transmitância térmica da cobertura	Orientação dos coletores solares voltados para norte geográfico com desvio máximo de 30°	Estratégias de iluminação natural
Limites referenciais de absorvância térmica das	Aquecedores a gás do tipo instantâneo e de acumulação	Estratégias para uso racional de água

Envoltória	Aquecimento de água	Bonificações
paredes	devem possuir ENCE A ou B	
Limites referenciais de transmitância térmica das paredes	Reservatórios e Coletores solares devem possuir ENCE A ou B	Condicionamento artificial do ar com aparelhos ENCE A
Limites referenciais de capacidade térmica da parede		Uso iluminação artificial com eficiência superior a 75 lm/W ou com Selo Procel.
Percentual mínimo de aberturas para ventilação		Uso de $\frac{2}{3}$ dos ventiladores de teto com Selo PROCEL
Ventilação cruzada (ZB2 a ZB8)		Uso de refrigeradores com ENCE A
Iluminação natural (aberturas com 12,5% da área útil dos ambientes)		Medição individualizada do sistema de aquecimento de água

Fonte: produzido pelos autores a partir de ELETROBRÁS; PBE EDIFICA; INMETRO, 2016.

Essas etiquetas são de caráter voluntário, tendo obrigatoriedade apenas para edifícios públicos federais, e classifica as edificações em diferentes escalas de eficiência: A, para os mais eficientes, a E, para as menos eficientes, sendo concedida em duas etapas: no projeto e após a construção. Podem ser emitidas: a ENCE Geral, onde são avaliados todos os sistemas juntos e a ENCE Parcial, onde há a emissão de etiqueta separadamente para um dos sistemas do edifício ou para uma parcela dos sistemas ou para unidades habitacionais (UH). O cálculo dos níveis de eficiência parciais e do nível geral de eficiência pode ser alterado tanto por bonificações, que podem elevar a eficiência, quanto por pré-requisitos que, se não cumpridos, podem reduzir esses níveis. Esses pré-requisitos são de caráter obrigatório, referem-se a cada sistema em particular e também ao edifício por completo. (ELETROBRÁS; PBE EDIFICA; INMETRO, 2016)

Tais exigências previstas no selo PROCEL Edifica visam a eficiência energética das edificações, e por consequência, a sustentabilidade, haja vista a indicação de instalações e equipamentos com selos de eficiência, bem como características construtivas para envoltória do edifício que se adapta às condições térmicas do local onde será construída.

2.4. Selo Casa Azul CAIXA

Trata-se de um instrumento que permite a classificação socioambiental de projetos habitacionais, de maneira voluntária, em níveis ouro, prata e bronze, levando em consideração as soluções eficientes aplicadas à construção, uso, operação e manutenção das edificações, com vistas ao uso racional de recursos naturais e melhoria da qualidade da habitação e do entorno (CEF, 2010).

Apresenta 53 critérios de avaliação, divididos em 6 categorias: Qualidade urbana (5 critérios), Projeto e Conforto (11 critérios); Eficiência Energética (8 critérios); Conservação de recursos naturais (10 critérios); Gestão da água (8 critérios) e Práticas Sociais (11 critérios), conforme demonstrado no Quadro 6. Para obter um nível de classificação bronze, devem ser atendidos os 19 itens obrigatórios; para nível prata devem ser adicionados mais 06 critérios de livre escolha, além dos obrigatórios e nível ouro, da mesma forma, porém com acréscimo de 12 critérios (MATOS E LIBRELOTTO, 2016).

Quadro 6: Discriminação dos critérios em conformidade com as categorias, com diferenciação em verde para os itens obrigatórios e em azul, os não obrigatórios.

Qualidade urbana	Projeto e conforto	Eficiência energética	Conservação de recursos materiais	Gestão da água	Práticas sociais
Qualidade do Entorno - Infraestrutura	Paisagismo	Lâmpadas de Baixo Consumo - Áreas Privativas	Coordenação Modular	Medição Individualizada - Água	Educação para a Gestão de RCD
Qualidade do Entorno - Impactos	Flexibilidade de Projeto	Dispositivos Economizadores - Áreas Comuns	Qualidade de Materiais e Componentes	Dispositivos Economizados - Sistema de Descarga	Educação Ambiental dos Empregados
Melhorias no Entorno	Relação com a Vizinhança	Sistema de Aquecimento Solar	Componentes Industrializados ou Pré-fabricados	Dispositivos Economizados - Arejadores	Desenvolvimento Pessoal dos Empregados
Recuperação de Áreas Degradadas	Solução Alternativa de Transporte	Sistemas de Aquecimento à Gás	Formas e Escoras Reutilizáveis	Dispositivos Economizados - Registro Regulador de Vazão	Capacitação Profissional dos Empregados
Reabilitação de Imóveis	Local para Coleta Seletiva	Medição Individualizada - Gás	Gestão de Resíduos de Construção e Demolição (RCD)	Aproveitamento de Águas Pluviais	Inclusão de trabalhadores locais
	Equipamentos de Lazer, Sociais e Esportivos	Elevadores Eficientes	Concreto com Dosagem Otimizada	Retenção de Águas Pluviais	Participação da Comunidade na Elaboração do Projeto
	Desempenho Térmico - Vedações	Eletrodomésticos Eficientes	Cimento de Alto-Forno (CPIII) e Pozolânico (CP IV)	Infiltração de Águas Pluviais	Orientação aos Moradores
	Desempenho Térmico - Orientação ao Sol e Ventos	Fontes Alternativas de Energia	Pavimentação com RCD	Áreas Permeáveis	Educação Ambiental dos Moradores
	Iluminação Natural de Áreas Comuns		Facilidade de Manutenção da Fachada		Capacitação para Gestão do Empreendimento
	Ventilação e Iluminação Natural de Banheiros		Madeira Plantada ou Certificada		Ações para Mitigação de Riscos Sociais
	Adequação às Condições Físicas do Terreno				Ações para a Geração de Emprego e Renda

Fonte: adaptado pelos autores a partir de CEF (2010).

Além dos critérios, há exigência de atendimento dos seguintes pré-requisitos: regras dos programas da CAIXA de acordo com a linha de financiamento ou de repasse; legalização junto a prefeitura; regras da Ação Madeira Legal; norma de acessibilidade 9050; percentual mínimo de unidades habitacionais acessíveis e demais normativas vigentes aplicáveis (CEF, 2010).

A concessão do selo se dá através da verificação, durante análise de viabilidade técnica do projeto, do atendimento aos critérios estabelecidos, podendo ser suspenso em caso de não aplicação das previsões de projeto na construção (CEF, 2010).

Tal selo propõe estratégias que englobam desde os impactos da implantação do edifício, passando por soluções de projeto que promovem desempenho e conservação dos sistemas, planejamento dos materiais que serão aplicados e descartados na obra, até chegar em soluções que englobam o âmbito social, até então não verificado em outros mecanismos abordados no trabalho, com práticas sociais para a comunidade local e usuária da edificação.

2.5. LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)

É um sistema internacional de certificação verde que avalia o edifício em sua totalidade, compreendendo avaliações desde a sua concepção até a operação, podendo ser aplicado em qualquer etapa do seu ciclo de vida e em qualquer tipologia arquitetônica. Ele objetiva incentivar e acelerar a adoção de práticas sustentáveis, porém tem uma vertente mercadológica (GBC, 2023).

Tem sido amplamente utilizado no Brasil, principalmente no estado de São Paulo, tendo reduções consideráveis na emissão de gás carbônico, no uso de água e energia e na destinação e reaproveitamento dos resíduos da construção nos edifícios em que foi aplicado (GBC, 2023).

Apresenta 04 tipologias, que consideram as especificidades de cada empreendimento: Building Designs + Construction para construções novas e reformas; Interior Design + Construction para certificação de espaços internos de escritórios comerciais, lojas de varejo e hospedagem; Operation & Maintenance para operação e manutenção de empreendimentos existentes e Neighborhood para desenvolvimento de bairros. Cada tipologia apresenta itens específicos nas seguintes áreas: Localização e Transporte; Espaço sustentável; Eficiência do uso de água; Energia e Atmosfera; Materiais e Recursos; Qualidade ambiental interna; Inovação e processos; Créditos de Prioridade Regional (GBC, 2023).

Cada uma das áreas apresenta itens obrigatórios de atendimento, os créditos e itens opcionais, os pré-requisitos, a serem alcançados, totalizando uma pontuação máxima de 110. Os pontos conquistados determinam qual nível de certificação o edifício recebe: LEED Certified com intervalo de 40 - 49 pontos; Silver entre 50 - 59 pontos, Gold de 60 a 79 pontos e Platinum com mais de 80 pontos (GBC, 2023).

Quadro 7: Discriminação dos critérios em conformidade com as categorias, com diferenciação em verde para os itens obrigatórios (pré-requisitos) e em azul, os não obrigatórios para edificações novas e grandes reformas (Building Designs + Construction).

Localização e transporte	Terrenos sustentáveis	Eficiência hídrica	Materiais e recursos
Localização do LEED Neighborhood (Bairros)	Prevenção da Poluição na Atividade de Construção	Redução do Uso de Água do Exterior	Armazenamento e Coleta de recicláveis
Proteção de Áreas Sensíveis	Avaliação do Terreno	Redução do Uso de Água do Interior	Plano de Gerenciamento da Construção e Resíduos de Demolição
Local de Alta Prioridade	Proteger ou restaurar o habitat	Medição de Água do Edifício	Redução do Impacto do Ciclo de Vida do Edifício
Densidade do Entorno e Usos Diversos	Espaço Aberto	Redução do Uso de Água do Exterior	Declarações Ambientais de Produto
Acesso a Transporte de Qualidade	Gestão de Águas Pluviais	Redução do Uso de Água do Interior	Origem de Matérias-primas
Instalações para Bicicletas	Redução de Ilhas de Calor	Uso de Água de Torre de Resfriamento	Ingredientes do Material
Redução da Área de Projeção do Estacionamento	Redução da Poluição Luminosa	Medição de Água	Gerenciamento da Construção e Resíduos de Demolição
Veículos Verdes			
Energia e Atmosfera	Qualidade do ambiente interno	Inovação	Prioridade Regional
Comissionamento Fundamental e Verificação	Desempenho Mínimo da Qualidade do Ar Interior	Inovação	Prioridade Regional: Crédito Específico
Desempenho Mínimo de Energia	Controle Ambiental da Fumaça de Tabaco	Profissional Acreditado LEED	
Medição de Energia do Edifício	Estratégias Avançadas de Qualidade do Ar Interior		
Gerenciamento de Gases Refrigerantes	Materiais de Baixa Emissão		
Comissionamento Avançado	Plano de Gestão da Qualidade do Ar Interior da Construção		
Otimizar Desempenho Energético	Avaliação da Qualidade do Ar Interior		
Medição de Energia Avançada	Conforto Térmico		
Resposta à Demanda	Iluminação Interna		
Produção de Energia Renovável	Luz Natural		
Gerenciamento Avançado de Gases Refrigerantes	Vistas de Qualidade		
Energia Verde e Compensação de Carbono	Desempenho Acústico		

Fonte: adaptado pelos autores a partir de GBC (2023).

Na elaboração dos projetos, essa certificação, em suma, influencia nas decisões em relação a qualidade do ambiente interno com vistas ao conforto térmico, desempenho acústico, qualidade interna do ar e iluminação artificial adequada; à gestão das águas pluviais e da água de abastecimento do edifício; ao desempenho térmico e energético; ao uso de energias renováveis; a correta escolha do terreno; implantação sem provocar modificações expressivas na ambiência do entorno; seleção de materiais construtivos com ciclo energético menor, além do uso de inovações tecnológicas de todos os âmbitos.

2.6. AQUA (Alta Qualidade Ambiental) - HQE

É uma certificação internacional da construção de alta qualidade ambiental, derivada da Démarche HQE (Haute Qualité Environnementale) com adaptações em relação à cultura, ao clima, às normas técnicas e regulamentações brasileiras e aplicada pela Fundação Vanzolini desde o seu lançamento em 2008 (VANZOLINI, 2023).

O processo de certificação é realizado tanto no ciclo de construção, quanto no ciclo de operação onde são realizadas auditorias periódicas para averiguação da conformidade com os documentos apresentados na solicitação. Ao final de cada auditoria são emitidos dois certificados: 1 de valor nacional (AQUA) e 1 de valor internacional (HQE) (VANZOLINI, 2023).

Eles avaliam a qualidade ambiental do edifício (QAE) através de 14 categorias, que se desdobram em outras exigências mais específicas para o cálculo da pontuação da edificação. Pode ser classificada no nível Base, Boas Práticas ou Melhores Práticas e cabe ao projetista definir quais categorias atingirão a classificação máxima, intermediária ou mínima, de acordo com sua estratégia de sustentabilidade (VANZOLINI, 2023). O quadro a seguir apresenta as exigências de cada categoria para projeto de edificações não residenciais, a título de exemplificação dos quesitos avaliados. A certificação apresenta algumas variações nos critérios em função das especificidades das tipologias construtivas: edificações não residenciais, residenciais e de saúde.

Quadro 8: Discriminação das exigências das categorias da certificação AQUA-HQE para edificações não residenciais.

Meio ambiente			
Edifício e entorno	Produtos, sistemas e processos construtivos	Canteiro de obras	Resíduos
Implantação do edifício no terreno tendo em vista um desenvolvimento urbano sustentável	Escolhas que garantam a durabilidade e a adaptabilidade da construção	Otimização da gestão dos resíduos do canteiro de obras	Otimização da valorização dos resíduos de uso e operação do edifício
Qualidade dos espaços externos acessíveis aos usuários	Escolhas que facilitem a conservação da construção	Redução dos incômodos e da poluição causados pelo canteiro de obras	Qualidade do sistema de gerenciamento dos resíduos de uso e operação do edifício.
Impactos do edifício sobre a vizinhança	Escolhas de produtos visando a limitar os impactos socioambientais da construção	Redução do consumo de recursos no canteiro de obras	

Meio ambiente			
Edifício e entorno	Produtos, sistemas e processos construtivos	Canteiro de obras	Resíduos
	Escolhas de produtos visando a limitar os impactos da construção na saúde humana		
Energia e economia			
Energia	Água	Manutenção	-
Redução do consumo de energia por meio da concepção arquitetônica	Redução do consumo de água potável	Otimizar a concepção dos sistemas do edifício para simplificar a conservação e a manutenção	-
Redução do consumo de energia primária	Gestão das águas pluviais no terreno	Concepção do edifício para acompanhamento e o controle dos consumos	-
Redução das emissões de poluentes na atmosfera	Gestão das águas servidas	Concepção do edifício para acompanhamento e o controle do desempenho dos sistemas e das condições de conforto	-
Conforto			
Conforto higrotérmico	Conforto acústico	Conforto visual	Conforto olfativo
Implementar medidas arquitetônicas para otimizar o conforto higrotérmico	Criação de uma qualidade de meio acústico apropriada aos diferentes ambientes	Otimização da luz natural	Controle das fontes de odores desagradáveis
Criação de condições de conforto higrotérmico por meio de aquecimento		Iluminação artificial confortável	
Criação de condições de conforto higrotérmico em ambientes que não dispõem de um sistema de resfriamento			
Criação de condições de conforto higrotérmico por meio de resfriamento			
Saúde e segurança			
Qualidade dos espaços	Qualidade do ar	Qualidade da água	-
Redução da exposição magnética	Garantia de uma ventilação eficaz	Qualidade da concepção da rede interna	-
Criação de condições de higiene específicas	Controle das fontes de poluição internas	Controle da temperatura na rede interna	-
		Controle dos tratamentos	-
		Qualidade da água nas áreas de banho	-

Fonte: adaptado pelos autores a partir de Vanzolini (2023).



Essa certificação deixa clara a multidisciplinaridade quanto se trata da sustentabilidade. É possível constatar que tais categorias devem ser definidas na fase de projeto, pois com isso as edificações conseguem garantir qualidade e conforto nos espaços nos âmbitos acústico, térmico, visual e olfativo; uso responsável da energia e da água; garantia de manutenção que eleve sua vida útil, além de menor geração de resíduos no meio ambiente.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa atingiu o objetivo proposto e levantou algumas ferramentas disponíveis no contexto brasileiro que podem servir na concepção de projetos sustentáveis. As metodologias propostas em cada certificação ambiental ou selo aliadas às estratégias bioclimáticas e a simulação computacional se manifestam como importante aporte teórico e prático para nortear as decisões de projeto e tornar o tema cada vez mais próximo dos projetistas de edificações, nas diversas disciplinas que englobam.

A presente pesquisa se propôs a apresentar um panorama para instigar os projetistas no aprofundamento dessas ferramentas, para que cada um desenvolva seus parâmetros de sustentabilidade no projeto e impulsioná-los a ter uma visão mais abrangente e completa do conceito.

Recomenda-se a incorporação, independente da busca por certificações ou selos ambientais, e para todas as tipologias arquitetônicas, uma vez que as normativas brasileiras são específicas para habitações residenciais.

Por fim, ressalta-se que a sustentabilidade só será alcançada nas edificações quando os profissionais se conscientizarem da sua importância enquanto promotora de melhoria da qualidade do ambiente construído, com redução do uso de recursos não renováveis e eficientes energeticamente e não a utilizarem distorcidamente apenas no discurso e como instrumento de marketing.

REFERÊNCIAS

- AGOPYAN, Vahan; JOHN, Vanderley M. O desafio da sustentabilidade na construção civil. Volume 5. São Paulo. Editora Edgard Blücher Ltda; 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220: Iluminação Natural – Parte 2 Procedimentos de cálculo para a estimativa da disponibilidade de luz natural e para distribuição espacial da luz natural. Rio de Janeiro, 2020. 68 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220: Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005. 66 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575: Edificações habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, 2013. 324 p.
- CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. Selo Casa Azul: Boas práticas para Habitação Mais Sustentável. São Paulo: Páginas & Letras - Editora e Gráfica, 2010. Disponível em:

<https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/projetos/Selo_Casa_Azul_CAIXA_versao_w eb.pdf>. Acesso em 26 fev. 2023.

CORBELLA, Oscar; YANNAS, Simos. Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos: conforto ambiental. Revan, Rio de Janeiro. 2003.

COSTA, Caroline Souza; BRANDÃO, Helena Câmara Lacé. O bioclimatismo como uma das habilidades e competências do designer de interiores: O caso da moradia em Campo Grande. In: Anais da Jornada Giulio Massarani de Iniciação Científica, Tecnológica, Artística e Cultural. Anais...Rio de Janeiro (RJ) UFRJ, 2021. Disponível em: <<https://www.even3.com.br/anais/jgmictac/316109-O-BIOCLIMATISMO-COMO-UMA-DAS-HABILIDADES-E-COMPETENCIAS-DO-DESIGNER-DE-INTERIORES--O-CASO-DA-MORADIA-EM-CAMPO-GRA>>. Acesso em 23 jun. 2023.

DESIGNBUILDER. 2023. Disponível em: <<https://designbuilder.co.uk/>>. Acesso em 04 fev. 2023.

DIDONÉ, Evelise Leite; PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkay. Simulação computacional integrada para a consideração da luz natural na avaliação do desempenho energético de edificações. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 139-154, 2010.

DOMUS. 2022. Disponível em: <<https://domus.pucpr.br/>>. Acesso em 21 fev. 2023.

ELETROBRÁS; PBE EDIFICA; INMETRO. Manual para etiquetagem de edificações públicas. Versão 2, 2016. Disponível em: <<https://www.pbeedifica.com.br/etiquetagem/comercial/manuais.>>. Acesso em 18 fev. 2023.

ENERGYPLUS. 2023. Disponível em: <<https://energyplus.net/>>. Acesso em 04 fev. 2023.

FARIA, Roberta Carolina Assunção. Experiência Grasshopper: metodologia para análise digital, ambiental e termoenergética do ambiente construído. Ensaio teórico. Universidade de Brasília. 2017. Disponível em: <https://issuu.com/robertacfaria/docs/caderno_final_digital_>. Acesso em 04 fev 2023.

GBC. Leadership in Energy and Environmental Design. 2023. Disponível em: <<https://www.gbcbrazil.org.br/certificacao/certificacao-lead/>>. Acesso em 26 fev.2023.

GTAGENDA - Grupo de Trabalho da Sociedade Civil para a Agenda 2030. VI Relatório Luz da sociedade civil Agenda 2030 de desenvolvimento sustentável - Brasil. 2022. Disponível em: <https://brasilnaagenda2030.files.wordpress.com/2022/07/pt_rl_2022_final_web-1.pdf>. Acesso em 14 fev.2023.

HARISH, V.S.K.V.; KUMAR, Arun. A review on modeling and simulation of building energy systems. Renewable and Sustainable Energy Reviews. Volume 56, April 2016, Pages 1272-1292.

KOLAREVIC, B. Computing the Performative. p. 193-202. In: KOLAREVIC, B. Performative Architecture. Beyond Instrumentality. Spon Press, 29 West 35th Street, New York, NY 10001. 2005. 266 p.

LAMBERTS, R. DUTRA, L. PEREIRA, F.O.R. Eficiência Energética na Arquitetura. 3ª Edição. Editora ELETROBRÁS/PROCEL, 2014.



MATOS, Juliana Montenegro; LIBRELOTTO, Lisiane Ilha. Avaliação da sustentabilidade da Casa Alvorada considerando diferentes sistemas construtivos e utilizando como ferramenta o Selo Casa Azul. IV ENSUS - Encontro de Sustentabilidade em Projeto, UFSC, Florianópolis, p. 424-435. 2016.

MIRANDA, Erica de Matos; CAMARA, Leila Cindy; CARVALHO, Raquel Ursini Tavares de; SALADO, Gerusa de Cássia. Avaliação Pós-ocupação (APO) e sustentabilidade no ambiente construído. VII ENSUS – Encontro de Sustentabilidade em Projeto, UFSC, Florianópolis, p. 207-218. 2019.

MOTTA, Silvio F. R.; AGUILAR, Maria Teresa P. Sustentabilidade e processos de projetos de edificações. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, v. 4, n. 1, p. 88-123, 2009.

OLIVEIRA, Leonardo Pinto de; ROMERO, Marta Bustos. Estrutura metodológica para avaliação ambiental do projeto arquitetônico: fundamentos teóricos. Volume 1.1º Edição. Brasília. Universidade de Brasília: 2020.

OLIVEIRA, Gabriela Bardelli de; SPIEL, Elaine; CRIPPA, Julianna. Simulação computacional para análise de iluminação natural em projetos de edifícios sustentáveis desenvolvidos em BIM. *Anais Simpósio de Pesquisa e Seminário de Iniciação Científica*. v. 1, n. 6, 2021.

ONU. A ONU e o meio ambiente. 2020. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/91223-onu-e-o-meio-ambiente>>. Acesso em 12 fev. 2023.

PROCEL. Domus Eletrobrás. 2006. Acesso em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7BA6340DFB-8A42-41FC-A79D-B43A839B00E9%7D&Team=¶ms=itemID=%7B74729B3F-5A41-466E-8AA2-0CAE452ADBB3%7D;&UIPartUID=%7B05734935-6950-4E3F-A182-629352E9EB18%7D>>. Acesso em 04 fev. 2023.

PROJETEEE. Estratégias bioclimáticas. 2023. Disponível em; <<http://www.mme.gov.br/projeteee/estrategias-bioclimaticas/>> Acesso em 27 fev.2023.

SANTOS, I. G.; SOUZA, Roberta Vieira Gonçalves de. Revisão de regulamentações em eficiência energética: uma atualização das últimas décadas. *Revista Forum Patrimônio*. UFMG. 2008.

SOUZA, Franklin Puker; SILVA, Arthur Santos. Manual de Introdução à simulação computacional. 1a Edição, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2021. Disponível em: <https://ppgees.ufms.br/files/2021/04/MANUAL_de_introducao_%C3%A0_simulacao_catalogado-19.04.2021.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2023.

VANZOLINI. AQUA-HQE™. 2023. Disponível em: <<https://vanzolini.org.br/certificacao/sustentabilidade-certificacao/aqua-hqe/#processo>>. Acesso em 27 fev. 2023.

WILDE, P. D. Computational support for the selection of energy saving building components. 2004. Tese (Doutorado) - Delft University of Technology, Delft, 2004.

DESAFIOS E OPORTUNIDADES DA AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NO CONTEXTO DA LAGOA DA CONCEIÇÃO: o projeto USAT/ESA-B

CHALLENGES AND OPPORTUNITIES FOR SUSTAINABILITY

ASSESSMENT IN THE CONTEXT OF LAGOA DA

CONCEIÇÃO: the USAT/ESA-B project

Data de aceite: 17/07/2023 | Data de submissão: 12/07/2023

LIBRELOTTO, Lisiane Ilha, Dra. Eng.

UFSC/CTC/PósARQ/, Florianópolis, Brasil, E-mail: lisiane.librelotto@ufsc.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3250-7813>.

BANDINI, Verônica, Estudante de Arquitetura e Urbanismo.

UFSC - bolsista PIBIC, Florianópolis, Brasil, E-mail: veban06@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3206-6388>.

LUZ, Eduarda Cardoso da, Estudante de Arquitetura e Urbanismo.

UFSC - bolsista PIBIC, Florianópolis, Brasil, E-mail: eduardaluz10r@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-8571-3977>.

BRAGA, Kamylla Emily, Estudante de Arquitetura e Urbanismo.

UFSC - bolsista FAPESC, Florianópolis, Brasil, E-mail: kamyllaemily@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-8469-0595>.

AGUIAR, Andressa Cristine de, Estudante de Arquitetura e Urbanismo.

UFSC - bolsista FAPESC, Florianópolis, Brasil, E-mail: andressacristinedeaguiar@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-3069-4264>.

RESUMO:

Este artigo apresenta uma pesquisa que traz como tema a avaliação da sustentabilidade no contexto da Lagoa da Conceição em Florianópolis. Mais especificamente, partiu-se do princípio de que é necessário avaliar para tomar uma decisão sobre quais tecnologias devem ser incorporadas na edificação, e que essas por sua vez devem considerar o contexto onde a edificação será inserida. Para tanto, elaborou-se um histórico do surgimento da urbanização na Lagoa da Conceição e elencou-se os desafios e oportunidades para o desenvolvimento sustentável do lugar, tendo como referência a proposição do Modelo ESA-B. Como resultado obteve-se os principais aspectos que devem nortear a avaliação da sustentabilidade nesse contexto, de forma a nortear o desenvolvimento de um aplicativo, através do projeto USAT/ESA-B.

PALAVRAS-CHAVE:

Edificações. Urbano. Ferramentas. Sustentabilidade. Avaliação.

ABSTRACT:

This article presents research that brings as theme the assessment of sustainability in the context of Lagoa da Conceição in Florianópolis. More specifically, it was started from the principle that it is necessary to evaluate to make a decision about which technologies should be incorporated in the building, and that these in turn should consider the context where the building will be inserted. To do so, a history of the emergence of urbanization in Lagoa da Conceição was elaborated and the challenges and opportunities for the sustainable development of the place were listed, having as reference the proposition of the ESA-B Model. As a result, the main aspects that should guide the assessment of sustainability in this context were obtained, in order to guide the development of an application, through the USAT/ESA-B project.

KEYWORDS:

Buildings. Urban. Tools. Sustainability. Evaluation.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com o relatório da Comissão Brundtland, o Nosso Futuro Comum (1987) o desenvolvimento sustentável é aquele que encontra as necessidades atuais sem comprometer a habilidade das futuras gerações de atenderem às suas próprias necessidades. Quando analisado da ótica do pesquisador crítico, por si só, tal conceito já apresenta um problema, pois o encontro das necessidades atuais já não é satisfatório. Não está sendo possível sequer satisfazer as necessidades desta geração com equidade e justiça, quiçá de uma forma sustentável. O que se pode dizer das necessidades e comprometimento dos recursos para as gerações futuras?

O cenário urbano real da maioria dos grandes centros é de exclusão social, exploração e ocupação descontrolada do território. O saneamento básico é insuficiente e em regiões litorâneas ou ribeirinhas onde o lençol freático é alto, a contaminação da água pelo uso de sumidouros torna-se preocupante. A gestão pública ineficiente inviabiliza o planejamento e a preservação dos recursos naturais existentes, às vezes não obedecendo a uma ordem de prioridades necessárias do espaço, mas, sim a interesses particulares. Outros serviços como manutenção de vias e passeios, fornecimento de energia, coleta de resíduos, abastecimento de água potável são precários em muitos bairros de grandes centros urbanos. A acessibilidade nas áreas urbanas é insuficiente, sem a previsão de equipamentos para vencer os desníveis de planos. A falta de drenagem e de mecanismos que aumentem a permeabilidade do solo e realizem a retenção das águas pluviais nas bacias possibilitam inundações ocasionando perdas e prejuízos às edificações.

Percebe-se ainda a carência de espaços e equipamentos de lazer no meio urbano de forma a atender os usuários, impedindo as relações de convívio além do espaço da própria casa ou família. Os mecanismos de inserção urbana do edifício devem ainda prever a diferença cultural entre os segmentos sociais, se adequando à realidade e hábitos da população. Deve integrar e suprir deficiências detectadas na comunidade. Assim, o edifício passa a ser um agente redutor das desigualdades e promotor do desenvolvimento das comunidades numa parceria entre iniciativas público/privadas.

É nesse contexto de um bairro inserido em um grande centro urbano, com diversas necessidades não supridas e em um contexto ambiental frágil, é que se encontra a Lagoa da Conceição. Este artigo apresenta uma pesquisa, integrante de um projeto maior - o desenvolvimento do aplicativo USAT, que traz como tema a avaliação da sustentabilidade no contexto da Lagoa da Conceição em Florianópolis, a fim de determinar quais são e as necessidades prioritárias do bairro, assim como seu

potencial, utilizando como indicadores para tal avaliação a ferramenta “Modelo ESA-B” (LIBRELOTTO et. al., 2017) de avaliação de sustentabilidade. Esse modelo busca entender o contexto do Bairro e forma a inserir no projeto e gestão da edificação, medidas que possam auxiliar no desenvolvimento sustentável local.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Floripa e a Lagoa da Conceição

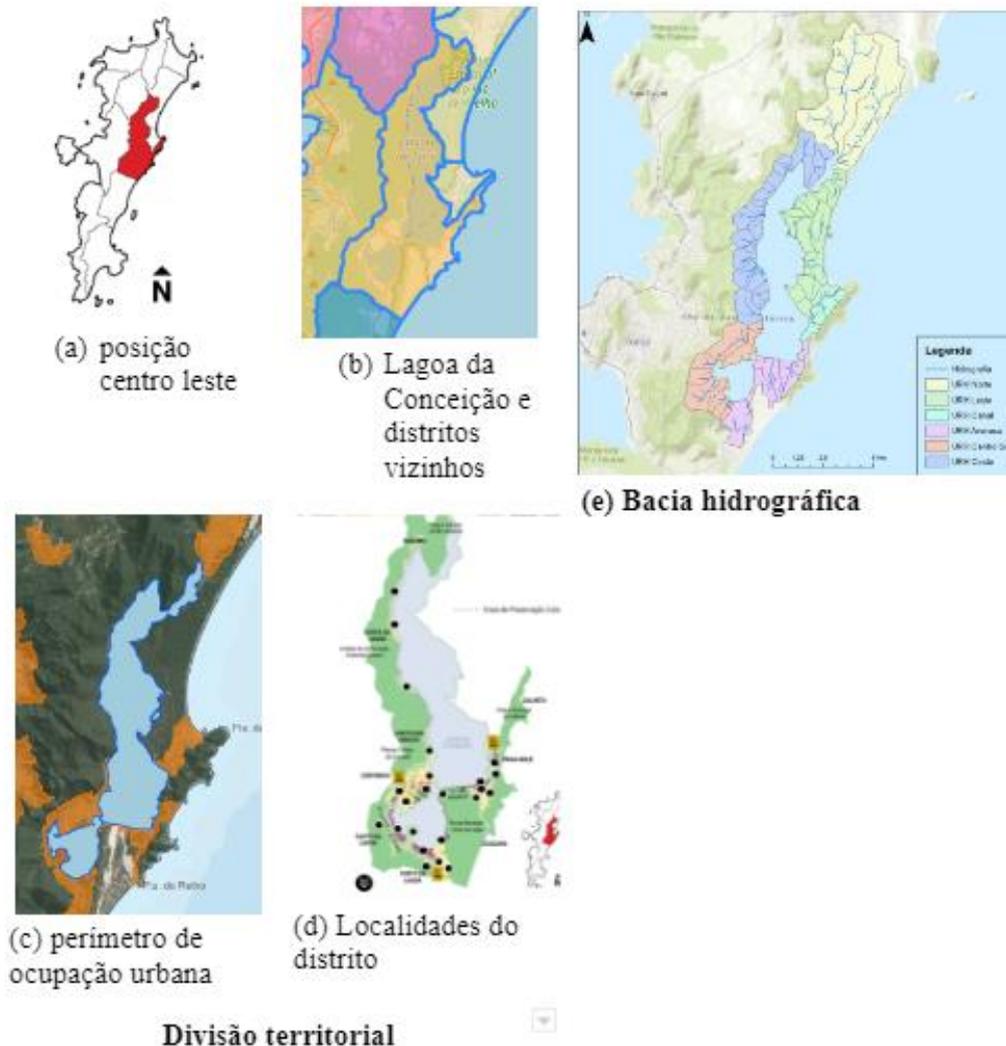
Partindo-se da realidade brasileira, Santa Catarina é um estado que se destaca, tanto por seus aspectos socioculturais, como pelas questões econômicas e ambientais. Florianópolis, a capital, representa grande atrativo turístico e é um polo de desenvolvimento tecnológico. Além disso, sua natureza exuberante, onde a cidade entremeia a vegetação nativa e os ecossistemas frágeis, a tornam peculiar e urgente às medidas que possam ajudar a gerir esse conjunto. De acordo com o IBGE (2010), o município de Florianópolis.

[..] apresenta 87.8% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 32% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 54.4% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio). Quando comparado com os outros municípios do estado, fica na posição 31 de 295, 175 de 295 e 14 de 295, respectivamente. Já quando comparado a outras cidades do Brasil, sua posição é 559 de 5570, 4793 de 5570 e 328 de 5570, respectivamente.

Um dos distritos da Capital que mais se destaca é a Lagoa da Conceição, que pode ser analisada de duas formas, sob o ponto de vista da divisão territorial do município, ou com relação a composição da bacia hidrográfica da Lagoa. No que se refere ao território, de acordo com o IPUF, o distrito Lagoa da Conceição se localiza à leste da ilha de Florianópolis e é formado pela Costa da Lagoa, Ponta da Aroeira, Canto dos Araçás, Lagoa da Conceição, Praia Mole, Galheta, Retiro, Costão da Joaquina, Dunas da Lagoa, Porto da Lagoa e o Canto da Lagoa. Já a bacia hidrográfica é um pouco mais abrangente e engloba também outros distritos. Em função disso, nesse artigo, a região de estudo enfatiza os aspectos da divisão territorial.

De acordo com Godoi (2009), em termos hidrológicos, a Lagoa da Conceição (27°34’S e 48°27’O), pode ser classificada como uma laguna. Situada no município de Florianópolis/SC, conecta-se ao mar pelo Canal da Barra da Lagoa e forma um sistema estuarino caracterizado por ecossistemas localizados na interface oceano/terra; complexos e altamente produtivos. Esse sistema estuarino, onde ocorre a mistura de águas marítimas e fluviais, em função da condição que se estabelece, torna-se bastante sensível à ação do homem. Somada a condição ambiental sensível, a evolução urbana do Bairro tem transformado uma região antes constituída por casas de veraneio, em moradias fixas, condomínios de maior densidade e grande exploração turística, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1: O local do estudo.



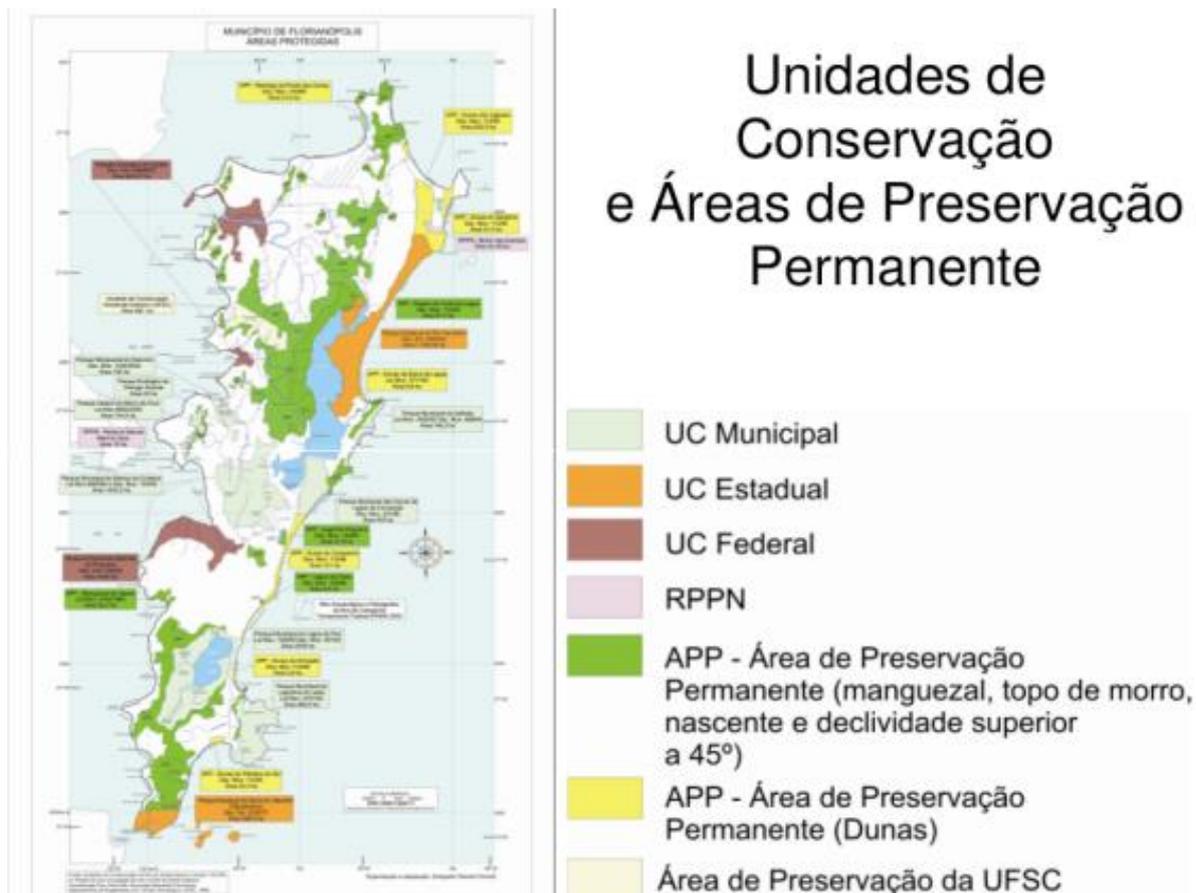
Fontes: (a) e (d) Clic RBS; (b) e (c) IpuF; (e) Arcari (2016).

Vários pesquisadores já vêm alertando para o agravamento das condições ambientais da Lagoa da Conceição (VAZ, 2008; VIEIRA E HENCKES, 2013; PINTO, 2015). Hauff (1996) realizou o diagnóstico ambiental integrado da Lagoa e já aponta para as mesmas questões. Muitos estudos têm sido conduzidos de forma isolada e específica no sentido de tentar entender a proliferação de espécies, a morfologia, a paisagem, a evolução do conglomerado, a estrutura fundiária, a qualidade de vida e das águas da Lagoa (BIER, 2013). Outras fontes de pesquisa, como o Instituto Trata Brasil sobre o Ranking de Saneamento 2019, traz um percentual de 67% de esgoto coletado, e destes apenas 46% são tratados. Para a Costa da Lagoa este percentual aponta para 20% de disponibilidade de rede, contra 76% na Lagoa e Barra.

Na condição dos distritos do Município de Florianópolis, a Lagoa da Conceição tipifica a vulnerabilidade do ecossistema da capital catarinense e representa um desafio para o planejamento urbano e desenvolvimento sustentável. A Lagoa da Conceição é um dos distritos da Capital de maior atratividade turística. Trata-se de uma comunidade tradicional, cuja principal atividade econômica já foi a pesca, que sofreu larga expansão urbana e hoje sofre com o agravo das questões ambientais.

Além disso, possui uma laguna, que emprestou seu nome à localidade, e deságua no mar através do canal da Barra e áreas características do bioma da mata atlântica, além de dunas, praias e um relevo bastante acidentado. Nas margens da Lagoa da Conceição está localizada a maior área de preservação permanente (APP) da ilha de Santa Catarina, como pode ser observado na Figura 2. As construções irregulares, alta demanda turística, despejos irregulares de efluentes, geografia local, atividades extrativistas pesqueiras e todos os usos do bairro tornam o local um desafio ao desenvolvimento sustentável.

Figura 2: Unidades de Conservação e Área de Preservação Permanente da Ilha de Florianópolis.



Fonte: PMF/SC (2008).

Todo esse contexto evidencia a necessidade de uma abordagem que privilegie a gestão da sustentabilidade na Lagoa da Conceição, onde os cidadãos e o poder público possam atuar em conjunto para enfrentar as dificuldades e potencializar os atrativos desta região tão rica.

A esses dados somam-se os relatórios de balneabilidade. Segundo dados no Ima/SC (2022), em 9 pontos realizou-se a coleta para análise da balneabilidade na Lagoa da Conceição (Quadro 1). Destes, em março de 2022, 4 estavam impróprios, mesmo com a condição pandêmica vivenciada nos últimos dois anos, que gerou uma redução da visitação turística. Os dados do histórico de coleta apontam para uma flutuação dos dados de balneabilidade, porém sempre com um alto percentual de indicações impróprias. Observa-se que de um ano para o outro, percebeu-se um aumento no percentual de impropriedade nas coletas, não havendo nenhum ponto 100% próprio em março de 2023, como registrado no ano anterior.

Quadro 1: Pontos de coleta e situação de balneabilidade nos pontos.

	<p>MARÇO 2022: Dados de Balneabilidade Lagoa da Conceição: dos 9 pontos de coleta, durante a temporalidade de DEZ 21 a MAR 22, estiveram impróprios os pontos:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Ponto 66 - em 62,5% das coletas -Ponto 41 - em 56,25% das coletas -Ponto 62 - em 43,75% das coletas -Ponto 38 - em 18,75% das coletas -Pontos 39 e 72 - em 6,25% das coletas - Pontos 37, 43 e 61 - totalmente próprios em todas as coletas. <p>Fonte: Anuário de Balneabilidade 2021/2022 (2022)</p>
	<p>DEZEMBRO 2022 a FEVEREIRO 2023, estiveram impróprios os pontos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Ponto 43, 39, 38, 16,67% (2 de 12 medições) Ponto 37, 91,67% - impróprio (11 de 12 medições) Ponto 41, 61 e 72, 41,67% - impróprio (5 de 12) Ponto 62, 50% - impróprio (6 de 12) Ponto 66 75% impróprio (9 de 12) <p>Fonte: Consulta histórico de Balneabilidade IMA/SC (março de 2023)</p> <p>Impropriedade média = 43,52% de impropriedade média (calculado pelos pesquisadores)</p>

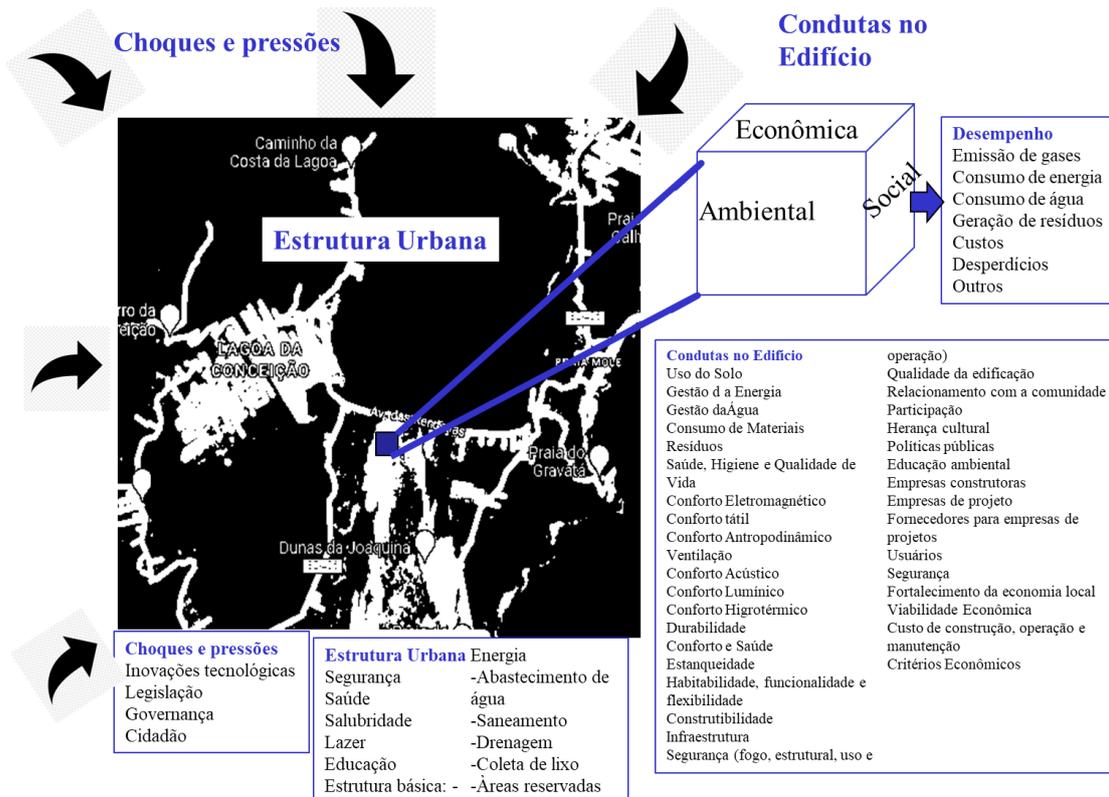
Fonte: IMA/SC (2023).

2.2 Modelo ESA-B

O Modelo ESA foi proposto inicialmente como uma ferramenta para a avaliação da sustentabilidade em empresas construtoras desenvolvido Librelotto (2005), que foi adaptado para a avaliação da sustentabilidade na edificação em três dimensões: econômica, social e ambiental, considerando o contexto urbano (LIBRELOTTO et. al, 2017), que foi denominado como ESA-B (Building). Cada dimensão tem um certo número de indicadores a serem analisados a fim de determinar a sustentabilidade da edificação no que se refere às condutas (estratégias utilizadas no edifício) e ao desempenho atingido, associada à estrutura existente no Bairro. A Figura 3 traz um esquema do Modelo ESA-B, tendo como pano de fundo a centralidade da Lagoa da Conceição.

No que se refere a estrutura urbana, o Modelo ESA-B, enquanto um modelo aberto, em uma segunda aplicação, propôs o uso dos indicadores do IQVU - Índice de Qualidade de Vida Urbana (NAHAS, 2016) como indicadores da estrutura urbana, pois este método já possui aplicação em Belo Horizonte e tem sido calculado periodicamente, e do Modelo MASP-HiS (CARVALHO; SPOSTO, 2012) para a avaliação das estratégias / condutas na edificação. Mesmo que não sejam utilizados os pesos e fórmulas de cálculo do IQVU, os quantitativos considerados serão utilizados como referência para a avaliação, enquanto que as condutas, por não se tratar de um estudo de caso, deverão ser avaliadas de forma qualitativa e generalizada, para o conjunto de edificações construídas na Lagoa da Conceição.

Figura 3: Modelo ESA-B e seu framework.



Fonte: Autoral.

2.3 O IQVU

De acordo com a PBH (2018) o IQVU - Índice de Qualidade de Vida Urbana é resultado união de forças entre PBH e PUC Minas, que possibilitou a definição de um índice com três características básicas:

- I) ser capaz de mensurar a quantidade e a qualidade da oferta de bens e serviços públicos e privados no espaço intraurbano; II) ser composto por indicadores passíveis de atualização em um curto intervalo de tempo (anuais ou bienais); e III) ser calculado a partir de informações provenientes dos próprios órgãos municipais e dos prestadores de serviços públicos.

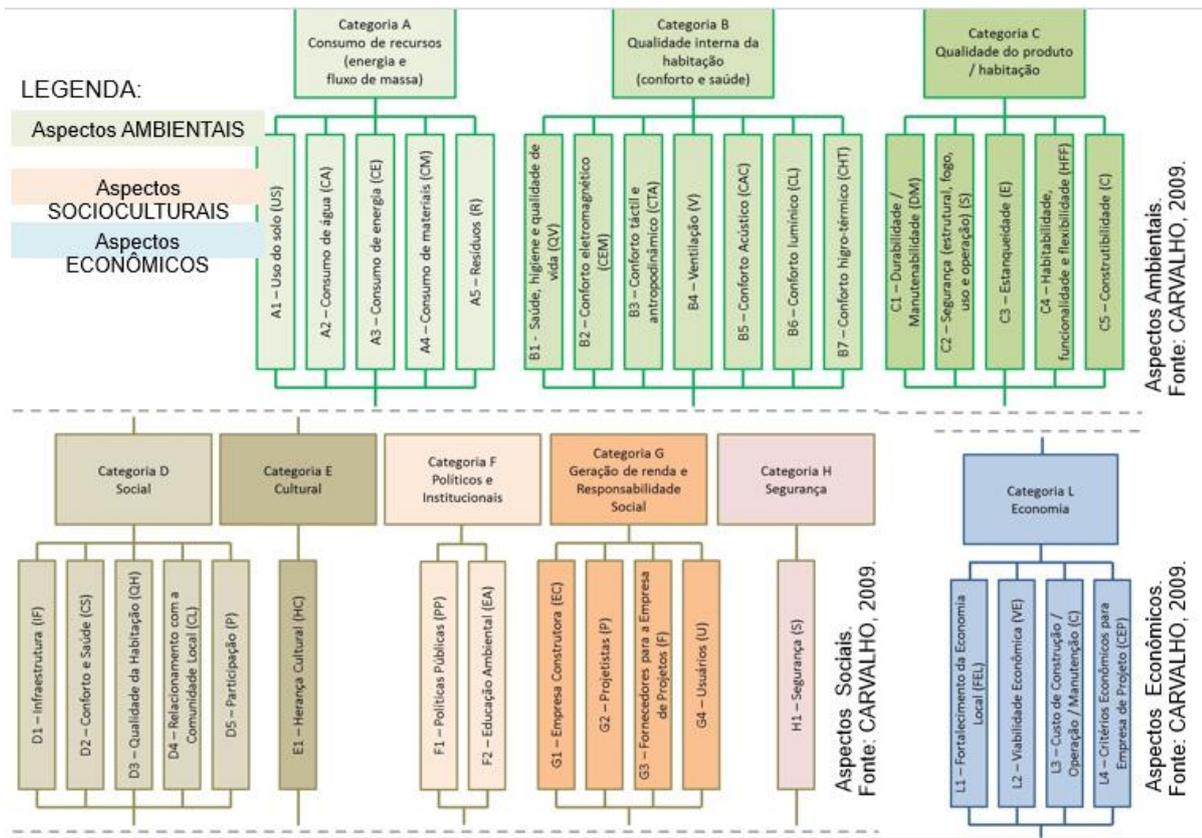
O IQVU é calculado historicamente e os resultados do Índice encontram-se disponibilizados para as regiões do município de Belo Horizonte. Inicialmente proposto por Nahas e Martins (1995) como um novo instrumento para gestão municipal, o método de cálculo possui duas séries históricas de dados para determinação dos seus indicadores constituintes.

No cálculo do índice, adota-se as componentes abastecimento (0,08), cultura (0,03), educação (0,13), esporte (0,03), habitação (0,18), infraestrutura (0,16), meio ambiente (0,06), saúde (0,14), serviços (0,11) e segurança (0,08), com os respectivos pesos indicados entre parênteses.

2.4 O Modelo MASP-HIS

O Modelo MASP-HIS foi proposto por Carvalho (2009) inicialmente como uma ferramenta para a avaliação da sustentabilidade em habitações de interesse social considerando o impacto dos sistemas construtivos. A Figura 4 esquematiza os indicadores propostos pelo modelo.

Figura 4: Modelo MASP - HIS e estrutura de indicadores.



Fonte: Carvalho (2009).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Após a contextualização do local, no que se refere à sustentabilidade de um modo geral, cada indicador do framework associado a estrutura urbana, conduta e desempenho será qualificado de forma a propiciar uma avaliação ainda que qualitativa. Neste momento, realizou-se uma busca de dados quantitativos que possam respaldar as avaliações em nível de distrito. Foi criada, preliminarmente, uma escala de avaliação (Quadro 2).

Quadro 2: Escala de avaliação.

Fraco	☹️	0 a 0,33
Intermediário	😐	0,34 a 0,66
Forte	😊	0,67 a 1

Fonte: Autoral

Para análise da estrutura no bairro ou área de estudo é necessário levar em consideração a presença de certas edificações e espaços como: lazer, educação, comércio, serviços urbanos, saúde, segurança, mobilidade, estrutura básica, população, entre outros indicadores do IQVU que ajudam a qualificar o local. A metodologia utilizada para o cálculo do IQVU na cidade de Belo Horizonte é bastante complexa e necessita de fontes de dados por bairros. Em função disso, do

método original do IQVU, manteve-se apenas a ponderação de pesos entre indicadores, procedendo-se alterações nos métodos de cálculos dos indicadores, que ao final receberam uma avaliação de 0 a 1.

Nas condutas em relação a edificação, foram realizadas considerações qualitativas acerca dos indicadores propostos pela MASP-HIS, levando em conta uma visão geral das edificações construídas na Lagoa da Conceição, observando-se a distinção entre indicadores da estrutura urbana e das condutas individuais ou coletivas adotadas nas construções. Cada indicador foi pontuado por notas.

4. RESULTADOS

4.1 Caracterização da Estrutura Urbana

Através de uma pesquisa exploratória na região da Lagoa da Conceição utilizando da ferramenta de GPS do Google Maps foram identificados os equipamentos pertencentes à estrutura do bairro seguindo a mesma classificação da lista acima tentando pontuar também os aspectos apontados pelo IQVU. Esses foram os equipamentos encontrados na Lagoa da Conceição:

Lazer (Peso IQVU 0,03): foram encontrados um parque, duas praças públicas, um clube para lazer privado e três centros culturais no bairro. População estimada Lagoa da Conceição (fixa) (PMF, 2023) - 21.901 em 2020 (3,37% da população total em 2020, PMF). Ainda a PMF apresenta uma população flutuante, que não foi considerada no cálculo dos indicadores.

i) Meios de Comunicação: possui uma rádio via facebook. Não foi possível obter informações sobre jornais físicos e sua tiragem.

ii) Patrimônio Cultural: dados do Instituto do Patrimônio citam uma relação de 12 bens tombados (número de bens tombados);

iii) Equipamentos Culturais: distribuição/equipamentos - ((Número de equipamentos culturais/população) x 1000) = 3 (centros) + 12 bens tombados/ 21.901x1000= 0,685

iv) Livrarias e papelarias: [(área de livrarias e papelarias/população) x 1000] = 3 estabelecimentos/21.901x1000= 0,137

v) Esporte (**Peso IQVU 0,03**): Destaca-se que a região da Lagoa possui bastante oferta de atividades esportivas aquáticas com stand-up, surf, *windsurf*, caiaques e pedalinhos. Também se observa a prática de esportes aéreos como asa delta e parapente. Ainda, por meio terrestre oferece estrutura para trilhas e caminhadas, e algumas opções para ciclistas de melhor forma física.

Educação (Peso IQVU 0,13): no bairro há duas creches e quatro escolas (sendo três delas públicas); há duas universidades próximas (UDESC e UFSC) que distam entre 7 km e 8 km do bairro. De um modo geral, de acordo com o IDEB (2023), o município de Florianópolis possui 100 % das crianças e jovens em idade escolar frequentando a escola. No entanto, é possível verificar uma série de notícias que relatam a falta de vagas nas escolas e crianças que não puderam ser matriculadas nas escolas do município. Os índices do IDEB no município apontam para 71% das escolas com acessibilidade, 98% de alimentação fornecida, 80% dispõe de TV, 48% possuem biblioteca, 41% laboratório de informática, 21% laboratório de ciências, 39% com quadra de esportes, 99% com água tratada, 100% com energia elétrica e coleta de resíduos, 68% com coleta de esgoto e 91% com coleta banda larga. Ainda

o resultado da educação no município de Florianópolis aponta que o índice de abandono em 2021 foi de 1% e de reprovação em torno de 10%. O índice de aprendizagem em português e matemática nas escolas públicas, embora tenha progredido nos últimos anos, apresenta resultados de aprendizagem até a quinta série de 60% para português e de 44% para matemática, decaindo para os anos subsequentes, sendo de 43% e 18% no nono ano e de 47% e 19% no terceiro ano do ensino médio, respectivamente para português e matemática.

i) Educação Infantil: a) percentual de matriculados - $[(\text{número de alunos matriculados na creche e pré-escola/população menor de seis anos}) \times 100]$;

ii) Ensino Fundamental: a) percentual de matriculados - $[(\text{número de alunos matriculados no Ensino Fundamental/população de 6 a 14 anos}) \times 100]$; b) índice de aproveitamento - $[(\text{número de aprovados no Ensino Fundamental / número de matrícula final}) \times 100]$;

iii) - Ensino Médio: a) percentual de matriculados - $[(\text{número de alunos matriculados no Ensino Médio/população entre 15 e 18 anos}) \times 100]$; b) índice de aproveitamento - $[(\text{número de aprovados no Ensino Médio/número de matrícula final}) \times 100]$

Das 171 escolas registradas no município de Florianópolis, o município registrou 6988 matrículas em creches, 7417 na pré-escola, 19388 nos anos iniciais até a quinta série, 16623 matrículas nos anos finais, 13033 matrículas no ensino médio e outras 4661 no EJA e educação especial, revelando um total de matriculados de 68110 em 2021 e apresenta um índice de 100% matriculados de acordo com a faixa etária. A população registrada pelo IBGE, nessa faixa etária de 0 a 19 anos em 2010 é de 107978 indivíduos, que mesmo sem a atualização da população para 2021, revela uma lacuna de 39868 indivíduos não frequentadores das escolas para essa faixa etária. (total 3 níveis de ensino - $68110/107978 \times 100 = 63\%$; percentual de aproveitamento médio IDEB= 10%).

Comércio (Peso IQVU 0,08 abastecimento e serviços urbanos Peso 0,11): entre supermercados, mercados de frutas e vegetais, mercearias, açougue e peixaria, foram encontrados 16 estabelecimentos no bairro, na Lagoa da Conceição também há a Feira de Artesanato e Gastronomia da Lagoa da Conceição durante os sábados e domingos. Em relação a outros estabelecimentos comerciais, foram encontradas padarias, bares, restaurantes, agências bancárias e hotéis, mas somente um posto de correios;

i) Equipamentos de abastecimento: a) Hiper e Supermercados $[(\text{número de hiper e supermercados/ população}) \times 1000]$; b) Mercearias e similares $[(\text{número de mercearias e similares/população}) \times 1000]$. Total: $3200/21901 \times 1000 = 0,15$, considerou-se uma média de 200 m² por estabelecimento x 16 estabelecimento, total de 3200 m².

ii) bancos - foram contabilizados 8 agências bancárias e caixas eletrônicos na Lagoa da Conceição.

iii) serviços de comunicação - cobertura de sinal telefônico nas regiões mais habitadas. 1 posto de correios.

Saúde (Peso IQVU 0,14): em relação aos equipamentos de saúde, além do Centro de Saúde Lagoa da Conceição há oito farmácias, 15 consultórios odontológicos, 2 laboratórios de exames e outras 17 clínicas médicas, consultórios e centros de cuidados em várias modalidades de saúde.

i) Atenção à Saúde: a) Centros de Saúde por 1.000 habitantes [(número de centros de saúde/ população) x 1000]; b) Outros Equipamentos de Assistência Médica [(número de outros equipamentos/população) x 1000] c) Equipamentos Odontológicos [(número de equipamentos odontológicos/população) x 1000] = $34/21901 \times 1000 = 1,5$.

Segurança (Peso IQVU 0,08): há uma delegacia no bairro e a iluminação pública está presente em grande parte das ruas, que formam a comunidade central. Os pontos mais afastados do centro, como Costa da Lagoa e próximos às áreas de preservação, possuem pouca infraestrutura ou estrutura quase inexistente. De um modo geral Florianópolis apresentou uma queda no número de homicídios e crimes em relação a 2018 (98 vítimas), contra 61 vítimas em 2019 e 65 em 2020. Não houve registros de homicídios especificamente no Bairro, assim como registro de outros crimes por localidade.

i) Segurança Pessoal: a) Ausência de crimes contra a pessoa [(Valor máx. ocorrências homicídio tentado e consumado - valor UP) / população UP/1000]; b) Ausência de crimes contra o patrimônio [(Valor máx. ocorrências de roubo, furto e assalto - valor na UP) / população UP/1000]; c) Ausência de acidentes de trânsito [(Valor máx. ocorrências de acidentes no trânsito - valor na UP) / população UP/1000].

Mobilidade (Peso IQVU 0,16 de infraestrutura básica): a Lagoa da Conceição não apresenta ciclovias, mas possui em alguns trechos, ciclo faixas demarcadas, ao que se pontua que a partir do novo alargamento da Avenida das Rendeiras, está prevista a inclusão de uma ciclovia naquele trecho. O bairro abriga um terminal de ônibus, diversos pontos para os mesmos, vias pavimentadas e calçadas largas o suficiente para a circulação de um pedestre por vez.

Outro projeto em implantação, que tem gerado bastante polêmica e uma série de embargos é a construção de uma nova ponte, que promete resolver os problemas de mobilidade na região. A Figura 5 apresenta imagem da construção da nova ponte. A série de embargos decorre da ausência de estudos de impacto ambiental detalhados na implementação do novo equipamento. Por enquanto, a mobilidade por transporte automotivo individual é bastante dificultada pelo grande fluxo de veículos e contingente turístico que procuram as praias.

Figura 5: Nova ponte a ser construída na Lagoa da Conceição.



Fonte: PMF (2022).

i) Pavimentação: a) Possibilidade de acesso [(extensão das vias pavimentadas/extensão de todas as vias) x 100]; 60% das vias pavimentadas da Lagoa da Conceição

ii) Transporte Coletivo: a) Número de veículos por 1000 habitantes [(número de veículos/população) x 1000]; b) Frequência das linhas por UP (maior valor - valor da UP);

Em 2013 a Prefeitura contabilizou uma frota de 477 ônibus para atender 244 mil usuários de transporte público em Florianópolis. $(477/516.524 \times 1000 = 0,923)$.

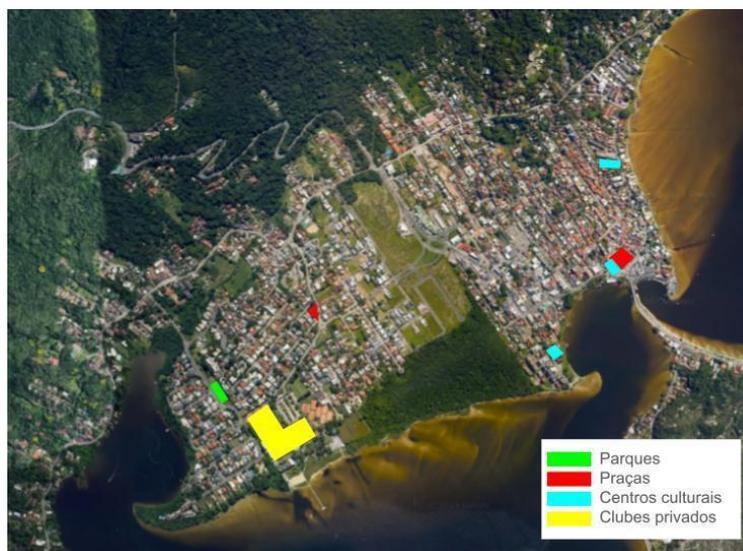
Estrutura Básica (Peso IQVU 0,16 de infraestrutura básica): o bairro apresenta saneamento básico, oferta de energia elétrica, abastecimento de água e sistema de coleta de lixo, o tratamento de esgoto é realizado pela ETE Lagoa da Conceição, onde um dos componentes é a lagoa de evapotranspiração. Essa lagoa, a cerca de 2 anos, sofreu um transbordo que provocou a contaminação das águas da Lagoa da Conceição e o alagamento de várias residências do percurso das águas do transbordo. Uma das causas do transbordo decorre da mistura entre águas de drenagem e efluentes residuais, que com o aumento do volume de chuvas provocaram o transbordamento.

i) Salubridade Ambiental: a) Índice de Salubridade Ambiental - percentual de poluição ao ar, ao solo e na água (balneabilidade) - Região bastante arborizada e com muitas APPs. 100% dos resíduos são coletados e não foram encontrados registros de indústrias ou atividades contaminantes do solo na região. O índice de impropriedade médio da balneabilidade da água é de 43,52% nos primeiros meses de 2023.

ii) Energia Elétrica: Fornecimento de energia elétrica [(número de economias residenciais com energia elétrica/número de domicílios) x 100]; A capacidade instalada em Santa Catarina para 2021 foi 5818 MW, mas foi capaz de gerar 20602 GWh, sendo o estado brasileiro que mais aumento a geração de energia em relação ao ano anterior (24,2%).

População (Peso IQVU Habitação 0,18): sendo o bairro predominantemente residencial há diversos edifícios residenciais uni/multifamiliares no mesmo, porém a acessibilidade não foi levada em conta nas edificações da região. As regiões comerciais concentram-se no centrinho da lagoa e ao longo da Avenida das Rendeiras. A estrutura viária principal da Avenida das Rendeiras está sendo reformada, onde foi promovida a retirada de árvores, o alargamento das calçadas e inserção de piso tátil, assim como a alteração da do pavimento por componentes de concreto intertravados. Entretanto, destaca-se que as dimensões da via, não comportam o volume de tráfego necessário, gerando congestionamentos que duram horas. o IDH de Florianópolis é 0,847. A Figura 6 apresenta uma representação esquemática dos equipamentos de lazer presentes na estrutura da Lagoa da Conceição.

Figura 6: Equipamentos de lazer da Lagoa da Conceição.



Fonte: Autoral.

Outros: (meio ambiente - **Peso IQVU - 0,06**)

i) Conforto Acústico: Tranquilidade sonora (Maior valor de ocorrências da PM/SC de ruídos - valor da UP); ii) Qualidade do Ar: Ausência de coletivos poluidores [(número de veículos não autuados/total de vistoriados) x 100]; iii) Área Verde: Área verde por habitante (área verde/população);

4.2 Caracterização das condutas nas edificações

Para avaliação das edificações na Lagoa da Conceição foram usados os indicadores do Modelo MASP (Carvalho; Sposto, 20...), como mostrado nos Quadros 3 e 4. Os indicadores relativos a empresas de projeto, fornecedores de empresas de projeto, empresas construtoras e critérios econômicos para empresas de projeto foram suprimidos, pois não foi possível considerar esses indicadores.

Quadro 3: Avaliação dos indicadores da Estrutura Urbana da Lagoa da Conceição.

Indicadores	Sub-critérios	Avaliação em escala da 0 a 1	Peso	Nota Final
1. COMÉRCIO	1.1- Equipamentos de abastecimento		0,08	
	1.1.1 - Hiper e supermercados	0,7		
	1.1.2 - mercearias e similares	0,7		
	1.1.3 - Restaurantes e similares	1		
	média	0,8		0,064
2 - LAZER /CULTURA	2.1- Meios de comunicação		0,03	
	2.1.1 - Abrangência: tiragem de publicação	0,5		0,015
	2.2- Patrimônio Cultural			
	2.2.1 - Bens tombados	0,8		
	2.3- Equipamentos Culturais			
	2.3.1 - Distribuição/equipamentos	0,8		
	2.3.2 Livrarias e papelarias	0,5		
média	0,65	0,0195		
	2.4 - Esporte	1	0,03	0,03
3 - EDUCAÇÃO	3.5- Ensino		0,13	
	3.5.1 - Matrícula de Ensino	0,6		
	3.5.2 - Tamanho de turmas no Ensino	0,5		
	média	0,55		0,0715
4 - POPULAÇÃO	4.1- Qualidade da Habitação	0,8	0,18	

Indicadores	Sub-critérios	Avaliação em escala da 0 a 1	Peso	Nota Final
5 - INFRAESTRUTURA URBANA				
	5.1- Saneamento	0,62		
	5.2.1 – Disponibilidade de água tratada	0,95		
	5.2.2 – Disponibilidade da rede de esgoto	0,3		
	5.2 Energia elétrica	0,8		
	5.2.1 Fornecimento de energia	0,8		
	5.3. Transporte coletivo	0,6		
	5.3.1 Vias pavimentadas	0,6		
	5.3.2 Núemro de veículos	0,6		
	5.3.3 Conforto dos veículos	0,6		
	média	0,67		0,1072
6. MEIO AMBIENTE				
	6.1 Confoto Acústico		0,06	
	6.1.1. Tranquilidade sonora	0,7		0,042
7 SAÚDE				
	7.1 Atenção à saúde		0,14	
	7.1.1 Disponibilidade de leitos hospitalares	0,5		
	7.1.2 Postos de Saúde	0,8		
	7.1.3 Equipamentos odontológicos	0,8		
	média	0,7		0,098
8 - SERVIÇOS URBANOS				
	8.1 Serviços pessoais		0,11	
	8.1.1 Agências Bancárias	0,9		
	8.2 Serviços de comunicação	0,7		
	8.2.1 Bancas de revistas e livrarias	0,9		
	8.2.2. Sinal de telefonia	0,5		
	média	0,8		0,088
9. SEGURANÇA URBANA				
	9.1 Segurança pessoal	0,95		
	9.1.1 Ausência de criminalidade	0,9		
	9.1.2 Ausência de tentativas de homicídios	1		
	9.2 Segurança patrimonial	0,85		
	9.2.1 Ausência de roubo e furto em propriedades	0,8		
	9.2.2. Ausência de roubo e furto de veículos	0,9		
	9.3 Segurança no trânsito	0,9		
	9.3.1 Ausência de acidentes de trânsito	0,9		
	média	0,9		0,072
total			1	0,6072

Fonte: Autoral.

Quadro 4: Avaliação sintetizada da Lagoa da Conceição a partir dos indicadores do Modelo ESA.

Uso do solo 0,33	As edificações do bairro não apresentam mecanismos para recuperar áreas de processos erosivos. As edificações implantadas em terrenos com desníveis utilizam nivelamento para planificar o terreno e é inferido que foram realizadas as investigações geotécnicas necessárias para conhecer o solo e escolher as fundações apropriadas. O bairro atualmente apresenta contaminação das águas e ocupação que pouco considera a biodiversidade local, visto que grande parte dos terrenos do bairro não apresentam áreas suficientes de permeabilidade ou vegetação nativa, apesar das praças verdes e espaços para admirar a vista da lagoa.
Consumo de água 0,5	As edificações de melhor padrão utilizam estratégias como dispositivos aeradores, caixas acopladas, entre outros para economia da água. Poucas possuem medidas para reaproveitamento da água da chuva ou contribuições para retenção da água em auxílio à drenagem urbana.
Consumo de energia 0,5	As construções locais dependem do fornecimento de energia da concessionária e não possuem, de um modo geral, de sistemas de geração próprios ou alternativos. As medidas de economia mais comuns referem-se ao uso de LEDs e equipamentos domésticos com sistema PROCEL.
Consumo de materiais 0,66	Não se pode dizer com certeza a procedência dos materiais de construção utilizados nas edificações do bairro, porém, percebe-se que a maioria das mesmas são edifícios simples de alvenaria de vedação ou concreto armado

	sem utilizarem materiais reciclados ou estruturas pré-existentes. Nas regiões que margeiam as áreas de APP percebe-se construções em madeira ou materiais menos convencionais.
Resíduos  0,33	Considerando o sistema construtivo dos edifícios e dimensão dos mesmos (pequena), é possível deduzir que não houve preocupação com a gestão de resíduos na obra, também é possível que para grande parte das casas não houveram projetos arquitetônicos formais.
Saúde, higiene e qualidade de vida  0,5	As edificações do bairro possuem elementos de ventilação que em sua maioria podem ser regulados pelo usuário, no entanto não é possível avaliar a eficácia da ventilação, insolação e das escolhas de materiais para evitar proliferação de fungos e ter uma boa qualidade do ar interno. A estrutura urbana do bairro não acomoda os ciclistas. O projeto, quando existente, não avalia por simulação o conforto das edificações.
Conforto eletromagnético  0,33	Não há qualquer tipo de preocupação em relação às emissões de ondas por torres de celular, rádio ou proximidade à linhas e torres de transmissão. A contaminação por radônio não é uma preocupação construtiva nas residências da região. O radônio-222 origina-se do urânio-238, que existe em pequenas quantidades em diversos materiais, inclusive nos de construção, O radônio e seus gases, presentes nos mais diversos materiais da construção e ornamentação (cimento, cerâmica, rochas ígneas como mármore e principalmente granitos, lajes, esculturas, etc.), bem como o presente no solo, deve ser objeto de observação, principalmente considerando a natureza do subsolo da região.
Conforto Tátil e antropodinâmico  0,33	As edificações na Lagoa da Conceição geralmente não levam em consideração a acessibilidade dos usuários.
Ventilação  0,66	A ventilação de edifícios no bairro é majoritariamente natural é feita através de portas ou janelas, as quais aparentemente são suficientes para partes das edificações do local. Por vezes não são encontrados elementos de sombreamento de fachada ou há pouco espaçamento entre casas e muros, impossibilitando a ventilação apropriada
Conforto acústico  0,66	Não há preocupação em relação a acústica nos projetos das edificações do bairro, exceto naqueles estabelecimentos comerciais onde há sistemas de som. A Lagoa da Conceição, nas regiões mais afastadas do centrinho, apresenta-se como um bairro relativamente tranquilo, logo infere-se que a falta de tratamento acústico não apresenta um grande problema no bairro.
Conforto lumínico  0,8	Uma vez que o bairro tem acesso à energia elétrica, assume-se que as casas da região contam com iluminação artificial, o mesmo pode ser dito da iluminação natural devido a presença de janelas nas edificações, mesmo que o conforto lumínico não seja uma preocupação na maioria dos projetos.
Conforto higrotérmico  0,66	Grande maioria das casas do bairro possuem cores claras na fachada e disposição, em sobrados, de ambientes de uso comum no andar de baixo e dormitórios no andar de cima. A exposição à umidade é bastante acentuada, não havendo mecanismos específicos de proteção nas fachadas, sendo mais comum as medidas de proteção nas coberturas e áreas úmidas.
Durabilidade  0,8	Não foram encontradas informações concretas sobre a vida útil das edificações da área, porém, com a devida manutenção, a vida útil da alvenaria (sistema de fechamento predominante no bairro) é em média 60 anos.

Segurança (estrutural, fogo, uso e operação) 0,5	O Corpo de Bombeiros de Santa Catarina prevê cuidados nas edificações em relação à segurança contra incêndio, estrutural e outros, principalmente para edificações comerciais. As edificações residenciais predominantes no bairro possuem poucos requisitos.
Estanqueidade 0,5	É inferido que as construções do bairro possuem estanqueidade em relação à chuva, individualmente. Entretanto, no conjunto, sofrem frequentemente com alagamentos em função das chuvas.
Habilidade, flexibilidade e funcionalidade 0,33	A maioria das edificações no bairro são residências unifamiliares que não apresentam estrutura pensada para adaptabilidade para novos usos ou ampliações verticais.
Construtibilidade 0,33	Acredita-se que grande parte das construções na Lagoa da Conceição ocorreram sem um projeto arquitetônico formal e sem um planejamento em relação ao gerenciamento das obras e comparação entre opções para a escolha da que menos consome materiais.
Infraestrutura 0,5	Para melhorar a infraestrutura do bairro, em 2022 a prefeitura fez a troca de pavimento da pista de rolamento da Avenida das Rendeiras, a via também ganhou uma ciclovia e teve o sistema de drenagem recuperado. A prefeitura também assinou um contrato para construção de uma nova ponte, que promete melhorar o trânsito nessa região. As edificações pouco contribuem na melhoria da infraestrutura do bairro.
Conforto e saúde 0,8	As casas do bairro em sua maioria possuem jardins com acesso à luz solar e grades ou muros que dão ao morador privacidade, sem cortar por completo seu acesso ao exterior, a região também conta com um sistema de coleta de lixo, no entanto o bairro não conta com uma central de reciclagem e não está garantido acesso à água potável em todos os edifícios.
Qualidade do produto/habitação 0,5	A maioria das edificações no bairro não possuem adaptações para acolher pessoas de mobilidade reduzida e pela maioria das casas não possuem projeto formal, o período de manutenção e tudo envolvendo a mesma cai na responsabilidade do morador e somente dele. Porém há espaços privativos ao ar livre na maioria das casas do bairro.
Relacionamento com a comunidade local 0,5	No bairro há locais para interação com a comunidade como centros culturais e parques e residências possuem muros baixos, que permitem interações entre vizinhos.
Participação 0,5	Não há informação em relação à participação da população na escolha dos empreendimentos construídos no bairro. Está em discussão o plano diretor de Florianópolis, entretanto a população tem encontrado resistência na priorização de suas necessidades.
Herança cultural 0,33	Como herança da cultura indígena, ainda se cultiva a mandioca e as redes de pescas são feitas utilizando plantas fibrosas. A região também conta com traços da cultura açoriana, como o folclore, o artesanato, a pesca e algumas festas religiosas.
Políticas públicas 0,5	No fim de 2022, a Justiça Federal em Florianópolis (Ambiental) realizou uma audiência de instalação da Câmara Judicial de Proteção da Lagoa da Conceição. De acordo com a Prefeitura de Florianópolis (2021), em 2 de fevereiro de 2021, a Floram instituiu Grupo Técnico, com objetivo geral de acompanhar a gestão dos recursos hídricos e qualidade da água nas Bacias Hidrográficas da Lagoa do Peri e da Lagoa da Conceição.

Educação ambiental  0,33	O bairro não conta com projetos para educação ambiental.
Usuários  0,8	Os usuários da Lagoa da Conceição são os próprios moradores, moradores de outros bairros que usufruem dos atrativos do lugar e também alguns visitantes de fora que aproveitam o entorno da lagoa para praticar exercícios, fazer passeios e aproveitar os diversos restaurantes e bares próximos a essa área. A participação dos usuários nos projetos das edificações restringe-se ao convencional. O IDH é bastante elevado.
Segurança  0,5	Os moradores da região estão reclamando da falta de segurança do bairro, roubos ocorrem frequentemente à noite na área comercial e os traficantes de drogas agem à vontade.
Fortalecimento da economia local  0,8	A Lagoa da Conceição possui infraestrutura básica e equipamentos urbanos que, apesar de apresentarem problemas, conseguem suprir parte das demandas da população. Por ser um bairro residencial, a Lagoa apresenta um pequeno centro comercial para suprir as demandas de moradores.
Viabilidade econômica  0,5	Pode-se inferir que as casas da região foram construídas de acordo com a viabilidade econômica de seus moradores e pelos mesmos.
Custo de construção, operação e manutenção  0,33	Devido a probabilidade de as edificações da região serem, em sua maioria, de caráter informal, acredita-se que não houve um estudo em relação aos custos de manutenção e operação dos edifícios. O bairro também apresenta poucas edificações com medidas para economia de água ou energia.
Média final	15,16 / 29 indicadores = 0,52

Fonte: Autoral.

4.3 Caracterização do Desempenho

No que se refere ao desempenho, de uma forma simplificada nas questões ambientais, pode-se dizer que:

- **ÁGUA** - Não foram encontrados dados recentes em relação ao consumo de água da Lagoa da Conceição. Porém, de acordo com dados do Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (2002) o consumo per capita em Florianópolis é de 155 L por habitante por dia e sendo a população estimada do bairro 9.849 habitantes (2000), estima-se que o consumo diário do bairro é em torno de 1.526.595 L.
- **ENERGIA** - A CELESC não divulga os dados do consumo de energia do bairro, porém devido ao número de reclamações de falta de energia no bairro, percebe-se que a demanda do bairro não é suprida pelo sistema de fornecimento de energia da cidade.
- **AR** - a qualidade do ar é boa em função da incidência da ventilação natural e presença de áreas de APP no local.
- **SOLO** - A contaminação do solo pode ocorrer pela disposição de efluentes, considerando um nível do lençol freático elevado.
- **SOCIAL** - Há bastante diversidade na população onde a comunidade tradicional convive com a população migrante. A renda média é elevada e há profissões tradicionais como a pesca.
- **ECONÔMICO** - geração de renda local e bom poder aquisitivo.

4.4 Classificação Final

Assim, pode-se considerar que a Lagoa da Conceição possui uma estrutura urbana com um nível de desenvolvimento intermediário (0,61), com edificações que adotam condutas intermediárias (0,52), com um desempenho resultante também intermediário. Considerando os níveis propostos pelo modelo ESA-B (LIBRELOTTO et. al., 2017) encontra-se no quadrante D do cubo de posicionamento da sustentabilidade, caracterizando o local como em desenvolvimento, com muitas possibilidades de melhoria.

5. DISCUSSÕES

A Lagoa da Conceição é um bairro predominantemente residencial com alguns comércios concentrados em pontos do bairro. A mobilidade da região apresenta problemas, sendo pouco eficiente contra o congestionamento de trânsito e havendo limitado espaço para pedestres e ciclistas. O bairro apresenta necessidade de melhora na sua infraestrutura em relação ao acesso à água e energia, os quais não suprem a necessidade da população, havendo falta de luz e água no bairro diversas vezes ao ano.

O fato de não haver muitas variações de uso das edificações que são em sua maioria residências unifamiliares, à exceção das construções no centrinho da Lagoa, marginal da Avenida das Rendeiras e restaurantes dispersos na Costa da Lagoa e beira da Lagoa e canal, também apresenta um problema na sustentabilidade e mobilidade, levando os moradores a fazerem deslocamentos utilizando transporte motorizado para comércio ou lazer. O bairro possui grande potencial turístico devido a sua cultura e belezas naturais, porém não possui uma estrutura que atinge o nível intermediário considerando apenas a população fixa.

Também se nota a precariedade de políticas públicas para a educação da população em relação à preservação ambiental, o que talvez auxiliaria no entendimento dos perigos da implantação de tantos edifícios nas margens da lagoa e incentivaria o cuidado com as áreas verdes restantes no bairro. A Lagoa da Conceição possui muitas edificações de no máximo dois pavimentos, desse modo a entrada de luz e ventilação natural na maioria das habitações do bairro é facilitada, porém alguns potenciais que surgem desse fato não são explorados, como a possibilidade de uso de painéis de energia solar nos telhados das edificações, escolha de materiais de forma consciente para evitar perda de calor no inverno e excessivo ganho de calor no verão, diminuindo assim o consumo de energia.

Por ser um bairro não planejado, a Lagoa da Conceição apresenta muitos problemas, o que como paradoxo, também lhe qualifica. De uma forma ou de outra apresenta possibilidades de melhorias em relação a sua sustentabilidade, considerando uma análise integrada de estrutura, conduta e desempenho, principalmente ao verificar o potencial de contribuição para o desenvolvimento local que as edificações, de forma isolada ou conjunta, apresentam.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta pesquisa procurou-se avaliar a sustentabilidade da Lagoa da Conceição, utilizando o Modelo ESA-B que atingiu a condição de um bairro em

desenvolvimento. Mais importante que a significância dos valores resultantes da avaliação é a análise da adequação do modelo para realizar a gestão do lugar. A coleta de dados de forma exploratória, neste artigo, foi muito trabalhosa e requer a colaboração de diversos setores públicos e privados. Entretanto, o modelo ESA-B apresenta muito potencial para subsidiar a gestão da sustentabilidade do lugar como propõe o projeto.

Foram encontradas muitas dificuldades para obter informações relevantes sobre a área de estudo, pois há uma limitação de obtenção de dados no âmbito dos bairros, e que é de extrema importância para o entendimento deste estudo. Sendo assim, para que possamos ter uma análise mais profunda sobre o tema abordado, é necessário que os órgãos públicos, consigam de alguma maneira, expor dados mais detalhados sobre os bairros e não somente dados genéricos, como do município inteiro, visto que uma cidade como Florianópolis possui uma área territorial bem considerável.

REFERÊNCIAS

ARCARI, Thiago de Liz et al. **Estimativa de cargas de e. coli e análise espaço-temporal da balneabilidade na Lagoa da Conceição, Florianópolis-SC**. 2016.

BRUNDTLAND, Gro Harlem. **Our common future—Call for action**. *Environmental conservation*, v. 14, n. 4, p. 291-294, 1987.

CARVALHO, Michele Tereza Marques; SPOSTO, Rosa Maria. **Metodologia para avaliação da sustentabilidade de habitações de interesse social com foco no projeto**. *Ambiente Construído*, v. 12, p. 207-225, 2012.

CARVALHO, M. T. M. **Metodologia para Avaliação da Sustentabilidade de Habitações de Interesse Social com Foco no Projeto**. 2009 (Doutorado, Estruturas e Construção Civil). Tese de Doutorado – Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

CLIC RBS. **Reportagem Weiss et. al**. Disponível em:

https://www.clicrbs.com.br/sites/swf/plano_diretor/lagoa.html#zoneamento. Acesso em: 20 mar. 2023.

HAUFF, Shirley Noely et al. **Diagnostico ambiental integrado da bacia hidrografica da Lagoa da Conceição-Florianopolis, SC**. 1996.

IBGE/Cidades. Censo demográfico. 2010. **Instituto do Patrimônio**. Disponível em: <https://www.ipatrimonio.org/florianopolis-ribeirao-da-ilha-lagoa-da-conceicao-santo-antonio-de-lisboa>. Acesso em: mar. 2023.

IMA/SC– Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina. Relatório de Balneabilidade Lagoa da Conceição. Março, 2022. Disponível em: <https://balneabilidade.ima.sc.gov.br/>. Acesso: mar. 2022.

GODOY, Fabio Bertini et al. **Modelagem hidrológico-hidrodinâmica da Lagoa da Conceição-SC**. Dissertação de mestrado. UFSC. 2009. Disponível em: <

LIBRELOTTO, Lisiane Ilha. **Modelo ESA para avaliação da sustentabilidade na construção civil**. Edgar Blucher. São Paulo: Blucher Acadêmico, 2008.



LIBRELOTTO, Lisiane Ilha. **Modelo ESA para avaliação da sustentabilidade na construção civil**. Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina. Tese de Doutorado. Florianópolis: UFSC, 2005.

LIBRELOTTO, L. I.; FERROLI, PAULO CESAR MACHADO; SANOM, S. ; MATANNA, L.. **Avaliação da Sustentabilidade do edifício na Escala Urbana**. In: ENSUS 2017 - V Encontro de Sustentabilidade em Projeto, 2017, Florianópolis. Anais ENSUS 2017 - V Encontro de Sustentabilidade em Projeto. Florianópolis: UFSC/Virtuhab, 2017. v. 1. p. 163-177.

MME (Ministério de Minas e Energia). **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2022: ano base 2021**. Disponível em:

http://shinyepe.brazilsouth.cloudapp.azure.com:3838/anuario-livro/#Cap%C3%ADtulo_2:_Panorama_Nacional. Acesso em: mar. 2023.

NAHAS, Maria Inês Pedrosa; MARTINS, Vera Lúcia Alves Batista. O índice de qualidade de vida urbana para Belo Horizonte IQVU/BH: a elaboração de um novo instrumento de gestão municipal. *Rev. bras. adm. contemporânea*, p. 337-50, 1995.

PMF. Prefeitura de Florianópolis. **FLORAM - Fundação Municipal do Meio Ambiente**. Disponível em:

<http://www.pmf.sc.gov.br/entidades/floram/index.php?cms=lagoa+da+conceicao&menu=0>. Acesso em: 20 mar. 2023.

PMF. Prefeitura de Florianópolis. **Nova Ponte Lagoa da Conceição**. Disponível em: <https://mobilidadefloripa.com.br/nova-ponte-da-lagoa-da-conceicao-construcao-licitacao/>. 2022. Acesso em: Julho de. 2023.

SSP/SC. **Boletim mensal de crime**. Maio de 2021. Disponível em:

https://www.ssp.sc.gov.br/files/dinidocs2021/Boletim_Mensal_202105.pdf. Acesso em: mar. 2023.

VAZ, Marcelo Cabral. Lagoa da Conceição: a metamorfose de uma paisagem. 2008. Dissertação de mestrado. PPGAU. 2008. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/91058/257315.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: mar. 2023.

Vias Seguras. **Estatísticas de acidentes de Trânsito no Estados**. Disponível em: http://vias-seguras.com/os_acidentes/estatisticas/estatisticas_estaduais/estatisticas_de_acidentes_no_estado_de_santa_catarina.

Acesso em: mar 2023.

VIEIRA, Jennyfer Silva; HENKES, Jairo Afonso. **UMA ANÁLISE NOS IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS NA LAGOA DA CONCEIÇÃO PELO DESPEJO DE EFLUENTES**. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, v. 2, n. 2, p. 309-337, 2013.

AGRADECIMENTOS

Nossos agradecimentos à FAPESC e CASAN pelo apoio financeiro à pesquisa Aplicativo USAT (Urban Sustainability Assessment Tool) para Gestão da Sustentabilidade Urbana na Lagoa da Conceição em Florianópolis através do Modelo ESA-Building. Agradecemos também ao Programa PIBIC/CNPq, pelas bolsas de iniciação científica concedidas.

05.

**FORMAÇÃO/PERFIL
PROFISSIONAL E
MERCADO DE TRABALHO**





05.

FORMAÇÃO/PERFIL PROFISSIONAL E MERCADO DE TRABALHO

A MUTAÇÃO DE UMA ARQUITETURA ANCESTRAL **197-210**
RADÜNZ, Luana; NERBAS, Patrícia.

EDIFÍCIOS DE MADEIRA DURÁVEIS E COM EFICIÊNCIA **211-220**
ENERGÉTICA
GUIMARÃES, Adriana Braga; GÓES, Matheus Barreto de; CARRASCO,
Edgar Vladimiro Mantilla.

UMA ESTRUTURA DE GESTÃO URBANA PARA CIDADES **221-230**
INOVADORAS SUSTENTÁVEIS
IVANÓSKI, Chrystianne G.; CARVALHO, Marisa A.

A MUTAÇÃO DE UMA ARQUITETURA ANCESTRAL

THE MUTATION OF AN ANCESTRAL ARCHITECTURE

Data de aceite: 04/07/2023 | Data de submissão: 24/06/2023

RADÜNZ, Luana, Bacharela em Arquitetura e Urbanismo

UNISINOS, São Leopoldo/RS, Brasil, E-mail: arqurb_luana@outlook.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-8323-2416>.

NERBAS, Patrícia, Doutora em Arquitetura e Urbanismo

UNISINOS, São Leopoldo/RS, Brasil, E-mail: fnerbas@unisinós.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5882-2857>.

RESUMO:

No estado do Rio Grande do Sul as comunidades indígenas vivenciam adversidades comuns às demais comunidades indígenas do Brasil, e buscam manter vivas as suas culturas espaciais e construtivas. Diante este contexto, o objetivo deste artigo é analisar a arquitetura vernacular e a raiz cultural brasileira de um dos grupos Guarani Mbya do Município de Camaquã, a fim de identificar continuidades e transformações na arquitetura desta comunidade. A partir da pesquisa bibliográfica e de metodologias de participação social, foram desenvolvidas soluções apropriadas à cultura e ao território dos integrantes da Aldeia Flor da Serra. Os aspectos abordados se referem a organização cultural, espacial e construtiva. Os resultados demonstram a permanência e a transmutação da arquitetura desta comunidade, oportunizando reflexões sobre seu patrimônio espacial e construtivo. A finalidade é dar visibilidade a estas soluções ancestrais que podem ser oportunas à sustentabilidade, especialmente para às comunidades em situação de vulnerabilidade social.

PALAVRAS-CHAVE:

Arquitetura Indígena. Guarani Mbya. Cultura e Ancestralidade. Sustentabilidade Cultural. Sustentabilidade Ambiental. Soluções Espaciais e Construtivas.

ABSTRACT:

In the state of Rio Grande do Sul, indigenous communities experience adversities common to other indigenous communities in Brazil and seek to keep their spatial and constructive cultures alive. Given this context, this article aims to analyze the vernacular architecture and the Brazilian cultural roots of one of the Guarani Mbya groups in the municipality of Camaquã, to identify continuities and transformations in the architecture of this community. Based on bibliographical research and social participation methodologies, appropriate solutions were developed for the culture and territory of Aldeia Flor da Serra members. The approached aspects refer to the cultural, spatial, and constructive organization. The results demonstrate the permanence and transmutation of the architecture of this community, providing opportunities for reflections on its spatial and constructive heritage. The purpose is to give visibility to these ancestral solutions that may be opportune for sustainability, especially for communities in situations of social vulnerability.

KEYWORDS:

Indigenous Architecture. Guarani Mbya. Culture and Ancestry. Cultural Sustainability. Environmental Sustainability. Spatial and Constructive Solutions.

1. INTRODUÇÃO

Os conhecimentos técnicos construtivos dos diversos grupos indígenas que habitam o território brasileiro costumam ser pouco explorados e os motivos não fazem parte desta pesquisa. A intenção deste trabalho é justamente despertar o olhar para a possibilidade de abordarmos aspectos relacionados as culturas ancestrais deste País, juntamente com questões fundamentais do curso de Arquitetura e Urbanismo.

A cultura não é estática, ela está em constante movimento. Os indígenas, assim como os não indígenas, possuem total direito de transmutar seus saberes, seus hábitos e suas arquiteturas. Conforme Weimer (2018, p. 352), “Uma arquitetura nova surge da transformação de outro tipo que lhe é anterior e que já não mais atende às necessidades de uma vida em constante transformação”. Mas para que essas transformações ocorram sem perda de conhecimento, é necessário que haja uma conscientização por parte da sociedade brasileira para a preservação dos saberes milenares que muitos grupos indígenas conservam e repassam de maneira oral há diversas gerações.

Para o aprofundamento desta questão e o desenvolvimento deste trabalho, durante os anos de 2021 e 2022, foram elaboradas atividades de forma participativa com integrantes do grupo indígena Guarani Mbya, residentes na *Tekoa Yvy’ã Poty* – Aldeia Flor da Serra – situada no Município de Camaquã, Rio Grande do Sul. Abaixo, algumas observações importantes sobre a temática.

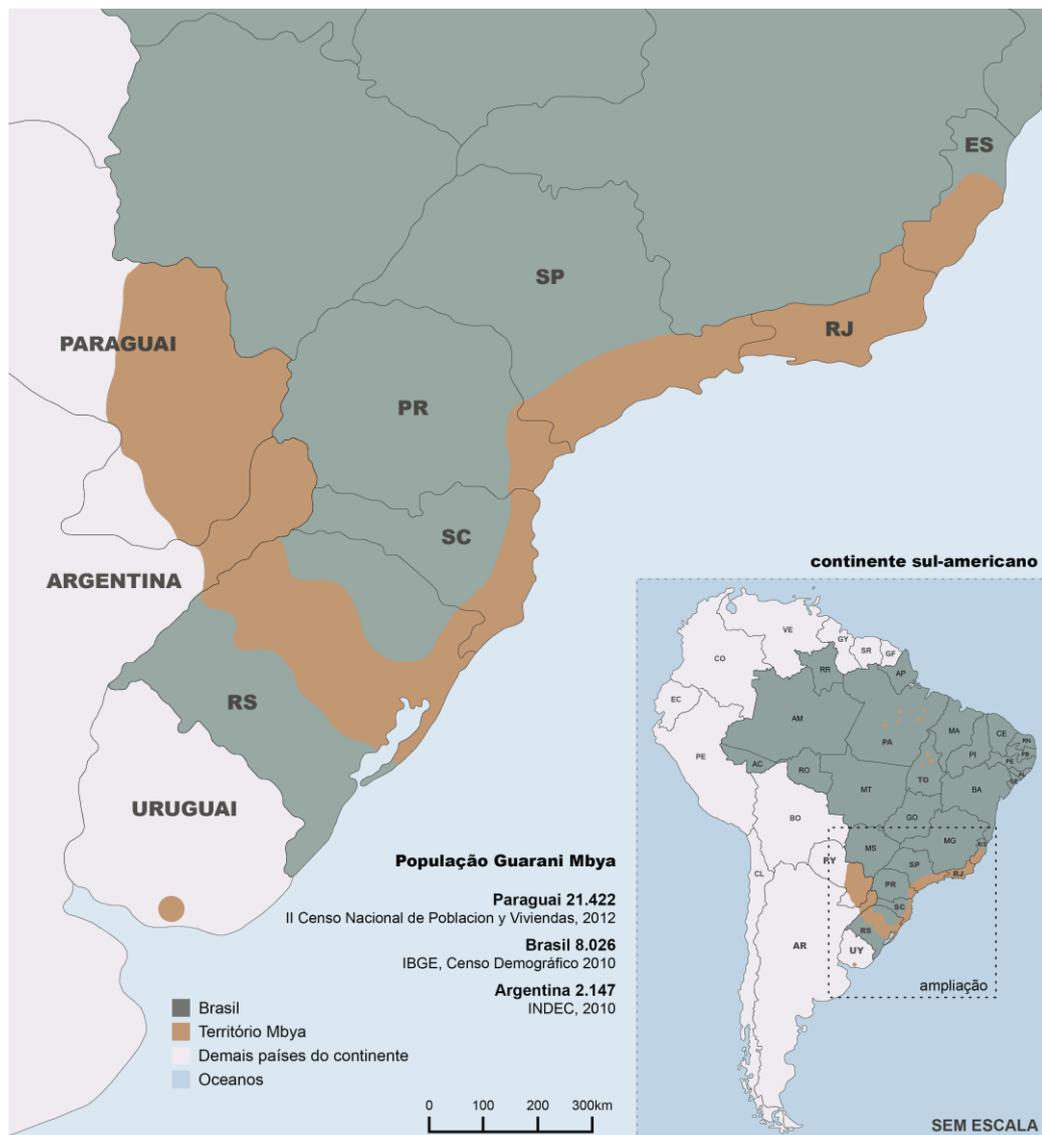
1.1. Origem e Território Guarani Mbya

Apesar de algumas discordâncias, a teoria mais aceita é de que os indígenas da América do Sul descendem de antigos habitantes do Continente Asiático, que no decorrer dos séculos, migraram para a América do Norte e, posteriormente, para o Continente Sul-Americano. Neste processo, a cultura, a organização social e a arquitetura destes povos foram sendo modificados de acordo com os diferentes bioclimas que passaram a ocupar. Neste trabalho, teremos como foco o grupo Guarani Mbya e faremos uma pequena referência ao povo Guarani.

O Povo Guarani constitui um dos grupos étnicos que originalmente habita o Continente Sul-Americano. Antes da chegada dos colonizadores, este território era ocupado livremente por diferentes grupos étnicos indígenas, não havendo divisões físicas ou proprietários de terra. Após a chegada dos espanhóis e portugueses, este modelo de nação livre foi interrompido pela formação dos Estados nacionais e o Povo Guarani foi dividido espacialmente entre os atuais países: Brasil, Argentina, Uruguai, Paraguai e Bolívia. Com isto, passaram a enfrentar dificuldades em conservar uma unidade cultural, mas resistem mantendo uma identidade particular ancestral. Independentemente de algumas diferenciações nas nomenclaturas, podemos dividir o Povo Guarani remanescente no Brasil em três subgrupos: Ñandeva, Kaiowá e Mbya. Essa divisão está pautada, principalmente, em observações sobre as diferenças nas divisões espaciais, nas expressões linguísticas, em elementos da cultura material e nos rituais nos quais há músicas e cantos específicos.

A população Guarani Mbya está presente na região meridional da América do Sul, dividida entre a região oriental do Paraguai – 21.422 – o nordeste da Argentina (Província de Misiones) – 2.147 – e as proximidades de Montevideo, no Uruguai. No Brasil – 8.026 – encontra-se em aldeias situadas no interior e no litoral dos estados do sul (Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul) e em São Paulo, Rio de Janeiro e Espírito Santo em várias aldeias junto à Mata Atlântica. Também na região norte do país encontram-se algumas famílias Mbya que vivem no Pará e em Tocantins. Este recorte geográfico multinacional corresponde ao seu “território originário”. Sendo a mobilidade uma de suas principais características, os Mbya estão sempre circulando entre esse território (visitas de parentes, rituais, intercâmbios de materiais para artesanato e de cultivos etc.). A população Mbya atual está em torno de 31.595 pessoas, conforme informações no mapa abaixo. Esta é apenas uma estimativa, pois há uma certa dificuldade em quantificá-los, já que o acesso a algumas aldeias ou moradias nem sempre é possível.

Figura 1: Território Guarani Mbya.



Fonte: Autoras.

1.2. Patrimônio Nacional

Passados mais de cinco séculos do início da ocupação europeia no Continente Sul-Americano, permanecem sendo reconhecidas e preservadas como arquiteturas brasileiras, aquelas provenientes de culturas e soluções construtivas trazidas do Continente Europeu. Ainda hoje, as construções dos povos ancestrais do Brasil seguem não sendo reconhecidas como patrimônio nacional e, por vezes, não são sequer reconhecidas como arquitetura de fato, uma vez que, os termos arquitetônicos de origem indígena costumam ser utilizados com intuito pejorativo – *oca*, *maloca*, *biboca* etc.

Não há qualquer registro de bens imóveis indígenas tombados pelo IPHAN, tampouco casas, aldeias ou conjuntos arquitetônicos/paisagísticos. Em geral, as culturas indígenas têm suas manifestações tombadas como bem cultural/imaterial. A arquitetura indígena não tem feito parte dos bens materiais da União [...] (MOASSAB, 2014, p. 07-08).

O Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) reconheceu como bem imaterial, de origem Guarani, a *Tava*, que para os Guarani Mbya, é o local onde seus antepassados viveram e construíram estruturas em pedra, deixando suas marcas e restos mortais ao se transformarem em imortais – ao desencarnarem. Também, incluiu no Inventário Nacional da Diversidade Linguística, a língua Guarani Mbya, identificada como uma das três variedades modernas da língua Guarani. Recentemente, em 13/06/2023, o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico do Estado do Rio Grande do Sul, oficializou o Sistema Cultural e Socioambiental da Erva-Mate Tradicional como patrimônio cultural imaterial do Rio Grande do Sul. Este é o primeiro registro desta natureza no estado.

Contudo, permanece a ausência de soluções construtivas de origem indígena nos registros nacionais e estaduais. Os indígenas têm mostrado enorme conhecimento técnico construtivo em suas habitações, sendo autores de uma arquitetura bioclimática de extrema relevância para os debates sobre arquitetura e sustentabilidade. Desta forma, registrar e preservar estes conhecimentos ancestrais são de extrema importância para a cultura e a arquitetura brasileiras.

1.3. Crescimento Populacional

O Censo Demográfico coleta dados sobre a população indígena brasileira desde 1991, com base na categoria indígena do quesito cor ou raça. Em 2000, houve um crescimento significativo da população indígena, passando de 294.000 para 734.000 pessoas em apenas nove anos. Esse crescimento populacional ocorreu porque houve um aumento no número de pessoas que se reconhecem como indígenas e não simplesmente por um efeito demográfico (mortalidade, natalidade e migração).

No Censo Demográfico de 2010, foi introduzido um conjunto de perguntas específicas, como o povo ou a etnia a que pertenciam e as línguas indígenas faladas. Assim, a partir destes resultados, foi possível ter um melhor conhecimento da população indígena a partir de seus grupos, comprovando uma expressiva diversidade indígena no Brasil.

Tabela 1: População residente, segundo a situação do domicílio e condição indígena - Brasil 1991/2010.

Ano	População Indígena Urbana	População Indígena Rural	População Indígena Total
1991	71.026	223.105	294.131
2000	383.298	350.829	734.127
2010	315.180	502.783	817.963

Fonte: IBGE.

A partir da Tabela 1 podemos notar que a população indígena brasileira vem aumentando de forma significativa, principalmente, em áreas rurais, revelando um estreito vínculo com a terra. Isto reforça a importância de um olhar mais atento dos diversos profissionais da nossa sociedade para estes povos.

1.4. Conhecimento Ancestral x Academia

Dentro e fora da academia, os grupos indígenas tendem a ser ignorados e não recebem os devidos cuidados e reconhecimento merecidos. Os ambientes naturais e construídos sofreram grandes modificações durante os séculos pós colônia no Brasil. Esses grupos, principalmente os que estão situados próximos ou juntos às zonas urbanas, estão enfrentando cada vez mais obstáculos para preservarem os seus costumes ancestrais. É necessário construir uma ponte entre os grupos indígenas e a academia, para que haja troca de conhecimentos, abrindo novas possibilidades de estudo e atuação para ambos. As técnicas construtivas indígenas também podem ser viáveis para sistemas construtivos existentes na sociedade não indígena. Associando as inovações tecnológicas com o saber empírico tradicional, podemos criar uma arquitetura bioclimática e de raiz cultural brasileira. Da mesma forma, precisamos auxiliar esses grupos em suas novas construções, buscando resultados que atendam de forma mais ampla as suas atuais necessidades, sem que se perca a singularidade de suas culturas.

A riqueza cultural das habitações e dos modos de viver dos povos tradicionais é tomada como indigna de um olhar mais atento, de um esforço de produção e de renovação do conhecimento no interior da academia, quando não é desprezada abertamente, dentro e fora dela, pela arrogância de grande parte dos administradores públicos, nos seus mais diferentes matizes, imbuídos ainda hoje do velho sonho de “civilizar” os índios, sempre com vistas à usurpação de suas terras e de seus recursos naturais [...] (MACHADO, 2020, p. 27).

Esta aproximação de realidades possibilita dar espaço, voz, representação, corpo a um grupo de brasileiros que não deixaram de resistir um único dia para continuar existindo em um país onde, desde a sua colonização, vem colocando a ganância e a ignorância acima de valores primários de humanidade. Precisamos exaltar a força, a vontade de viver de forma autêntica, a simplicidade e a humildade que estes indivíduos possuem. A aproximação e a valorização de diferentes culturas e modos de viver pode possibilitar o resgate da autoestima de uma comunidade.

1.5. Localização – *Tekoa Yvy'ã Poty* – Aldeia Flor da Serra

A *Tekoa Yvy'ã Poty* está situada na Macrozona Rural de Serra do Município de Camaquã, na localidade de Bonito, 4º Distrito. Possui aproximadamente 70 ha em Reserva Indígena e está distante cerca de 20 km da zona urbana. Ao todo, 18 famílias habitam esta aldeia desde 2014, somando em torno de 80 pessoas. De 2012 a 2014, habitaram temporariamente outro local do Município, situado na Santa Aua, 5º Distrito, e, anteriormente, viviam de forma precária na beira da BR-116, entre o trecho Guaíba – Pelotas, sem um espaço apropriado para o modo de ser Guarani, com seus ritos e atividades específicas. Com a duplicação da estrada, que iniciou em 2012 nesse trecho, o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), juntamente com a Fundação Nacional dos Povos Indígenas (FUNAI), realocou essas e demais famílias indígenas que viviam em situações semelhantes, para áreas apropriadas e seguras, como forma de compensação do empreendimento, relacionado à territorialidade histórica Guarani Mbya na região.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Há uma carência de produções sobre a temática da arquitetura indígena de maneira geral. Consequentemente, além da pesquisa bibliográfica para fundamentar o tema abordado, foram utilizadas metodologias de participação social com os integrantes da *Tekoa Yvy'ã Poty*, para obtenção de dados mais precisos sobre a cultura e a arquitetura do grupo.

As metodologias utilizadas propunham abranger integrantes da aldeia de diferentes idades. Em um primeiro momento, foi realizado o levantamento físico territorial da *Tekoa* através de uma visita guiada por integrantes do grupo, buscando entender a organização espacial e social da aldeia. Em seguida, foi proposta uma atividade gráfica para as crianças, uma vez que o Guarani Mbya é o único idioma falado por elas, para que representassem elementos fundamentais do habitar na aldeia. Por último, foi apresentada aos homens presentes, visto que para eles construir é uma atividade masculina, uma maquete esquemática estrutural da casa tradicional Guarani Mbya, desenvolvida anteriormente a partir de pesquisa bibliográfica sobre o tema, com o objetivo de extrair informações sobre este modo de construir. De maneira geral, houve uma boa troca de informações e conhecimentos através das metodologias utilizadas, possibilitando a continuidade do trabalho.

3. APLICAÇÕES E RESULTADOS

3.1. Entendendo a *Tekoa Yvy'ã Poty* – Visita guiada

Para que a *Tekoa* seja de fato um espaço apropriado para manter vivos os ritos e crenças Guarani Mbya, é necessário que possua em seu território alguns atributos relatados em contos indígenas, como uma fonte de água; mata ou vegetação arbórea em abundância; palmeiras, que são espécies vegetais consideradas sagradas; e pedras ou acidentes geográficos, como penhascos e as próprias serras.

A fonte de água e a mata são pontos muito importantes da aldeia, já que permitem a sobrevivência e a permanência dos seus habitantes no local. Da mata são retiradas e cultivadas as ervas sagradas utilizadas em rituais espirituais e medicinais e a matéria prima do artesanato, principal fonte de subsistência do grupo.

Os Mbya vivem dentro de uma organização social hierárquica muito bem estabelecida, possuindo duas chefias: a política, composta pelo cacique; e a espiritual, composta pelo *karaí* – equivalente ao *pajé* de outros grupos indígenas. Estes títulos e os conhecimentos acompanhados são passados de pai para filho. Na *Tekoa Yvy'ã Poty*, as responsabilidades políticas são divididas entre o Cacique João Batista Souza e seu filho, o Vice Cacique Cristiano Kuaray.

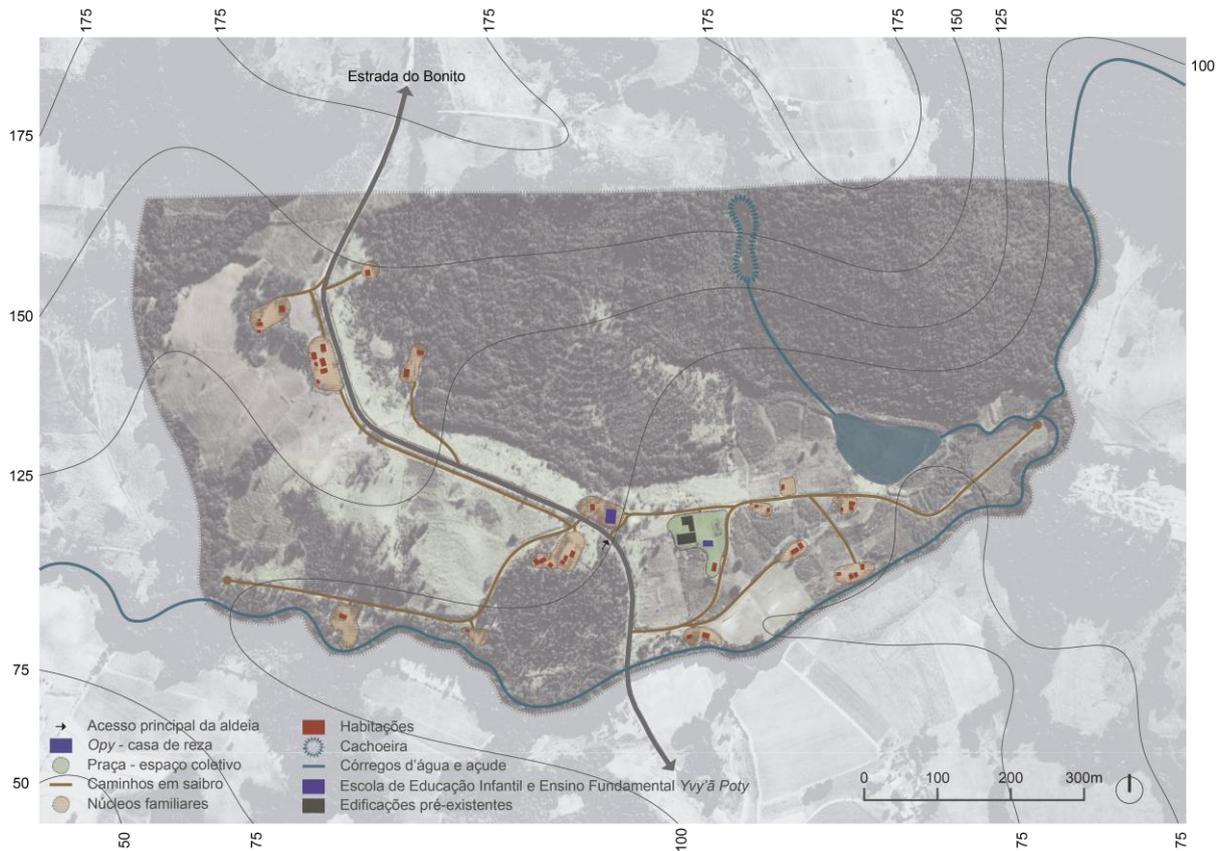
A organização espacial da aldeia é determinada a partir da *opy* – casa de reza e rituais coletivos realizados através de cantos, danças e discursos. Esta é a construção de maior porte e importância da aldeia, onde são tomadas as decisões do grupo e onde somente as pessoas que vivem a cultura Guarani devem adentrar. Ao lado da *opy* está situada a residência do *karaí*, e em torno dela, está situada a praça, utilizada para reuniões e cerimônias ao ar livre pelos indígenas e os não indígenas, quando presentes. Conforme Costa (1993, p. 121), “A *opy* é o coração da *Tekoa*, assim como o *pajé* é o coração do seu povo”.

Em torno deste espaço espiritual central – no sentido de referência, não de geometria – são construídas as *ogas*, ou, habitações, sempre em núcleos familiares determinados pelas relações de afinidade e consanguinidade. Ao redor das *ogas*, em espaço compartilhado, situam-se as pequenas plantações onde cultivam seus alimentos. Alguns núcleos familiares estão situados próximos de córregos d’água e todos são rodeados de espécies arbóreas, estando conectados por caminhos criados pelos habitantes da aldeia. De forma geral, este espaço político-social chamado de *Tekoa* é fundamentado na religião e na agricultura de subsistência.

O nosso dia a dia mesmo aqui é de que cada família tenha a sua pequena roça, né. Onde planta alguma coisa para comer, né, e artesanatos também, né. Então, isso aí que é hoje o nosso sustento, né. (KUARAY, 2021).

Abaixo, um mapa da aldeia com informações levantadas de forma conjunta, a partir de uma caminhada guiada. As imagens e curvas de nível foram retiradas do Programa Google Earth. Unidade de medida: metros.

Figura 2: Implantação Tekoa Yvy'ã Poty.

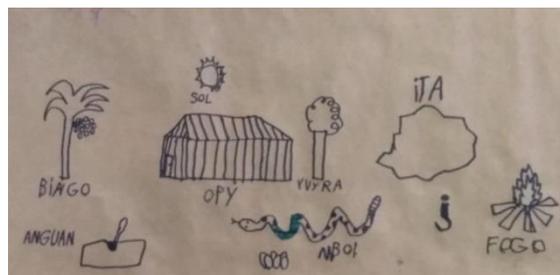


Fonte: Autoras.

3.2. Como é a Tekoa? – Atividade Gráfica

Em função da barreira linguística imposta, visto que as crianças da aldeia se comunicam apenas em Guarani Mbya, foi proposto que elas fizessem desenhos da Tekoa a partir da visão e do entendimento delas, representando as construções e os demais componentes do local. O objetivo foi identificar elementos importantes que compõem a cultura e a arquitetura do grupo. As figuras 3 e 4 apresentam duas das representações gráficas produzidas durante a atividade com as respectivas interpretações, repassadas pelos responsáveis.

Figuras 3 e 4: Representações Gráficas.



Fonte: Autoras.

Na figura 3 são representadas a vegetação, a serra e a cachoeira, elementos que compõem a paisagem local. A casa de reza – *opy* – está representada em madeira sobre solo nivelado. Acima da porta de entrada, o pilar principal da construção simboliza a força e a sustentação material e espiritual do espaço. Na figura 4, há novamente a presença da *opy*, assim como da *ita* (rocha), do fogo, do *anguan* – espécie de pilão com socador de madeira utilizado para fazer farinha – animais, o sol e as espécies vegetais sagradas, *Yvyra* (cedro) e *Bingo* ou *Pindó* (jerivá – *syagrus romanzoffiana*). Todos estes elementos fazem parte da rotina do habitar Guarani Mbya.

3.3. A evolução da Oga

A evolução da habitação indígena Guarani Mbya da *Tekoa Yvy'ã Poty* é compreendida neste trabalho a partir da segmentação por três etapas: as construções Guarani registradas em produções textuais; a *oga* propriamente dita, habitação tradicional Guarani Mbya; e as habitações utilizadas no momento dentro da aldeia. Estas informações foram obtidas através de pesquisas bibliográficas, visita técnica à aldeia e atividades participativas com os seus integrantes.

3.3.1. 1ª etapa – Arquitetura Guarani

O Povo Guarani, inicialmente, era formado por perambulantes, ditos nômades, que mantinham atividades de coleta, caça e pesca. Desta forma, as primeiras manifestações arquitetônicas, que temos relato, são constituídas de para-ventos e abrigos provisórios, construídos de materiais naturais e locais, com soluções rápidas de montagem e desmontagem, uma vez que, muitas vezes esses materiais eram carregados de um ponto a outro. Com o passar do tempo, o Povo Guarani passou a permanecer por maiores períodos em um mesmo local, iniciando, assim, um processo de construção de aldeias e habitações. O grupo nomeava a aldeia como *taba* e suas habitações eram coletivas, nomeadas de *maioegas*.

Após a chegada dos colonizadores, na medida em que o contato entre os indígenas e os europeus se intensificava, o Povo Guarani sentiu a necessidade de modificar a disposição da aldeia e, posteriormente, as suas habitações. As cerimônias religiosas que antes ocorriam em espaço aberto, no centro da aldeia, passaram a ocorrer em ambiente fechado – casa de reza – para resguardar o conhecimento religioso ancestral. A casa coletiva, com o passar do tempo, deixou de ser utilizada, dando lugar as casas individuais, muito por influência do modo de ocupar/habitar europeu. A casa individual também passou a aderir outras características dos novos povos que passaram a ocupar este território, como o emprego da taipa de sopapo, da cultura africana. A casa hoje entendida como tradicional pelos Guarani Mbya é o resultado destas transformações.

3.3.2. 2ª etapa – A Arquitetura da Oga Tradicional – Discussão com Maquete Física

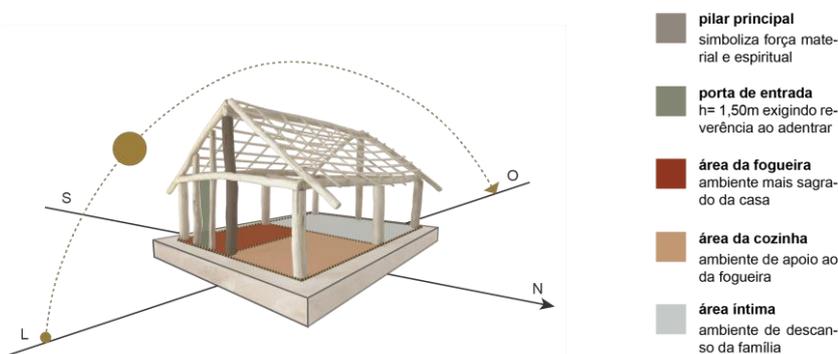
Como suporte para a troca de informações com os integrantes da aldeia, visto que havia barreiras linguísticas entre nós, foi produzida previamente uma maquete esquemática estrutural da habitação tradicional Guarani Mbya. As discussões

abrangeam as configurações e diferenciações entre a casa tradicional e as casas construídas atualmente na *Tekoa*, conforme 3ª etapa.

3.3.2.1. Implantação e Orientação Solar

A implantação da casa para os Mbya está vinculada diretamente à orientação solar, pois o sol – *Nhamandu* – é a divindade cosmológica principal. A casa representa para o grupo a vida da *Tekoa* e deve ser alimentada e protegida pela luz solar da manhã, que adentra o interior da construção através da única abertura existente: a porta de entrada. Essa porta possui em média 1,50 m de altura, fazendo com que o indivíduo ao adentrar a habitação se curve, reverenciando e pedindo permissão para o acesso ao seu interior. Essa abertura sempre está voltada para a orientação Leste, pois acredita-se que com a chegada do novo dia, os raios solares que adentram a casa, além de iluminar, também limpam o ambiente de energias negativas.

Figura 5: Maquete Oga Tradicional.



Fonte: Autoras.

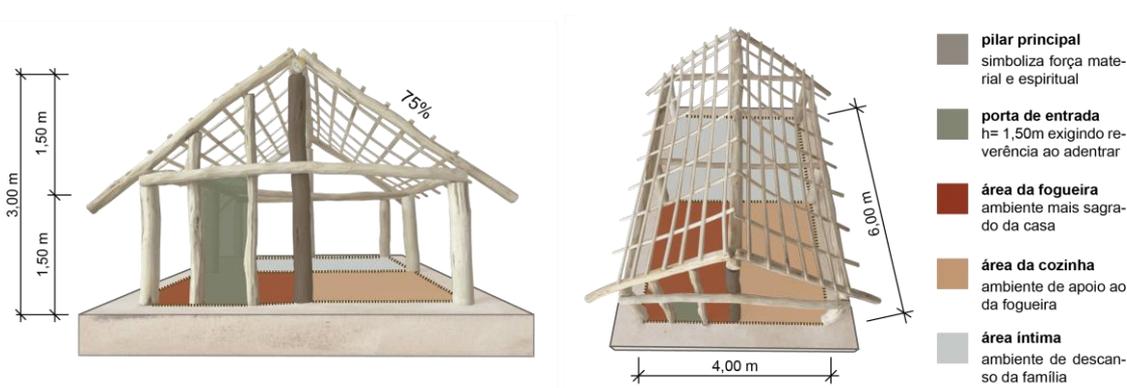
3.3.2.2. Forma, Dimensões e Organização Interna

Todas as construções indígenas Mbya no Rio Grande do Sul, que temos conhecimento, possuem base retangular e cobertura com duas águas. A dimensão da habitação depende da quantidade de pessoas que irá comportar. Em média, as famílias são formadas por 5 ou 6 pessoas na *Tekoa Yvy'ã Poty*. As dimensões utilizadas na maquete da casa tradicional foram 4x6m, com altura final de 3m no centro e 1,50m nas laterais. O telhado possui inclinação média de 75%.

Há uma certa continuidade do solo externo com o interno, pois tanto um quanto o outro são formados por solo compactado. O piso interno apenas recebe uma quantidade maior de terra – geralmente é utilizada a terra da escavação para os pilares – e possui nível mais alto que o externo, a fim de evitar alagamentos. Logo após a porta de entrada da casa está situado o fogo de chão que serve para preparar alimentos, aquecer água, confeccionar artesanatos, iluminação noturna e tem função de aquecer a casa em dias frios. Conforme Prudente (2007, p. 109), “Na perspectiva deles, o fogo faz a proteção espiritual das pessoas e da própria casa”. Ao lado do fogo de chão ficam guardados os utensílios de cozinha e os alimentos, em prateleiras de madeira construídas por eles. Ao fundo da casa fica a área íntima,

onde os moradores passam a noite em camas também construídas por eles. Não há nenhuma divisória interna, todos os ambientes são de uso comum.

Figuras 6 e 7: Maquete Oga Tradicional.



Fonte: Autoras.

3.3.2.3. Tecnologia Construtiva

Todos os materiais empregados na construção são coletados no próprio local de inserção, dialogando de forma harmônica com a paisagem local. O processo construtivo sempre acontece de forma coletiva, reforçando os ritos sociais do sistema cultural Mbya. Elementos da oga tradicional Guarani Mbya: estrutura de madeira; cobertura de taquara batida ou folhas de palmeira; paredes de pau-a-pique com taipa-de-mão; amarrações de cipó; piso de chão batido.

3.3.3. 3ª etapa – Oga Atual

As tipologias arquitetônicas utilizadas pelos moradores da *Tekoa Yvy'ã Poty* são aqui divididas em três grupos, para melhor entendimento. Estas edificações são resultados da mesclagem de soluções arquitetônicas de origem Guarani Mbya com soluções arquitetônicas da sociedade não indígena. Assim, podemos notar, como foi relatado durante conversa com integrantes da aldeia, que o desejo de manter os aspectos da arquitetura tradicional Mbya permanece, porém, as edificações passam a receber novos materiais e elementos, a fim de comportarem as atuais necessidades relacionadas ao habitar Mbya.

Algumas características são comuns nos três grupos, como o uso da telha de fibrocimento, com duas ou quatro águas, que proporciona uma melhor estanqueidade em relação a cobertura de taquara batida, além da maior durabilidade. O uso de divisórias internas para resguardar a privacidade dos indivíduos da família e a inserção de novas aberturas também estão presentes em diversas construções.

3.3.3.1. Tipologia 1 – Edificações em Madeira

Esse tipo de edificação de madeira é a tipologia predominante na aldeia. Muitas mantêm a forma da casa tradicional, com ausência de aberturas e cobertura de duas águas. Outras, possuem um porte maior, divisórias internas e cobertura de quatro águas, como as figuras abaixo.

Figuras 8 e 9: Edificações em Madeira.



Fonte: Autoras.

3.3.3.2. Tipologia 2 – Edificações em Pau-a-pique com Taipa de Sopapo

Tipologia bastante utilizada na aldeia. A técnica de pau-a-pique com madeiras retiradas da mata da aldeia e taipa de sopapo produzida in loco é mantida, porém, com a inserção de novos elementos, como divisórias internas, janelas, varandas e telhas de fibrocimento. O porte em alguns casos é maior que o da casa tradicional, assemelhando-se ao porte da casa de reza.

Figuras 10 e 11: Edificação em Pau-a-pique com Taipa de Sopapo.

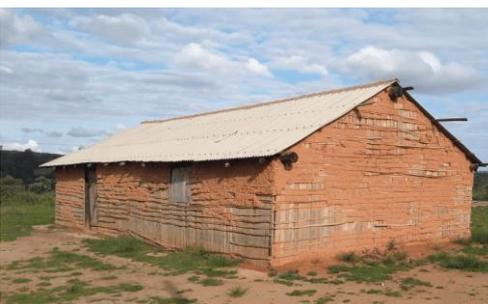


Fonte: Autoras.

3.3.3.3. Tipologia 3 – Edificações em Madeira com Taipa de Sopapo

Tipologia de menor uso na aldeia. A casa de reza é um exemplo, pois foi construída da mesma forma das edificações de tipologia 1, mas, posteriormente, recebeu taquaras pregadas nas tábuas de madeira para adesão da taipa de sopapo.

Figuras 12 e 13: Edificação em Madeira com Taipa de Sopapo.



Fonte: Autoras.

4. ANÁLISES DOS RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com os dados levantados, fica evidente que os grupos indígenas necessitam do acesso a terras onde as especificidades de suas culturas possam ser cultivadas e preservadas. Hoje, após décadas de sobrevivência em situações precárias, as famílias da *Tekoa Yvy'ã Poty* têm novamente a possibilidade de viver conforme as crenças e costumes Guarani Mbya. A organização espacial da aldeia demonstra o quão importante são as relações sociais, os elementos naturais e a espiritualidade para o grupo. A disposição das habitações em núcleos familiares, conectados por caminhos de terra batida, comprova o forte elo comunitário que estes indivíduos possuem. A preservação da mata como uma parte espacial terrena integrante da aldeia, demonstra o respeito para com os elementos naturais, e apresenta um posicionamento de igualdade entre ela e o ser humano e suas construções. A aldeia é um espaço essencialmente religioso e social.

A cultura e os conhecimentos indígenas são preservados de maneira oral, repassados de geração em geração. Isto é evidenciado pelo olhar das crianças retratado nos desenhos. Elementos que possuem grande força espiritual nos contos indígenas, como a rocha, o sol e a palmeira, foram representados como componentes fundamentais do viver Mbya. A espiritualidade do grupo talvez seja o elo conector de tudo que há dentro de uma aldeia, seus elementos naturais e construídos, seus indivíduos e suas crenças.

A espiritualidade Mbya também é refletida na arquitetura produzida por eles. Ou ao menos, costumava ser. Visto que as novas habitações estão aderindo elementos da arquitetura não indígena, a casa perde aos poucos os seus propósitos ancestrais. Esta interferência na arquitetura tradicional do grupo acontece pela necessidade dessas habitações em comportar as novas demandas e os novos hábitos que estes indivíduos estão adotando. Desta forma, as construções da aldeia estão perdendo sua identidade arquitetônica, passando a ser uma questão de tempo para que o grupo perca também o conhecimento das soluções construtivas tradicionais e a cultura e os ritos relacionados ao habitar e a habitação em si.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conhecer e reconhecer esta arquitetura ancestral é o primeiro passo para que ela não se perca no tempo, que até aqui, foi muito pouco favorável aos indígenas do Brasil. Também é importante que fique claro, que os indivíduos da *Tekoa Yvy'ã Poty*, assim como outros grupos indígenas, buscam auxílio para resolver projetualmente suas novas construções. Portanto, não intervir na resolução de problemas projetuais e construtivos presentes nas aldeias indígenas, com o conhecimento técnico, social e histórico que um Arquiteto e Urbanista possui, é de certa forma, negligenciá-los e não os reconhecer como integrantes da sociedade brasileira. Com o cuidado de respeitar a singularidade de cada cultura e arquitetura, devemos auxiliá-los no construir de novas realidades.

REFERÊNCIAS

- CONQUISTAS Parciais. [S. l.: s. n.], 27 jun. 2015. 1 vídeo (1h 1min 59s). **Comunicação Kuery.** Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=xnTMDLiUa60&t=3315s>. Acesso em: 17 set. 2021.
- COSTA, C.Z. O desenho cultural da arquitetura Guarani. **PÓS - Revista do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP**, V. 4, pp. 121. 1993.
- IBGE. **Indígenas**. 2023. Disponível em: <https://indigenas.ibge.gov.br/graficos-e-tabelas-2.html>. Acesso em: 25 fev. 2023.
- LADEIRA, Maria Inês. Guarani Mbya. In: **Povos Indígenas no Brasil**. 20 jan. 2021. Disponível em: https://pib.socioambiental.org/pt/Povo:Guarani_Mbya#Hist.C3.B3ria.2C_nomes_e_lugares. Acesso em: 17 ago. 2021.
- LEGADO cultural indígena: um patrimônio brasileiro. In: **IPHAN**. Brasília, 19 abril 2018. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/indl/noticias/detalhes/4616/legado-cultural-indigena-um-patrimonio-brasileiro>. Acesso em: 07 set. 2021.
- MACHADO, M.F.R.; PORTOCARRERO, J.A.B.; SILVA, D.F.A. **Tecnoíndia: arquitetura, antropologia e tecnologias indígenas em Mato Grosso**. 1. ed. Cuiabá: Entrelinhas, 2020.
- MOASSAB, A. A destruição da memória: a inexistência de patrimônio edificado indígena e de origem africana no Brasil. **Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo**, V. 3, pp. 07-08. 2014.
- PRUDENTE, L.T. **Arquitetura Mbyá-Guarani na Mata Atlântica do Rio Grande do Sul: estudo de caso do Tekoá Nhüu Porã**. 2007. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.
- ROBINSON, F.R. **Os Povos Indígenas e as Fronteiras Nacionais: A questão da manutenção da integridade da Nação Guarani**. 2004. Trabalho de Conclusão de Curso. Bacharelado em Relações Internacionais, Universidade do Vale do Itajaí, São José, 2004.
- WEIMER, G. **Arquitetura Indígena: Sua evolução desde suas origens asiáticas**. 1. ed. Porto Alegre: Edigal, 2018.

EDIFÍCIOS DE MADEIRA DURÁVEIS E COM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

DESIGNING DURABLE AND ENERGY EFFICIENT WOOD BUILDINGS

Data de aceite: 18/07/2023 | Data de submissão: 28/04/2023

Adriana Braga Guimarães, Arquiteta e Urbanista, UFMG
dribragag@gmail.com

Matheus Barreto de Góes, Mestre em Engenharia das Construções, UFMG
matheusbarretog@ufmg.br

Edgar Vladmiro Mantilla Carrasco, Doutor em Engenharia de Estruturas, USP. Escola de Arquitetura, FMG
mantilla.carrasco@gmail.com

RESUMO:

A fabricação de painéis de madeira maciça a partir de tecnologias avançadas têm possibilitado a construção de edifícios cada vez mais altos, totalmente construídos em madeira ou com sistemas híbridos. Historicamente, apesar de termos brilhantes exemplares arquitetônicos ao redor do mundo, construídos em madeira atravessando milênios, a durabilidade de tal material ainda gera muitos questionamentos, especialmente as questões ligadas à natureza higroscópica da madeira. No planejamento de ações, em que se pretende construir edifícios duráveis, questões ligadas à sustentabilidade ambiental vêm à tona, no mesmo plano de discussão, já que no contexto atual, de preocupações ambientais com os efeitos climáticos, o consumo de energia nas construções deve receber atenção prioritária. A madeira, como uma fonte renovável de energia é um material com importante potencial construtivo e por isso este artigo busca relacionar as duas questões, durabilidade e eficiência energética em edificações que cumpram seu papel ambiental, com longevidade e proporcionando segurança e conforto aos usuários.

PALAVRAS-CHAVE:

Madeira Maciça; Edifícios; Durabilidade; Eficiência Energética.

ABSTRACT:

The manufacture of solid wood panels, based on advanced technologies, has enabled the construction of increasingly tall buildings, entirely built in wood or with hybrid systems. Historically, despite having brilliant architectural examples around the world, built in wood spanning millennia, the durability of such material still raises many questions, especially those related to the hygroscopic nature of wood. In action planning, in which one intends to build durable buildings, issues related to environmental sustainability come to the fore, in the same discourse plan, since in the current context of environmental concerns with climate effects, energy consumption in buildings must receive priority attention. Wood, as a renewable source of energy, is a material with important constructive potential and therefore this article seeks to relate the two issues, durability and energy efficiency in buildings that fulfill their environmental role, with longevity and providing safety and comfort to users.

KEYWORDS:

Mass Timber; Wood, Buildings, Durability, Energy Efficiency.

1. INTRODUÇÃO

Exemplos de edifícios de madeira que existem há séculos, estão presentes em todo o mundo, incluindo o templo Horyu-ji em Ikaruga, Japão (Figura 1), construído no século VIII, igrejas de madeira na Noruega, incluindo uma em Urnes (Figura 2), construída em 1150 e muitas outras. (THINK WOOD, 2015).

Figura 1: Templo budista Hōryū-ji, Ikaruga, Japão. Inaugurado em 607.



Fonte: 663highland, Wikimedia, (2010).

Figura 2: Igreja de Stave de Urnes, Luster, Noruega. Datada de cerca de 1150.



Fonte: Bjørn Erik Pedersen, Wikimedia. 2019.

Apesar do testemunho da longevidade de diversos remanescentes arquitetônicos, ainda existe uma percepção errônea que associa a durabilidade das construções a outros materiais e métodos construtivos, tais como concreto e aço, rechaçando em muitos aspectos, as potencialidades das construções em madeira.

A incapacidade por parte da madeira serrada ou em toras de suportar cargas pesadas limitou seu uso, à medida que a altura dos edifícios aumentava. Por outro lado, o uso habitual de lenha para cozinhar e aquecer, no interior das edificações, além da natureza não tratada da madeira usada nas construções resultaram, por um longo recorte histórico, em incêndios frequentes. Essas questões levaram a

limitações na altura de edifícios construídos com estrutura de madeira, resultando no domínio de aço e concreto no setor de arranha-céus médio a alto (SWENSON; CHANG, 2020). As coisas só começaram a mudar no início dos anos 1980, com o surgimento da construção em madeira maciça, cujas raízes remontam a Alemanha como um produto conhecido como Brettsperholz (BSP) (UDELE; MORRELL; SINHA, 2021).

A expressão "madeira em massa" do inglês mass timber, refere-se a um grupo de estilos de estrutura que usam painéis de madeira maciça para fins de construção. Alguns desses produtos, engenheirados, de madeira são conhecidos como madeira laminada cruzada (CLT), madeira laminada colada (CLC ou Glulam), madeira laminada folheada (LVL), painel de madeira compensada maciça (MPP), madeira laminada pregada (NLT), madeira laminada cavilhada (DLT), madeira serrada paralela (PSL) e outras madeiras compostas estruturais (UDELE; MORRELL; SINHA, 2021).

A partir do desenvolvimento destes elementos estruturais de madeira, tal utilização têm se tornado amplamente aceita, em vários países, nas últimas décadas, e os edifícios tem alcançado alturas cada vez mais altas e com tecnologias inovadoras. Vários fatores explicam o aumento da demanda por construções maciças de madeira, dentre os quais, a natureza pré-projetada e pré-fabricada desses materiais reduzindo o tempo de construção, economizando mão-de-obra e custos de material. Os requisitos de fundação reduzidos para madeira maciça diminuem ainda mais os custos ou permitem edifícios mais altos em determinados locais (RAJAN; LALEICKE, 2021). Além disso, os produtos de madeira maciça têm boas propriedades de resistência, desempenho acústico e ao fogo, e funcionam bem sob vento forte ou cargas sísmicas (FITZGERALD et al. 2020).

Embora esses painéis sejam fabricados para resistir a grandes esforços suportados por estruturas altas, suas propriedades biológicas não são melhores do que o material original. Há um reconhecimento crescente, de que a intrusão de umidade e seus efeitos subsequentes na durabilidade devem ser considerados no uso de tais painéis em estruturas. Estudos estabeleceram que a intrusão de umidade pode causar alterações dimensionais nos painéis e que certos limites de umidade podem resultar em degradação biológica (SCHMIDT; RIGGIO, 2019; BORA, 2020).

Garantir a durabilidade e o desempenho ideal dos elementos de construções com madeira, ao longo de sua vida útil esperada, exigirá uma compreensão do potencial de deterioração e suas possíveis consequências. (UDELE; MORRELL; SINHA, 2021).

2. O PLANEJAMENTO DA CONSTRUÇÃO

Um bom planejamento da construção de madeira refletirá diretamente em sua longevidade e desempenho energético. Estudar o solo, a presença de cupins na região, conhecer as variações climáticas, analisar a incidência solar, a variação de umidade, índices pluviométricos, medir os ruídos do entorno, dentre outras análises de fatores técnicos e ambientais e considerá-las, de forma estratégica, na projeção da edificação são medidas que irão refletir diretamente na durabilidade e no desempenho energético da construção. Aliado a essas análises, critérios ligados ao habitat, tais como programa de necessidades, pré-dimensionamento dos ambientes,

usos, conforto, bem-estar e a relação da edificação com o entorno, também poderão impactar em projetos mais assertivos, conforme parâmetros pretendidos.

Independentemente do material, a durabilidade a longo prazo começa com um bom design, incluindo detalhamento adequado, seleção de produtos e controle de qualidade. (THINK WOOD, 2015).

A utilização de recursos projetuais que proporcionem à edificação melhores condições de insolação e sombreamento; proteções para paredes, janelas e portas através de beirais, saliências, varandas; dentre outras soluções, são importantes estratégias para obtenção de melhor eficiência energética.

É sabido que as principais fontes de perda de energia na edificação são portas, janelas e infiltrações de ar, a especificação de esquadrias de alta eficiência, por exemplo, com altos níveis de isolamento e vedação são pontos cruciais para o bom desempenho energético e durabilidade das construções.

Em um estudo que trata da eficiência energética em construções em madeira, os autores categorizam os critérios que refletem em conforto nas edificações a partir do projeto arquitetônico. Segundo eles, o conforto de vida pode ser descrito em dois níveis. O nível “arquitetônico” envolve uma solução ideal de projeto espacial, operacional e estético de ambientes adequados às necessidades de seus usuários.

O segundo nível envolve as qualidades higiênicas dos interiores, nomeadamente o conforto térmico, a limpeza, o ar, o conforto acústico e a qualidade da luz natural e da iluminação artificial. Esses dois níveis juntos, indicam conforto da edificação. Uma solução de projeto sensata pode garantir conforto ocupacional, com custos financeiros e operacionais relativamente baixos, quando podemos falar em construção eficiente. (SVAJLENKAAY; KOZLOVSKA, 2019).

3. A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA CONSTRUÇÃO DE MADEIRA

Estruturas de madeira tem sido utilizadas há muito tempo para criar edifícios energeticamente eficientes (THINK WOOD, 2015). A eficiência energética pode ser definida como abordagens e tecnologias que demandam menos energia para produzir a mesma quantidade de serviços. Em edifícios, a energia é consumida diretamente de fontes de energia fornecidas, como eletricidade e gás natural, comumente conhecidas como energia operacional, e indiretamente, através do uso de materiais de construção, conhecida como energia incorporada (CABRAL; BLANCHET, 2021).

Muitos edifícios recém-construídos já são projetados como edifícios passivos ou de baixa energia. Os sistemas construtivos à base de madeira são frequentemente avaliados para estes padrões energéticos, pois apresentam propriedades termotécnicas muito positivas. O tempo de construção das construções em madeira é muito curto, com uma pegada ecológica baixa – por vezes até negativa. A utilização de madeira e de elementos estruturais à base de madeira poupam recursos não renováveis, o que também é altamente desejável na perspectiva de uma filosofia de sustentabilidade (SVAJLENKAAY; KOZLOVSKA, 2019).

A demanda de aquecimento dos edifícios está associada à diferença de temperatura interna e externa; no entanto, é inversamente proporcional à radiação solar. Aspectos como maior infiltração de ar ou abertura de janelas podem aumentar o consumo de calor, resultando em maior gasto de energia (CABRAL; BLANCHET, 2021).

Alguns importantes fatores devem ser considerados para alcançar eficiência energética nas construções de madeira, são elas: Isolamento térmico, estanqueidade, vapor d'água, permeabilidade, controle de calor e fluxo de ar (THINK WOOD, 2015).

O fluxo de calor através do fechamento da edificação não pode ser evitado, mas pode ser controlado para que haja redução no consumo de energia e melhoria do conforto. Existem três mecanismos principais de transferência de calor através dos materiais, componentes e elementos que compõe o invólucro do edifício: a condução, a radiação e a convecção:

Condução: É a medida da taxa de fluxo de calor através de uma unidade de espessura de um material submetido a um gradiente de temperatura. A resistência térmica ou valor de isolamento efetivo determina a magnitude da perda de calor por condução.

Radiação: É a transferência de energia através de um gás ou vácuo na forma de ondas eletromagnéticas. É o processo pelo qual ocorre perda de calor de uma superfície para outra, a temperatura e a emissividade do material afetam a quantidade de calor irradiado.

Convecção: É a transferência de energia pelo movimento de um fluido como o ar convectivo. O fluxo convectivo de ar pode ocorrer dentro de espaços fechados ou entre ambientes externos e ambientes internos. (THINK WOOD, 2015).

Em termos de eficiência energética, as fachadas da edificação são um dos principais elementos do edifício. São a barreira física entre o ambiente externo e interno de uma edificação que proporcionam resistência ao ar, calor, ruído, luz e água. Além disso, ventos fortes geram coeficientes de convecção externos mais altos, o que aumenta a perda de calor e infiltração pelas fachadas da edificação. No verão e em condições muito chuvosas, com temperaturas e umidade elevadas, o tipo de material utilizado nas fachadas pode ter um efeito negativo no conforto da qualidade do ar no interior. Portanto, é necessário propor no projeto de fachadas, soluções para as condições higrotérmicas de forma apropriada, levando em consideração a economia de energia (ASLANI, 2019).

Os riscos de biodegradação, após exposição a condições externas, também necessitam de estratégias de proteção adequadas, a fim de evitar a deterioração biológica por fungos de decomposição e insetos como cupins e brocas marinhas e a deterioração ambiental devido a condições de intempéries.

Dentre os fatores que podem contribuir para a durabilidade das edificações de madeira, destaca-se a utilização de técnicas de proteção das estruturas de madeira, tais como, o tratamento preservativo, a modificação térmica e química, estratégia de controle de umidade, além de um projeto eficaz, devidamente detalhado e planejado (THINK WOOD, 2015).

4. ISOLAMENTO TÉRMICO

A utilização de isolamento térmico deve ser considerada, juntamente com a estanqueidade e a permeabilidade ao vapor dos materiais nas montagens, de forma a obter uma eficiência térmica eficaz. A escolha do tipo de isolamento térmico de uma edificação de madeira é baseada em uma variedade de fatores, incluindo custos, disponibilidade, desempenho térmico, retenção de umidade, desempenho de transmissão, incêndio e acústica.

Produtos com baixa permeabilidade ao vapor podem ser considerados barreiras de vapor, e aqueles com baixa permeabilidade ao ar podem ser utilizados como barreiras ao ar. O controle de vazamento de ar é importante para conservar o calor do ambiente e reduzir as cargas de ar-condicionado.

Os diferenciais de pressão dos edifícios geralmente fazem com que o ar flua através do isolamento reduzindo a capacidade de retenção do ar. Para controlar esse fluxo de ar alguns elementos devem ser utilizados nas vedações (Figura 3), tais como isolamentos com mantas, membranas, primers e espumas, a fim de alcançar um isolamento térmico e hermético (THINK WOOD, 2015).

Figura 3: Tipo de isolamento usado em construção de estrutura de madeira.



Fonte: Think Wood (2015).

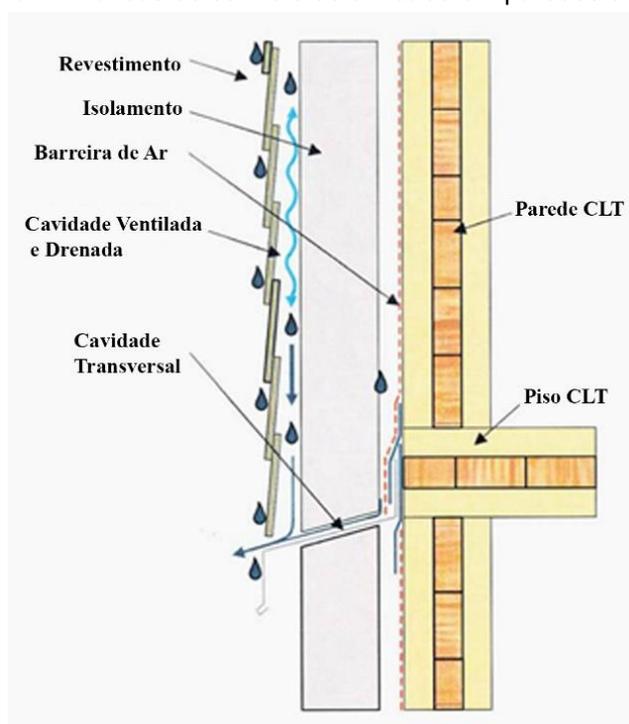
Uma vez que todo o sistema construtivo, e não apenas o material de isolamento, afeta a eficiência energética das construções, as características térmicas dos materiais estruturais da construção tais como a densidade e a condutividade térmica dos materiais são os principais fatores que contribuem para o desempenho térmico, que dá aos materiais à base de madeira uma clara vantagem sobre outros materiais de construção. Outras propriedades, como capacidade de calor específico e difusividade térmica, também são importantes para alcançar edifícios energeticamente eficientes (CABRAL; BLANCHET, 2021).

5. CONTROLE DE UMIDADE

Outro desafio para as construções de madeira maciça e híbridas está relacionado com a sensibilidade dos produtos de madeira à umidade. A madeira é um material natural higroscópico que tende a degradar-se significativamente, desde um pequeno inchaço até à perda total da resistência estrutural devido ao ataque de fungos, quando permanece úmido durante muito tempo. É, portanto, importante tomar consideração ao projetar com madeira que este material deve permanecer protegido de altos níveis de umidade durante sua vida útil estrutural, especialmente para madeira estrutural carregada e edifícios híbridos (CABRAL; BLANCHET, 2021).

Projetar estruturas de modo que os elementos de madeira sejam protegidos do vento predominante, o uso de beirais do telhado para proteger os elementos da umidade, o fornecimento de sistemas de drenagem do telhado e o detalhamento arquitetônico adequado em edifícios são métodos válidos para reduzir a intrusão de umidade em estruturas. Uma maneira mais eficaz de se livrar da umidade é o uso de cavidades drenadas e transversais (Figura 4).

Figura 4: Práticas de controle de umidade em paredes de CLT.



Fonte: Adaptado de Ayanleye et al., (2021).

Esses sistemas criam caminhos para que a água saia do conjunto estrutural antes de ser absorvida pelos painéis de madeira. Locais onde os elementos de madeira maciça estão em contato com fontes de água, como concreto ou solo, também apresentam altos riscos de intrusão de umidade (AYANLEYE et al., 2021). Alguns sistemas podem ser implementados na edificação para o monitoramento das condições de ar externos, limitando a quantidade de ar úmido introduzido nos espaços de convivência.

6. TRATAMENTO EM ESTRUTURAS DE MADEIRA

A durabilidade e vida útil dos elementos construtivos de madeira podem ser melhorados por vários métodos de abordagens de tratamentos. Alguns estudos chamam a atenção para o risco de alterar algumas propriedades da madeira pela utilização de tratamentos. Embora os métodos de proteção aumentem a durabilidade das estruturas de madeira contra a degradação biológica e ambiental, eles também afetam as propriedades físicas e o desempenho mecânico, especialmente dos produtos de madeira engenheirada. Além da durabilidade sob deterioração biológica/ambiental, existem algumas outras características importantes a serem consideradas em projetos de edificações de madeira. Por exemplo, penetração de cola, molhabilidade e resistência de ligação e algumas propriedades mecânicas, como cisalhamento, rigidez ou resistência à flexão, são de importância crítica no projeto e fabricação de produtos de madeira maciça engenheirada (AYANLEYE et al., 2021).

Preservação ou Conservação: Alguns métodos envolvem a impregnação da madeira com produtos químicos que atuam como biocida contra agentes de deterioração para aumentar a resistência da madeira aos fungos de decomposição e ao ataque de cupins e, por sua vez, prolongar sua vida útil. Vários métodos, incluindo escovação, pulverização, tratamento por imersão e tratamento por pressão, foram testados na aplicação de conservantes em produtos de madeira. O principal objetivo desses métodos é garantir a distribuição uniforme e a retenção adequada dos conservantes, fatores responsáveis pelo aumento da durabilidade dos produtos (AYANLEYE et al., 2021).

Os tratamentos pressurizados podem ser combinados com vácuo para alcançar uma penetração química profunda e completa ao infundir conservantes nas células da madeira. Os conservantes de tratamento de pressão consistem em produtos químicos solúveis em água ou óleo: as opções à base de água inodoras são mais populares, pois obtêm uma superfície de madeira limpa que pode ser pintada ou manchada. Dependendo da legislação local, vários tipos de conservantes de madeira podem ser usados. Com tratamentos sem pressão, o conservante pode ser aplicado por pincel, pulverização ou imersão da peça de madeira. A aplicação por pulverização de boratos no estágio de locação da obra é reconhecida como uma medida eficaz de proteção contra cupins (THINK WOOD, 2015).

Modificação Térmica e Química: Embora os conservantes de madeira tenham se mostrado eficazes em proteger a madeira da biodeterioração, as preocupações em torno de seu impacto nos organismos aquáticos e na saúde humana restringiram seu uso em algumas aplicações. Assim, a necessidade de proteger o meio ambiente e aumentar a durabilidade dos produtos de madeira levou à exploração de outras tecnologias, como a modificação da madeira. Essas técnicas auxiliam na redução da afinidade da madeira pela umidade, que é o principal fator responsável pela biodegradação da madeira, e bloqueiam as paredes celulares ao penetrar nos nanoporos da parede celular. Vários métodos foram desenvolvidos, envolvendo a exposição da madeira a altas temperaturas (160–230°C) em condições de oxigênio reduzido, levando a alterações permanentes em sua estrutura física e química,

melhorando assim, a resistência ao apodrecimento da madeira, que tem ampla aplicação. Diferentes tecnologias de tratamento térmico foram desenvolvidas, diferindo em seus regimes de pressão (Vácuo, não pressurizado, pressurizado) ou gases de proteção (AYANLEYE et al., 2021).

7. CONCLUSÕES

A durabilidade de uma construção, de qualquer sistema construtivo, envolve planejamento, domínio das características e comportamento dos materiais, aplicação de soluções técnicas e projetuais que levem em consideração as potencialidades do sistema construtivo, condições do local, do clima, os modos de habitar e ocupar as edificações, dentre outras questões.

Ao avaliarmos a durabilidade das construções de madeira maciça, no horizonte das novas tecnologias, este mesmo arcabouço deve ser levado em consideração. Diversas características próprias do material foram melhoradas, como a anisotropia, por exemplo. Neste aspecto, construções em CLT estão permitindo maior estabilidade dimensional das edificações, maior resistência e capacidade de vencer grandes vãos e alturas. Porém, o comportamento higrotermal dos painéis maciços se mantém como no material original, continuando como um desafio construtivo e, portanto, precisa ser considerado com o devido cuidado nos projetos de madeira engenheirada.

A madeira é um material de fonte renovável, com diversas vantagens ambientais em sua utilização, tanto em termos de aprisionamento de carbono como em baixo consumo de energia em sua aplicação. Temos, neste contexto, um material de excepcional valor ambiental que pode ser empregado de forma planejada para longevidade das construções, aliando tecnologias que refletem em maior desempenho e inovação.

Este estudo abordou questões e conceitos que são importantes para o entendimento do comportamento e eficiência energética de uma construção de madeira, a partir da análise de seu planejamento, impacto das fachadas na troca de calor entre os meios internos e externos da edificação e alguns tratamentos eficazes no combate aos diversos tipos de deterioração da madeira, sem a pretensão de esgotar os assuntos e temas. A abordagem apresentada teve como premissa ampliar a compreensão destas questões ligadas a durabilidade e eficiência energética das construções em madeira maciça, de forma relacional e abrangente.

REFERÊNCIAS

ASLANI, A.; BAKHTIAR, A.; AKBARZADEH, M.H. **Tecnologias de eficiência energética nas fachadas do edifício**: ciclo de vida e avaliação de adaptação. *Journal of Building Engineering*, 2019, 21, 55–63.

AYANLEYE, S. et al. **Durability and protection of mass timber structures - A Review.**

Journal of Building Engineering, n. 46, 2021.

CABRAL, M.R.; BLANCHET, P. **Um estado da arte da eficiência energética geral da madeira.** Edifícios—Uma Visão Geral e Possibilidades Futuras. Materiais 2021, n.14, 1848.

CARRASCO, E. V. M.; BREMER, C. F.; MANTILLA, J. N. R. D. **Avaliação do desempenho estrutural de paredes de madeira laminada colada.** Mix Sustentável, Florianópolis, 6, n. 3, 2020. 83-90.

FITZGERALD, D. et al. **Projeto de conexão de madeira laminada cruzada aparafusada e modelagem não linear.** Estruture Eng. n. 146, 2020.

RAJAN, P.; LALEICKE, F. **Produtos de madeira em massa:** materiais de construção inovadores à base de madeira. State Extension Publications, 2021.

SWENSON, A.; P.C. Chang. **Construção em madeira e tijolo.** British Encyclopedia – Building, 2020.

UDELE, K. E.; MORRELL, J. J.; SINHA, A. **Durabilidade Biológica da Madeira Laminada Cruzada** - Forest Products Journal . n.71, 2021.

THINK WOOD. **Designing for Durability.** Think Wood. [S.l.], p. 1. 2015.

THINK WOOD. **Energy Efficient Wood Buildings.** Think Wood. [S.l.], p. 1. 2015.

UMA ESTRUTURA DE GESTÃO URBANA PARA CIDADES INOVADORAS SUSTENTÁVEIS

AN URBAN MANAGEMENT STRUCTURE FOR SUSTAINABLE INNOVATIVE CITIES

Data de aceite: 28/07/2023 | Data de submissão: 20/06/2023

IVANÓSKI, Chrystianne G., Doutora em Engenharia de Produção.

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, Brasil.

E-mail: arqcg@yahoo.com.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8204-5429>.

CARVALHO, Marisa A., Doutora em Gestão e Eng. do Conhecimento.

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, Brasil.

E-mail: marisa19@gmail.com

RESUMO:

O presente artigo tem como objetivo traçar algumas considerações importantes sobre os aspectos estruturantes da Gestão Urbana - governança, inovação e sustentabilidade – voltados às Cidades Inovadoras Sustentáveis. Essas considerações foram fundamentadas através de uma pesquisa qualitativa exploratória aplicada, fazendo parte de uma pesquisa maior sobre ‘rede virtual de comunicação colaborativa urbana’. Propõe-se o uso da abordagem de Co-criação como inovação aberta, visando a identificação dos aspectos estruturantes da Gestão Urbana, onde estes servem para estabelecer o entendimento das três inter-relações do Sistema Urbano propostas: os eixos urbanos, as comunidades virtuais de prática e as formas de comunicação colaborativa em rede. A pesquisa trouxe informações importantes para o aperfeiçoamento do modelo da Rede Virtual de Comunicação Colaborativa Urbana, sendo esta uma estratégia de Gestão Urbana inovadora que propõe a ação conjunta dos agentes urbanos na resolução de situações/problemas, contribuindo para maior efetivação desta questão em uma Cidade Inovadora Sustentável.

PALAVRAS-CHAVE:

Gestão Urbana. Cidades Inovadoras Sustentáveis. Rede de Comunicação Colaborativa.

ABSTRACT:

This article aims to outline some important considerations about the structuring aspects of Urban Management – governance, innovation and sustainability – aimed at Sustainable Innovative Cities. These considerations were based on an exploratory qualitative research, as part of a larger research on ‘virtual urban collaborative communication network’. It proposes the use of the Co-creation approach as an open innovation, aiming at identifying the structuring aspects of Urban Management, where these serve to establish the understanding of the three proposed interrelations of the Urban System: the urban axes, the virtual communities of practice and forms of collaborative network communication. The research brought important information for the improvement of the modelo f the Virtual Network of Urban Collaborative Communication, which is an innovative Urban Management strategy that proposes the joint action of urban agents in solving situations/problems, contributing to greater effectiveness of this issue in a sustainable innovative cities.

KEYWORDS:

Urban Management. Sustainable Innovatives Cities. Collaborative Communication Network.

1. INTRODUÇÃO

Frente ao mundo complexo em que vivemos, torna-se relevante a solução dos problemas urbanos de uma cidade de uma maneira estratégica e eficiente e, atualmente, visando cada vez mais a abordagem da sustentabilidade e da inovação. Uma cidade é inovadora e sustentável quando os recursos tecnológicos são utilizados no aprimoramento da Gestão Urbana, na relação com as demais partes interessadas e na criação de valor para a comunidade.

Ainda, se acordo com pesquisas das autoras deste artigo (CARVALHO, IVANÓSKI, 2023), a gestão urbana atual se caracteriza comumente como uma gestão hierárquica, onde a comunicação colaborativa efetiva dos agentes urbanos ainda é insuficiente ou inexistente. Isso gera uma série de situações/problemas urbanos que podem ser solucionados através de uma Gestão Urbana estruturada, centrada no conceito de Cidades Inovadoras Sustentáveis.

Este artigo aborda os aspectos estruturantes da Gestão Urbana – governança, inovação e sustentabilidade – através de uma visão de comunicação colaborativa, onde a tecnologia em rede viria conectar os agentes urbanos através de um sistema de interação urbana, inclusive entre cidades.

Assim buscou-se, a partir de uma pesquisa qualitativa exploratória aplicada, conceitos e informações importantes para a configuração de um modelo de gestão urbana em rede virtual de comunicação colaborativa, que foi apresentado no XI Encontro de Sustentabilidade em Projetos – ENSUS 2023.

Este artigo apresenta esta configuração e discute aspectos importantes relacionados à temática desenvolvida, visando a implementação futura do sistema, que vem proporcionar através de um olhar de inovação e sustentabilidade, uma melhor eficiência e qualidade na resolução dos problemas urbanos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Na pesquisa teórica buscou-se conhecimento acerca de conceitos e considerações importantes sobre gestão urbana e seus aspectos estruturantes, cidades inovadoras sustentáveis e rede virtual de comunicação colaborativa para aplicação em solução de problemas urbanos.

2.1. Gestão urbana e seus aspectos estruturantes

A Gestão Urbana pode ser entendida como os atos de administrar e governar, enquanto processos complementares e inter-atuantes no espaço físico. Aborda aspectos sociais e relações políticas e econômicas, cujos conteúdos e elementos influenciadores se constituem e se configuram historicamente no território e fora dele, ou seja, tem como mediar as relações sociais e as condições gerais de produção e de reprodução, a partir de condições específicas às vezes limitadas de

recursos e possibilidades. A gestão urbana, neste estudo, foca a questão do 'sistema urbano' de uma cidade.

O sistema urbano é analisado aqui sob três aspectos estruturantes da Gestão Urbana: governança, inovação e sustentabilidade, pois uma cidade envolve o entendimento de um grande número de eixos pertencentes aos setores urbanos que podem ser pesquisados, informados, discutidos, planejados e decididos coletivamente de maneira a serem representados em soluções urbanas.

Quanto à Governança, este termo é tido como a condução responsável dos assuntos do Estado (CANOTILHO, 2006) e da política urbana, com um adequado desempenho, que se faz melhor compreendida quando inserida em um contexto multi-escalar, ou seja, em uma abordagem holística e integrada dos desafios; planejamento estratégico a longo prazo e elaboração de uma visão; envolvimento da comunidade e mobilização coletiva em torno de objetivos a longo prazo; parcerias e cooperação entre cidades (COMISSÃO EUROPEIA, 2011).

A principal questão da Governança Urbana consiste em enfrentar os problemas do presente ao desafio de saber responder, adaptar e evoluir no futuro e é baseada nos princípios de abertura, participação, responsabilização, eficácia, coerência e subsidiariedade, onde os cidadãos têm oportunidade de participar social e democraticamente e estão envolvidos no desenvolvimento urbano em conjunto com as partes interessadas (RAVETZ, 2011).

Isso vem de encontro ao que a ONU (2009) enfatiza quando diz que a Governança deve ser participativa e democrática, proporcionando meios sustentáveis de subsistência e, que a sociedade civil deve desempenhar papel ativo no estabelecimento das prioridades, de forma a criar condições mais igualitárias e fortalecer a capacidade de escolha dos cidadãos envolvidos.

Quanto à Inovação, esta é definida por Manzini (2008, p. 61) como "mudanças no modo como indivíduos ou comunidades agem para resolver seus problemas ou criar novas oportunidades". Segundo Manzini (2017) a inovação é mais apropriada em um ecossistema social devido ao crescimento de ideias inovadoras decorrente da vida colaborativa. Para os autores Bessant e Tidd (2019) torna-se vital para a inovação, a construção e gerenciamento de redes de relacionamentos, de onde pode-se obter uma comunicação colaborativa.

De acordo com Emmendoerfer (2019) a inovação enquanto processo requer uma capacidade de identificação e prática de novas ideias, sendo elas renovadas ou aprimoradas, visando à solução de problemas para um melhor desempenho dos resultados vislumbrados pela Sociedade e Administração Pública.

Chesbrough (2006) traz a abordagem da 'inovação aberta', que está baseada em fluxos de conhecimento gerenciado através das fronteiras organizacionais, ou seja, é um processo colaborativo que busca acessar conhecimento a partir de diversos agentes internos e externos, sendo uma alternativa ao modelo dominante de inovação fechada.

Quanto à sustentabilidade, Manzini (2008) e Manzini, Vezzoli (2002) salientam que o termo é um processo em que ocorre a inovação a partir da mudança tecnológica e

cultural, tendo como objetivo o desenvolvimento de projetos embasados nos modos de vida em comum, nos quais os espaços públicos e privados se apoiam nas atividades econômicas, no meio ambiente e no bem-estar da sociedade.

Assim sendo, pode-se frisar que os termos, aqui salientados, são empregados na melhoria de uma determinada comunidade e que a inovação se manifesta quando: a Cidade promove o desenvolvimento econômico com justiça social e sustentabilidade ambiental; adota e desenvolve tecnologias apropriadas para sua realidade local e utiliza-se dos processos de Governança no aprimoramento da Gestão Urbana, enfatizando uma relação com as demais partes interessadas.

2.2. Considerações sobre ‘cidade inovadora sustentável’

Uma Cidade é inovadora e sustentável quando os investimentos em seu capital humano, social e tradicional em modernas infra-estruturas de comunicação alimentam um crescimento econômico saudável e uma elevada qualidade de vida, com um prudente gerenciamento dos recursos naturais, através de uma governança participativa, sendo que a inovação tem um impacto positivo no crescimento econômico urbano (CARAGLIU et al, 2009; 2019).

Pode-se considerar a Cidade como um ecossistema social urbano dinâmico e complexo e, assim sendo, uma cidade é inovadora e sustentável quando os recursos tecnológicos são utilizados no aprimoramento da Gestão Urbana, na relação com as demais partes interessadas e na co-criação de valor de cooperação para a comunidade.

Isto sinaliza uma melhoria na qualidade dos modos de vida dos agentes urbanos, que através da comunicação colaborativa de um movimento de Cidades Inovadoras Sustentáveis, promove a elaboração de políticas públicas para um efetivo desempenho da Gestão Urbana. Neste estudo, os agentes urbanos são considerados os gestores urbanos, assim como os membros das ‘comunidades virtuais de prática colaborativa’ de uma Cidade (CARVALHO, IVANÓSKI, 2021, 2022, 2023).

Lojkine (1981; 1997) analisa as cidades como uma aglomeração urbana com vínculo na cooperação, que liga os meios de consumo coletivo aos meios de circulação de material e ao espaço, desde que a cooperação seja entendida como instrumento essencial da produção social.

Assim, a essência das Cidades Inovadoras Sustentáveis são as ‘comunidades virtuais de prática colaborativa’ que constroem os habitats como um ecossistema de forma prospectiva e alinhada quanto ao desenvolvimento social, econômico e tecnológico com foco no urbano, assegurando que os habitats se tornem inteligentes, inovadores e sustentáveis sob a implementação de uma boa governança. Seu objetivo maior é co-criar os habitats para estimular a transformação dos espaços urbanos na promoção da qualidade de vida e do bem-estar em uma dinâmica de sinergia com os cenários de futuro desejáveis, de forma compartilhada, apoiando os gestores urbanos na tomada de decisão e apontando oportunidades de Inovação Aberta.

2.3. Co-criação e rede de comunicação colaborativa urbana

De acordo com Carvalho e Ivanóski (2022) uma Rede Virtual de Comunicação Colaborativa Urbana se articula a uma configuração técnica e social, pois é

suportada pelas tecnologias digitais que proporcionam a noção de interação por parte dos agentes urbanos, havendo um comportamento de inteligência coletiva que segundo Lévy (2013), surge da colaboração de muitos agentes urbanos em sua pluralidade, tendo como resultado o compartilhamento e a co-criação dos conhecimentos.

A ideia de co-criação, nas palavras de Lupton (2020, p.82), diz respeito às “atividades que vão desde a avaliação de soluções existentes até a geração de novas ideias”. A co-criação surge então, como um processo para engajar pessoas e proposição de projetos, programas e políticas públicas, destacando-se aqui o termo *crowdsourcing*, que é usado para designar um modelo de criação coletiva e em massa, utilizando-se a inteligência e o conhecimento coletivo de voluntários, amadores ou não, dispersos em uma Rede de Comunicação para desenvolver novas tecnologias ou solucionar problemas (TAPSCOTT, WILLIAMS, 2007, 2011).

O *crowdsourcing* aplicado à Gestão Urbana possibilita a utilização dos conhecimentos obtidos constantemente através de uma Rede Virtual de Comunicação Colaborativa, vindo a promover o engajamento da sociedade no processo de construção do projeto de políticas públicas para o desenvolvimento urbano sustentável, desde a identificação e priorização de problemas à seleção e desenvolvimento das soluções urbanas inovadoras, detectadas e apontadas pelos agentes urbanos.

A Comunicação em Rede (CARDOSO, 2009; 2015) é uma teoria que associa a comunicação interpessoal com a Rede massificada e a difusão das mídias pessoais no âmbito da Internet. Para o autor, a função das mídias é servir de instrumento de democracia e de espaço de retórica da personalização e trivialidades, proporcionando novas dinâmicas de acessibilidade da informação, além de tratar os usuários como agentes inovadores e salientar o componente visual da comunicação atual, que constitui uma retórica fundada na simplicidade, rapidez e emoção.

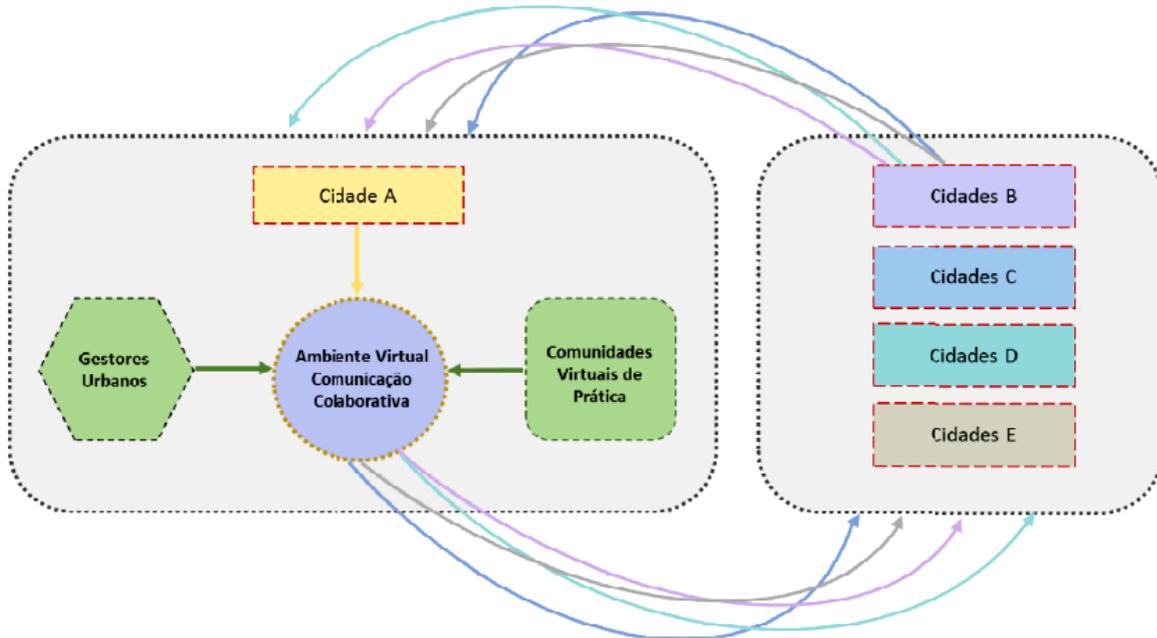
Então, pode-se afirmar que uma Rede Virtual de Comunicação Colaborativa Urbana (CARVALHO, IVANÓSKI, 2021, 2022) é fundamental para a constituição de relações humanas e para o compartilhamento do conhecimento, por meio de uma diversidade cultural e linguística, pois através de um diálogo social e intercultural vem possibilitar a formulação de soluções urbanas.

Esta Rede Virtual de Comunicação Colaborativa Urbana seria composta por uma plataforma de big data que armazena, transfere, visualiza e compartilha dados estruturados, e também os dados não estruturados, como imagens, vídeos, áudios e documentos entre os agentes urbanos. Além disso, é composta por formas de comunicação pertinentes aos perfis das diversas comunidades virtuais de prática colaborativa, quer sejam instituições, indivíduos ou organizações, com o objetivo de promover a colaboração e por um modelo de *crowdsourcing*, visando o desenvolvimento do Sistema Urbano e futura implantação das soluções urbanas formuladas pelos agentes urbanos (CARVALHO, IVANÓSKI, 2021, 2022).

Na Figura 1 pode-se observar um esquema que mostra como funcionaria o sistema de comunicação colaborativa. As cidades teriam um ambiente virtual de comunicação colaborativa, sendo este alimentado pelos gestores urbanos e pelas comunidades locais, cujo enfoque principal seria a comunicação entre cidades, a fim

de se verificar as soluções encontradas e aplicadas a vários problemas urbanos, sendo assim, uma troca de experiências em constante retro-alimentação.

Figura 1: Gestão urbana nas cidades inovadoras sustentáveis.



Fonte: CARVALHO e IVANÓSKI, 2021.

Enfatiza-se que o foco principal não está apenas na co-criação de conhecimento, e sim no fluxo de conhecimento que circula em uma Rede Virtual. Estes vão servir de subsídio para a construção de uma base de dados orientada para ser efetivamente um espaço contínuo de aprendizagem, produção, colaboração e socialização de conhecimentos, visando à resolução de inúmeros problemas urbanos.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta é uma pesquisa qualitativa exploratória, quanto aos seus objetivos, pois através de um levantamento bibliográfico, obteve-se considerações importantes sobre a inter-relação dos aspectos estruturantes da Gestão Urbana aplicados a uma cidade inovadora sustentável, sendo estas analisadas subjetivamente pelas autoras.

Quanto à sua natureza, pode-se dizer que se trata de uma pesquisa aplicada (GIL, 1991), pois seus resultados teóricos serviram de base para a elaboração da configuração do modelo de Rede Virtual de Comunicação Colaborativa Urbana.

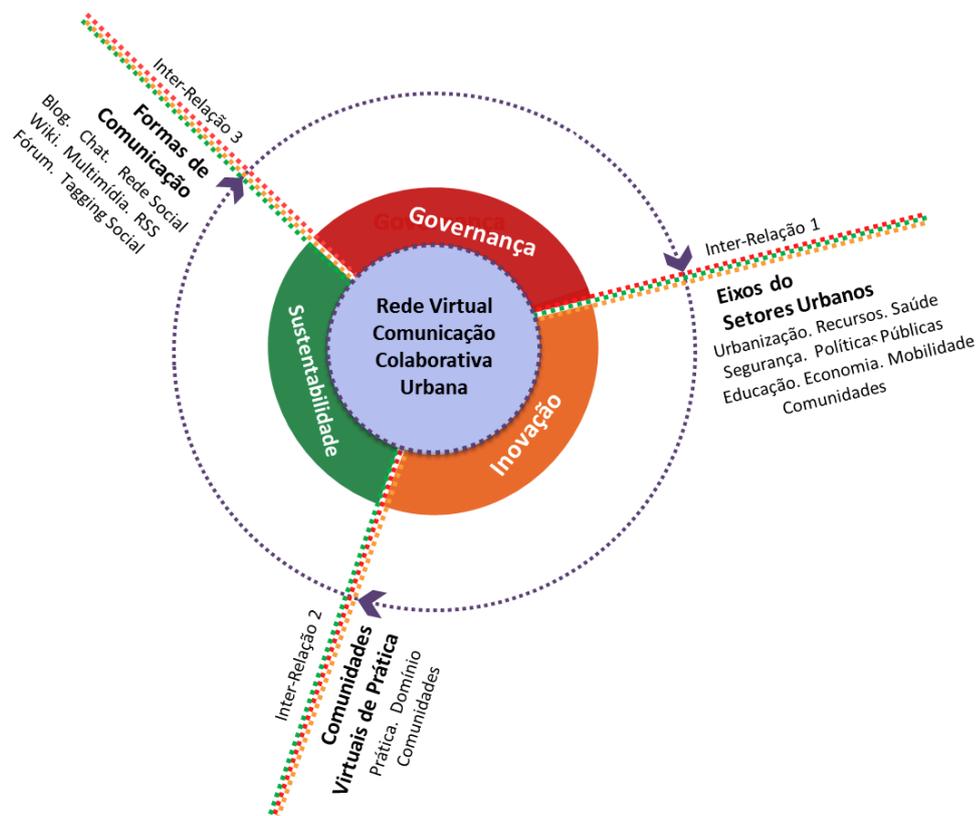
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para estabelecer a Gestão Urbana a partir de uma comunicação colaborativa mais efetiva, se fez necessário o desenvolvimento da configuração de um modelo de 'Rede Virtual de Comunicação Colaborativa Urbana', onde foram apontados os eixos

dos setores urbanos, as diversas formas de comunicação e a formação das comunidades virtuais de prática colaborativa, sob a perspectiva de análise dos três aspectos estruturantes da Gestão Urbana enfatizados, ou seja, governança, inovação e sustentabilidade, a fim de nortear os processos de co-criação.

A Figura 2 mostra a configuração do modelo de Rede Virtual de Comunicação Colaborativa Urbana, sendo esta composta pelos aspectos estruturantes da Gestão Urbana - governança, inovação e sustentabilidade - que estabelecem inter-relações com os eixos do setores urbanos, com as comunidades virtuais de prática e com as formas de comunicação da Rede Virtual, para considerar a colaboração efetiva que se dá no contexto da Gestão Urbana. Cabe aqui salientar que, as inter-relações se apresentam em torno do processo de fluxo contínuo de conhecimento sobre os três aspectos estruturantes da Gestão Urbana.

Figura 2: Modelo de gestão urbana em rede virtual de comunicação colaborativa.



Fonte: CARVALHO e IVANÓSKI, 2023.

Através da inter-relação 1, observa-se que os eixos dos setores urbanos se dá quando os aspectos estruturantes como governança, inovação e sustentabilidade servem de base para análise, previsão e apresentação de soluções urbanas em cada eixo do Sistema Urbano. A apresentação de apenas nove eixos deve-se ao fato de que alguns foram agrupados, pois poderiam estar dialogando sob o mesmo contexto, por exemplo, o caso de eixos como água, energia, clima, meio ambiente agrupados no eixo recursos, que abordaria tanto os recursos naturais quanto os artificiais.

A inter-relação 2 mostra como as comunidades virtuais de prática podem se conhecer e se fortalecer em uma Rede Virtual, porque representam a base de uma estratégia de atuação e de compartilhamento de conhecimento, pois se apoiam nas ações de planejamento estratégico com foco no domínio e prática de seus participantes visando a redução e desperdício dos insumos da Gestão Urbana.

Dessa forma, há uma inter-relação contextual entre as comunidades virtuais de prática colaborativa e os gestores urbanos para que no futuro sejam analisadas as práticas colaborativas em cada aspecto de governança, inovação e sustentabilidade que estruturam a Gestão Urbana.

Já a inter-relação 3 descreve como se estabelece a comunicação colaborativa favorecendo as comunidades a interagir umas com as outras de mesmo interesse, assim como torna transparente a colaboração na criação de conhecimentos específicos aos eixos urbanos (CARVALHO, IVANÓSKI, 2023).

Isso tem base nas categorias de criação do conhecimento (CHUA *et al*, 2012; 2022): aquisição, disseminação, organização e compartilhamento, onde a aquisição se daria através de fóruns, *chats* e *wikis*; a disseminação através de *blogs* e RSS; a organização através de *social tagging*, por exemplo, e o compartilhamento através de redes sociais e multimídias (CHUA *et al*, 2008).

Para Coleman e Levine (2008) e Turban *et al* (2011) as tecnologias colaborativas constituem a parte mais visível das comunidades e dos processos, sendo que 80% do esforço geralmente são colocados para o segmento de tecnologia, que, na realidade, é apenas cerca de 20% da solução global. Os outros 80% que incidem sobre as comunidades e processos, geralmente não se encontram disponíveis para o efetivo processo de colaboração. Neste sentido, se justifica o estabelecimento da Gestão Urbana a partir de uma comunicação colaborativa mais efetiva, através do desenvolvimento de uma Rede Virtual de Comunicação Colaborativa Urbana.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa vem contribuir com a deficiência na resolução de problemas urbanos, constantemente evidenciados em muitas cidades, principalmente no que se refere ao sistema urbano e sua gestão, já que os sistemas comumente são hierarquicamente fechados, não promovendo a colaboração efetiva dos agentes urbanos que compõem a organização social chamada Cidade.

A pesquisa centrada nos aspectos de governança, inovação e sustentabilidade traz subsídios para a implementação de Cidades Inovadoras Sustentáveis. Além disso, a co-criação como inovação aberta favorece uma boa governança e a possibilidade de soluções urbanas mais sustentáveis.

O resultado desta pesquisa traz a formalização do conhecimento em Gestão Urbana por meio da configuração de um modelo de Rede Virtual de Comunicação Colaborativa Urbana, caracterizada por inter-relações de fluxo contínuo de conhecimento, possibilitando assim, soluções urbanas que melhorem a qualidade de vida dos cidadãos, com ênfase nos aspectos de sustentabilidade e inovação.

Cabe aqui ressaltar que as pesquisas existentes nesta área utilizam termos semelhantes, como 'Rede Social', mas que esta não considera a comunicação colaborativa nas dimensões dos aspectos estruturantes e as inter-relações levantadas neste estudo.

Enfatiza-se ainda, que este modelo é possível de aplicação futura, ou seja, a comunicação promovendo a colaboração direta entre os agentes ligados ao Sistema Urbano, na qual as comunidades virtuais de prática colaborativa teriam domínio no levantamento de soluções para os problemas urbanos.

REFERÊNCIAS

- BESSANT, J.; TIDD, J. **Inovação e empreendedorismo**. Porto Alegre: Bookman, 2019.
- CANOTILHO, G. **Constitucionalismo e a geologia da good governance**. In: Brancosos e Interconstitucionalidade: itinerários dos discursos sobre historicidade constitucional. Coimbra: Almedina, 2006.
- CARAGLIU, A. *et al.* **Smart Cities**. In: Europe 3rd Central European Conference In Regional Science-CERS, 7–9, p.10-20 October Košice, Slovak Republic, 2009.
- CARAGLIU, A.; DEL BO, C. **Smart innovative cities: The impact of Smart City policies on urban innovation** Technological Forecasting and Social Change 142, p. 373-383, North-Holland, 2019.
- CARDOSO, G. **Da Comunicação de Massa à Comunicação em Rede**. Portugal: Porto, 2009.
- CARDOSO, G. *et al.* **A sociedade em Rede em Portugal: uma década de Transição**. Coimbra: Almedina, 2015.
- CARVALHO, M. A.; IVANÓSKI, C. G. Ambiente Virtual de Comunicação Colaborativa: Proposta de Gestão Urbana para Cidades Inovadoras Sustentáveis. **Anais ENSUS 2021**, Florianópolis, UFSC, v.9, n.1, p.392-403, 2021.
- CARVALHO, M. A.; IVANOSKI, C. G. Proposta de rede virtual de comunicação colaborativa para cidades inovadoras sustentáveis. **Anais 19º CIACA/CIAWI-Conferência Ibero-Americana www/Internet 2022**, Lisboa, Portugal, p. 187-191, 2022.
- CARVALHO, M. A.; IVANOSKI, C. G. Cidades Inovadoras Sustentáveis: reflexões sobre os aspectos estruturantes da gestão urbana. **Anais ENSUS 2023**, Florianópolis, UFSC, v.11, n.4, p.298-307, 2023.
- CHESBROUGH, H. *et al.* **Open Innovation: Researching a New Paradigm**. Oxford: Oxford University Press, 2006
- CHUA, A. *et al.* **The Prevalence and Use of Web 2.0**. In: Libraries G. Buchanan, M. Masoodian, J. Cunningham: ICADL, LNCS 5362, pp. 22–30, 2009.
- CHUA, A. *et al.* **Web 2.0 applications in government web sites: Prevalence, use and correlations with perceived web site quality**- Online information review, Vol 36 p.175-195, 2012.



CHUA, A.*et al.* **Data Analytics Usage, Absorptive Capacity and Sharing Economy Innovation Performance.** In: Information for a Better World: Shaping the Global Future. iConference 2022. Lecture Notes in Computer Science, vol 13192, p. 236–243. Springer, 2022.

COLEMAN, D.; LEVINE, S. **Collaboration 2.0: technology and best practices for successful collaboration in a Web 2.0 world.** Los Angeles: Cupertino, 2008.

COMISSÃO EUROPEIA - Unidade C.2 – **Desenvolvimento Urbano, Coesão Territorial Cidades de Amanhã – Desafios, visões e perspectivas.** Luxemburgo: Serviço das Publicações da União Europeia, Outubro, 2011.

EMMENDOERFER, M. **Inovação e empreendedorismo no setor público.** Escola Nacional de Administração Pública (Enap) Brasília: Enap, 2019.

GIL, A. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** São Paulo: Atlas, 1991.

LOJKINE, J. **Política urbana e planificação urbana.** In: O estado capitalista e a questão urbana - Capítulo III, p.175-219. São Paulo: Martins Fontes, 1981.

LOJKINE, J. **O Estado capitalista e a questão urbana.** São Paulo: Martins Fontes, 1997.

LÉVY, P. **A inteligência coletiva: por uma antropologia do ciberespaço.** São Paulo: Loyola, 2013.

LUPTON, E. **O design como storytelling.** São Paulo: Gustavo Gili, 2020.

MANZINI, E.; VEZZOLI, C. **O Desenvolvimento de produtos sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais.** São Paulo: EDUSP, 2002.

MANZINI, E. **Design para inovação social e sustentabilidade- comunidades criativas, organizações colaborativas e novas redes projetuais.** Rio de Janeiro: E-Papers, 2008.

MANZINI, E. **Designing coalitions: Design for social forms in a fluid world.** Strategic Design Research Journal, 10, 2, p. 187, 2017.

ONU- Nações Unidas – Brasil. **A ONU e a Governança,** 2009. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/acao/governanca/> (Acesso em: 06/02/2023).

RAVETZ, J. **Urban Synergy Foresight.** In **Urban governance in the EU: current challenges and forward prospects.** EU Committee of the Regions, p. 31-44, Brussels: 2011.

TAPSCOTT, D.; WILLIAMS, A. **Wikinomics: como a colaboração em massa pode mudar o seu negócio,** Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2007.

TAPSCOTT, D.; WILLIAMS, A. **Macro wikinomics - Reiniciando os negócios e o mundo.** Elsevier, 2011.

TURBAN, E. *et al.* **A Framework for Adopting Collaboration 2.0 Tools for Virtual Group Decision Making.** Group DecisNegot, vol. 20, N. 2, p.137–154, Springer, 2011.

EDIÇÃO ESPECIAL
ENSUS 2023

VENHA FAZER PARTE DE
NOSSA HISTÓRIA!

IMPACT projects
ISSN 2764-9725



VOL. 2 | Nº 1
JUL. | 2023
SANTANA DO ARAGUAIA-PA
UNIFESSPA

**GRUPO DE PESQUISA PAISAGEM
URBANA E SISTEMAS
CONSTRUTIVOS - PUSC**

IMPACT
ISSN 2764-9725 *projects*



**ENSUS
2023**

**VOL. 2 | N.º 1
JUL. | 2023
PUSC**



**SANTANA DO ARAGUAIA-PA
UNIFESSPA**