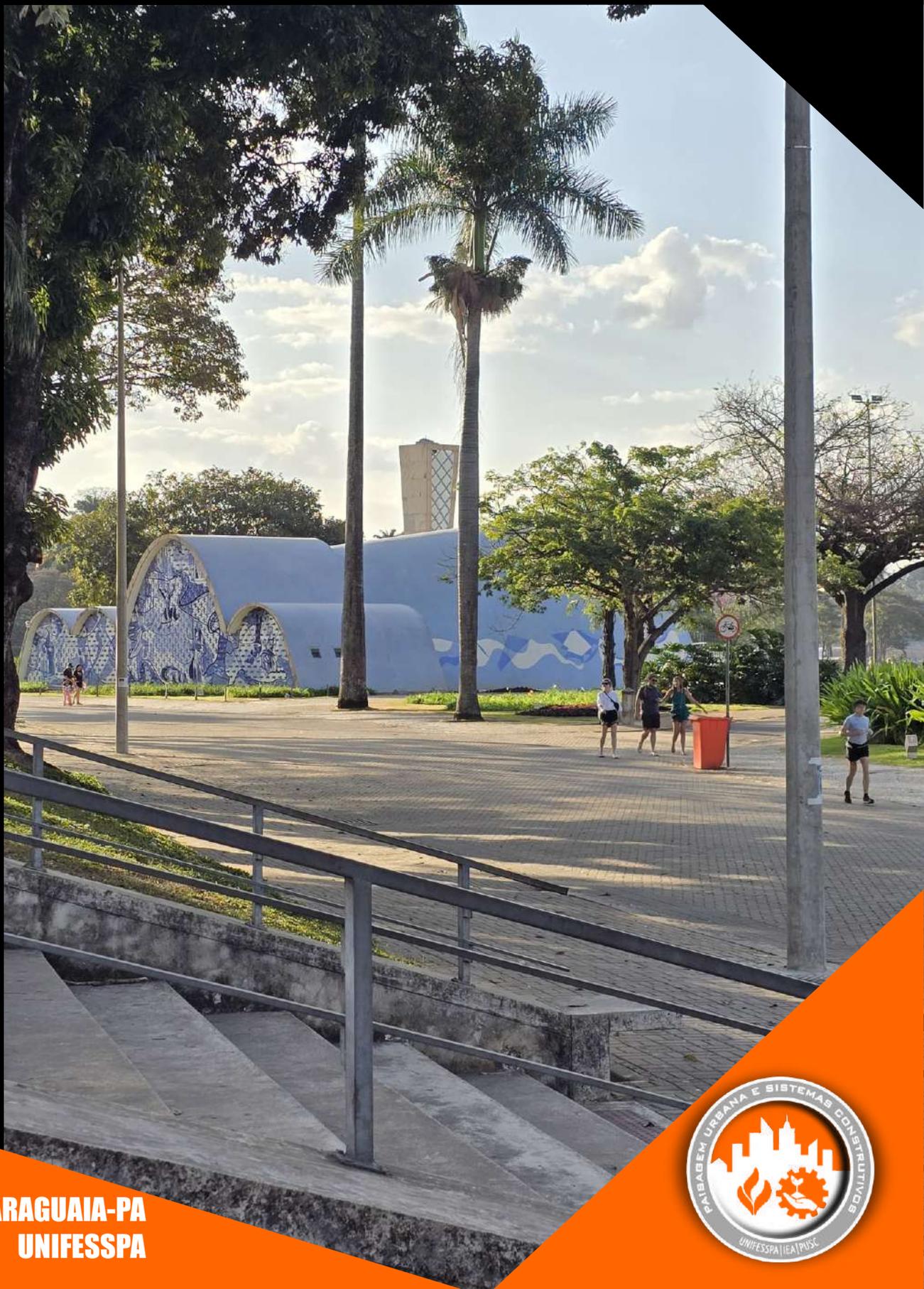


IMPACT

ISSN 2764-9725 *projects*




ENSUS
2024

VOL. 3 | N.º 2
SET. | 2024
PUSC

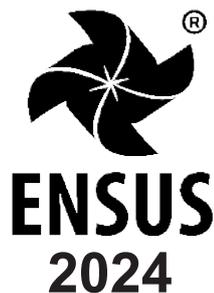
SANTANA DO ARAGUAIA-PA
UNIFESSPA



RESPONSÁVEL



APOIO



FICHA CATALOGRÁFICA

PAISAGEM URBANA E SISTEMAS CONSTRUTIVOS. PUSC.
IMPACT projects: ENSUS 2024. [Organizado por: Cláudia Vasconcelos]. Santana do Araguaia-PA: UNIFESSPA, vol. 3, n. 2, set. 2024.

278p. (v.3, n.2, setembro, 2024). ISSN 2764-9725.

1. Ambiente Construído: Tecnologia e Inovação. 2. Estrutura: Desempenho e Segurança. 3. Impacto Socioeconômico. 4. Sustentabilidade Urbana e Eficiência Energética. 5. Impacto Ambiental e Mercado de Trabalho.

IMPACT *projects*

ISSN 2764-9725



VOL. 3 | N.º 2
SETEMBRO | 2024
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. Ambiente Construído: Tecnologia e Inovação

Prof.^a Dr.^a Andrea Salomé Jaramillo Benavides, Pontificia Universidad Católica del Ecuador - sede Ibarra.

02. Estrutura: Desempenho e Segurança

Prof.^a PhD.^a Lisiane Ilha Librelotto, UFSC/POSARQ.

03. Impacto Socioeconômico

Prof.^a Dr.^a Cristiane Johann Evangelista, UNIR/DAME.

04. Sustentabilidade Urbana e Eficiência Energética

Prof. PhD. Paulo César Machado Ferroli, UFSC.

05. Impacto Ambiental e Mercado de Trabalho

Prof. Dr. Dilson Henrique Ramos Evangelista, UNIR/DAME.

DIAGRAMAÇÃO

Cláudia Vasconcelos, UNIFESSPA.

GRUPO DE PESQUISA | CNPQ

Paisagem Urbana e Sistemas Construtivos (PUSC)
 Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA)
 Campus de Santana do Araguaia
 Instituto de Engenharia do Araguaia (IEA)
 Av. Brilhante, Gleba 68, Lote 1A, Seringal, Santana do Araguaia-PA, CEP 68.560-000
 E-mail: impact.projects2764.9725@gmail.com
 Telefone: (94) 2101-5937 | 5936 | 1025

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

REVISORES - COMITÊ CIENTÍFICO

1. Adriane Shibata Santos, **UNIVILLE** – Universidade da região de Joinville, Brasil;
2. Aguinaldo dos Santos, **UFPR** – Universidade Federal do Paraná, Brasil;
3. Almir Barros da S. Santos Neto, **UFMS** – Universidade Federal de Santa Maria, Brasil;
4. Amilton José Vieira de Arruda, **UFPE** – Universidade Federal de Pernambuco, Brasil;
5. Ana Carolina de Moraes Andrade Barbosa, **UFPE** – Universidade Federal de Pernambuco, Brasil;
6. Ana Claudia Maynardes, **UnB** – Universidade de Brasília, Brasil;
7. Ana Karla Freire de Oliveria, **UFRJ** – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil;
8. Ana Kelly Marinoski Ribeiro, **UFSC** – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil;
9. Ana Veronica Pazmino, **UFSC** – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil;
10. Andréa Franco Pereira, **UFMG** – Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil;
11. Anna Cristina Ferreira, **UNICAMP** – Universidade Estadual de Campinas;
12. Anerose Perini, **UFRGS** – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil;
13. André Canal Marques, **UNISINOS** – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brasil;
14. Antonio Arlindo Braga Junior, **UFPA** – Universidade Federal do Pará, Brasil;
15. Antônio Roberto Miranda de Oliveira, **UFPE** – Universidade Federal de Pernambuco, Brasil;
16. Arnaldo Debatin Neto, **UFSC** – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil;
17. Áurea Luiza Quixabeira Rosa e Silva Rapôso, **IFAL** – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas, Brasil;
18. Ayrton Portilho Bueno, **UFSC** – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil;
19. Beany Monteiro Guimarães, **UFRJ** – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil;
20. Carla Arcoverde de Aguiar Neves, **IFSC** – Instituto Federal de Santa Catarina, Brasil;
21. Carla Martins Cipolla, **UFRJ** – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil;
22. Carla Pantoja Giuliano, **FEEVALE** – Universidade Feevale, Brasil;
23. Carlos Alberto Mendes Moraes, **UNISINOS** – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brasil;
24. Carlos Humberto Martins, **UEM** – Universidade Estadual de Maringá, Brasil;
25. Carlo Franzato, **PUC** – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Brasil;
26. Chrystianne Goulart Ivanoski, **UFSC** – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil;
27. Cláudia Queiroz Vasconcelos, **UNIFESSPA** – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Brasil;
28. Cláudio Pereira de Sampaio, **UEL** – Universidade Estadual de Londrina, Brasil;
29. Coral Michelin, **UPF** – Universidade de Passo Fundo, Brasil;
30. Cristiano Alves, **UFSC** – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil;
31. Cristina Colombo Nunes, **UFSC** – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil;
32. Cyntia Santos Malaguti de Sousa, **FAU/USP** – Universidade de São Paulo, Brasil;
33. Daiana Cardoso de Oliveira, **UNISUL** – Universidade do Sul de Santa Catarina, Brasil;
34. Daniela Neumann, **UFRGS** – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil;
35. Danielle Costa Guimarães, **UFIFAP** – Universidade Federal do Amapá, Brasil;
36. Danilo Corrêa Silva, **UNIVILLE** – Universidade da Região de Joinville, Brasil;
37. Débora Machado de Souza, **UNISINOS** – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brasil;
38. Deivis Luis Marinoski, **UFSC** – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil;
39. Denise Dantas, **FAU/USP** – Universidade de São Paulo, Brasil;
40. Dominique Lewis Leite, **UFSC** – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil;
41. Douglas Luiz Menegazzi, **UFSC** – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil;
42. Elenir Carmen Morgenstern, **UNIVILLE** – Universidade da Região de Joinville, Brasil;
43. Elizabeth Romani, **UFRN** – Universidade Federal do Rio Grande do norte, Brasil;
44. Estela Maris Souza, **UNILASALLE** – Centro Universitário La Salle, Brasil;
45. Elvis Carissimi, **UFMS** – Universidade Federal de Santa Maria, Brasil;
46. Fabiane Escobar Fialho, **FADERGS** – Centro Universitário de Desenvolvimento do Rio Grande do Sul, Brasil;
47. Fabiano Ostapiv, **UTFPR** – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil;
48. Fabíolla Xavier Rocha Ferreira Lima, **UFG** – Universidade Federal de Goiás, Brasil;
49. Fabiola Reinert, **UFSC** – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil;
50. Fabricio Farias Tarouco, **UNISINOS** – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brasil;
51. Felipe Luis Palombini, **UFRGS** – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil;
52. Fernanda Hansch Beuren, **UDESC** – Universidade do Estado de Santa Catarina, Brasil;
53. Francisco de Assis Sousa Lobo, **UFMA** – Universidade Federal do Maranhão, Brasil;
54. Franciele Menegucci, **UEL** – Universidade Estadual de Londrina, Brasil;
55. Germannya D’Garcia de Araújo Silva, **UFPE** – Universidade Federal de Pernambuco, Brasil;
56. Giane de Campos Grigoletti, **UFMS** – Universidade Federal de Santa Maria, Brasil;
57. Gogliardo Vieira Maragno, **UFSC** – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil;
58. Guilherme Philippe Garcia Ferreira, **UFPR** – Universidade Federal do Paraná, Brasil;
59. Henrique Lisbôa da Cruz, **UNISINOS** – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brasil;
60. Inara Pagnussat Camara, **UNOESC** – Universidade do Oeste de Santa Catarina, Brasil;



REVISORES - COMITÊ CIENTÍFICO

61. Ingrid Scherdien, **UNISINOS** – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brasil;
62. Isadora Burmeister Dickie, **UFS** – Universidade Federal de Sergipe, Brasil;
63. Isabela Battistello Espíndola, **IWA** – International Water Association, Estados Unidos;
64. Ítalo de Paula Casemiro, **UFRJ** – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil;
65. Ivan Luiz de Medeiros, **UFSC** – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil;
66. José Manuel Couceiro Barosa Correia Frade, **IPLeiria** – Escola Superior de Artes e Design – Politécnico de Leiria, Portugal;
67. Josiane Wanderlinde Vieira, **UFSC** – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil;
68. Júlio Cezar Augusto da Silva, **INT** – Instituto Nacional de Tecnologia, Brasil;
69. Júlio César Pinheiro Pires, **UFSM** – Universidade Federal de Santa Maria, Brasil;
70. Karine Freire, **UNISINOS** – Universidade do Vale dos Sinos, Brasil;
71. Katia Broeto Miller, **UFES** – Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil;
72. Liliâne Iten Chaves, **UFF** – Universidade Federal Fluminense, Brasil;
73. Lisandra de Andrade Dias, **UFSC** – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil;
74. Lisiane Ilha Librelotto, **UFSC** – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil;
75. Luana Toralles Carbonari, **UEM** – Universidade Estadual de Maringá, Brasil;
76. Mara Regina Pagliuso Rodrigues, **IFSP** – Instituto Federal de São Paulo, Brasil;
77. Marcelo de Mattos Bezerra, **PUC** – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Brasil;
78. Márcio Pereira Rocha, **UFPR** – Universidade Federal do Paraná, Brasil;
79. Marco Antônio Rossi, **UNESP** – Universidade Estadual Paulista, Brasil;
80. Marcos Brod Júnior, **UFSM** – Universidade Federal de Santa Maria, Brasil;
81. Maria Luísa Telarolli de Almeida Leite, **UNESP** – Universidade Estadual Paulista, Brasil;
82. Maria Fernanda Oliveira, **UNISINOS** – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brasil;
83. Mariana Kuhl Cidade, **UFSM** – Universidade Federal de Santa Maria, Brasil;
84. Marina de Medeiros Machado, **UFOP** – Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil;
85. Marli Teresinha Everling, **UNIVILLE** – Universidade da Região de Joinville, Brasil;
86. Marília Gonçalves, **UFSC** – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil;
87. Matheus Barreto de Góes, **UFMG** – Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil;
88. Maycon Del Piero da Silva, **UNEOURO** – Faculdade de Ouro Preto do Oeste, Brasil;
89. Miguel Barreto Santos, **IPLeiria** – Instituto Politécnico de Leiria, Portugal;
90. Miquelina Rodrigues Castro Cavalcante, **UFAL** – Universidade Federal de Alagoas, Brasil;
91. Mônica Maranhã Paes de Carvalho, **IESB** – Instituto de Educação Superior de Brasília, Brasil;
92. Nadja Maria Mourão, **UEMG** – Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil;
93. Natali Abreu Garcia, **PUC-Rio** – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Brasil;
94. Niander Aguiar Cerqueira, **UENF** – Universidade Estadual do Norte Fluminense, Brasil;
95. Noeli Sellin, **UNIVILLE** – Universidade da Região de Joinville, Brasil;
96. Patricia Freitas Nerbas, **UNISINOS** – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brasil;
97. Paulo Cesar Machado Ferroli, **UFSC** – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil;
98. Paulo Roberto Wander, **UNISINOS** – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brasil;
99. Rachel Faverzani Magnago, **UNISUL** – Universidade do Sul de Santa Catarina, Brasil;
100. Regiane Trevisan Pupo, **UFSC** – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil;
101. Régis Heitor Ferroli, **UNIVALI** – Universidade do Vale do Itajaí, Brasil;
102. Renata Priore Lima, **UNIP** – Universidade Paulista, Brasil;
103. Ricardo Henrique Reginato Quevedo Melo, **UFRGS** – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil;
104. Ricardo Marques Sastre (UFPR), **UFPR** – Universidade Federal do Paraná, Brasil;
105. Rita de Castro Engler, **UEMG** – Universidade Estadual de Minas Gerais, Brasil;
106. Roberto Angelo Pistorello, **IFSC** – Instituto Federal de Santa Catarina, Brasil;
107. Rodrigo Catafesta Francisco, **FURB** – Universidade Regional de Blumenau, Brasil;
108. Rosângela Miriam Lemos Oliveira Mendonça, **UEMG** – Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil;
109. Rosiane Pereira Alves, **UFPE** – Universidade Federal de Pernambuco, Brasil;
110. Sérgio Manuel Oliveira Tavares, **UP** – Universidade do Porto, Portugal;
111. Silvio Sezar Carvalho, **UFSC** – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil;
112. Sofia Lima Bessa, **UFMG** – Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil;
113. Suzana Barreto Martins, **UFPR** – Universidade Federal do Paraná, Brasil;
114. Tomás Queiroz Ferreira Barata, **FAUUSP** – Universidade de São Paulo, Brasil;
115. Trícia Caroline da Silva Santana, **UFRSA** – Universidade Federal Rural do Semi-árido, Brasil;
116. Vanessa Casarin, **UFSC** – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil;
117. Vicente de Paulo Santos Cerqueira, **UFRJ** – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil;
118. Virginia Cavalcanti, **UFPE** – Universidade Federal de Pernambuco, Brasil;
119. Victor Hugo Souza de Abreu, **UFRJ** – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil;
120. Vinícius Albuquerque Fulgêncio, **UFPE** – Universidade Federal de Pernambuco, Brasil;
121. Wilmar Ricardo Rugeles Joya, **PUJ** – Pontifícia Universidade Javeriana, 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 trata-se 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 DOI e ISSN 2764-9725. O seu escopo busca compor uma base 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 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: AMBIENTE CONSTRUÍDO - TECNOLOGIA 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: ESTRUTURA - DESEMPENHO E SEGURANÇA: 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 SOCIOECONÔMICO: 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: IMPACTO AMBIENTAL 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.

SUMÁRIO

EDITORIAL

11

ENSUS 2024: XII Encontro de Sustentabilidade em Projeto

11-12

SILVA, Fernando José da; BESSA, Sofia Araújo Lima

01. AMBIENTE CONSTRUÍDO: TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

13

CONTAINER: UMA ALTERNATIVA DE CÂMARA CLIMÁTICA

15-32

FILIPPE, Isabella da Silva; OLIVEIRA, Raquel Diniz; CESAR, Cristina Guimarães.

DESENHO VIRTUAL E CONSTRUÇÃO: uma interface entre o BIM e AWP em edificações sustentáveis

33-50

ALVARENGA, Cristiane do Bom Conselho Sales; SALES, Rosemary do Bom Conselho; CALDAS, Rodrigo Barreto; AGUILAR, Maria Teresa Paulino de.

ANALYSIS OF GLARE IN CLASSROOMS UNDER ABNT NBR 15.215-3:2024 AND CONSIDERING USER'S PERSPECTIVE

51-68

MONTEIRO, Larissa Arêdes; MENDES, Ludmila Cardoso Fagundes; SOUZA, Ana Paula Silva; SANTOS, Max Soledade; SOUZA, Roberta Vieira Gonçalves de.

02. ESTRUTURA: DESEMPENHO E SEGURANÇA

69

MADEIRA ENGENHEIRADA COMO TECNOLOGIA ALTERNATIVA NA ARQUITETURA: ANÁLISE DO PANORAMA GLOBAL DAS DISCUSSÕES DO MLC, CLT E LVL

71-84

SANTOS, Samuel da Silva; ALMEIDA, Jane Eliza; TEIXEIRA, Matheus Zanghelini; CORRÊA, Camila Alves.

PROPOSTA DE CARTILHA DE AUTOGESTÃO A PARTIR DA BIOCONSTRUÇÃO: CENTRO DE APOIO À CRIANÇA – ILHA DA PINTADA, PORTO ALEGRE

85-106

COSTELLA BERTEI, Angela; GRUB, Julian.

USO DA CAL COMO ESTABILIZANTE EM ESTRUTURAS DE TAIPA DE PILÃO: REVISÃO DA LITERATURA

107-120

LAGE, Gabriela Tavares de Lanna; BESSA, Sofia Araújo Lima; SANTOS, Beatriz Faria Alves dos.

03. IMPACTO SOCIOECONÔMICO

121

THE STRATEGIC ROLE OF FPSO IN DEEPWATER EXPLORATION: INTEGRATING SOCIAL MANUFACTURING SYSTEMS WITHIN INDUSTRY 5.0

123-138

PORTELLA, Anderson Gonçalves; DE ABREU, Victor Hugo Souza; DOS SANTOS, Marcos.

SOCIAL SUPPORT IN HOSPITAL ARCHITECTURE AND DESIGN: POTENTIALS AND CHALLENGES

139-154

MENDES, Ludmila Cardoso Fagundes; SOUZA, Roberta Vieira Gonçalves de; ADACHI, Gabriela Souza Podboi

APLICAÇÃO DA ABORDAGEM ECOSISTÊMICA NA REESTRUTURAÇÃO DO MODELO DE SISTEMA DE PRODUTO NA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA PARA MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

155-166

ROCHA, Marina Silva Seabra da; ASSIS, Eleonora Sad de.



SUMÁRIO

04. SUSTENTABILIDADE URBANA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA 167

O USO DE ESPAÇOS VERDES URBANOS COM OBJETIVO DE PROMOVER BEM-ESTAR 169-180

MATOS, Ana Luiza dos Santos; CARVALHO, Nicolas Brandão; FERROLI, Paulo Cesar Machado.

PADRONIZAÇÃO E ANÁLISE DE ILHA DE CALOR URBANO: COLETA DE DADOS COM SISTEMA MÓVEL EM GOIÂNIA-GO 181-200

RODRIGUES, Marília Guimarães; GONÇALVES, Pedro Henrique; ZIEBELL, Clarissa Sartori; ENGEL, Ernestina Rita Meira; FREDERICO E SILVA, Caio.

OFICINA SOBRE RESÍDUOS, RECICLAGEM E SUSTENTABILIDADE NO ESPAÇO URBANO: PLANEJAMENTO E VIVÊNCIA NO CENTRO DE JOÃO PESSOA/PB 201-214

LIMA, Ana Catarina Gomes de; SILVA, Joyce Faustino da; SANTOS, Fabiana Francelino Maia dos; FERREIRA, Alexia de Oliveira; RUBERG, Claudia.

05. IMPACTO AMBIENTAL E MERCADO DE TRABALHO 215

ENTRE O CAMPO E A CIDADE: REFLEXÕES SOBRE CULTURA, DESIGN E SUSTENTABILIDADE NO SÉCULO XXI 217-228

DIAS, Josana Mattedi Prates; ENGLER, Rita de Castro

CALIBRAÇÃO DE SENSORES PARA ESTAÇÕES CLIMÁTICAS DE BAIXO CUSTO 229-242

ZIEBELL, Clarissa Sartori Ziebell; VIZZOTTO, Marcos Rodrigues; GONÇALVES, Pedro Henrique

USE OF MOHID PLATFORM IN THE SIMULATION OF THE WATER TRANSPORT OF CONTAMINANTS IN THE CORN PLANTATION IN VARRESAI, RJ 243-254

SOUZA, Laise Novellino Nunes de; TELLES, Wagner Rambaldi; LUGON JR., Jader; OLIVEIRA, Vicente de Paulo Santos de.

REFÚGIO E RESTAURAÇÃO: PSICOLOGIA AMBIENTAL NA CRIAÇÃO DE ACAMPAMENTOS PLANEJADOS PARA DESABRIGADOS 255-276

GRANDI, Andréia; CARBONARI, Luana Toralles; LIBRELOTTO, Lisiane Ilha.

EDITORIAL

ENSUS 2024: XII Encontro de Sustentabilidade em Projeto

O desenvolvimento sustentável é uma abordagem que pode permitir melhores condições de vida para as pessoas, respeitando a capacidade de regeneração do planeta. O tema principal do ENSUS - Encontro de Sustentabilidade em Projeto é a promoção e a discussão dos 17 objetivos do desenvolvimento sustentável estabelecidos pela ONU por meio da Agenda 2030. A maior parte desses temas se relacionam com as atividades de projeto nos campos de Arquitetura e Urbanismo, *Design*, Engenharias e áreas afins, que dialogam com a sustentabilidade, apresentando caráter multidisciplinar. O objetivo do ENSUS 2024 foi promover, de forma ampla, a discussão, a divulgação e a inovação na área de sustentabilidade ligada à arquitetura, à engenharia e ao *design* no âmbito acadêmico e em consonância com o setor produtivo.

Ademais, buscou-se também divulgar a produção científica, tecnológica e cultural, incentivando a geração de conhecimentos, de parcerias e de produtos sobre o tema da sustentabilidade aplicada a projetos; promover e elevar a qualidade da produção científica e tecnológica nacional; suscitar discussões a partir de distintos pontos de vista - do mercado e setor produtivo, do bem-estar coletivo e social, do respeito ao meio ambiente e uso racional dos recursos - sobre como os desafios de aplicar a sustentabilidade nas atividades de projetos; abrir espaço para o diálogo com empresas que tenham experiência de mercado na temática da sustentabilidade; possibilitar a participação dos estudantes de graduação em eventos científicos sobre o tema, tanto como ouvintes como articulistas; e promover maior aproximação entre os docentes que atuam nos programas de pós-graduação que apoiam o evento, sendo neste ano de 2024, programas da UFMG e da UEMG.

A sustentabilidade é, hoje, assunto amplamente discutido, tanto no ambiente acadêmico quanto no industrial. Embora alguns cursos de graduação em arquitetura, engenharias e *design* tenham incorporado disciplinas abordando as questões de sustentabilidade em seus currículos, esse assunto é alvo de várias pesquisas, levando a um incremento exponencial no nível de conhecimento gerado, que acabam por apresentarem-se incompatíveis com a carga horária reservada a estes nos cursos de graduação. Além do meio acadêmico, a comunidade tem também respondido às pressões, paralelamente aos esforços da academia, criando boas soluções, menos degradantes, na dimensão ambiental; mais econômicas e que ajudam a remover injustiças sociais, a muito estabelecidas no país. Essas ações se propagam de Norte a Sul do país e devem ser divulgadas para que sejam assumidas em grande escala.

Historicamente, o ENSUS é um evento anual que já teve onze edições: 2007, 2008, 2009, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022 e 2023. Até 2019, em 2021 e em 2023, foi coordenado pelos professores Paulo Cesar Machado Ferroli e Lisiane Ilha Librelotto, com realização na Universidade Federal de Santa Catarina e convidados de universidades sedes de forma a tornar o



EDITORIAL

evento itinerante. Em 2020, na 8ª. edição, a coordenação geral foi da Profa. Rachel Faverzani Magnago e o evento foi realizado na Universidade do Sul de Santa Catarina - UNISUL. Em 2022, na sua 10ª. edição, foi coordenado pela Profa. Cláudia Vasconcelos, que realizou o ENSUS na Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará - UNIFESSPA.

Em 2024, o evento aconteceu de modo presencial na Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, em Belo Horizonte, entre 7 e 9 de agosto, reforçando o objetivo de ampliar a aderência da Agenda 2030, tanto no processo de formação universitária, como nas atividades profissionais ligadas a projetos de engenharia, arquitetura e urbanismo, *design* e áreas afins. Neste sentido, o evento sempre se propõe a criar espaços para a divulgação de resultados de pesquisa sobre o tema por meio de sessões de apresentação oral de artigos, debates em palestras, mesas redondas e oficinas.

No ENSUS 2024 ocorreram atividades de conferências, mesas redondas e apresentação de artigos que foram submetidos anteriormente à revisão dupla-cega pela plataforma *Open Conference System*. Houveram também diálogos com empresas na exposição de produtos inovadores e tecnologias limpas. As empresas PI Engenharia, Ares Arquitetura e Agera Co. foram patrocinadoras do evento e participaram como expositores, ao longo dos três dias, e também na apresentação de cases. A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) foram os patrocinadores institucionais.

Nesta última edição de número 12, foram: 256 participantes inscritos, 198 artigos submetidos, 156 artigos publicados nos anais e 119 apresentados em 15 sessões técnicas; ocorreram três palestras, sendo uma internacional, três mesas-redondas, seis minicursos e uma visita técnica. Além disso, os melhores artigos avaliados pela Comissão Científica foram selecionados para compor edições especiais de periódicos científicos: Mix Sustentável, Impact Projects, Transverso, Pensamentos em Design, Plural Design, Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego e Revista Vértices.

Belo Horizonte-MG, 12 de setembro de 2024.

Prof. PhD. Fernando José da Silva e Prof.ª PhD.ª Sofia Araújo Lima Bessa

DESIGN/UFMG

ARQUITETURA/UFMG

UFMG

UNIVERSIDADE FEDERAL
DE MINAS GERAIS

01.

**AMBIENTE CONSTRUÍDO:
TECNOLOGIA E
INOVAÇÃO**



01.

**AMBIENTE CONSTRUÍDO:
TECNOLOGIA E
INOVAÇÃO**



CONTAINER: UMA ALTERNATIVA DE CÂMARA CLIMÁTICA CONTAINER: A CLIMATE CHAMBER ALTERNATIVE

Data de aceite: 29/08/2024 | Data de submissão: 28/08/2024

FILIFE, Isabella da Silva, Engenheira de Produção Civil

CEFET-MG, Belo Horizonte, Brasil, E-mail: isabella.filipe@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7550-1075>.

OLIVEIRA, Raquel Diniz, Dr.^a

CEFET-MG, Belo Horizonte, Brasil, E-mail: raqueldiniz@cefetmg.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3712-4499>.

CESAR, Cristina Guimarães, Dr.^a

CEFET-MG, Belo Horizonte, Brasil, E-mail: cristinagc@cefetmg.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8703-6844>.

RESUMO

O reuso de *containers* para fins acadêmicos possibilita recriar o ambiente construído em escala real. Nesse contexto, investigou-se as estratégias aplicáveis para adaptar um *container* como câmara climática em Belo Horizonte - MG, com foco no seu desempenho térmico. Por meio de modelo termoenergético, aplicou-se os parâmetros normativos para adequar o *container* original para o novo uso. Os resultados da simulação indicaram a necessidade de adotar cor clara, isolamento térmico nas paredes (lã de vidro), além de cobertura verde. Caso a adaptação ocorra em etapas, seria possível compatibilizar os custos da aplicação dessas estratégias com a verba institucional.

Palavras-chave: Desempenho térmico; Simulação Termoenergética; Adequação climática; Custos.

ABSTRACT

Containers reused for academic purposes can recreate the built environment on a real scale. Thus, the authors aim at adapting a container as a climate chamber in Belo Horizonte (Brazil) considering its thermal performance. Through a container thermoenergetic model the normative parameters were set to adapt it for this new use. The simulation results pointed out some changes such as light color and walls thermal insulation (glass wool) as well as a green roof. If this adaptation occurs in stages, it would be possible to make these strategies' costs suitable to the institutional budget.

Keywords: Thermal performance; Thermoenergetic simulation; Climatic suitability; Costs.

1. INTRODUÇÃO

A recriação do ambiente construído para pesquisas experimentais se mostra como um obstáculo relevante. Além das questões de cunho financeiro, inexistem, muitas vezes, laboratórios e/ou meios no cenário acadêmico que permitam investigar questões como o desempenho térmico de edificações, as condições de conforto dos ocupantes e/ou outros parâmetros relativos ao uso e operação do espaço, em dimensões próximas à escala real (TREVISAN *et al.*, 2020).

Ainda segundo Trevisan *et al.* (2020) o acesso às edificações existentes para acompanhamento em pesquisas não se mostra simples ou viável, em muitos casos. Nesse contexto, a aplicação de câmaras climáticas para pesquisas experimentais, possibilita a investigação de ambientes em escala real, além de possibilitar o controle de variáveis envolvidas no processo de simulação e/ou calibração de modelos termoenergéticos.

Todavia, o elevado custo dos aparatos tecnológicos de uma câmara climática pode inviabilizar o acesso a esse equipamento (TREVISAN *et al.*, 2020), em realidades com recursos financeiros limitados como ocorre, muitas vezes, nas universidades públicas. Desta forma, a adoção de técnicas que possibilite reduzir o seu custo se mostra relevante para a realidade brasileira.

A utilização de construções em *containers* como câmara climática se mostra uma opção para a redução de custos, sendo necessária uma maior investigação sobre o comportamento desses *containers* quando submetidos às variações de parâmetros climáticos (TREVISAN *et al.*, 2020). Essa atenção maior ao comportamento dessas câmaras se deve ao fato de serem constituídas basicamente por chapas de aço, um material com alta condutibilidade térmica (VIANA, 2018).

Conforme Rupp, Vásquez e Lamberts (2015), as câmaras climáticas são ambientes sobre os quais os pesquisadores possuem total controle das variáveis. Complementando, Trevisan (2019) define as câmaras climáticas como volumes fechados que permitem a simulação de ambientes reais e possibilitam o controle de variáveis, tais como: a temperatura interna e a umidade do ar. Ademais, essas câmaras podem ser montadas *in loco* ou pré-fabricadas, expostas às condições externas ou instaladas no interior de edificações.

O uso de câmaras climáticas como ambientes experimentais iniciou-se na década de 1960 na Dinamarca, tendo sido utilizada, posteriormente, em estudos de outras partes do mundo (PISELLO *et al.*, 2021; KIM *et al.*, 2016). No Brasil, existem câmaras climáticas destinadas à experimentos (TREVISAN, 2019). Entretanto, não existem câmaras dedicadas a estudos relacionados a questões térmicas. Nesse contexto, as pesquisas desenvolvidas em Curitiba - PR (TREVISAN *et al.*, 2020; TREVISAN, 2019; RIBEIRO, 2019) representam uma inovação por propor a construção de uma Câmara Bioclimática de Baixo Custo (CBBC) utilizando *container*.

Trevisan (2019) defende ainda a construção de câmaras climáticas com o uso de *container* em dois módulos. Dessa forma, seria possível realizar ensaios simultâneos em condições climáticas similares, por intermédio de pesquisas comparativas entre o módulo de controle (com características inalteradas) e o experimental (modificado). Além disto, trata-se de uma opção sustentável e de replicação internacional da câmara climática.

Os estudos nacionais sobre a avaliação do desempenho térmico de *containers* para adequação de câmaras climáticas ainda se mostram incipientes (TREVISAN *et al.*, 2020; TREVISAN, 2019; RIBEIRO, 2019). No que tange às normativas acerca da adequação climática e construtiva tem-se em vigor apenas a NBR 15.575 (ABNT, 2021), direcionada as habitações em geral ou a NBR15.220 (ABNT, 2022; ABNT, 2005), focada nas habitações de interesse social. Todavia, na ausência de um referencial mais específico diversos estudos aplicaram essas normativas para

definição de estratégias construtivas para adequação de outros tipos construtivos, como *containers* (VIANA, 2018; TREVISAN, 2019; CAMPANHARO; ROSSI, 2018).

O presente estudo insere-se, portanto, neste cenário, com objetivo de investigar, por meio de simulação computacional, as estratégias para adequação do desempenho térmico aplicáveis a um *container* com destinação de uso em pesquisas, por meio da sua transformação em uma câmara climática. De forma complementar, verificou-se a compatibilidade financeira entre o custo e a verba disponível para a aplicação de estratégias necessárias para adequar um *container* existente, proporcionando uma análise econômica dos recursos fundamentais para a sua adequação e transformação em uma câmara climática.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Nesse tópico é apresentada uma revisão da literatura a fim de fundamentar o desenvolvimento do presente trabalho. Para isso, foram abordadas as prescrições normativas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), ABNT NBR 15220/2008 e ABNT NBR 15575/2021. Adicionalmente, apresentou-se um software disponível no mercado para a criação de modelos termoenergéticos, assim como as informações pertinentes sobre construções em *containers* e câmaras bioclimáticas.

Na sequência, evidenciam-se as definições relativas à orçamentação e às composições de serviços e materiais apresentadas pelo Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) para confecção de orçamentos e sua relevância para obras e serviços de engenharia contratados e executados com recursos financeiros da União.

2.1. ABNT NBR 15220

A ABNT NBR 15220-3 (ABNT, 2005) propõe a divisão do território brasileiro em oito zonas, numeradas de 1 a 8, a partir da adaptação da carta bioclimática retratada por Givoni (1992). Desse modo, apresenta-se o zoneamento bioclimático brasileiro, caracterizado pela ABNT NBR 15220-1 (ABNT, 2005) como uma “região geográfica homogênea quanto aos elementos climáticos que interferem nas relações entre ambiente construído e conforto humano” (ABNT, 2005, p.7).

Ainda conforme a ABNT NBR 15220-3 (ABNT, 2005), são apontadas diretrizes construtivas e estratégias de condicionamento térmico passivo para cada uma das oito zonas, a fim de adequar o desempenho térmico das edificações ao clima local. Dentre os parâmetros relativos às diretrizes construtivas tem-se as aberturas para ventilação, o sombreamento das aberturas e o tipo de vedação externa a ser aplicada nas paredes e na cobertura.

2.2. ABNT NBR 15575

Segundo a ABNT NBR 15575-1 (ABNT, 2021), o desempenho térmico das habitações é influenciado pelos componentes de suas paredes e cobertura, pelas áreas envidraçadas e de ventilação, pelas áreas de abertura, além das cargas térmicas internas – pessoas, iluminação e equipamentos – e do clima da cidade, na qual o imóvel será ou está edificado.

Adicionalmente, a norma estabelece que a avaliação do desempenho seja executada nos ambientes de permanência prolongada (APP) da unidade habitacional, descritos como ambientes nos quais acontece a ocupação contínua por um ou mais indivíduos, tais como: sala de estar, dormitórios, sala de TV, entre outros. O desempenho térmico da unidade habitacional (UH) pode ser classificado como mínimo (M), intermediário (I) e superior (S), sendo de caráter obrigatório o atendimento aos requisitos e critérios referentes apenas ao nível mínimo (ABNT, 2021).

Além disso, a norma estabelece que os procedimentos de avaliação do desempenho térmico podem ser: o procedimento simplificado ou o procedimento de simulação computacional. O procedimento simplificado só pode ser utilizado para a obtenção do nível mínimo de desempenho térmico, ao que, para a aquisição dos demais níveis desse desempenho, é necessário implementar o procedimento de simulação computacional.

Na aplicação do procedimento simplificado, ocorre a comparação das características geométricas e das propriedades térmicas dos sistemas construtivos da APP com os valores de referência normativos. Ao passo que o procedimento de simulação computacional compreende a comparação entre os modelos real e de referência desenvolvidos. O modelo real é aquele que “conserva as características geométricas da UH, as propriedades térmicas e as composições dos elementos transparentes, paredes e cobertura” (ABNT, 2021, p.19). O modelo de referência, por sua vez, é definido como aquele que obedece às características descritas no item 11.4.7.2 da ABNT NBR 15575-1 (ABNT, 2021).

Cabe ressaltar nesse momento que os parâmetros a serem comparados para a avaliação do desempenho térmico, adotando o procedimento de simulação computacional, dependem do nível de desempenho térmico que se almeja alcançar. Por exemplo, para o nível mínimo de desempenho término os parâmetros são: o percentual de horas de ocupação da UH dentro da faixa de temperatura operativa (PHFT_{UH}) e as temperaturas operativas anuais máximas e mínimas da UH (Tomáx_{UH} e Tomín_{UH}).

Ademais, no que tange a aplicação do procedimento de simulação computacional, é necessário o uso de softwares para adquirir os parâmetros necessários para análise do desempenho térmico anual da envoltória da edificação, devendo esses softwares atender os critérios determinados no 11.4.1 da ABNT NBR 15575-1 (ABNT, 2021).

Como exemplo de software que atende os pré-requisitos normativos, há o *EnergyPlus*, inclusive indicado pela ABNT NBR 15575-1 em sua versão de 2005 (ABNT, 2005). Esse software é desenvolvido desde a década de 1970 pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos, caracterizando-se como de código aberto, livre de licença e multiplataforma (KUBO, 2017).

Para executar a simulação, no *EnergyPlus* deve-se utilizar um arquivo climático da cidade na qual localiza-se a edificação ou de uma região próxima, caso a cidade original não possua arquivo climático.

Além disso, o *software* ainda usa dados relativos às características geométricas, aos componentes construtivos, às cargas térmicas internas, ao padrão de ocupação e aos sistemas de condicionamento da edificação.

Com base nesses elementos, o programa executa a simulação, ofertando diversos dados de saída. Dentre eles, tem-se a média anual da temperatura externa de bulbo seco (TBS_m) e as temperaturas operativas anuais da UH (T_o), as quais são aplicadas na determinação do PHFT_{UH} e das $Tomáx_{UH}$ e $Tomín_{UH}$, e, juntas, permitem a avaliação do nível mínimo de desempenho térmico (VIANA, 2018).

2.3. Construções em *containers*

Segundo Viana (2018), os *containers* foram criados no século XX com a função de transportar cargas, na intenção de dificultar a deterioração e o extravio de mercadorias, possuindo a vida útil de até 90 anos. Entretanto, o uso dos *containers* com a finalidade de transporte se restringe de 10 a 15 anos e seu transporte vazio para retornar ao país de origem da mercadoria é elevado, fazendo com que eles sejam descartados erroneamente por intermédio do abandono nos portos de destino.

Nessa conjuntura, aliou-se a disponibilidade de *containers* a serem reutilizados à necessidade de sanar o déficit habitacional em diversos países para impulsionar o reaproveitamento dos *containers* como habitações (SERRAGLIO, 2019). Isso se justifica devido a sua fácil e rápida instalação, além de poderem ser transportados e modificados após a finalização da construção da edificação (BARBOSA et al., 2017; BUORO; GUEDES, 2015; VENÂNCIO, 2019; VIANA, 2018). Fatores esses que corroboram, também, para a indicação de utilização de *container* para construção de uma câmara bioclimática por Trevisan (2019).

2.4. Orçamento e composições SINAPI e sua relevância

Lopes, Librelotto e Avila (2003) definem que orçar consiste em mensurar os insumos – materiais, mão de obra ou equipamentos – mobilizados para a realização de uma obra ou serviço, obtendo-se também os custos e o tempo requerido para sua finalização.

No processo de orçamentação, o levantamento do quantitativo de insumos pode ser efetuado com base na leitura e análise dos projetos. Por outro lado, o levantamento de custos é determinado a partir da composição de custos unitários, com a qual é possível definir o valor financeiro a ser despendido para a execução de uma unidade de serviço, fundamentando-se em coeficientes de produtividade, consumo e aproveitamento de insumos, além de preços de mercado (TCU, 2014).

A elaboração de novas composições de custos unitários pode ser executada utilizando os conhecimentos adquiridos em obras anteriores (MATTOS, 2006) ou adotando o sistema de referência de custos, o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil - SINAPI (TCU, 2014).

Em complemento, o IBGE estabelece que pode ser definido como objetivo do SINAPI:

[...] a produção de séries mensais de custos e índices para o setor habitacional, e de séries mensais de salários medianos de mão de obra e preços medianos de materiais, máquinas e equipamentos e serviços da construção para os setores de saneamento básico, infraestrutura e habitação (IBGE, 2019, s.p.).

Sendo essas séries mensais produzidas por intermédio de pesquisa realizada pelo IBGE, na qual são averiguados os preços de materiais de construção e equipamentos, além dos salários dos profissionais da construção civil, junto à comércios, indústrias e sindicatos do setor localizados nas capitais brasileiras (TCU, 2014).

Os dados gerados pela pesquisa do IBGE são disponibilizados no site da CAIXA na aba intitulada Referências de preços e custos. Estes dados são subdivididos em estados brasileiros e podem ser apresentados de duas formas: desonerado, cujo valor é obtido desconsiderando-se a incidência de 20% dos custos do INSS para realizar o cálculo dos custos com encargos sociais, ou seja, esse cálculo leva em conta a desoneração da folha de pagamento do setor da construção civil como previsto na Lei 13.161/2015; e não desonerado, cuja a porcentagem de 20% é considerada (CAIXA, 2020).

Ademais, conforme a CAIXA (2020), as informações descritas são divididas ainda em duas subcategorias: sintético, no qual o custo da obra é apresentado por meio do agrupamento dos serviços por itens ou etapas; analítico, na qual é mostrada uma visão mais detalhada dos itens e etapas, expondo-se os custos e quantitativos unitários necessários para executar um serviço e os valores de custo para todos os itens, além do acumulado.

Nesse momento é importante ressaltarmos que o SINAPI é relevante para as obras e os serviços de engenharia contratados e executados com recursos financeiros da União, exceto os serviços e obras de infraestrutura de transporte, devido ao Decreto nº 7.983, de 8 de abril de 2013. Esse decreto estabelece, por intermédio do art. 3º, que o custo global de referência das obras e serviços de engenharia deve ser estimado a partir das composições dos custos unitários apresentadas no projeto exposto no edital de licitação, necessitando esses custos serem menores ou iguais à mediana de seus correspondentes retratados no SINAPI (BRASIL, 2013).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para o presente estudo, realizou-se quatro etapas metodológicas, a saber: 1) Escolha e caracterização do objeto de estudo; 2) Criação do modelo termoenergético e simulação computacional; 3) Verificação de melhoria dos protótipos modificados; 4) Verificação de compatibilidade financeira. Os programas utilizados na etapa 2, atendem aos requisitos estabelecidos no método de simulação computacional da NBR 15.575 (ABNT, 2021), além de serem amplamente utilizados pela literatura (TREVISAN et al., 2020; VIANA, 2018; TREVISAN, 2019; RIBEIRO, 2019).

3.1. Construções em *containers*

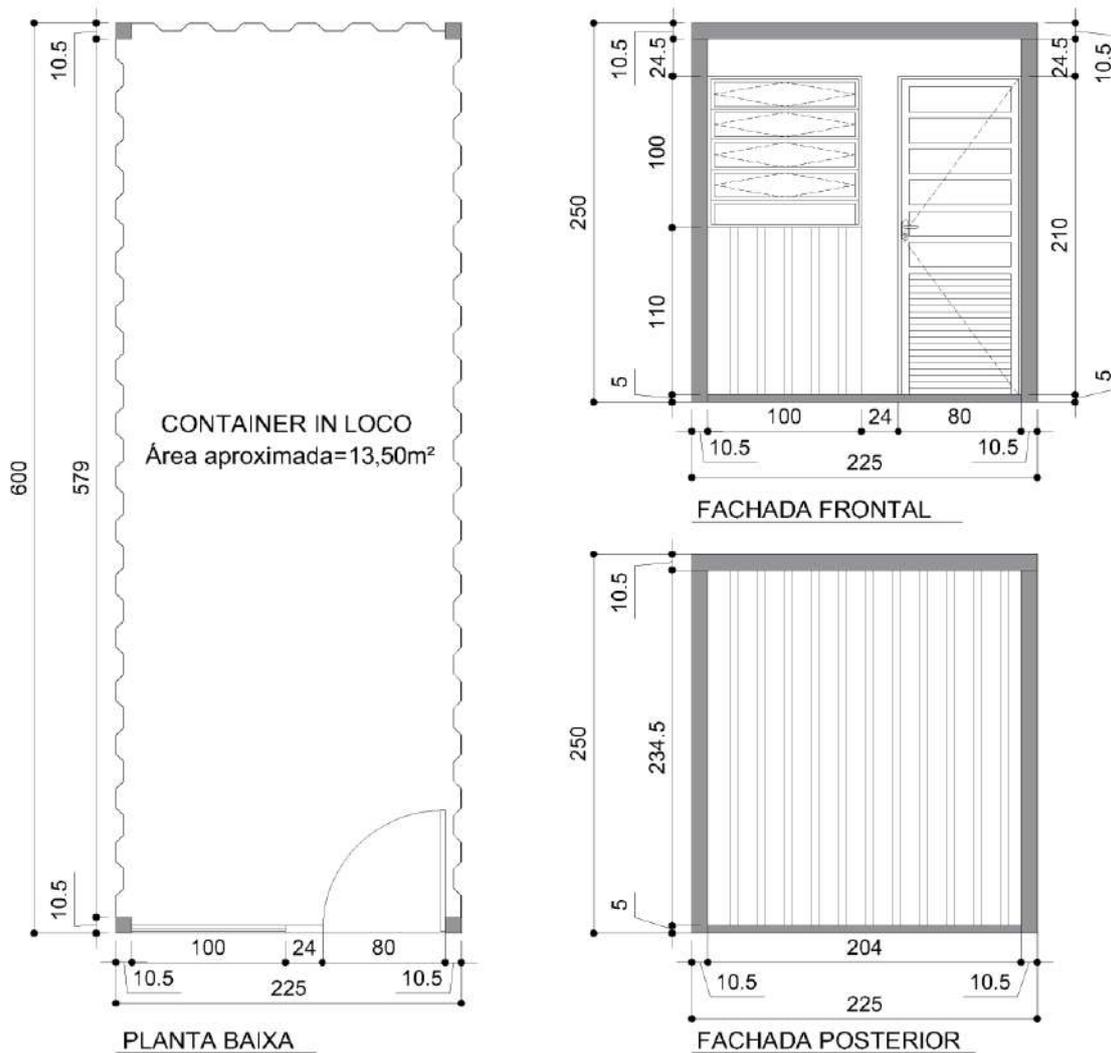
A seleção do estudo de caso se deu pela facilidade de acesso aos dados. Dessa forma, considerou-se um container existente (Figuras 1 e 2), localizado em Belo Horizonte, dentro do Campus Nova Gameleira do CEFET-MG, situado na Zona Bioclimática (ZB) 3 (ABNT, 2005), na latitude -19,85, longitude -43,95, altitude igual a 785m.

Figura 1: *Container* selecionado.



Fonte: Autores.

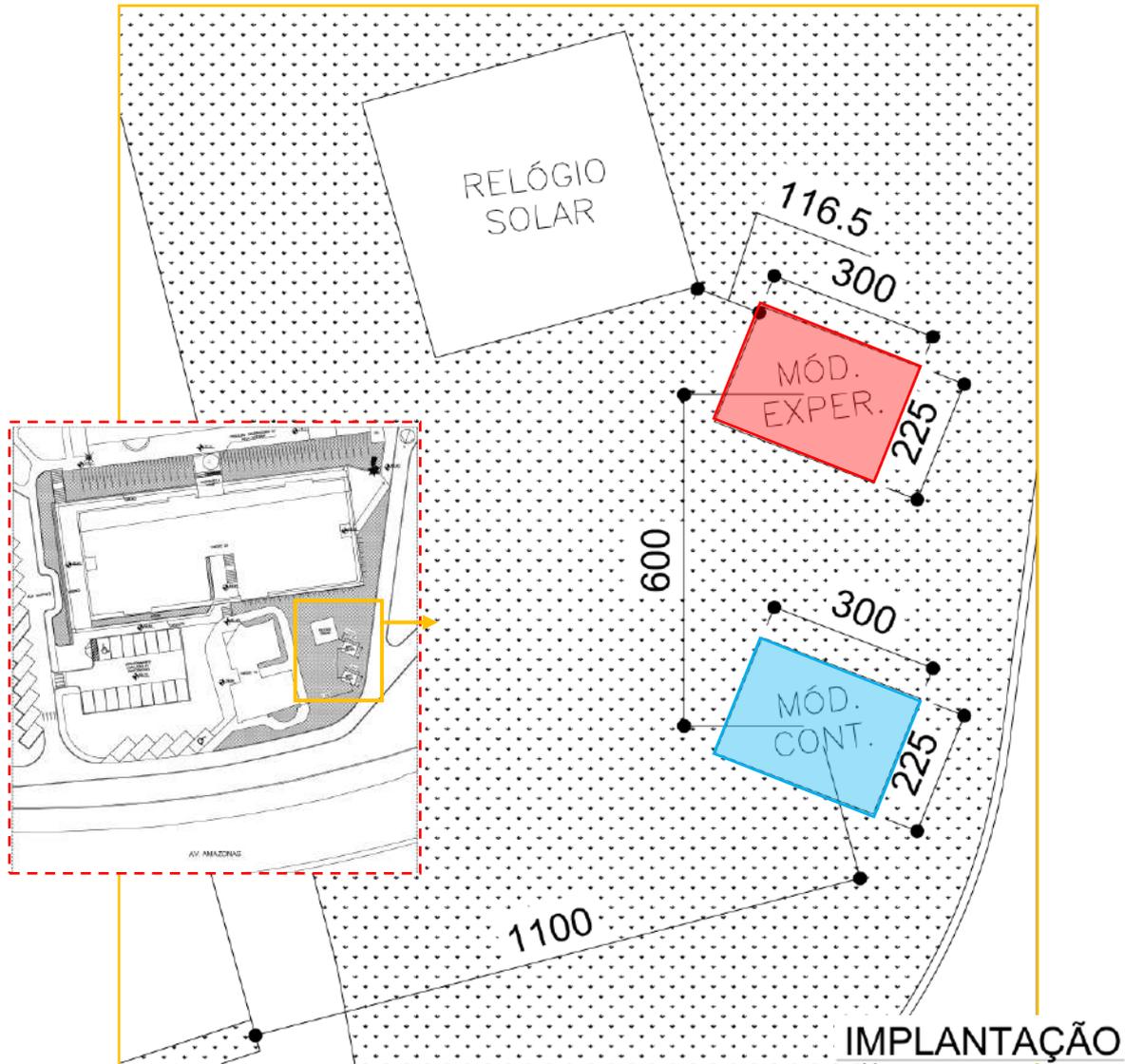
Figura 2: Dimensões do *container* selecionado.



Fonte: Autores.

Conforme se observa na Figura 3, considerou-se, hipoteticamente um novo posicionamento do container, ponderando a facilidade de acesso, a incidência de insolação (após estudo do entorno das 8h00 às 17h00 ao longo dos solstícios de verão e inverno), a direção predominante do vento na região (leste), bem como, a sua divisão em dois módulos (experimental, em vermelho e de controle, em azul), com 300cm de comprimento cada, afim de possibilitar, futuramente, a realização de ensaios simultâneos em pesquisas comparativas, conforme sugerido por Trevisan (2019).

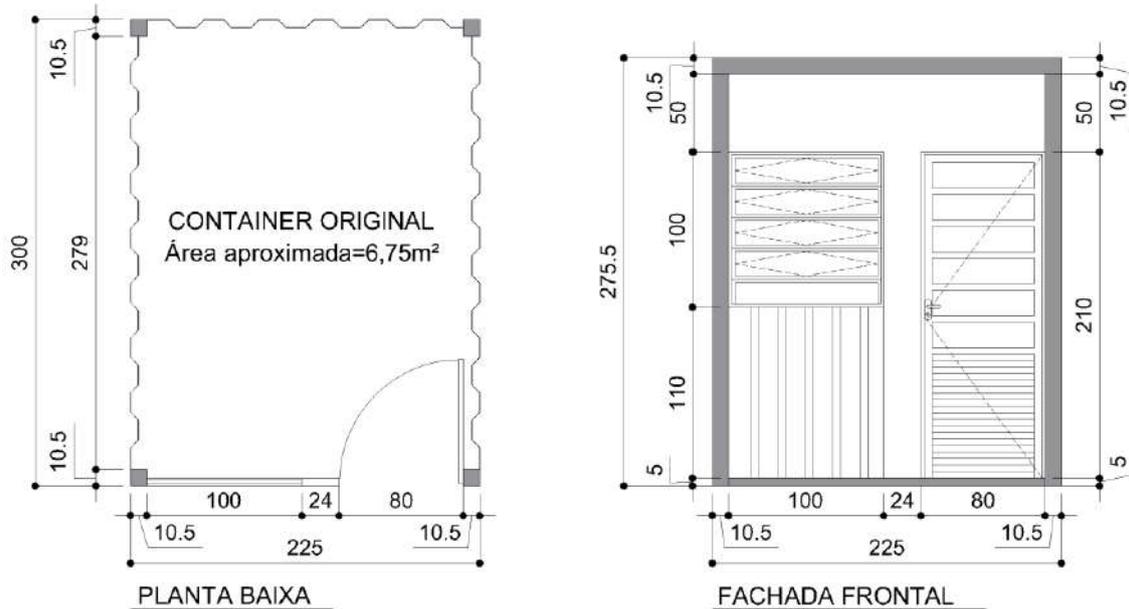
Figura 3: Implantação do módulo experimental e de controle.



Fonte: Autores.

Quanto ao uso do espaço como ambiente laboratorial e, em função do tempo de ocupação, considerou-se os parâmetros municipais mínimos definidos para escritórios (BELO HORIZONTE, 2009). Desta forma, foi necessário considerar um pé-direito maior passando as dimensões do container para 225x300x275,5cm (largura x comprimento x altura), e área total de 6,75m² (Figuras 4), de modo a atender o pé-direito mínimo de 260cm. As suas demais características foram preservadas.

Figura 4: Dimensões do *container* após modificação do pé-direito.



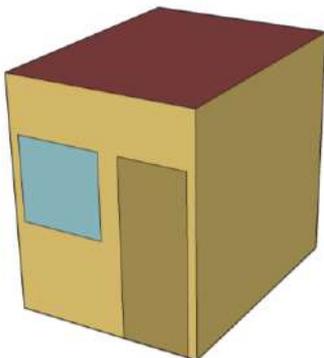
Fonte: Autores.

3.2. Criação do modelo termoenergético e simulação

A modelagem termoenergética do *container* foi elaborada com auxílio do software *SketchUp Make 2016*, em conjunto com a extensão *Euclid 0.9.3*. Para o modelo real, considerou-se as características construtivas do *container* original, enquanto para o modelo de referência, considerou-se as especificações estabelecidas na NBR 15575-1 (ABNT, 2021), para a localidade em questão. Como dados de entrada, considerou-se o arquivo climático de Belo Horizonte-Pampulha do tipo *Solar and Wind Energy Resource Assessment - SWERA*, os materiais construtivos referentes ao objeto de estudo, além das rotinas de uso e ocupação, as cargas térmicas referentes aos ocupantes, equipamentos e iluminação previstas na norma (ABNT, 2021).

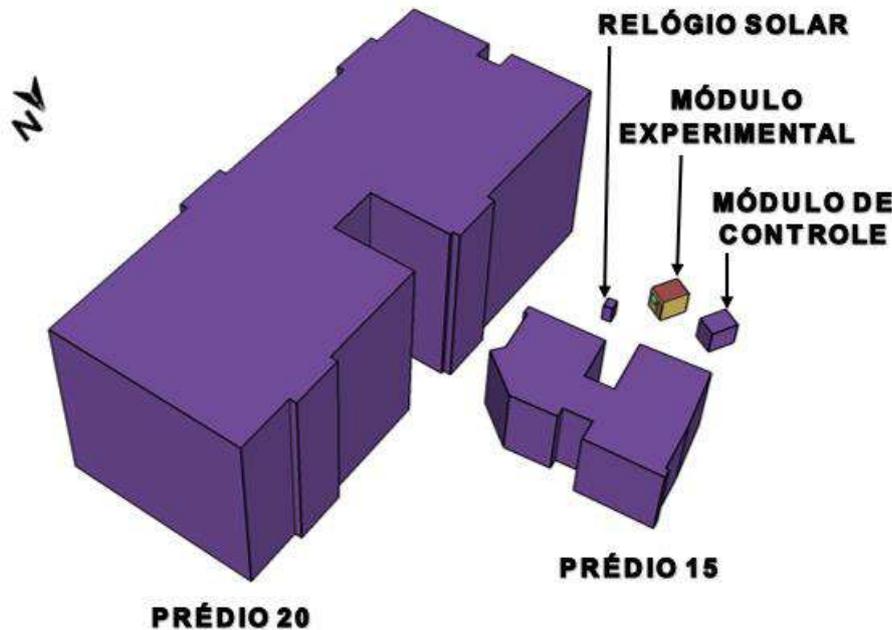
Nas Figuras 5 e 6 são mostradas, respectivamente, a geometria do *container* original, dos seus módulos divididos juntamente com o seu entorno imediato, com as diferenças de nível acrescidas na altura real dos prédios 15 e 20 e relógio solar existente.

Figura 5: *Container* original.



Fonte: Autores.

Figura 6: Geometria tridimensional com o entorno e os módulos de *container*.



Fonte: Autores.

Para a simulação computacional, utilizou-se o software *EnergyPlus*, em sua versão 8.7.0, bem como o método previsto em NBR 15575-1 (2021) para obter a média anual da temperatura externa de bulbo seco (TBS_m) e as temperaturas operativas anuais da área de permanência prolongada (TO_{APP}), considerando o modelo real e de referência, naturalmente ventilado. Com base nesses dados, determinou-se o intervalo a ser considerado para o clima do local do estudo e, subsequentemente, a faixa de temperatura operativa a ser adotada. Isto possibilitou calcular o percentual de horas de ocupação do APP dentro da faixa de temperatura operativa ($PHFT_{APP}$) e as temperaturas operativas anuais máximas e mínimas da UH ($Tomáx_{UH}$ e $Tomín_{UH}$), conforme estabelecido na NBR 15575-1 (2021). Desta forma, verificou-se o atendimento aos critérios normativos de desempenho térmico nesta norma do container original.

3.3. Verificação de melhorias dos protótipos modificados

Na hipótese do não atendimento dos limites da NBR 15.575 (2021), considerou-se modificações no modelo. Essa etapa constitui-se, portanto, da modelagem termoenergética e simulação de protótipos virtuais desenvolvidos a partir das estratégias recomendadas pela NBR 15.220-3 (2005) para a zona bioclimática do estudo (ZB3), com a finalidade de determinar aquela (s) mais efetiva (s) para melhorar o desempenho térmico do container.

Cumprir destacar que o condicionamento térmico passivo não foi considerado, uma vez que a implantação idealizada já contemplaria tal estratégia. Já as aberturas de ventilação foram mantidas inalteradas uma vez que Viana (2018) observou que tal modificação não seria significativa para promover diminuição da temperatura interna em um container e, por consequência, o aperfeiçoamento do desempenho térmico. Assim, para o estudo das alternativas de adequação do desempenho térmico do container para obtenção do nível de desempenho térmico mínimo, propõem-se a criação e simulação computacional de protótipos virtuais (PVs) que

levem em conta: a cor das fachadas (I: clara $\alpha = 0,3$; II: média $\alpha = 0,5$ ou III: escura $\alpha = 0,7$), inclusão de uma placa de gesso acartonado de 1,25cm na vedação vertical mais um isolante (IV: 3cm de lã de rocha; V: 3cm de lã de vidro; VI: 1,5cm de poliuretano expandido (EPS) ou VII: 3cm de câmara de ar) e inclusão de componente extra sobre a cobertura original do container em aço (VIII: telha sanduíche com EPS de 5,1cm ou IX: telhado verde: 5cm de grama, 15cm de terra argilosa, 3cm de argila expandida, 0,5cm de membrana betuminosa e 0,5cm de betume asfáltico), e X: agrupamento das opções com maior PHFT_{UH} em um único protótipo, conforme alternativas construtivas descritas em Viana (2018) e NBR 15.220 (2005) e propriedades térmicas estabelecidas em NBR 15.220 (2005).

Na sequência, verificou-se o atendimento ou não do desempenho térmico dos protótipos virtuais dos containers simulados contendo as estratégias investigadas, seguindo o mesmo procedimento descrito anterior. Nesse momento, os modelos que não atenderem ao desempenho térmico ao menos mínimo serão descartados, ao passo que os modelos que atenderem esse desempenho serão submetidos aos processos subsequentes. É importante ressaltar que, no cenário de nenhuma das simulações atenderem ao desempenho, a pesquisa é finalizada, concluindo que não é possível adequar o container original.

Assim, os resultados gerados pela simulação do *container* original e dos protótipos virtuais dos *containers* simulados contendo as estratégias investigadas são analisados com objetivo de determinar a estratégia isolada ou o conjunto de estratégias a serem empregada(s) para promover a melhoria desejada.

3.4. Verificação de compatibilidade financeira

Esta etapa que consiste no levantamento dos insumos necessários para a implementação da etapa anterior e, a consequente orçamentação via composições de serviços e materiais do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI para o mês de setembro de 2022 (IBGE, 2022), de acordo com a composição não desonerada, tendo por referência a estratégia de menor custo de implementação definida.

Por fim, efetuou-se o estudo da compatibilidade financeira entre o custo da adaptação do container e a verba institucional disponível para tal. Para isso, levou-se em conta os recursos de custeio para apoiar o desenvolvimento das atividades acadêmicas e científicas de programas de pós-graduação fornecidos pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES via Programa de Apoio à Pós-Graduação - PROAP (CEFET-MG, 2022), como a verba disponível para a realização da adaptação do container.

Esse estudo de compatibilidade financeira foi realizado a fim de que o produto proposto no presente trabalho possa ser explorado, futuramente, em modelo real, servindo para pesquisas acadêmicas dos diversos cursos do CEFET-MG, em diversas esferas do conhecimento (técnico, graduação e pós-graduação).

4. APLICAÇÕES E/OU RESULTADOS

A seguir são apresentados os resultados do estudo referentes às simulações computacionais dos protótipos virtuais desenvolvidos e o orçamento dos custos da

adoção de estratégias para adequação do desempenho térmico aplicáveis ao *container* para sua transformação em uma câmara climática, com o uso do SINAPI.

4.1. Verificação do atendimento normativo e possíveis melhorias

Com base nos valores de saída da simulação para os critérios normativos NBR 15.575 (2021), verificou-se que o *container*, em sua composição construtiva original, não atendeu ao nível de desempenho térmico mínimo (Tabela 1).

Tabela 1: Análise do desempenho térmico do *container* original.

Parâmetro	Critério	Modelo de referência	Modelo real	Valores do critério	Atendimento ao nível mínimo do modelo real
TBSm: 22,6°C / Faixa de TO: 18,0°C < T _{OAPP} < 26,0°C	PHFT _{UH} (%)	40,4	32,0	36,4	Não
	Tomáx _{UH} (°C)	37,2	38,0	38,2	Sim
	Tomin _{UH} (°C)	13,0	9,8	12,0	Não

Fonte: Autores.

Deste modo, após proceder com alterações de forma isolada, seguindo as recomendações aplicáveis indicadas por Viana (2018) e NBR 15.575 (2021), verificou-se que a alteração apenas da cor da fachada, em suas três opções (clara, média ou escura) não foi suficiente para garantir o atendimento do desempenho térmico mínimo previsto na NBR 15.575 (2021), conforme se observa na Tabela 2. Já o isolamento da vedação vertical (inclusão de placa de gesso + lã de rocha / vidro / EPS ou câmara de ar) em suas quatro opções, bem como as duas opções de alteração da cobertura (telha sanduíche ou telhado verde sob a cobertura original) possibilitaram alcançar apenas o critério de Tomáx_{UH}, que já havia sido atendido na condição original, conforme apresentado na Tabela 1. O atendimento do desempenho mínimo foi possível somente com a combinação das estratégias de I a IX, que possibilitaram os melhores resultados, incluindo as estratégias, I (cor clara), IV (lã de rocha) ou V (lã de vidro) e IX (telhado verde). Ambas as opções (IV e V), por terem propriedades térmicas similares propiciaram os mesmos resultados sendo indiferente, neste caso, a escolha de uma em detrimento a outra. É importante destacar que os parâmetros normativos atendidos foram destacados em verde na Tabela 2.

Tabela 2: Análise do desempenho térmico do *container* original Estratégias de I a IX.

Critério	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
PHFT _{UH} (%)	19,3	14,2	11,3	35,4	35,4	35,1	34,1	32,1	36,3	37,8
Tomáx _{UH} (°C)	40,3	41,8	43,0	36,7	36,7	36,8	37,0	37,7	37,2	36,1
Tomin _{UH} (°C)	10,3	10,1	9,9	10,7	10,7	10,6	10,5	10,4	11,0	12,8

Fonte: Autores.

4.2. Verificação dos custos para transformar o *container*

O atendimento do desempenho térmico mínimo foi alcançado apenas com a estratégia denominada por X, que abrange a aplicação conjunta das seguintes alterações: adoção de cor clara nas fachadas; isolamento térmico das paredes (lã de rocha ou de vidro); inclusão de telhado verde sob a cobertura existente. Desse modo, considerou-se para o orçamento somente esse conjunto de alternativas que atenderiam os requisitos mínimos normativos (ABNT, 2021).

No SINAPI verificou-se que existe apenas dados sobre lã de vidro, tornando necessário desconsiderar a aplicação de lã de rocha devido a inviabilidade do seu orçamento por meio dessa plataforma. Ademais, para contabilizar todos os custos para transformar o container em uma câmara climática, necessita-se orçar as despesas para dividi-lo em dois módulos (de controle e experimental) e, também, adequar o seu pé-direito à legislação vigente municipal (BELO HORIZONTE, 2009). Na Tabela 3 é apresentado o orçamento considerando os dados do mês de setembro de 2022, com uso da composição não desonerada do SINAPI (IBGE, 2022).

Tabela 3: Análise do desempenho térmico do *container* original.

Código da composição / insumo	Descrição do item	Unid.	Preço Unitário(R \$)	QTD	Preço total (R\$)
100950	Guidauto hidráulico	H	280,03	8,00	2.240,24
99855	Serralheiro com encargos complementares	H	24,98	24,65	615,71
99855	Auxiliar de Serralheiro com encargos complementares	H	20,04	20,23	405,37
100766	Pilar metálico incluso, mão de obra, transporte, içamento, fornecimento e instalação	Kg	14,94	1.042,80	15.579,43
11026	Chapa de aço galvanizada GSG 14, E=1,95mm	Kg	14,06	38,43	540,29
98746	Solda de topo em chapa de aço chanfrado, E=1/4"	M	72,37	19,32	1.398,19
94806	Porta em aço de abrir p/ vidro sem guarnição 87x210cm, incluso vidros	UN	647,33	1,00	647,33
94559	Janela de aço tipo basculante p/ vidros, c/ batente, ferragens e pintura anticorrosiva, incluso vidros, acabamento, alizar e contramarco	m ²	806,00	1,00	806,00
102161	Instalação de vidro liso incolor, E=3mm, em esquadria de alumínio	m ²	258,16	1,39	358,69
39744	Painel de lã de vidro sem revestimento PSI 40, E=25mm, de 1200x600mm	m ²	23,96	22,44	537,57

Código da composição / insumo	Descrição do item	Unid.	Preço Unitário(R \$)	QTD	Preço total (R\$)
96370	Servente com encargos complementares	H	18,02	2,46	44,39
96371	Parede c/ placas de gesso acartonado (<i>drywall</i>) p/ uso interno	m ²	76,86	22,44	1.724,43
98557	Impermeabilização de superfície c/ emulsão asfáltica, 2 demãos	m ²	41,87	6,75	282,62
34549	Argila expandida granulometria 2215	m ³	1.119,88	0,20	226,78
7253	Terra Vegetal (granel)	m ³	222,85	1,01	225,64
103946	Grama esmeralda ou São Carlos ou Curitiba em placas, sem plantio	m ²	12,75	6,75	86,06
98576	Impermeabilização c/ encargos complementares	H	25,14	0,18	4,58
103946	Servente c/ encargos complementares	H	18,02	1,06	19,02
103946	Jardineiro c/ encargos complementares	H	22,22	0,26	5,86
100753	Pintura c/ tinta acrílica de acabamento pulverizado sobre superfícies metálicas, 2 demãos	m ²	20,54	26,25	539,12
Total (R\$):					26.287,32

Fonte: Adaptado de SINAPI (2022). Autores.

5. ANÁLISES DOS RESULTADOS OU DISCUSSÕES

De posse dos resultados oriundos da efetuação dos procedimentos metodológicos propostos no presente estudo, nessa seção apresentamos as análises dos resultados referentes a adoção de estratégias de condicionamento passivo para melhoria do desempenho térmico do container e a compatibilidade financeira entre os custos para transformar o *container* em uma câmara climática e a verba institucional disponível para pesquisas.

5.1. A adoção de estratégias de condicionamento passivo

A alternativa combinada de estratégias para adequação do container original e atendimento do nível de desempenho térmico mínimo se mostrou, portanto, factível. Nesse contexto, os resultados obtidos no presente trabalho se mostraram coerentes com estudos similares de Trevisan *et al.* (2020), Trevisan (2019) e Ribeiro (2019), tendo em vista a comprovação do potencial da adoção de estratégias de condicionamento passivo na aplicação de ventilação natural e na redução de temperaturas do container por Viana (2018).

5.2. A compatibilidade financeira

Com base no orçamento elaborado pelos autores, considerando a disponibilidade de verba institucional que poderia ser destinada a transformação do container em uma câmara climática, apresentam-se os dados dos relatórios de gestão dos últimos quatro anos exercício, 2018 a 2021, referente aos valores recebidos para o Programa de Apoio à Pós-Graduação - PROAP (CEFET-MG, 2022). Assim, conforme pode ser observado no Gráfico 1, nota-se uma redução expressiva nos valores recebidos nos últimos anos. Ainda assim, ao considerarmos o menor valor já recebido (R\$ 45.529,00), podemos observar que o valor orçado para transformar o container em uma câmara climática (R\$ 26.287,32) corresponderia a cerca de 58% do último recebimento. Portanto, diante da dificuldade em se aprovar de imediato esse montante expressivo para adequação do container, sugere-se dividir a execução da sua transformação em etapas de modo a viabilizar tal modificação, sem prejudicar o auxílio para compra de insumo de pesquisas em andamento e/ou auxílio para participação em eventos.

Gráfico 1: Valores recebidos para o PROAP 2018-2021.



Fonte: Adaptado de CEFET-MG (2022). Autores.

6. CONCLUSÃO

A avaliação de *container* existente para transformação em dois módulos (de controle e experimental a ser utilizado como câmara climática), por meio de simulação indicou como resultado o não atendimento aos critérios mínimos estabelecidos pela NBR 15.575-1 (2021). Desse modo, constatou-se ser necessário adotar estratégias para adequar o seu desempenho térmico. Assim, aplicando-se as estratégias de condicionamento passivo indicadas pela NBR 15.220-3 (2005) para a ZB3, identificou-se como alternativas: alterar a cor das fachadas, adotar diferentes isolamentos térmicos nas paredes e modificar a cobertura. Contudo, a aplicação destas estratégias de forma isolada se mostrou ineficiente para propiciar o atendimento aos critérios de mínimos normativos.

Por outro lado, a adoção conjunta das estratégias que propiciaram maior PHFT_{UH} (cor clara nas fachadas; isolamento térmico da vedação vertical com lã de rocha ou de vidro e inclusão de telhado verde sobre a cobertura existente), possibilitou o atendimento das condições mínimas.

Quanto ao custo, a adoção desse conjunto de estratégias de transformação do container em câmara climática, se mostrou exequível, considerando a limitação da verba de pesquisa do PROAP, desde que a execução seja dividida em etapas. O custo dessa transformação (R\$ 26.287,32) corresponde a cerca de 58% do menor valor já recebido nos últimos quatro anos exercício, 2018 a 2021, equivalente a (R\$ 45.529,00). Espera-se que este trabalho possa contribuir para ampliar as possibilidades de experimentos e pesquisas *in situ*, direcionadas ao ambiente construído.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15220-2:** Desempenho térmico de edificações. Parte 2 – Componentes e elementos construtivos das edificações — Resistência e transmitância térmica - Métodos de cálculo (ISO 6946:2017 MOD). Rio de Janeiro, 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15220-3:** Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para Habitações de Interesse Social. Rio de Janeiro, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15575 - 1/Emenda 1:2021.** Edificações habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15575-1 -** Edifícios habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.
- BARBOSA, G. de O.; GALDINO, L. R. N.; SOUZA, L. B. de; RODRIGUES, L. M. S.; ARAÚJO, M. E. C.; GONZAGA, G. B. M. Container na construção civil: Rapidez, eficiência e sustentabilidade na execução da obra. **Ciências exatas e tecnológicas**, Alagoas, v. 4, n. 2, p. 101-110, nov. 2017.
- BRASIL. **Decreto nº 7.983, de 8 de abril de 2013.** Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/decreto/d7983.htm. Acesso em: 03 maio 2022.
- BRASIL. Tribunal de Contas da União (TCU). **Orientações para elaboração de planilhas orçamentárias de obras públicas** / Tribunal de Contas da União, Coordenação-Geral de Controle Externo da Área de Infraestrutura e da Região Sudeste. – Brasília: TCU, 2014. 145 p.: il.
- BUORO, R.; GUEDES, A. B. Reuso de containers marítimos na construção civil. **Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística**, São Paulo, v.5, ago. 2015.
- CAIXA. **SINAPI: Metodologias e Conceitos: Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil** / Caixa Econômica Federal. – 8ª Ed. – Brasília: CAIXA, 2020.

CAMPANHARO, M.; ROSSI, F. Análise do conforto térmico de contêiner em Curitiba/PR. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO 17, 2018, Foz do Iguaçu. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2018, p. 603-612.

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS - CEFET MG. **Relatórios de Gestão**. Disponível: <https://www.cefetmg.br/instituicao/relatorios-de-gestao/>. Acesso: 10 nov. 2022.

GIVONI, B. Comfort, climate analysis and building design guidelines. **Energy and Buildings**, v. 18, p. 11-23, 1992. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0378777889290047K>. Acesso em: 10 jul. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **SINAPI** - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil. Disponível: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/precos-e-custos/9270-sistema-nacional-de-pesquisa-de-custos-e-indices-da-construcao-civil.html?=&t=o-que-e>. Acesso: 07 set. 2022.

KIM, J., DE DEAR, R., PPARKINSON, T., CANDIDO, C., COOPER, P., MA, Z., SAMAN, W. Field study of air conditioning and thermal comfort in residential buildings. In: 9th Windsor Conference: Making Comfort Relevant. **Proceedings...** Windsor: Windsor Conference, 2016.

LOPES, O. C.; LIBRELOTTO, L. I.; AVILA, A. V. **Orçamento de obras**. Florianópolis: Unisul, 2003.

PISELLO, A. L.; PIGLIAUTILE, I.; ANDARGIE, M.; BERGER, C. Test rooms to study human comfort in buildings: A review of controlled experiments and facilities. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 149, 2021, p. 111359. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111359>.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE - PBH. **Lei nº 9725, de 15 de julho de 2009**. Disponível: <https://leismunicipais.com.br/codigo-de-obras-belo-horizonte-mg>. Acesso: 11 set. 2022.

RIBEIRO, D. A. **Recomendações para a replicação de câmara bioclimática de baixo custo nas zonas bioclimáticas brasileiras** (Dissertação). 2019. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

RUPP, R. F.; VÁSQUEZ, N. G.; LAMBERTS, R. A review of human thermal comfort in the built environment. **Energy and Buildings**, v. 105, 2015, p. 178-205. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.07.047>.

SERRAGLIO, A. **Análise do custo do ciclo de vida da casa-contêiner e da habitação convencional com foco na utilizadas em moradias de interesse social**. Orientador: Adalberto Pandolfo. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS, 2019.

TREVISAN, L. Y. I. **Concepção, construção e verificação da aplicabilidade de uma câmara bioclimática de baixo custo em estudos de conforto ambiental** (Tese). 2019. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

TREVISAN, L. Y. I.; SHIBATA, R.; CELLIGOI, G.; RIBEIRO, R. S.; AMARILLA, R. S. D. KRÜGER, E. L. Avaliação Pós-Ocupação de uma Câmara Bioclimática de Baixo Custo: a percepção térmica e acústica no diagnóstico de um ambiente construído. **Ambiente Construído**, v. 20, n. 2, p. 285-303, abr./jun. 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212020000200400>.

VENÂNCIO, C. **Diretrizes para utilização de contêineres marítimos em edifícios de andares múltiplos na construção civil**. Orientadores: Prof. Dr. Flávio Teixeira de Souza e Prof. Dr. Arlene Maria Cunha Sarmanho. 2019. Dissertação (Mestrado Profissional em Construção Metálica) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG, 2019.

VIANA, F. S. **Análise de desempenho térmico em módulo de contêiner marítimo** (Dissertação). 2018. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018.

DESENHO VIRTUAL E CONSTRUÇÃO: UMA INTERFACE ENTRE O BIM E AWP EM EDIFICAÇÕES SUSTENTÁVEIS

VIRTUAL DESIGN AND CONSTRUCTION: AN INTERFACE BETWEEN BIM AND AWP IN SUSTAINABLE BUILDINGS

Data de aceite: 01/09/2024 | Data de submissão: 30/08/2024

Cristiane do Bom Conselho Sales Alvarenga, Doutora em Engenharia de Estruturas. Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, Brasil. crisbcs@gmail.com / <https://orcid.org/0000-0002-5309-2020>

Rosemary do Bom Conselho Sales, Doutora em Engenharia Mecânica. Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), Belo Horizonte, Brasil. rosemary.sales@uemg.br / <http://orcid.org/0000-0002-9475-0835>

Rodrigo Barreto Caldas, Doutor em Engenharia de Estruturas. Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, Brasil. caldas@dees.ufmg.br / <https://orcid.org/0000-0002-0851-7632>

Maria Teresa Paulino de Aguiar, Doutora em Engenharia Metalúrgica. Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, Brasil. teresa@ufmg.br / <https://orcid.org/0000-0002-0121-0881>

RESUMO

As tecnologias digitais representam avanços para o setor da construção civil e podem promover o seu processo de transformação com edificações mais sustentáveis. Nesse sentido, estratégias como *Virtual Design and Construction* (VDC) integradas ao *Building Information Modeling* (BIM) e ao *Advanced Work Packaging* (AWP), destacam-se como potenciais caminhos para a criação de um sistema de produção limpo, colaborativo e compartilhado. Tais estratégias, buscam maior eficiência no uso de recursos naturais como água, energia e materiais, além de melhoria para a qualidade de vida das pessoas. Nesse artigo, um estudo de caso descreve os meios e os métodos utilizados na interface entre o BIM e AWP além do estado da arte dos assuntos abordados. Os resultados mostraram que mudanças no modelo de gestão tradicional permitem a integração do BIM e AWP e podem promover transformações no setor em todas as etapas de uma edificação com qualidade, produtividade, confiabilidade e segurança.

Palavras-chave: Construções Sustentáveis; BIM; AWP; VDC.

ABSTRACT

Digital technologies represent advances for the construction sector and can promote its transformation process with more sustainable buildings. In this sense, strategies such as *Virtual Design and Construction* (VDC) integrated with *Building Information Modeling* (BIM) and *Advanced Work Packaging* (AWP) stand out as potential ways to create a clean, collaborative and shared production system. These strategies seek greater efficiency in the use of natural resources such as water, energy and materials, as well as improving people's quality of life. In this article, a case study describes the means and methods used in the interface between BIM and AWP, as well as the state of the art of the subjects covered. The results show that changes in the traditional management model allow the integration of BIM and AWP and can promote transformations in the sector at all stages of a building with quality, productivity, reliability and safety.

Keywords: Sustainable Buildings; BIM; AWP; VDC.

1. INTRODUÇÃO

Desde as décadas de 1960 e 1970 o mundo tem se preocupado cada vez mais com a escassez de recursos naturais, aumento da poluição, desmatamento e os impactos sociais e ambientais decorrentes do acelerado crescimento industrial (GAO *et al.*, 2021). Em 1972 um grupo de cientistas do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) elaborou o relatório intitulado “Os Limites do Crescimento” onde foi declarado que, se a humanidade continuasse a consumir os recursos naturais de forma inconsequente, eles se esgotariam em menos de 100 anos (MEADOWS; RANDERS; MEADOWS, 1978). Em 2015, a Organização das Nações Unidas (ONU) estabeleceu os objetivos do desenvolvimento sustentável, os quais deveriam ser alcançados até 2030. Dentre esses objetivos destacam-se: construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização sustentável e fomentar a inovação (UNITED NATION, 2015). Tal preocupação é relevante uma vez que o mercado global de construção e infraestrutura é avaliado em US\$ 2,72 trilhões de dólares, devendo atingir US\$ 3,69 bilhões até 2029, com taxa de crescimento anual de 6,27% (INFRASTRUCTURE SECTOR MARKET SIZE & SHARE ANALYSIS, 2024). Associado a esse elevado desempenho econômico a indústria da construção civil é responsável por vários impactos ambientais.

Neste contexto, os projetos e construções da próxima geração, devem buscar minimizar os impactos ambientais negativos, com um melhor equilíbrio entre os prazos e custos de construção e operação, além de atender as necessidades dos usuários, no contexto da sua interação com o entorno (ANDERSSON *et al.*, 2022). Com isso, os princípios de sustentabilidade devem ser incorporados aos processos das construções (CHEN; SONG; GAO, 2023) e um dos caminhos para se alcançar tais metas seria a adoção da construção inteligente (LIU *et al.*, 2022). Apesar de não haver uma definição consensual sobre construção inteligente, ela envolve uma série de práticas que devem ser adotadas na análise do ciclo de vida do empreendimento, que vão desde o planejamento até a execução da obra. Tais práticas visam a sinergia entre equipes, coordenação de documentações, extrações de quantitativos e uma integração sistêmica para verificar de forma antecipada as possíveis interferências. Por ser uma abordagem inovadora a construção inteligente possibilita otimizar os processos de análises das características físicas e funcionais das edificações, como previsões de desempenho energético e comportamento térmico, buscando melhorar o conforto e o bem-estar dos usuários (DI STEFANO; RUTA; MASERA, 2023).

Dessa forma, o uso integrado de tecnologias digitais poderá auxiliar no processo de gestão promovendo a transformação do setor em todas as etapas da edificação, com qualidade, produtividade, confiabilidade e segurança (XU *et al.*, 2022). As estratégias de VDC integradas ao BIM e ao AWP se apresentam como potencial recurso às novas estruturas de gerenciamento de projetos para criar um sistema de produção colaborativo, compartilhado e sustentável.

O objetivo desse estudo é analisar a contribuição das práticas AWP integradas ao BIM para maximizar os resultados da aplicação do *Virtual Design and Construction* (VDC). Para tal foi feita uma pesquisa exploratória, descritiva e prescritiva, para a

compreensão detalhada do que está sendo estudado (GIL, 2022) (FEFERBAUM, 2022). Com base no estado da arte buscou-se identificar no mercado de construção uma aplicação prática dos meios e dos métodos utilizados, para melhorar a performance das empresas em projetos de grande complexidade com inovação e sustentabilidade (HANISCH, 2024). Desse modo, para a aplicação prática escolhida será apresentado um estudo de caso com uso das duas metodologias integradas BIM e AWP no contexto do VDC.

2. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

A fim de estruturar um direcionamento para compreender a utilização do BIM, AWP e do VDC na indústria da construção, o presente estudo foi conduzido em duas etapas sendo a primeira para apresentar o estado da arte sobre os temas abordados e na segunda etapa desenvolveu-se um estudo de caso real aplicando as tecnologias propostas em um projeto de capital.

3. REVISÃO DA LITERATURA

Inicialmente foi feito um levantamento da literatura em publicações e artigos existentes, buscando identificar uma base de dados para compreender o *status* atual e o entendimento geral da adoção do BIM e AWP no contexto do VDC. Isso inclui definições, aplicações, benefícios econômicos e práticos, que podem proporcionar uma maior promoção das tecnologias dentro da indústria da construção. Após a investigação, exploratória, descritiva e prescritiva, para a compreensão detalhada do que está sendo estudado, obteve-se uma lógica geral da aplicação das metodologias em um estudo de caso real de um projeto de capital.

3.1. Transformação Digital

A transformação digital permite que as empresas alcancem maior eficiência e flexibilidade, otimizem os processos produtivos, gerem propostas de valor para os ecossistemas com inovação e respondam em tempo hábil às necessidades do mercado (ALCÁCER; CRUZ-MACHADO, 2019; FELICIANO-CESTERO *et al.*, 2023; QUEIROZ *et al.*, 2020). Além disso, é essencial que as empresas mantenham a sua competitividade no mercado e permaneçam no caminho da inovação tecnológica (RACHINGER; KORAJMAN; ROPPOSCH, 2019). Dessa forma, a busca por soluções digitais integradas que suportem esse processo, pode alavancar resultados sustentáveis em projetos de capital e infraestrutura. De acordo com a ONU, até 2050 a população mundial será de 9,7 bilhões de pessoas e a indústria da construção deve buscar formas mais inteligentes e eficazes de projetar e construir (ONU, 2019). Alinhado com as tendências globais as empresas devem direcionar esforços em projetos que estejam conectados aos objetivos de desenvolvimento sustentável. Para garantir um planeta vivo e uma vida de qualidade para as gerações futuras, todos devem colaborar digitalmente para

superar as barreiras culturais. A meta deve ser, criar modelos de gestão mais duradouros, além de refletir sobre diferentes formas de obter valor e recompensa nos projetos (IPA, 2021). Nesse sentido, o setor da construção se esforça para inovar e incorporar a seus processos as novas tecnologias digitais, de modo a melhorar os sistemas operacionais e de negócios (CROMPTON, 2021).

Assim, práticas que corroboram com a economia, aumento de produtividade e sustentabilidade, ganham força em todo o mundo. A integração transdisciplinar do *Building Information Modeling* (BIM), o *Advanced Work Packaging* (AWP) e a *Internet of Things* (IoT) contribuem para melhorar os resultados em projetos de grande complexidade. Essas práticas incorporadas ao ciclo de vida do empreendimento, nas fases iniciais de projeto (conceitual, básico e de detalhamento), na construção, na operação e manutenção de sistemas estruturais industriais, favorecem a comunicação e a colaboração entre as equipes. Isso reflete na melhoria de produtividade e na redução de prazos e custos. Segundo Weiking *et al.* (2020) a transição para a digitalização das indústrias é crucial para as empresas manterem a vantagem competitiva e aproveitarem novas oportunidades. Da mesma forma, Gierej (2017) analisa o impacto que a IoT tem na economia e nos modelos de negócio. Porém, em uma perspectiva de ecossistema, essas práticas devem influenciar as estratégias de tecnologias da informação, em uma sucessão de abordagens transformacionais da Indústria 4.0 (WOODHEAD; STEPHENSON; MORREY, 2018). Com esse desenvolvimento crescente a construção civil está sendo impulsionada para adotar ferramentas que sejam capazes de apoiar os processos de produção em plataformas integradas, o que está redefinindo a forma como as empresas operam.

3.2. *Building Information Modeling* (BIM)

O *Building Information Modeling* (BIM) é uma metodologia que utiliza diversas ferramentas com foco em colaboração e compartilhamento de informações que reflete um avanço digital no domínio da construção. Por ser um processo que envolve a criação e gestão de representações digitais das características físicas e funcionais de uma edificação, ele pode apoiar na gestão do ciclo de vida da construção, incluindo a avaliação, concepção, planejamento, projetos, construção, funcionamento, manutenção, modificação e demolição (IDRISSI GARTOUMI; ZAKI; ABOUSSALEH, 2023). O BIM permite análise de alternativas e acrescenta valor na gestão de dados relevantes sobre as condições atuais dos edifícios (CHEN *et al.*, 2024). Embora não exista uma única definição para a metodologia BIM, o *Handbook* conceitua como uma “tecnologia capaz de criar um ou mais modelos virtuais precisos de uma construção, oferecendo suporte ao projeto em todas as etapas do ciclo de vida, o que permite melhores análises e controles se comparado aos processos manuais, e contêm geometria e dados precisos para apoiar as atividades de construção, fabricação e aquisições de uma construção (SACKS *et al.*, 2018). Para Teulier e Bagieu (2024) o BIM também é uma representação compartilhada de ativos construídos que facilitam os processos de projeto, construção e operação. Apesar de vários estudos explorarem os benefícios e desafios do BIM (CHUANG; YANG, 2023) ainda faltam investigações sobre o seu

papel na fase de fim de vida do ativo, do impacto ambiental, e da viabilidade econômica do bem construído (LI *et al.*, 2021). Prevê-se que a dimensão do mercado mundial em BIM em 2027 irá atingir 15,06 bilhões de dólares, com uma taxa anual de crescimento de 10,7 % entre os anos de 2020 e 2027 (HUANG; NINIĆ; ZHANG, 2021). Este aumento demonstra que a indústria da construção reconhece o valor do BIM, em termos de melhoria dos procedimentos na gestão de projetos de construção e de infraestruturas (NIKOLOGIANI; MAYOUF; GULLINO, 2022). Dessa forma, os projetos que utilizaram o BIM podem alcançar diferentes benefícios como: redução nos custos geral em até 20 % (ZHANG *et al.*, 2022), redução de tempo em até 7 % devido a melhorias na cooperação e entre as partes interessadas (ZHENG; ZHANG; LIN, 2023), redução nos custos de manutenção de 30 % a 40 % e nas atividades de sustentabilidade melhoram a eficiência energética de 7 % a 10 %, além de reduzir as emissões de carbono de 20 % e 30 % (ABUHUSSAIN *et al.*, 2024).

Dessa forma, o BIM é considerado um processo colaborativo baseado em modelos digitais que contemplam informações e dados sobre um projeto de construção ao longo de seu ciclo de vida. Essa abordagem compreende não apenas a geometria tridimensional dos elementos, mas fornece informações sobre propriedades, relações e as suas características (SAKIN; KIROGLU, 2017). Esses atributos podem fornecer dados como: *tag*, dimensões, elevações, coordenadas, peso, materiais, *status*, empacotamentos, fases de instalações entre outras atividades, necessárias para a engenharia, construção e operação. No entanto, o BIM usualmente fornece dados estáticos do ambiente construído e não pode ser atualizado em tempo real sem fontes de dados adicionais (TANG *et al.*, 2019). Com a chegada da IoT, entendida como interconexões de dispositivos e sensores capazes de realizar trocas de informações em diferentes plataformas (GUBBI *et al.*, 2013), possibilitou a detecção e uma maior integração e sincronização de dados. Estudos de Aram e Eastman (2013) mostram que as ferramentas de modelagem BIM integradas a IoT podem promover um eficiente gerenciamento do ciclo de vida da construção. Assim, o BIM e a IoT podem auxiliar no monitoramento em tempo real do processo, com melhor colaboração entre as partes interessadas, eficiência dos processos, redução de erros e retrabalho (DAVE *et al.*, 2018; LEE; CHA; PARK, 2016; LI *et al.*, 2018).

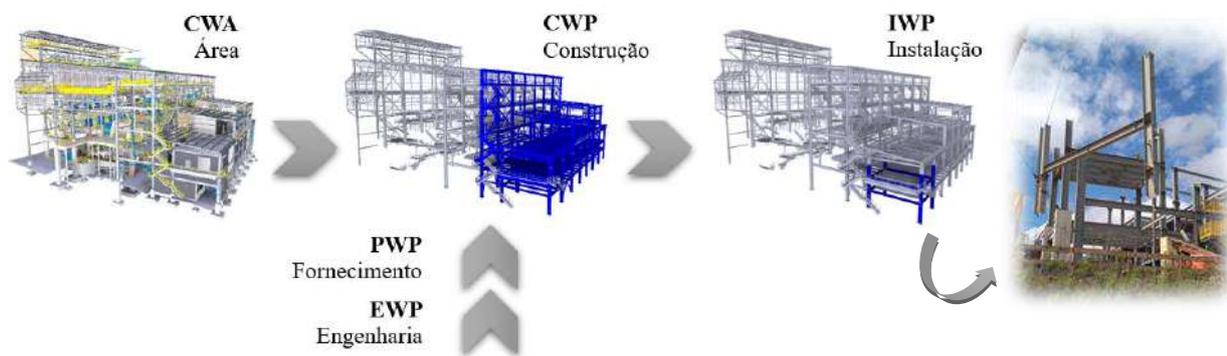
No Brasil a adoção do BIM teve um significativo crescimento nos últimos anos. O Governo Federal criou em 2017 o Comitê Estratégico de Implementação do BIM para impulsionar a utilização do BIM em nível nacional. Em 2020 o governo publicou o Decreto nº 10.306 com diretrizes para promover a transformação digital na indústria da construção e mais recente a Lei de Licitações, nº 14.133 de 2021 onde estabelece que “nas obras e serviços de engenharia e arquitetura, será adotado a tecnologia BIM ou processos similares, mais avançados que venham a substituí-lo. Contudo, o BIM no ambiente de construção ainda apresenta limitações, mas o seu uso, desde a concepção do projeto, irá facilitar o trabalho fornecendo informações qualificadas para controlar o empreendimento (SODRÉ, 2021). Com foco nos estágios iniciais, a integração transdisciplinar e a incorporação de outras práticas aos processos BIM como o *Advanced Work Packaging* (AWP) se

complementam no atendimento aos requisitos de sustentabilidade das construções (HALALA; FAYEK, 2019).

3.3. *Advanced Work Packaging (AWP)*

O *Advanced Work Packaging (AWP)* é uma abordagem sistemática para melhorar a capacidade, a produtividade e a previsibilidade das construções, por meio da integração das atividades, ao longo do ciclo de vida do projeto. Ele foi criado pelo *Construction Industry Institute (CII)* para superar os desafios de custos e prazos por meio do planejamento de engenharia, orientado pelo sequenciamento da construção (SHAMSHIRI; RYU; PARK, 2024). O AWP se consolidou como um *framework* que pode ser utilizado para dividir o escopo do projeto em pacotes gerenciáveis de trabalho com foco no planejamento e execução, a fim de alcançar maior produtividade e maior previsibilidade (HAMDI, 2013). Segundo a norma industrial RT-272-1 (CII, 2013) os benefícios da adoção do AWP são percebidos tanto no aumento da produtividade quanto na redução dos custos. Embora, o processo de divisão em pacotes seja feito de forma distinta para cada projeto, existe um consenso na formalização dos termos relevantes da metodologia. Dessa forma, o CII classificou os pacotes de trabalho em: *Construction Work Area (CWA)*; *Construction Work Package (CWP)*; *Installation Work Package (IWP)*; *Procurement Work Package (PWP)* e *Engineering Work Packages (EWP)*; conforme mostrado na imagem da **Erro! Autoreferência de indicador não válida..**

Figura 1: Classificação dos pacotes de trabalho na metodologia AWP em projeto de capital.



Fonte: Elaborado pelos autores.

O *Construction Work Area (CWA)* é definido por limites físicos e lógicos estabelecidos pelo plano de execução do projeto, para se relacionar com as divisões do escopo. A CWA se divide em disciplinas (mecânica, tubulação, elétrica, dentre outras) e em atividades que formam o *Construction Work Package (CWP)*, uma divisão lógica e controlável do trabalho no âmbito da construção. O CWP corresponde as atividades listadas no cronograma *master* do projeto. O *Installation Work Package (IWP)* é subdivisão do CWP e deve ser definido na fase de construção, para determinar um fluxo de trabalho programado para um período de uma a duas semanas. Os *Engineering Work Packages (EWP)* estão diretamente relacionados a um CWP e formam o conjunto necessário e suficiente de documentos técnicos de engenharia para que o trabalho seja executado em sua totalidade. De forma semelhante, o *Procurement Work Package (PWP)* refere-se as

entregas de fornecimento para um determinado CWP, contendo todos os materiais necessários para executar as atividades na construção na quantidade correta e no momento adequado (AWP INSTITUTE, 2024).

Os pacotes de trabalho em suas diferentes fases do empreendimento, ou seja, o EWP (na engenharia), PWP (no fornecimento), CWP (na construção) e IWP (na instalação) contribuem para a redução das atividades que não agregam valor, para a redução dos desperdícios, com menores quantidades de resíduos e custos mais baixos (SCHIMANSKI *et al.*, 2019). Sob essa lógica a metodologia AWP permite que as equipes de suprimentos priorizem as aquisições e as entregas dos PWPs de acordo com o sequenciamento de execução da obra, o que contribui para melhorar a produtividade e previsibilidade em Projetos de Capital (DALLASEGA; RAUCH; LINDER, 2018; SCOTT HOOD; ISATTO; FORMOSO, 2019). Contudo, a transformação digital não depende somente das tecnologias BIM e AWP, mas também da melhoria dos processos e da capacitação das pessoas e das empresas que pode ser alcançado fazendo uso de práticas como o VDC.

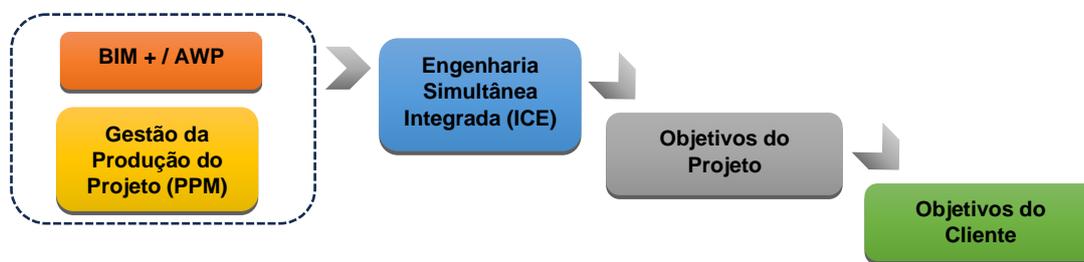
3.4. *Virtual Design and Construction* (VDC)

O *Virtual Design and Construction* (VDC) é uma estrutura para gerenciamento de projetos desenvolvida no Centro de Engenharia de Instalações Integradas (CIFE) da *Stanford University* que é um instituto de pesquisa situado na Califórnia, Estados Unidos da América. O VDC tem como objetivo melhorar o planejamento, concepção, construção e operação de projetos de construção por meio da gestão combinada e por meio métodos de colaboração, regime de produção e tecnologias digitais. Ele favorece estratégias de pesquisa e desenvolvimento para melhorar a confiabilidade, produtividade, inovação e sustentabilidade na construção (CIFE, 2024). Essa abordagem é especialmente importante em projetos de grande complexidade, visto que ele integra tecnologias digitais e práticas, juntamente com conceitos de *Lean Construction* (Construção Enxuta), para otimizar o ciclo de vida de um projeto, desde a concepção até a entrega (RAFSANJANI; NABIZADEH, 2023).

Assim, o VDC utiliza ferramentas para melhorar o design, o planejamento, a construção, a gestão de recursos, bem como a visualização, quantificação e gestão de dados, principalmente em projetos de maior escala (ASLAM; GAO; SMITH, 2021). No projeto, a adoção da modelagem BIM permite uma melhor compatibilização entre disciplinas, detecção de interferências (*clash detection*), quantificação de materiais, planejamento da obra 4D, previsão de custos 5D, entre outros. Na construção é possível melhorar a gestão de materiais, tanto no recebimento, diligenciamento, armazenamento e entrega de materiais em campo, com melhora nos índices de produtividade KPI's (*Key Performance Indicators*). Ele ainda pode auxiliar na operação e manutenção das plantas industriais (XU; XU; LI, 2018). De acordo com Rischmoller *et al.*, (2018) no VDC o gerenciamento da produção do projeto é utilizado para organizar e controlar as atividades de trabalho. Quando comparado aos métodos convencionais, ele aplica ferramentas e técnicas normalmente empregadas na gestão industrial e de produção (incluindo materiais, informações, equipamentos e mão de obra) e busca-se com isso, otimizar o

desempenho para alcançar avanços na qualidade, reduzindo custos e prazo, eliminando o desperdício, melhorando a produtividade nas atividades realizadas. Autores como Fosse, Ballard e Fischer (2017) afirmam que esta abordagem utiliza novas tecnologias colaborativas e equipes multidisciplinares, para melhorar a comunicação entre as diferentes partes interessadas do projeto nas fases de pré-planejamento, design, construção e os modelos VDC favorecem o acesso aos dados compartilhados aos envolvidos (proprietários, arquitetos, engenheiros, empreiteiros, dentre outros). A **Erro! Autoreferência de indicador não válida.** apresenta uma estrutura do VDC proposta pela *Stanford University* com a integração de ferramentas, processos e equipes alinhadas a um objetivo comum, que atenda aos interesses do projeto e do cliente.

Figura 2: Estrutura VDC seguindo conceito da *Stanford University*.



Fonte: Adaptado de Rafsanjani e Nabizadeh (2023).

O *Project Production Management (PPM)* refere-se aos processos utilizados para desenvolver as atividades suportadas por ferramentas de modelagem BIM. O termo "BIM+" na estrutura VDC é atribuído a aplicativos BIM avançados que permitem compreender, controlar e aprimorar a entrega do projeto definindo a sua variabilidade, planejamento do fluxo de trabalho e recursos necessários.

O *Integrated Concurrent Engineering (ICE)* tem o intuito de organizar as equipes multidisciplinares em reuniões para avaliarem as atividades de forma rápida e com isso reduzir o tempo de tomada de decisões. Busca-se com isso, aprimorar a qualidade dos resultados e uma melhor integração entre as diferentes disciplinas. Além disso, modelos virtuais permitem estimar o desempenho e comparar o que foi previsto versus o que foi realizado, para alcançar os objetivos do projeto (KUNZ; FISCHER, 2020). A metodologia BIM é um processo essencial nas sessões de ICE, pois permite apresentar os desafios do projeto para as equipe e clientes por meio da aquisição de dados e visualizações 3D e com isso apoiar as tomadas de decisões. O VDC alinha principalmente novas tecnologias baseadas em BIM para repensar os processos de trabalho e para alcançar a maior eficiência na concepção e construção de projetos (FOSSE; BALLARD; FISCHER, 2017). Isso exige a aplicação de ferramentas adequadas aos processos otimizados, coordenados por pessoas treinadas, capacitadas e engajadas em um propósito comum.

Para garantir o cumprimento dos objetivos torna-se necessário monitorar métricas específicas. Devem ser escolhidos indicadores chaves, *Key Performance Indicators (KPI)* com base nos objetivos do cliente (desempenho, operação, sustentabilidade e

segurança) nos objetivos de projeto (tempo, custos, número de questões resolvidas) e nos fatores gerenciáveis (qualidade e satisfação). Essas métricas são importantes para identificar as correções necessárias visando uma melhoria contínua do processo.

As metodologias BIM e VDC possuem muitos pontos em comum e, portanto, costumam ser confundidas. Ambas se baseiam na colaboração e na comunicação inteligente, contudo, o VDC é mais abrangente, pois utiliza modelos BIM para planejar os processos de construção, englobando elementos como orçamento, estimativa de custos e planejamento (4D, 5D, dentre outros). Permite também que às equipes interajam para atingir de forma mais eficiente os objetivos esperados. Rafsanjani e Nabizadeh (2023) afirmam que a indústria da construção está passando por mudanças tecnológicas significativas e que elas estão moldando o seu futuro. Neste sentido é necessário explorar os caminhos para alcançar maior produtividade, com uso de ferramentas integradas ao VDC, da mesma forma a modelagem BIM associada ao AWP podem promover maior eficácia na execução das atividades, orientado pelo sequenciamento da construção, nos custos e nos prazos planejados. Após a investigação, exploratória, descritiva e prescritiva, sobre os assuntos abordados, obteve-se uma lógica geral da aplicação das metodologias BIM e AWP integradas ao VDC necessárias para desenvolver o estudo de caso real de um projeto de capital.

4. DESCRIÇÃO DO ESTUDO DE CASO

O projeto selecionado para o estudo de caso foi uma planta industrial - Salobo III da Vale, onde a autora correspondente desse artigo participou como integrante da equipe de engenharia e construção. Ressalta-se que esse projeto foi eleito como destaque no *InovaInfra 2022* (VERUM PARTNERS; VALE, 2022). O presente estudo centrou-se na compreensão da adoção das metodologias BIM e AWP integradas ao VDC. A estratégia adotada no estudo de caso, facilitou o acesso às informações provenientes das equipes de engenharia mostrando o papel que elas desempenham em casos reais de construção. Os principais participantes que estruturaram as diretrizes para integrar BIM e AWP foram profissionais capacitados que lideraram a implementação da construção digital ao longo do projeto Salobo III. Os nomes dos participantes foram excluídos deste estudo conforme normas de ética de pesquisa.

O Projeto consiste em uma planta de beneficiamento localizada no estado do Pará no Brasil. A planta possui capacidade de produção de 12Mtpa utilizando a infraestrutura existente em Salobo é composta por unidades como britagens (primária e secundária), transportadores de correia de longa distância, moagem, flotações, filtragem, subestações entre outras instalações necessárias (VERUM PARTNERS; VALE, 2022). A construção da planta teve início em 2019 com investimento de US\$ 1,1 bilhão e na conclusão da primeira fase do empreendimento obteve-se a capacidade de processamento, somada às plantas I e II, ultrapassando 32Mtpa (VALE, 2024).

A Figura 3 mostra parte do modelo BIM federado do projeto do estudo de caso. Ressalta-se que este estudo de caso visa capturar o nível de adoção das tecnologias BIM e AWP na planta de beneficiamento, e os resultados podem ser limitados até certo ponto, principalmente devido ao tamanho do projeto e aos impactos sofridos pela Pandemia de Covid 2019, que ocorreu logo no início do processo. Tal fato trouxe mudanças significativas para a indústria da construção, além da necessidade de adoção acelerada de tecnologia para colaboração remota. Contudo, as diretrizes aqui apresentadas podem ser utilizadas para estabelecer uma referência de compreensão geral para adoção das práticas de BIM, AWP e VDC em outros projetos em diferentes regiões do Brasil.

Figura 3: Modelo BIM federado do complexo Salobo III da Vale.



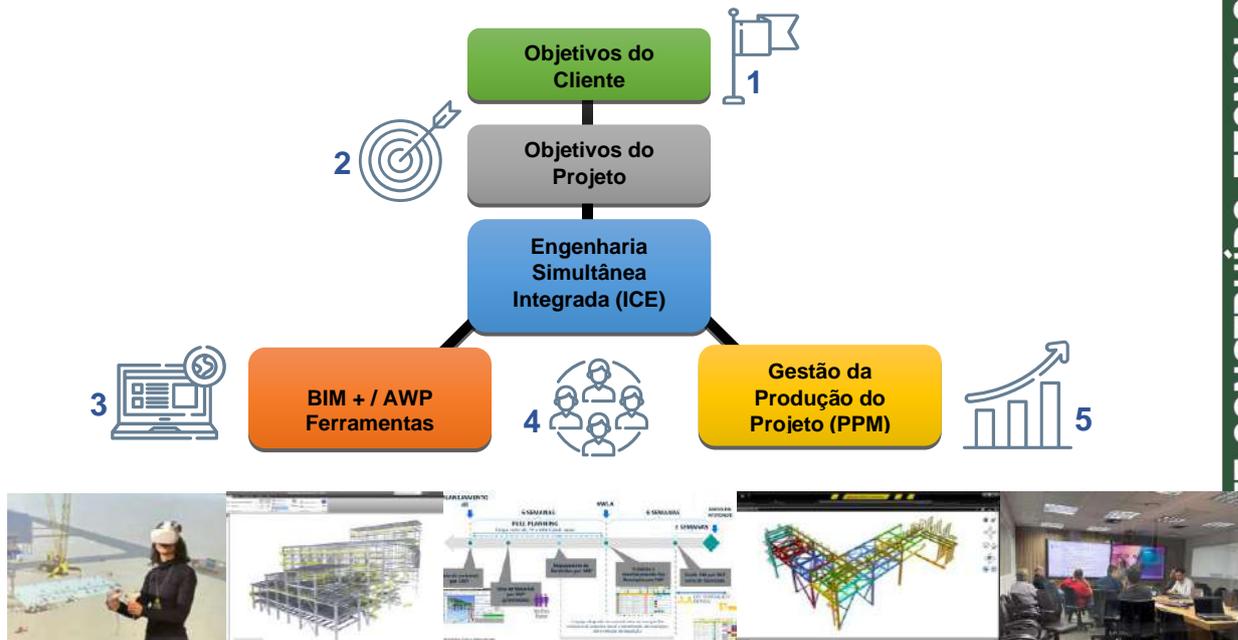
Fonte: Elaborado pelos autores.

4.1. Desenvolvimento do Estudo de Caso

Durante a fase de planejamento, foi feito um diagnóstico junto as lideranças do projeto e das contratadas para avaliar e conhecer as rotinas de gestão, maturidade do projeto, dimensionamento de equipes e os principais desafios a serem vencidos. Logo de início, detectou-se a necessidade de promover um trabalho colaborativo que direcionasse a estratégia do projeto com um planejamento estruturado e reconhecido por todos. Para que o modelo pudesse funcionar adequadamente, foi necessário consolidar alguns pilares entre os membros das equipes e da liderança, como por exemplo o uso das metodologias BIM e AWP integradas aos processos e soluções tecnológicas ao conceito de VDC que proporcionam rápidas decisões e otimizam os processos de gestão. Para tanto o planejamento foi fundamentado na metodologia AWP, nos conceitos de padronização, codificação e no nível de detalhamento dos pacotes de trabalho. Dessa forma, o modelo de gestão fortaleceu os conceitos integrando e direcionando o fluxo de trabalho entre engenharia, fornecimento e construção. Onde as decisões são tomadas com base na facilidade de construção, custo, disponibilidade de materiais, técnicas construtivas, entre outros fatores relacionados à construção.

A partir do engajamento das equipes foi montada a estrutura com cinco diretrizes para aplicação prática conforme mostrado de forma esquemática na Figura 4: (01) os objetivos do cliente; (02) os objetivos do projeto; (03) metodologias BIM e AWP e ferramentas; (04) equipe de engenharia integrada *Integrated Concurrent Engineering* (ICE); (05) os processos de gestão da produção, *Project Production Management* buscando obter maior eficiência na construção de projetos de capital.

Figura 4: Aplicação do VDC em projeto de capital.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A equipe responsável pela engenharia digital desenvolveu aplicativos para fornecer informações detalhadas e atualizadas dos pacotes de trabalho e de instalação para a gestão de restrições, área de trabalho de programação de campo integrada e sistema de digitalização das rotinas de campo.

Com intuito de gerar a colaboração de todas as partes envolvidas, foram definidas rotinas de liderança e operacionais para aumentar a produtividade e proporcionar decisões baseadas em dados atualizados, os quais foram utilizados nas rotinas de gestão de prontidão (*Look Ahead Planning*), *Pull Planning*, Programação Semanal, *Check-in/Check-out*, retrospectiva e *Gemba Walk*. O uso dos aplicativos, com base nos modelos BIM, fornecem informações precisas o que favoreceu os gestores nas tomadas de decisões.

5. RESULTADOS

Como resultado do estudo de caso, percebe-se que a transformação do modelo de gestão tradicional viabilizou a integração das metodologias BIM e AWP no contexto do VDC e favoreceu a mudança de *mindset* da liderança. As três instâncias de tecnologia, processo e cultura foram articuladas durante a sua implementação. Na

instância tecnológica, os *softwares* atualmente em uso na indústria foram resumidos e categorizados por tipo, função, fase e proprietário/usuário.

Na instância do processo, os procedimentos de utilização e funcionamento destas tecnologias ao longo de todo o projeto foram definidos pelos gestores. O papel dos clientes e partes interessadas também foram considerados nos procedimentos adotados.

A instância cultura, tratou das mudanças trazidas pela adoção do VDC para a indústria da construção industrial, juntamente com os meios para promover a sua adoção. Menciona-se ainda a necessidade de apoio das instituições e das camadas da alta liderança.

As decisões multidisciplinares baseadas em fatos e soluções integradas aumentou o nível de aderência do planejado em relação ao executado o que possibilitou desenvolver as cinco diretrizes conforme apresentado anteriormente na Figura 4 e que são apresentadas.

Diretriz 01: objetivos do cliente - foram estabelecidos inicialmente de forma clara, específica e mensurável, para serem alcançados na fase de operação e manutenção - aumento das vendas e das receitas, redução de custos de operação *OpEx*, aumento no número de clientes, redução das emissões de carbono *Co₂* ou *Net Zero*;

Diretriz 02: objetivos do projeto - foram definidos para serem alcançados ao final da construção: gastos dentro do previsto no *CapEx*, nos prazos estabelecidos no cronograma, com qualidade nas entregas e segurança na execução;

Diretriz 03: metodologias *Building Information Modeling (BIM)* e o *Advanced Work Packaging (AWP)* - o BIM foi adotado na fase inicial de projeto e permitiu estruturar o modelo e toda a documentação técnica necessária, considerando os atributos do AWP estabelecidos em reuniões de definição do caminho da construção (*PoC – Path of Construction*).

Com base nessas informações, deu-se início a modelagem das edificações apoiada na estratégia a ser adotada na construção. As divisões em CWP's no desenvolvimento do projeto de estruturas metálicas, facilitaram a previsão de intertravamentos provisórios na fase de montagem eletromecânica. As colunas foram listadas considerando a ordem de montagem e as ligações foram indicadas nas vigas que chegavam nas colunas.

Para garantir a exequibilidade da divisão por CWP foram previstas juntas de dilatação, além de outros artifícios, quando aplicáveis. As memórias de cálculo e as planilhas de quantitativos de materiais foram elaboradas por CWP (e não por edificações ou códigos de ativos) o que permitiu a gestão integrada e melhores controles nas etapas de suprimentos, fabricação, diligenciamento e inspeção junto aos fornecedores, montadoras e demais empreiteiros;

Diretriz 04: *Integrated Concurrent Engineering (ICE)* - foram elaboradas sessões colaborativas para tomada de decisões que viabilizaram uma engenharia simultânea integrada, direcionada por contexto com foco na construção. As equipes

multidisciplinares se reuniram para avaliar as atividades buscando uma melhor integração, reduzindo o tempo de tomada de decisões e aprimorando a qualidade dos resultados. Nelas foram definidos os papéis e as responsabilidades dos participantes, as pautas técnicas específicas, o planejamento detalhado. As rotinas de lideranças e operacionais contribuíram para a colaboração das partes envolvidas e o comprometimento das equipes. Os dados utilizados nas rotinas de gestão de prontidão foram atualizados em tempo real com acompanhamento de métricas e planos de ações;

Diretriz 05: Processos de Gestão - para mapeamento e detecção de oportunidades nos processos de trabalho, foi utilizado o conceito de ciências de operações no PPM. O planejamento foi fundamentado na metodologia AWP e os conceitos de padronização codificação e nível de detalhamento dos pacotes de trabalho, foram disseminados desde os fornecedores até as frentes de serviço.

Aplicativos desenvolvidos por uma equipe de engenharia digital integrados ao BIM/IoT, permitiram o acompanhamento em tempo real dos pacotes de instalação (IWP's). O *Look Ahead Planning* (*Pull Planning*, Programação semanal, *Check-in/Check out*, retrospectivas, visitas no campo) otimizou as rotinas de campo com a digitalização e o acompanhamento online das restrições.

Ao final, as diretrizes foram discutidas em uma sessão de fechamento da prática, direcionada aos membros das equipes. Nessas sessões foram obtidos *feedbacks*, opiniões e pontos de vistas abrangentes sobre a implementação das metodologias, além de identificar pontos de melhoria e necessidades de treinamentos e/ou habilidades relacionadas ao trabalho.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do levantamento do estado da arte e do *status* de entendimento geral da adoção do BIM e AWP no contexto do VDC e do estudo de caso, pode-se traçar algumas considerações finais. A adoção de tecnologias digitais na indústria da construção se apresenta como uma oportunidade para promover inovações no ambiente construído, sendo necessário a adequação das empresas ao cenário atual. A gestão de projetos complexos, a partir de estratégias e tecnologias digitais, podem trazer mais transparência, previsibilidade, melhorar a qualidade e a segurança cumprindo o cronograma e as estimativas de custos, além de reduzir desperdícios e retrabalhos.

O *Virtual Design and Construction* (VDC) transcende a utilização das tecnologias digitais ao incorporar o propósito, trazido à luz pelos objetivos do cliente e do projeto. No contexto das construções sustentáveis os esforços empreendidos pelas organizações precisam ir além da lucratividade e necessitam superar as barreiras culturais. Novos modelos de gestão, mais duradouros e com maior colaboração devem ser criados para se obter valor e recompensa nos projetos sobre diferentes formas e olhares.

A engenharia de projetos tem um papel importante na elaboração das informações e da documentação técnica para o uso e aplicação das metodologias BIM e AWP. Elas permitem que as equipes priorizem as entregas de projetos e as aquisições de

materiais de forma sequencial. Tais práticas favorecem a coordenação e o alinhamento entre os fornecedores e as equipes de campo o que permite reduzir áreas de estocagem de materiais, e conseqüentemente menores áreas de supressão vegetal.

Ao incorporar conceitos de *Lean Construction*, como em uma “linha de produção” (materiais certos na hora certa) são reduzidos os desperdícios e o volume de materiais que se deteriorariam com o tempo se estocados e não utilizados. Percebe-se, contudo, que ainda existe uma lacuna entre as empresas projetistas e os fornecedores, que possuem, muitas vezes, uma baixa maturidade digital o que dificulta a interoperabilidade das informações.

As rotinas de lideranças e operacionais (ICE) contribuem para a colaboração das partes e o comprometimento das equipes. A adoção de aplicativos conectados por IoT permitiu a troca de informações em tempo real e um melhor acompanhamento dos pacotes de instalação.

Os modelos de gestão em VDC podem proporcionar uma mudança de mentalidade das lideranças, com o aumento do engajamento e da colaboração entre as partes envolvidas o que favorece um maior nível de aderência do planejado em relação ao executado.

Torna-se importante definir e monitorar o progresso do projeto ao longo dos objetivos de produção por métricas e planos de ação. A disponibilidade de recursos e as restrições, juntamente com a gestão ambiental, são práticas estratégicas (PPM), pois buscam a redução do desperdício, a eficiência organizacional e a sustentabilidade das construções.

Dessa forma a transformação digital não depende apenas da adoção das tecnologias digitais como o BIM, IoT e o AWP, o VDC é uma estrutura viva que deve evoluir enquanto mantém seus princípios e conceitos fundamentais. As aplicações tecnológicas precisam acompanhar as novas tendências sobretudo na busca por melhoria dos processos de gerenciamento de produção (PPM) e capacitação das pessoas, isso permite a condução de uma engenharia simultânea integrada (ICE) onde todos estejam engajados, inclusive às comunidades locais em um objetivo comum rumo ao crescimento sustentável.

Agradecimentos

Os autores agradecem a AtkinsRéalis e a Verum Partners pelo suporte técnico na construção deste artigo.

Referências

- ABUHUSSAIN, M. A. et al. Integrating Building Information Modeling (BIM) for optimal lifecycle management of complex structures. **Structures**, v. 60, p. 105831, fev. 2024.
- ALCÁCER, V.; CRUZ-MACHADO, V. Scanning the Industry 4.0: A Literature Review on Technologies for Manufacturing Systems. **Engineering Science and Technology, an International Journal**, v. 22, n. 3, p. 899–919, jun. 2019.

ANDERSSON, S. et al. Sustainable development—Direct and indirect effects between economic, social, and environmental dimensions in business practices. **Corporate Social Responsibility and Environmental Management**, 6 mar. 2022.

ARAM, S.; EASTMAN, C. **Integration of PLM Solutions and BIM Systems for the AEC Industry**. 11 ago. 2013.

ASLAM, M.; GAO, Z.; SMITH, G. Integrated implementation of Virtual Design and Construction (VDC) and lean project delivery system (LPDS). **Journal of Building Engineering**, v. 39, p. 102252, jul. 2021.

AWP INSTITUTE. **Advanced Work Packaging Open Knowledge Base**. Disponível em: <<https://www.workpackaging.org/single-post/advanced-work-packaging>>. Acesso em: 20 jan. 2024.

CHEN, S.; SONG, Y.; GAO, P. Environmental, social, and governance (ESG) performance and financial outcomes: Analyzing the impact of ESG on financial performance. **Journal of Environmental Management**, v. 345, p. 118829, nov. 2023.

CHEN, Z.-S. et al. Optimization-based probabilistic decision support for assessing building information modelling (BIM) maturity considering multiple objectives. **Information Fusion**, v. 102, p. 102026, fev. 2024.

CHUANG, T.-Y.; YANG, M.-J. Change component identification of BIM models for facility management based on time-variant BIMs or point clouds. **Automation in Construction**, v. 147, p. 104731, mar. 2023.

CIFE. **Center for Integrated Facility Engineering**. Disponível em: <<https://cife.stanford.edu/>>. Acesso em: 28 jan. 2024.

CII. Construction Industry Institute and Construction Owners Association (COAA) Joint Venture A Summary of the Construction Industry Institute - RS-272 Studies on Work Packaging Increased Safety, Productivity, and Predictability. 2013.

CROMPTON, J. Data management from the DCS to the historian and HMI. **Machine Learning and Data Science in the Power Generation Industry: Best Practices, Tools, and Case Studies**, p. 93–122, 1 jan. 2021.

DALLASEGA, P.; RAUCH, E.; LINDER, C. Industry 4.0 as an enabler of proximity for construction supply chains: A systematic literature review. **Computers in Industry**, v. 99, p. 205–225, ago. 2018.

DAVE, B. et al. A framework for integrating BIM and IoT through open standards. **Automation in Construction**, v. 95, p. 35–45, nov. 2018.

DI STEFANO, A. G.; RUTA, M.; MASERA, G. Advanced Digital Tools for Data-Informed and Performance-Driven Design: A Review of Building Energy Consumption Forecasting Models Based on Machine Learning. **Applied Sciences**, v. 13, n. 24, p. 12981, 5 dez. 2023.

FEFERBAUM, M. **Metodologia da Pesquisa em Direito: técnicas e abordagens para elaboração de monografias, dissertações e teses**. 3ª Edição ed. [s.l.] Saraiva Jur, 2022.

FELICIANO-CESTERO, M. M. et al. Is digital transformation threatened? A systematic literature review of the factors influencing firms' digital transformation and internationalization. **Journal of Business Research**, v. 157, p. 113546, mar. 2023.

FOSSE, R.; BALLARD, G.; FISCHER, M. **Virtual Design and Construction: Aligning BIM and Lean in Practice**. 9 jul. 2017.

GAO, S. et al. Mapping and Clustering Analysis on Environmental, Social and Governance Field a Bibliometric Analysis Using Scopus. **Sustainability**, v. 13, n. 13, p. 7304, 29 jun. 2021.

GIEREJ, S. The Framework of Business Model in the Context of Industrial Internet of Things. **Procedia Engineering**, v. 182, p. 206–212, 2017.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 7ª Ed ed. [s.l.] Atlas Exatas, Humanas, Soc (Grupo Gen), 2022.

GUBBI, J. et al. Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. **Future Generation Computer Systems**, v. 29, n. 7, p. 1645–1660, set. 2013.

HALALA, Y. S.; FAYEK, A. R. A framework to assess the costs and benefits of advanced work packaging in industrial construction. **Canadian Journal of Civil Engineering**, v. 46, n. 3, p. 216–229, 2019.

HAMDI, O. **Advanced Work Packaging from project definition through site execution: driving successful implementation of WorkFace Planning**. Master of Science in Engineering—[s.l.] University of Texas, 2013.

HANISCH, M. Prescriptive Theorizing in Management Research: A New Impetus for Addressing Grand Challenges. **Journal of Management Studies**, 15 jan. 2024.

HUANG, M. Q.; NINIĆ, J.; ZHANG, Q. B. BIM, machine learning and computer vision techniques in underground construction: Current status and future perspectives. **Tunnelling and Underground Space Technology**, v. 108, p. 103677, fev. 2021.

IDRISSI GARTOUMI, K.; ZAKI, S.; ABOUSSALEH, M. Building information modelling (BIM) interoperability for architecture and engineering (AE) of the structural project: A case study. **Materials Today: Proceedings**, maio 2023.

INFRASTRUCTURE SECTOR MARKET SIZE & SHARE ANALYSIS. Growth Trends & Forecasts (2024 - 2029). Disponível em: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/infrastructure-sector/market-size> Acesso em ago. 2024.

IPA. **Transforming Infrastructure Performance Roadmap to 2030**. [s.l: s.n.]. Disponível em: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1016726/IPA_TIP_Roadmap_to_2030_v6__1_.pdf. Acesso em: 20 jan. 2024.

KUNZ, J.; FISCHER, M. Virtual design and construction. **Construction Management and Economics**, v. 38, n. 4, p. 355–363, 2 abr. 2020.

LEE, D.; CHA, G.; PARK, S. A study on data visualization of embedded sensors for building energy monitoring using BIM. **International Journal of Precision Engineering and Manufacturing**, v. 17, n. 6, p. 807–814, 8 jun. 2016.

LI, C. Z. et al. An Internet of Things-enabled BIM platform for on-site assembly services in prefabricated construction. **Automation in Construction**, v. 89, p. 146–161, maio 2018.

LI, L. et al. Developing a BIM-enabled building lifecycle management system for owners: Architecture and case scenario. **Automation in Construction**, v. 129, p. 103814, set. 2021.

LIU, K. et al. Review on the Developments of Structure, Construction Automation, and Monitoring of Intelligent Construction. **Buildings**, v. 12, n. 11, p. 1890, 4 nov. 2022.

MEADOWS, D. H.; RANDERS, J.; MEADOWS, D. **Limites do crescimento: um relatório para o Projeto do Clube de Roma sobre o Dilema da Humanidade**. 2 ed ed. São Paulo: Perspectiva, 1978.

NIKOLOGIANNI, A.; MAYOUF, M.; GULLINO, S. Building Information Modelling (BIM) and the impact on landscape: A systematic review of evolvments, shortfalls and future opportunities. **Cleaner Production Letters**, v. 3, p. 100016, dez. 2022.

ONU. Organização das Nações Unidas. ONU News, Perspectiva Global Reportagens Humanas. **Desenvolvimento Econômico**, 2019.

QUEIROZ, M. M. et al. Smart production systems drivers for business process management improvement. **Business Process Management Journal**, v. 26, n. 5, p. 1075–1092, 20 fev. 2020.

RACHINGER, M.; KORAJMAN, I.; ROPPOSCH, C. **Systematic literature review of business model innovation in business ecosystems**. [s.l: s.n.].

RAFSANJANI, H. N.; NABIZADEH, A. H. Towards digital architecture, engineering, and construction (AEC) industry through virtual design and construction (VDC) and digital twin. **Energy and Built Environment**, v. 4, n. 2, p. 169–178, abr. 2023.

RISCHMOLLER, L. et al. **Integration Enabled by Virtual Design & Construction as a Lean Implementation Strategy**. 18 jul. 2018.

SACKS, R. et al. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility, Managers**. 3rd ed. ed. [s.l: s.n.].

SAKIN, M.; KIROGLU, Y. C. 3D Printing of Buildings: Construction of the Sustainable Houses of the future by BIM. **Energy Procedia**, v. 134, p. 702–711, out. 2017.

SCHIMANSKI, C. P. et al. Conceptual foundations for a new lean BIM-based production system in construction. **27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC 2019**, n. July, p. 877–888, 2019.

SCOTT HOOD, E. S.; ISATTO, E. L.; FORMOSO, C. T. Sistema Last Planner X Advanced Work Packaging. **XI Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção**, v. 11, n. 3, p. 1–7, 2019.

SHAMSHIRI, A.; RYU, K. R.; PARK, J. Y. Text mining and natural language processing in construction. **Automation in Construction**, v. 158, p. 105200, fev. 2024.

SODRÉ, W. W. B. Tecnologia BIM: A importância do decreto 10306 na democratização da metodologia no país. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, p. 66–85, 16 dez. 2021.

TANG, S. et al. A review of building information modeling (BIM) and the internet of things (IoT) devices integration: Present status and future trends. **Automation in Construction**, v. 101, p. 127–139, maio 2019.

TEULIER, R.; BAGIEU, M. **Building Information Modeling: Shared Modeling, Mutual Data, the New Art of Building**. [s.l.] Wiley, 2024.

UNITED NATION. **The 17 Goals: Sustainable Development**. Disponível em: <<https://sdgs.un.org/goals>>. Acesso em: 26 jan. 2024.

VALE. **Vale informa capacidade de processamento de 32 Mtpa em Salobo.** Disponível em: <<https://vale.com/pt/w/vale-informa-capacidade-de-processamento-de-32-mtpa-em-salobo>>. Acesso em: 3 mai. 2024.

VERUM PARTNERS; VALE. Salobo III: O papel da gestão integrada na transformação cultural e digital. **O Empreiteiro**, mar. 2022.

WEKING, J. et al. Leveraging industry 4.0 – A business model pattern framework. **International Journal of Production Economics**, v. 225, p. 107588, jul. 2020.

WOODHEAD, R.; STEPHENSON, P.; MORREY, D. Digital construction: From point solutions to IoT ecosystem. **Automation in Construction**, v. 93, p. 35–46, set. 2018.

XU, L. DA; XU, E. L.; LI, L. Industry 4.0: state of the art and future trends. **International Journal of Production Research**, v. 56, n. 8, p. 2941–2962, 18 abr. 2018.

XU, G. et al. The pioneer of intelligent construction—An overview of the development of intelligent compaction. **Journal of Road Engineering**, v. 2, n. 4, p. 348–356, dez. 2022.

ZHANG, Y. et al. BIM-based approach for the integrated assessment of life cycle carbon emission intensity and life cycle costs. **Building and Environment**, v. 226, p. 109691, dez. 2022.

ZHENG, Y.; ZHANG, Y.; LIN, J. BIM-based time-varying system reliability analysis for buildings and infrastructures. **Journal of Building Engineering**, v. 76, p. 106958, out. 2023.

ANALYSIS OF GLARE IN CLASSROOMS UNDER ABNT NBR 15.215-3:2024 AND CONSIDERING USER'S PERSPECTIVE

ANÁLISE DE OFUSCAMENTO EM SALA DE AULA A PARTIR DA ABNT NBR 15.215-3:2024 CONSIDERANDO A PERSPECTIVA DO USUÁRIO

Accepted date: 16/09/2024 | Submitted on: 14/09/2024

MONTEIRO, Larissa Arêdes, MSc.

UFMG, Belo Horizonte, Brasil, E-mail: lam2019@ufmg.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5196-3566>

MENDES, Ludmila Cardoso Fagundes, MSc.

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7751-2069>

SOUZA, Ana Paula Silva

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

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-9907-7885>

SANTOS, Max Soledade

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

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-1431-4939>

SOUZA, Roberta Vieira Gonçalves de, Dr^a

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0036-961X>

ABSTRACT

The new version of the Brazilian standard for Daylighting - Part 3 - Procedures for the evaluation of daylighting in indoor spaces, ABNT NBR 15.215-3:2024 proposes assessing the quality of lighting in indoor spaces based on new parameters, including the phenomenon of glare. Glare caused by daylight can affect the performance of users in educational spaces. This study aimed to examine the occurrence of daylight glare in a classroom at the Federal University of Minas Gerais using computer simulation with the ClimateStudio plug-in for Rhinoceros software based on methodologies proposed in the Brazilian standard along with questionnaires. Users' perception indicated that the level of glare might be higher than predicted by the simulations. It was concluded that control devices are essential to mitigate discomfort caused by glare in daylit spaces.

Keywords: *Daylight Glare; NBR 15.215-3; Users.*

RESUMO

A nova versão da norma brasileira de Iluminação natural - Parte 3 - Procedimentos para avaliação da iluminação natural em espaços internos, ABNT NBR 15.215-3:2024 propõe a avaliação da qualidade da iluminação em ambientes internos com base em novos parâmetros, incluindo o fenômeno do ofuscamento. O ofuscamento gerado pela luz natural pode comprometer o desempenho de usuários em ambientes de ensino. Este estudo teve como objetivo examinar o ofuscamento em uma sala de aula da Universidade Federal de

Minas Gerais, utilizando simulação computacional com uso do plug-in *ClimateStudio* para o software *Rhinoceros*, e a aplicação de questionários, conforme metodologias propostas na norma brasileira. A percepção dos usuários indicou que o nível de ofuscamento pode ser superior ao previsto nas simulações. Concluiu-se que dispositivos de controle são fundamentais para reduzir o desconforto causado pelo ofuscamento em ambientes iluminados por luz natural.

Palavras-chave: Ofuscamento pela luz natural; NBR 15.215-3; Usuário.

1. INTRODUCTION

The Brazilian standard *NBR 15.215-3 Daylighting - Part 3: Procedures for evaluating daylighting indoors* was revised and published in June 2024. The new version of the standard recommends the evaluation of indoor daylighting based on the availability of daylight, quality of view out, protection against daylight glare, minimum and maximum annual exposure to direct sunlight, and introduced metrics to evaluate non-visual light stimulus (ABNT, 2024). Among these aspects, the present research addresses protection against daylight glare.

Glare is conceptualized by Boyce (2003) as a negative visual sensation experienced by the observer, caused by areas with luminance brightness higher than the luminance to which the eyes are adapted to. This condition produces discomfort or loss of visual performance and visibility. Glare can cause side effects or later effects such as headaches or fatigue (ABNT, 2024). The perception of glare is individual and depends on the distribution of luminance in the field of view and, consequently, on the spatial position and line of sight of the observer (Bommel, 2019).

The new version of NBR 15.215-3:2024 included the *Daylight Glare Probability* (DGP) metric to evaluate discomfort due to excessive glare. This metric calculates brightness based on contrast and saturation effects. To assess the daylight glare, it is essential to analyze the distribution of the different light intensities in the field of view, in addition to the size, intensity, and position of the glare source in relation to the line of sight (ABNT, 2024; Quek *et al.*, 2021). Therefore, a $DGP < 0.34$ shows imperceptible glare; $0.34 \leq DGP \leq 0.38$ shows noticeable glare; $0.38 < DGP \leq 0.45$ shows disturbing glare, and $DGP > 0.45$ is considered intolerable glare. The standard recommends analyzing protection against glare as a function of the space time of use. Thus, whenever DGP in space exceeds the threshold for disturbing glare ($DGP_e > 0.38$) in more than 5% of the time of occupation of the environment some kind of glare protection should be made available (ABNT, 2024).

The *Spatial Disturbing Glare* (sDG) index was developed to measure the excessive brightness of daylight throughout the year. Implemented in *ClimateStudio* plug-in for *Rhinoceros* software, this index points out the percentage of vision directions in which DGP glare exceeds 38% (disturbing or intolerable) in at least 5% of annual occupancy hours. The calculation is based on DGP values, considering eight directions of vision, from each point in a mesh adjusted to a specific vision height (Solemma, 2023). The spacing of the points should preferably be maintained between 0.5 m and 2.0 m (ABNT, 2024).

Although the Brazilian standard does not indicate the detection of glare through contrast ratios and vertical luminance values, Monteiro (2023) research explores

such discomfort. When reviewing studies on the subject, the author pointed out that acceptable contrast ratios in the space overall luminance are from 1:10 to 1:11.7. Other studies cite that for luminance above 2,000 cd/m² there may be a perception of disturbing and intolerable glare.

The perception of users is recurrent in studies related to the daylighting of spaces. Examples are the research by Reinhart and Weissman (2012), with 60 occupants, and by Reinhart, Rahka and Weissman (2014) who applied questionnaires to define metrics such as sDA - Spatial Daylight Autonomy and UDI - Useful Daylight Illuminance - in studies that had from 13 to 331 students.

The objective of this study was to analyze the glare in the Classroom 412 of the School of Architecture of the Federal University of Minas Gerais (UFMG), where a student with a disability (PwD), reported the existence of the problem. Based on the metrics of ABNT NBR 15.215-3:2024, the aim was to compare the results of computer simulations with the perception of users and, finally, to evaluate the efficacy of control devices to mitigate visual discomfort in space.

2. NATURAL LIGHTING IN CLASSROOMS

Current research on the space quality of classrooms argues that daylighting can influence not only comfort, but also student health, concentration, and learning (Chaidez *et al.*, 2022; Korsavi, Zomorodian, Tahsildoost, 2016).

In this sense, Chaidez *et al.* (2022) used luxmeters to measure the illuminance of classrooms at a university in Tijuana, Mexico. The authors observed that, according to the orientation of the openings, some classrooms have insufficient daylight, while others present discomfort due to glare. A satisfaction survey was then carried out with the students. The survey showed that more than 60% of the students considered daylighting in the classrooms inadequate for carrying out the activities. Despite considering the lighting inadequate, about 70% of the students considered that the daylighting in the classrooms is tolerable. The authors associated this tolerance with the age of the students (between 19 and 22 years old), with mobility within the classroom, which makes it possible to choose where to sit, and with the possibility of turning on electric light in spaces that present insufficient daylight.

The study developed by Korsavi, Zomorodian and Tahsildoost (2016), in Iran, used a similar approach, exploring user satisfaction in university classrooms. The authors assessed the quality of daylighting through computer simulations and compared the results with the users' perception. The results indicated that the students' perception of daylighting was more optimistic than the results obtained by computer simulations. In contrast to the results of the simulations, most students do not perceive direct light and discomfort due to the occurrence of glare in areas with excessive daylighting. The authors interpreted that the quality of the natural views out that the windows provide may influence the degree of comfort experienced. In addition, the authors highlighted that regional and cultural factors can also influence perception surveys, given that the study was conducted in a city where sunlight is relatively intense. Thus, they concluded that, as students are used to high exposure to sunlight, culturally their expectations and feelings regarding the daylighting that

enters the classroom are different from the expectations of people who live in less sunny regions.

In a previous study, conducted in the United States, Zomorodian and Tahsildoost (2019) evaluated the effectiveness of using dynamic metrics in predicting daylight quality and visual comfort in classrooms. This study also consisted of computer simulations and users survey. The authors concluded that each type of metric can provide a limited level of useful data for the different phases of architectural design. With this, they considered that, for the initial design phase, dynamic metrics are useful to obtain an overview of the performance of daylight. However, for the development of the project, temporal and spatial metrics, which have strict upper and lower limits, are more appropriate. The lack of information regarding the moderating effect of culture, age, or external vision on visual discomfort caused by glare was considered a gap that should be further investigated.

Within this context of user research, based on a systematic review of the literature, Bortolan, Ferreira, and Tezza (2019) investigated the state of the art of questionnaires derived from academic research, which had the evaluation of visual comfort as their theme. In total, 17 questionnaires were identified, with no restriction on dates, from national and international publications. The authors identified that the most recurrent questions address preferences, satisfaction, glare occurrence and light distribution. It was also recognized that most of the research that uses questionnaires to assess visual comfort explores office spaces. Of the 17 questionnaires analyzed, only one was aimed at classrooms.

Another field explored in the research on daylight glare addresses the influence of the materials of openings for daylighting. Thus, also within an educational building, Gonçalves *et al.* (2022) evaluated the effects of the renovation that took place in 2014 on the roof of the Vilanova Artigas building, headquarters of the Faculty of Architecture and Urbanism of the University of São Paulo (FAUUSP), in Brazil. The roof of this building has 40% of translucent area and in the hottest periods of the year users witnessed visual discomfort. During this renovation, the material of the roof domes, previously made of transparent colorless fiberglass, was replaced by milky acrylic. The evaluation, through computer simulations, confirmed that the chosen material ensured a homogeneous luminous space and that the glare inherent to the original design of the building was eliminated.

In addition to the influence of the materials of the openings, research on glare by sunlight explores the issue of the different layout configurations of the classrooms and the orientations of the windows. Garcia and Pereira (2020) analyzed daylight glare probability levels and sunlight incidence in a classroom using computer simulation. Using a representative module of a multi-story building located in Florianópolis, Brazil, the authors analyzed 60 different situations, considering different directions of vision, orientation and position of the user. The results confirmed that intolerable and uncomfortable levels decay as the user moves away from the window. Despite this confirmation, the results demonstrated that the use of spaces near the openings does not need to be unfeasible if due care is taken in the layout design, combining the position occupied, the direction of view and solar orientation.

Finally, research on glare also explores how to mitigate visual discomfort. The study by Carpanedo, Pagel and Maioli (2024) investigated the performance of daylight

inside office spaces, considering different percentages of façade opening, types of windows, floor heights, in addition to variations in the light transmission of the windows and the presence, or not, of external solar protection. From computer simulations, the results proved the great influence of *the louvers* for visual comfort, either to increase the levels of uniformity of the admitted light, to reduce excessive illuminances, or to reduce the occurrence of intolerable glare. Even so, the authors emphasize the importance of adequate planning for the installation of *louvers*, depending on the characteristics and orientations of the windows.

3. METHODOLOGICAL PROCEDURES

The present study was organized in five phases. The first phase involved the definition and description of the object of study. In the second phase, a computer simulation was performed to identify the presence of glare quantitatively, through the calculation of sDG (*Spatial Disturbing Glare*). The third phase consisted of the application of a questionnaire to assess the users' perception of glare in a qualitative analysis. The fourth phase involved the analysis of the results, crossing quantitative and qualitative data. Finally, the fifth phase was dedicated to the study of control devices to reduce visual discomfort caused by the daylight glare identified.

3.1. Study case

The object of study of the research was a classroom located at the School of Architecture of UFMG (Figure 1) in the city of Belo Horizonte.

Figure 1: Location of the School of Architecture at UFMG.



Source: Google Maps, adapted by the authors.

The region in which the building is located is characterized by an environment of great density and building verticalization. Thus, obstructions and external reflections alter the availability of daylight that enters the space (Figure 2).

Figure 2: Perspective of the surroundings of the School of Architecture of UFMG.



Source: Google Maps, Adapted by the authors.

Classroom 412 is located on the 4th floor of the building. The choice of this space occurred due to the discomfort perceived by one of the authors of the study. As a frequent visitor to the space, the student realized that the intense light coming from the side window, combined with the high reflectivity of the white tiles of the neighboring building, was causing excess glare. This brightness reflected on the board made it difficult to see both the whiteboard and the figure of the teacher. Figure 3 shows a photograph taken by the student with reduced mobility, from his habitual position in the classroom, before the beginning of the class. The photograph was taken on May 18, 2023, at 3 pm.

Figure 3: Classroom from the visual perspective of the student with reduced mobility.



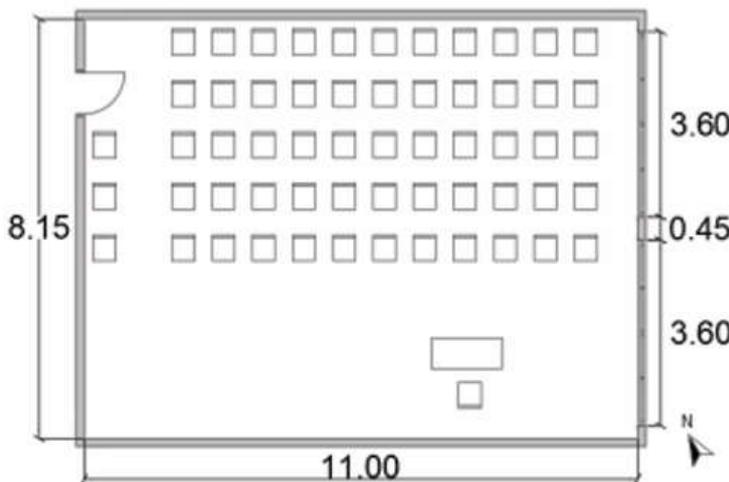
Source: Authors.

The student who has reduced mobility did not have the flexibility to change places. This is one of the scenarios in which the glare assessment is recommended: "in spaces where activities are similar to reading (...) and the user cannot freely choose his position and direction of viewing" (ABNT, 2024).

3.2. Characterization of the object of study

Classroom 412 is 11 meters long and 8.15 meters wide, with a ceiling height of 3 meters. The interior of this space has walls and ceiling finished in white paint, while the floor is covered by a light beige ceramic coating (Figure 3). In addition, it has large side openings facing east, closed with aluminum frames and 6mm thick colorless glass, with blackout *curtains*, and the *layout* is arranged so that the students' desks are parallel to the opening, as shown in Figure 4.

Figure 4: Floor plan of the classroom.



Source: Authors.

3.3. Daylight glare computer simulation

In this study, computer simulation was employed to perform a quantitative assessment of daylight glare. For this, a three-dimensional modeling of the space was made in *SketchUp* and *Rhinoceros* software and, for the simulation, *ClimateStudio* plug-in for *Rhinoceros* was used. The plugin calculates the number of vision directions of users who face disturbing or intolerable glare, that is, $DGP \geq 0.38$, in accordance with what is indicated by NBR 15.215-3 (ABNT, 2024). The result is a graphical map that shows the distribution of glare when the space is occupied above 0.38, using a color scale that goes from 0 to 5% of the hours. The plugin also provides the percentage of views with a glare probability over 0.38 in 5% of the time through the sDG index. The calculation is based on hourly DGP values for eight different viewing directions in each position (SOLEMMMA, 2023). The viewing height considered was 1.2 meters from the ground, corresponding to the eye height of a seated observer (ABNT, 2024).

A three-dimensional model of space was developed in *SketchUp* software, due to its ease of modeling. Subsequently, the model was exported to *Rhinoceros 7* software, which required adjustments to the three-dimensional model in which the necessary data for the simulation with *ClimateStudio* plug-in was configured. The input parameters used in the plug-in were: (1) the Belo Horizonte climate file, with climate

data: BRA_MG_Belo.Horizonte-Prates.AP.836724_TMYx.2007-2021.epw (CLIMATE ONE BUILDING, 2023); (2) the analysis period: from 8 am to 6 pm, as (ABNT, 2024); (3) the grid of points: distance between points of 0.61 m and height of 1.2 m (ABNT, 2024); (4) the optical properties of the materials, obtained in the *ClimateStudio* plug-in, which includes a library of real materials, based on measurements with validated sources, using *DOE* (United States Department of Energy) benchmarks, ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) standards and IGDB (International Glazing Database) glazing products, as detailed in Table 1.

Table 1: Optical properties of the materials used in the simulation.

Surface	Material	Reflectivity/ Transmissivity
Walls	White wall	83,4%
Floor	Light Grey Ceramic Tile floor	60,4%
Ceiling	White ceiling	85,7%
Window	Clear - Clear	77,4%
Exterior tiled building	White Ceramic Tile wall	80,9%
Gray painting on tiled building	Grey Painted wall	45,8%
Curtain	Beige Curtain	57,3%
Whiteboard	Plastic Ceiling Vent E14 548	80,6%

Source: The authors.

For the opaque material values refer to reflectivity and in the case of the window, the value refers to the transmissivity of a clear glass. According to what is indicated by NBR 15.215-3:2024 (ABNT, 2024), a dirt factor of 5% was applied to the visible light transmission (T_{vis}) of the glass, and in the end, the glass with T_{vis} of 77.4% was considered in the simulation.

The settings of the simulation engine, Radiance, followed the default of the *ClimateStudio* plug-in, as indicated in Table 2.

Table 2: Simulation Engine Configuration Radiance.

Variable	Configuration	Equivalence
<i>Samples per pass</i>	64	Number of samples passed per sensor (BISSOLOTI, PEREIRA, 2019)
<i>Max number of passes</i>	100	Maximum number of passes of the simulation, before finishing (BISSOLOTI, PEREIRA, 2019)
<i>Ambient Bounces</i>	6	Number of internal diffuse reflections that are accounted for before a light ray is discarded (SOLEMMA, 2023)
<i>Weight Limit</i>	0,01	Limit in the variation of the optical path of light (SOLEMMA, 2023)

Source: Authors.

ClimateStudio allows the generation of fisheye images, made from the user's field of vision. These images include the demonstration of the vertical luminances present in the scene, with indication of the values in graphic scale, called false color images. In this study, these simulations were explored for May 9, at 2:30 pm. This day and

time was chosen because it was the same day and time the questionnaire was applied to the users of Classroom 412.

3.4. Application of questionnaires

The experimental study based on the application of a questionnaire was used in this research to analyze the perception and satisfaction of users with the daylighting of the classroom, in addition to verifying possible visual discomforts. The questionnaire was applied to the users of classroom 412 on May 9, 2023, during an afternoon class, at 2:30 pm (Figures 5 and 6). The sample consisted of 62 students, of which 38 users answered all the questions, corresponding to 62% of the estimated public. The sky was clear with few clouds, as shown in the photograph taken from the classroom window, in Figure 7.

Figure 5: Classroom at the time of application of the questionnaire.



Source: Authors

Figure 6: Whiteboard in the classroom at the time of the questionnaire application.



Source: Authors.

Figure 7: Sky condition at the time of questionnaire application.



Source: Authors.

The questionnaire consisted of seven questions. Five of the questions offered answer options on a 5-point Likert scale, which ranged from negative to positive. The answers were evaluated with a scale ranging from -2 to 2, the negative values indicating a negative response and the positive values indicating positive assessment of the daylight quality of the space. In addition, the questionnaire included two questions with possible *yes* or *no* answers. At the end of the questionnaire, there was a space for respondents to add comments about the daylighting in the classroom in question.

3.5. Computer simulation for glare mitigation

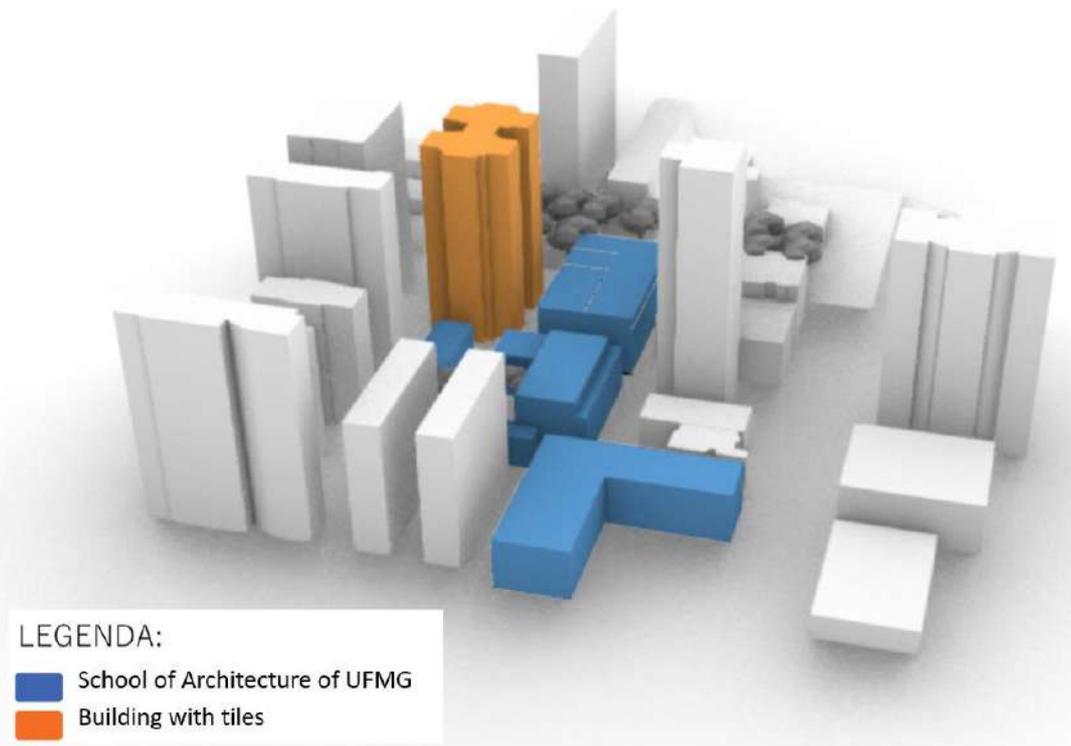
The verification of the occurrence of glare in Classroom 412, based on the results obtained in the computer simulation and in the questionnaire, showed the need to mitigate visual discomfort.

To control glare, a mobile sun protection device, which can be individually adjusted, is recommended by NBR 15.215-3:2024. Thus, a vertical mobile *metal brise soleil* was simulated, with fins the height of the classroom opening (200 cm), 15 cm long, 3 cm thick and 20 cm distance between plates. The solar protection device was simulated with a fin rotation angle of 0° and 45°, to test its behavior in the different configurations.

4. RESULTS

Figure 8 shows the three-dimensional model of the object of study, considering the surrounding buildings. The building marked in brown faces de window of the studied classroom and is finished in white reflective tiles.

Figure 8: 3D model of the surroundings of the object of study.

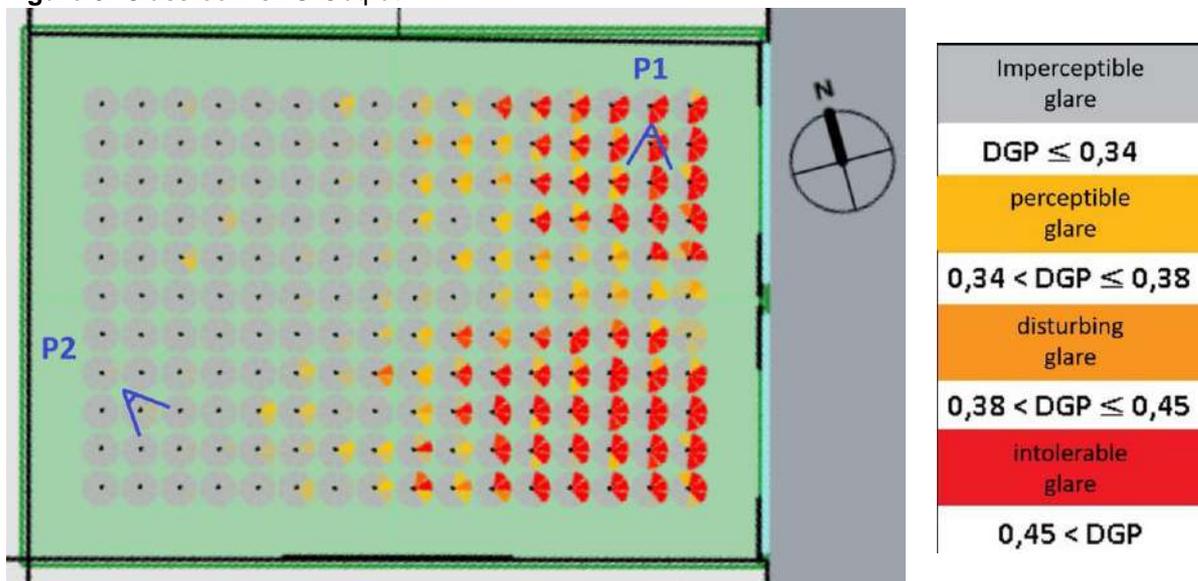


Source: Authors.

4.1. Daylight glare computer simulation

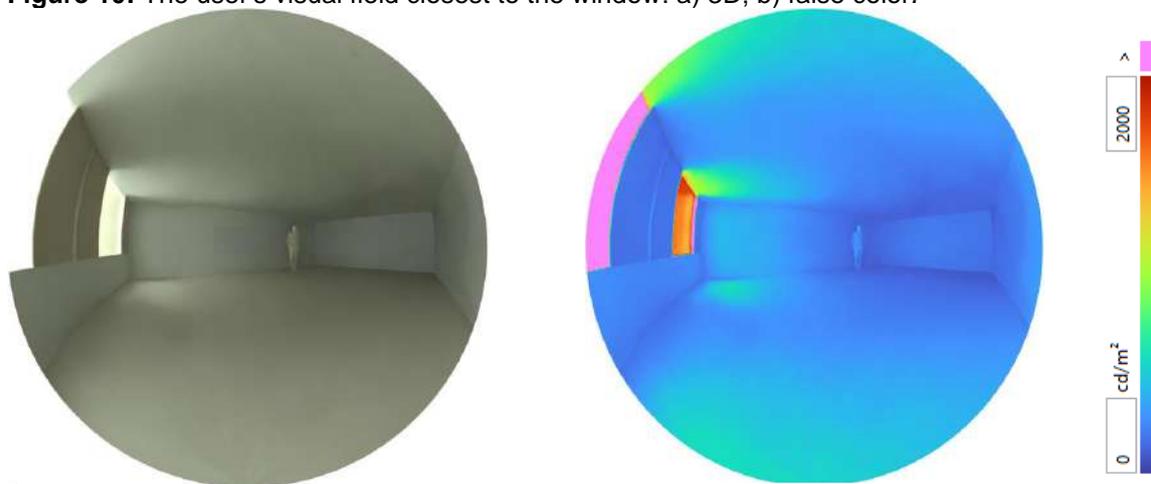
The computer simulation showed the occurrence of disturbing or intolerable glare in 9.4% of the vision directions in the analysis grid. Figure 9 shows the graphical results of sDG, obtained with the computer simulation. Figures 10 and 11 show the fisheye images in false color, according to the visual field of the seated user, with his gaze directed to the frame. These images were generated in the position of the observer sitting near the window (indicated as P1 in Figure 9), and in the position of the observer farthest from the windows (P2 in Figure 9). In Figure 9 it can be observed that the in the position in which the user that made de complaint seats, the plugin did not indicate the occurrence of daylight glare.

Figure 9: Classroom sDG Output.



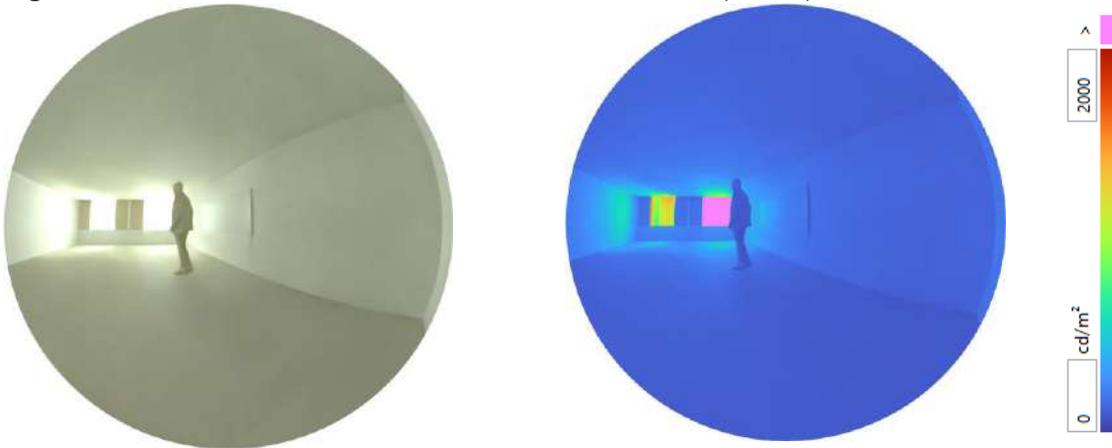
Source: Authors.

Figure 10: The user's visual field closest to the window: a) 3D; b) false color.



Source: Authors.

Figure 11: The user's visual field furthest from the window. a) 3D; b) false color.



Source: Authors.

Nevertheless, the fisheye visualization in figures 10 and 11 clearly indicate that users seated close to the window experience less daylight glare than the ones seated across the window. It is also noticeable that glare is experienced in the view of the whiteboard in this position and that the teacher is not clearly seen from this same position.

4.2. Application of questionnaires

The results of the questionnaire are presented in Table 3 which shows the answers to the objective questions with the Likert Scale.

Table 3: Results of the objective answers of the Likert Scale.

Question Topic	Likert scale responses	Weighted average
1. Presence of daylight in the classroom	<p>8% 3% 24% 66%</p> <p>■ uncomfortable ■ unimportant ■ indifferent ■ important ■ very important</p>	very important 1,4
2. Satisfaction regarding the amount of daylight	<p>1% 39% 4% 26% 11%</p> <p>■ very satisfied ■ dissatisfied ■ indifferent ■ satisfied ■ very satisfied</p>	indifferent -0,1
3. Difficulty seeing the painting due to the reflection of surroundings	<p>29% 50% 14% 8%</p> <p>■ makes it very difficult ■ makes it a little difficult ■ indifferent ■ doesn't make it difficult ■ help</p>	makes a little difficult -1,0
4. Discomfort caused by reflections from the neighboring building	<p>13% 58% 24% 5%</p> <p>■ very uncomfortable ■ uncomfortable ■ indifferent ■ comfortable ■ very comfortable</p>	uncomfortable -0,7
5. Discomfort due to the change of view from the window to the whiteboard	<p>58% 37% 2% 3%</p> <p>■ bothers a lot ■ bothers a little ■ indifferent ■ don't bother ■ comfortable</p>	It bothers me a lot -1,5
Values for the scale	<p>(-2 a ≤ -1,2) (>-1,2 a ≤ -0,4) (>-0,4 a ≤ 0,4) (>0,4 a ≤ 1,2) (>1,2 a 2,0)</p>	

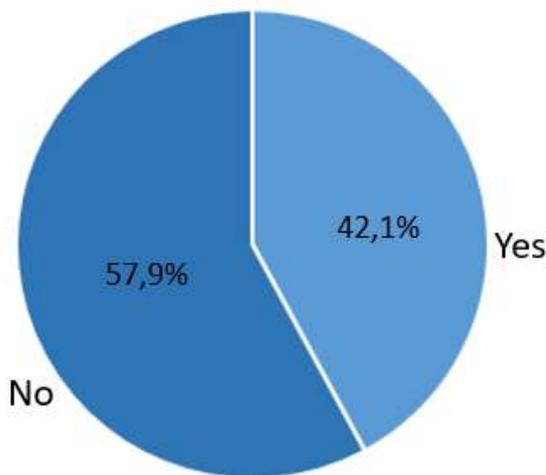
Source: Authors.

The results obtained by the questionnaire application show that daylighting is considered as highly important but at the same time most users feel great discomfort when changing the view direction from the window to the whiteboard indicating that the view out presents discomfort to users. This may explain why users feel indifferent to the daylighting in this classroom: while they declare to prefer daylight classrooms, this one presents discomfort coming from the external view out.

Graphs 1 and 2 show the results for the objective multiple-choice questions. When asked if they changed their position in the classroom due to perceived excess daylight and if they perceive shadows due to daylight in the task plane users tended to answer negatively. These answers are better explained by the open comments left by the users as shown in Table 4. The open comments indicate that although computer simulation show a high occurrence of daylight glare near the window, the view to the whiteboard is more comfortable from these positions that when across the room, facing the windows.

Graphs 1: Answers about changing the place or shadow on the desktop.

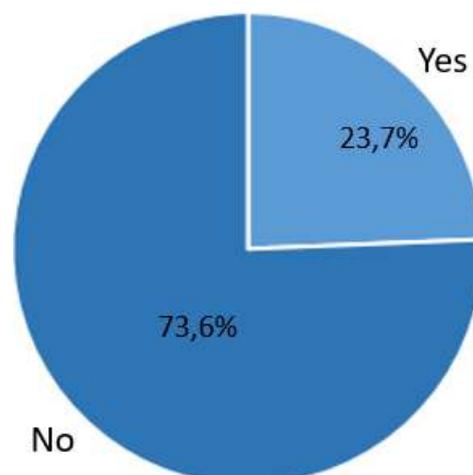
6. Have you ever switched places because of the excessive daylightt?



Source: Authors.

Graphs 2: Answers about changing the place or shadow on the desktop.

7. When you are writing, is there an uncomfortable shadow due to the presence of daylight?



Source: Authors.

Table 4: User reviews about the daylighting in the classroom.

User commentaries	
1	<i>Sitting near the window makes it easier to see the board, because sitting near the door, when looking towards the teacher, who is in the center of the classroom, the view ends up being dazzled by daylight</i>
2	<i>The building next door, covered with white tiles, reflects a lot of light into the interior of the classroom, which bothers the peripheral vision when looking at the painting, in addition to compromising the visualization of the slides</i>
3	<i>The classroom also gets extremely hot, I believe the problem involves both glare and lack of ventilation, due to the existence of the building in front of the window</i>

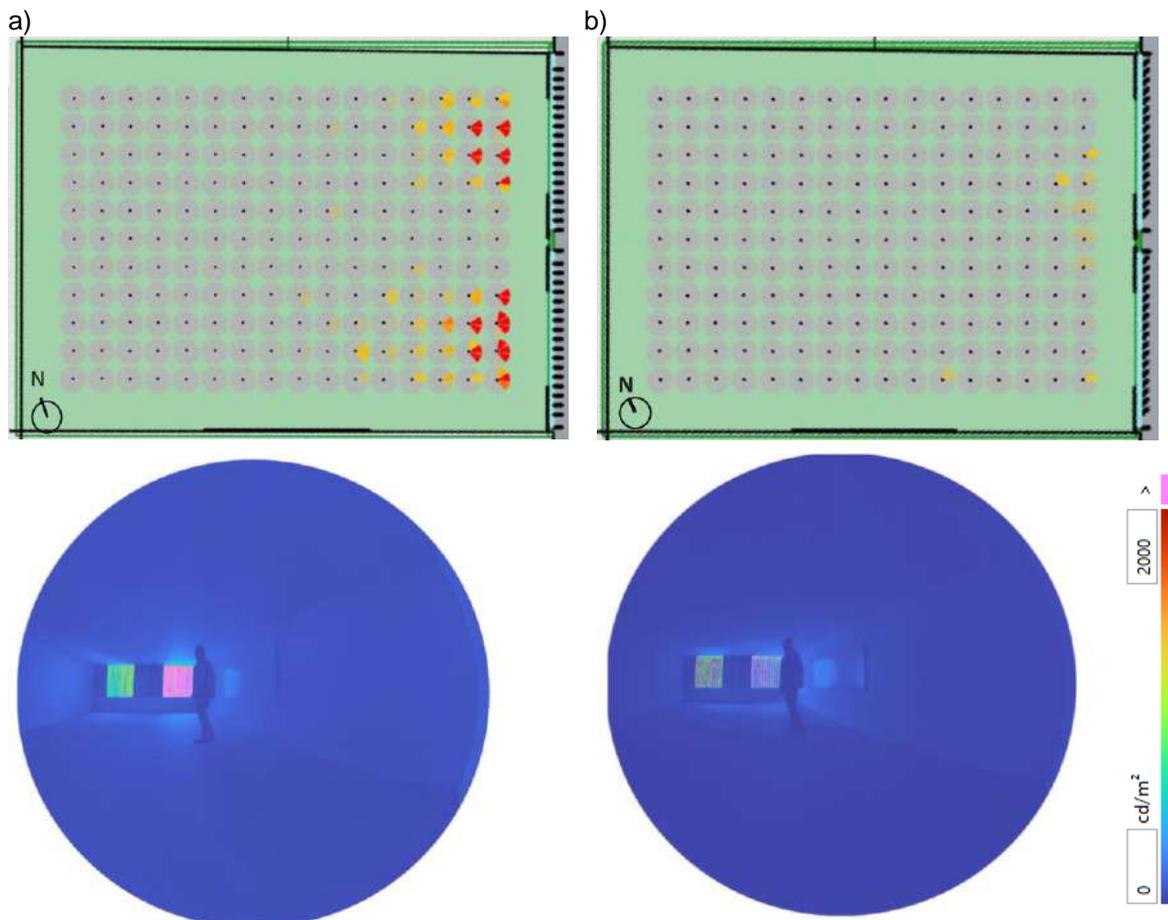
Source: Authors.

4.3. Computer simulation for daylight glare mitigation

As pointed out in the Brazilian Standard when high levels of daylight glare is perceived, protection devices should be implemented. As simulations and user responses both showed disturbance caused by the occurrence of daylight glare, a solar protection device as inserted in the windows with moveable vertical fins. Although the classroom disposes of blackout curtains it was considered that those curtains would excessively darken the classroom and that external shading devices would be more adequate to control glare and maintain adequate daylight levels.

The results of the daylight glare simulation with the control external devices showed a sDG of 1.4% for the rotation angle of 0° and 0.0% for rotation angle of 45° . Figure 12 shows the graphical results of this simulation. This indicates that glare can be effectively controlled but users should be active in setting the better conditions for each situation.

Figure 12: Results of the brise soleil simulation: a) 0° rotation angle; b) 45° rotation angle.



Source: Authors.

5. ANALYSIS OF THE RESULTS

5.1. Daylight glare computer simulation

The computer simulation showed that disturbing or intolerable glare occurs in 9.4% of the directions of vision analyzed in Classroom 412, in at least 5% of the occupation time. It was observed that the directions of vision that present the highest daylight glare probability are those facing the external opening or those in positions closer to the windows. In positions closer to the wall opposite the windows, the glare is considered imperceptible. Analyzing the positions of the users, it was observed that disturbing or intolerable glare occurs in 35% of the positions within the classroom. The graphic results generated by the plug-in also show that this discomfort occurs from 10 am to 5 pm, throughout the year.

According to the fisheye images (Figures 10 and 11) in false color, the vertical illuminance reaches 2,000 cd/m² for the observer positioned closest to the window (P1), intensifying the contrasts of the scene and indicating the presence of greater visual discomfort due to glare, according to the thresholds identified by Monteiro (2023). For the observer who is farther away from the window (P2), the contrasts are smaller, with vertical illuminances of up to 1,500 cd/m². However, very bright areas are still present in the field of view of the farthest observer, caused by the apertures, and glare is also noted in the reflection of light in the whiteboard (Figures 6 and 11.a). This situation can increase visual discomfort and result in a reduction in the performance of the space user.

5.2. Questionnaires application

Analyzing the answers of the Likert Scale, except for the results "very important" to the question about the importance of the presence of daylight in the classroom (question 1), and "indifferent" to the question satisfaction with daylight in the classroom (question 2), the other questions had mostly negative answers in relation to the perception of the presence of daylight in the classroom. This result is evidenced by the weighted average of -1.5, obtained in question 5.

The sixth question of the questionnaire evaluated the percentage of students who have already moved places due to excessive daylight. The answers showed that 42% of the students said they had made this change, which shows a high percentage, considering the limitations of classroom space in relation to the number of students, which reduces the flexibility of changing position. The seventh question addressed the students' perception of the discomfort caused by shadows during writing activities in the classroom. For this question, 29% of the students reported having noticed this discomfort. Given the same context of limited space in the classroom, it is reasonable to say that the discomfort with shadows affects a significant part of the students.

The users' comments covered questions related to their location in the classroom, the influence of the external building on the light incident inside the classroom, visual discomfort and even thermal discomfort provided by daylight.

5.3. Analysis of simulation and questionnaire results

By crossing the results obtained in the two methodologies applied, both the computer simulation and the users' perception identified daylight glare occurrence caused by the reflected brightness of the building in front of the window. The results indicate that, although students recognize the importance of daylighting for the study space, they consider daylight as uncomfortable in the given space, which leads them to change their position to avoid glare, when possible. In addition, veiling glare causes difficulties in viewing the content written on the board. The simulation suggests that the discomfort on the wall opposite the window is imperceptible, but students report that sitting in this position is not convenient due to the impairment of the visual field caused by daylight glare caused by the opening and by the reflections on the board. This suggests that users perceive glare in more directions and positions in the classroom than indicated by the computer simulation.

5.3. Computer simulation for glare mitigation

According to the simulation results, in both cases, the installation of the solar control device significantly reduced the most annoying glare (disturbing or intolerable), decreasing the discomfort by at least 85%. With the louvers positioned at 0°, disturbing or intolerable glare was still observed in 7% of the positions in the classroom, especially in the directions facing the windows. On the other hand, by rotating the louvers at 45°, glare control in the classroom was more effective, completely eliminating the occurrence of disturbing or intolerable glare. However, it should be noted that the use of control devices can reduce performance for other parameters of daylight quality, set by NBR 15.215-3:2024, such as the Availability of Daylight and the view out. Therefore, it is important that these devices have flexibility in their configuration and handling.

6. FINAL CONSIDERATIONS

The study showed the importance of cross-referencing the results of different methodologies in the analysis of glare caused by daylight. Computer simulation has advanced to calculate the discomfort caused by daylighting with the dynamics of daylight, showing, in addition to numerical results, different graphic shapes, which contributes to the understanding of the occurrence of the phenomenon in internal spaces and to the design process. However, it is important to consider the difference between the actual perception of users and the results obtained by computer simulation. While simulation helps identify and minimize discomfort during the design of a space, user experiences can vary and reveal additional nuisances. For a more detailed analysis, it is crucial to expand the study to include more spaces and a larger sample of participants in the subjective survey.

The built environment can contribute to the increase of daylight inside the spaces, as well as to the visual discomfort caused by it. As in the object of study, which shows that glare caused by daylight can occur both due to the direct vision of the sun's rays or to veiling reflections from other surfaces.

It is worth noting that the use of daylight control devices to control glare, such as louvers, can impact other aspects of lighting performance, such as the amount of

daylight available in the indoor environment and the quality of outdoor vision, which should be explored in future studies. However, the use of mobile devices and the integration of daylighting into the artificial lighting system offers greater flexibility to users, who can modify the system according to the dynamics of daylight and their perception of uncomfortable glare in the classroom space.

REFERENCES

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15.215-3:** Iluminação Natural – Parte 3: Procedimentos para avaliação da iluminação natural em ambientes internos. Rio de Janeiro, ABNT, 2024.

BISSOLOTTI, K.; PEREIRA, F.O.R. Metodologia para análise de iluminação natural zenital em quadras poliesportivas. XV ENCAC - Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, XI ELACAC - Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído, 2019, João Pessoa. **Anais...** p. 2845-2855.

BOMMEL, W. V. **Interior Lighting: Fundamentals, Technology and Application.** Cap 1-4. Springer Nature, Switzerland, 2019, p. 3-136.

BORTOLAN, G. M. Z.; FERREIRA, M.G.G.; TEZZA, R. Questionários de avaliação do conforto visual: revisão e análise. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 10, p. e019015, mar. 2019. DOI: <https://doi.org/10.20396/parc.v10i0.8653662>

BOYCE, P. **Human Factors in Lighting.** 2nd ed. London: Taylor & Francis, 2003.

CARPANEDO, F. A.; PAGEL, E. C.; MAIOLI, R. N. Análise da iluminância, uniformidade e ofuscamento em modelos de edifícios com diferentes configurações de janelas. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 15, p. e0240xx, 2024. DOI: <https://doi.org/10.20396/parc.v15i00.8667521>

CHAIDEZ, M.T.C. *et al.* Evaluación del confort térmico y lumínico en aulas universitarias en Tijuana, Baja California. Caso de estudio FCITEC, Valle de las Palmas. **Revista de Ciencias Tecnológicas (RECIT)**, v. 5 (4), 2022. DOI: <https://doi.org/10.37636/recit.v5n4e233>

CLIMATE ONE BUILDING. **Repository of Building Simulation Climate Data.** Org, 2023. Disponível em: <https://climate.onebuilding.org/>. Acesso em 10 out. 2023.

GONÇALVES, J. C. S. et al. As condições ambientais do edifício Vilanova Artigas, sede da FAUUSP em São Paulo: estudos analíticos. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 13, p. e022001, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.20396/parc.v13i00.8661881>

MONTEIRO, L. A. **Iluminação natural em salas de aula** – análise por novos parâmetros normativos. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável, Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2023.

KORSAVI, S.S; ZOMORODIAN, Z.S.; TAHSILDOOST, M. Visual comfort assessment of daylit and sunlit areas: A longitudinal field survey in classrooms in

Kashan, Iran. **Energy and Buildings**, v. 128, P. 305-318, 2016. DOI: [https://doi-org.ez27.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.enbuild.2016.06.091](https://doi.org/ez27.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.enbuild.2016.06.091)

SOLEMMA LLC. **ClimateStudio**. Minneapolis, 2023. Available at: <https://www.solemma.com/climatestudio>. Available at: <https://www.solemma.com/alfa>. Acesso em: 20 nov. 2023.

QUEK, G.; WIENOLD, J.; KHANIE, M. S.; ERELL, E.; KAFTAN, E.; TZEMPELIKOS, A.; KONSTANTZOS, Iason; CHRISTOFFERSEN, J.; KUHN, T.; ANDERSEN, M.. Comparing performance of discomfort glare metrics in high and low adaptation levels. **Building and Environment**, v. 206, jun. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108335>

REINHART, C. F; WEISSMAN, D.A. The daylit area - Correlating architectural student assessments with current and emerging daylight availability metrics. **Building and Environment**, v. 50, p. 155-164, 2012

REINHART, C.; RAKHA, T.; WEISSMAN, D. Predicting the Daylit Area – A Comparison of Students Assessments and Simulations at Eleven Schools of Architecture. **LEUKOS: the Journal of the Illuminating Engineering Society of North America**, 10:4, p. 193-206, 2014

ZOMORODIAN, Z.S.; TAHSILDOOST, M. Assessing the effectiveness of dynamic metrics in predicting daylight availability and visual comfort in classrooms. **Renewable Energy**, v. 134, p. 669-680, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.11.072>

ACNOLEDGEMENTS

The authors would like to thank Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) and the Fundação de Apoio da UFMG (FUNDEP) for the financial support of the research.

02.

ESTRUTURA: DESEMPENHO E SEGURANÇA



**ENSUS
2024**

**02.**

ESTRUTURA: DESEMPENHO E SEGURANÇA



MADEIRA ENGENHEIRADA COMO TECNOLOGIA ALTERNATIVA NA ARQUITETURA: ANÁLISE DO PANORAMA GLOBAL DAS DISCUSSÕES DO MLC, CLT E LVL

*ENGINEERED WOOD AS AN ALTERNATIVE TECHNOLOGY IN
ARCHITECTURE: ANALYSIS OF THE GLOBAL OVERVIEW OF
DISCUSSIONS ON GLULAM, CLT, AND LVL*

Data de aceite: 29/08/2024 | Data de submissão: 23/08/2024

SANTOS, Samuel da Silva, Doutorando em Arquitetura

UFRGS, Porto Alegre, Brasil, E-mail: santos.samuel@ufrgs.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7608-240X>.

ALMEIDA, Jane Eliza, Doutora em Arquitetura e Urbanismo

UNEMAT, Barra do Bugres, Brasil, E-mail: jane.almeida@unemat.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9095-0074>.

TEIXEIRA, Matheus Zanghelini, Doutorando em Engenharia Civil

UFSC, Florianópolis, Brasil, E-mail: matheus.zt@posgrad.ufsc.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8022-3460>.

CORRÊA, Camila Alves, Doutoranda em Engenharia Florestal

UDESC, Lages, Brasil, E-mail: ca.correa@edu.udesc.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4172-063X>.

RESUMO

Os produtos de madeira engenheirada, como a Madeira Lamelada Colada (MLC), a Madeira Lamelada Colada Cruzada (CLT) e o *Laminated Veneer Lumber* (LVL), são soluções promissoras para o desenvolvimento sustentável no setor da construção civil nacional. Este estudo se concentra na definição e discussão do uso desses materiais industrializados em aplicações arquitetônicas, empregando mapeamento bibliométrico. Com propriedades construtivas eficientes, esses produtos alinham-se aos princípios da sustentabilidade. O estudo ressalta a necessidade de intensificar o debate e a adoção dessas tecnologias na construção civil brasileira, onde sua utilização ainda é mais comum em países europeus e norte-americanos.

Palavras-chave: Projeto; Arquitetura; Madeira industrializada; Construção Civil.

ABSTRACT

Engineered wood products, such as Glued Laminated Timber (GLT), Cross Laminated Timber (CLT), and Laminated Veneer Lumber (LVL), offer promising solutions for sustainable development in the national construction sector. This study focuses on defining and discussing the use of these industrialized materials in architectural applications through bibliometric mapping. With efficient structural properties, these products adhere to sustainability principles. The study emphasizes the need to intensify the debate and adoption of these technologies in Brazilian construction, where their use is currently more prevalent in European and North American countries.

Keywords: Project; Architecture; Engineered Wood; Construction Industry.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento sustentável é uma preocupação para o setor da construção civil, originando esforços no sentido de transpor os conceitos de sustentabilidade para o ambiente construído, atendendo a elevada quantidade de recursos do consumo, o quantitativo de resíduos que produz, a sua implicação na economia e a sua inter-relação com a sociedade.

No Brasil, o problema do descarte inadequado de resíduos é muito preocupante, a reciclagem é uma das principais alternativas como forma de proporcionar novas tecnologias em produtos construtivos, além da utilização de próprios recursos locais de origem natural (GANDINI, 2016).

A madeira está presente na vida do homem desde os primórdios servindo como sistema de abrigo, sempre exerceu um papel fundamental para o desenvolvimento da sociedade civil, em decorrência de sua versatilidade e resistência estrutural. Ao longo dos tempos foram sendo dominadas técnicas de manipulação que permitem sua utilização, esse material de fonte renovável foi o primeiro a ser utilizado para a construção de abrigos de proteção humana (JUNIOR, SILVA, SOARES, 2017).

O Brasil é um país de grande reconhecimento florestal, no entanto, na visão de muitos brasileiros, construções feitas em madeira são associadas a improviso, ou uma arquitetura considerada “pobre”. Algo extremamente enganoso, pois este quadro de rejeição do material herdado por um falho processo de aculturação, tem mudado com o passar dos tempos (MARTINI, 2013).

Segundo Shigue (2018), a substituição de materiais como aço, concreto e alumínio por componentes de madeira tem o potencial de contribuir na redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE), além de desempenhar um papel crucial no desenvolvimento sustentável da indústria da construção civil.

O mercado global de produtos de madeira engenheirada já vale US\$ 1,7 bilhão, com expectativa de alcançar US\$ 3,6 bilhões até 2027, impulsionado pela demanda por edifícios sustentáveis em razão da adesão do mercado à agenda ESG atendendo à crescente busca por mitigação dos impactos ambientais. Apesar de ser uma tecnologia nova no Brasil, produtos como o *Cross Laminated Timber* - CLT, a Madeira Lamelada Colada - MLC e o *Laminated Vanner Lumber* – LVL oferecem comprovada capacidade estrutural, funcional e estética, possibilitando projetos inovadores e facilitando sua aplicação por profissionais. Esses produtos, resultantes de avançada tecnologia de produção e seleção de matéria-prima, abrem novas possibilidades arquitetônicas (MARTINI, 2013; SANTOS, MORAES e TEREZO, 2022; ZEUG, BEZAMA e THRÄN, 2022).

O uso de sistemas construtivos de madeira laminada e lamelada colada na arquitetura nacional potencializa o surgimento de novas alternativas construtivas e fortalece pautas relacionadas a sustentabilidade incorporada a produtos de utilização no campo da arquitetura e engenharia. As discussões por meio de estudos que viabilizem a utilização do material possuem forte influência na difusão de sistemas construtivos de madeira, e contribui para o desenvolvimento

sustentável desejado pela Agenda 2030, que busca garantir um planeta saudável às futuras gerações (ONU, 2015).

Este trabalho tem como objetivo apresentar os três principais produtos engenheirados de composição laminada e lamelada colada em madeira, delineando análises de suas potencialidades para uso em projetos de arquitetura. Além disso, é avaliado o panorama mundial de discussão científica sobre a utilização desses produtos como sistema construtivo. Com isso, busca-se contribuir com o fortalecimento das discussões científicas sobre a temática e seu processo de aculturação quanto ao uso da madeira como material construtivo aplicado por meio de técnicas capazes de proporcionar edificações eficientes e de qualidade no setor de construção civil.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

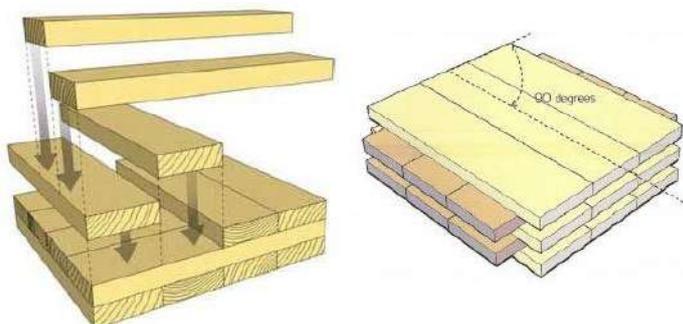
Os produtos de madeira laminada e lamelada colada oferecem capacidades estruturais superiores e propriedades que eliminam deficiências como rachaduras, nós e limitações de comprimento encontradas na madeira maciça. Adaptam-se a diversas aplicações, como vigas, caibros, painéis e assoalhos, sendo ideais para projetos arquitetônicos e de engenharia (DIAS, 2019). Suas propriedades físicas e mecânicas são determinadas pelas especificações da madeira utilizada e por rigorosos processos de fabricação e controle de qualidade.

Na arquitetura, são usados tanto em elementos não estruturais, como divisórias e fabricação de mobiliários, quanto em elementos estruturais, como telhados e paredes. Produtos industrializados de madeira oferecem flexibilidade dimensional, resistência mecânica e durabilidade, possibilita a produção de vigas, pilares, decks, revestimentos e outras necessidades arquitetônicas (WEI *et al.*, 2019; ZEUG, BEZAMA e THRÄN, 2022).

2.1. *Cross Laminated Timber* – CLT

Os painéis CLT são pré-fabricados e compostos por camadas de lamelas de madeira (tábuas) que são dispostas ortogonalmente, ou seja, sobrepostas de forma perpendicular entre si, e unidas com adesivo estrutural submetido a alta pressão (Figura 1). Um painel de CLT é composto por camadas em numeração ímpar, seja de 3, 5 ou 7; que resulta em placas com até 3,00 m de largura e 12,00 m de comprimento (CROSSLAM, 2016; CLT HANDBOOK, 2019).

Figura 1: Esquema de montagem de placas de CLT.



Fonte: Dias (2018).

Os painéis são fabricados, e levados até o local de montagem da estrutura. Após montar a estrutura projetada, os tetos e paredes podem receber argamassas e pinturas diretamente na superfície da madeira além do uso de placas de gesso, cimentícia e entre outras, que possibilita a aplicação de revestimentos convencionais como cerâmica e porcelanato em qualquer ambiente, até mesmo em áreas molháveis (DIAS, 2018; DIAS, 2019).

A montagem de edificações com as estruturas em CLT não exige um grande número de mão de obra, em razão das paredes e pisos utilizarem apenas conectores de metal para sua fixação e união entre eles (Figura 2). Atualmente existem diversos tipos de conexões utilizadas para fixar os painéis de CLT. Utiliza-se de parafusos ou conectores metálicos, como: cantoneiras, chapas perfuradas, T metálico, entre outros que possibilitem unir as diferentes peças estruturais (CROSSLAM, 2016; DIAS, 2018).

Figura 2: Montagem de paredes com placas de CLT.



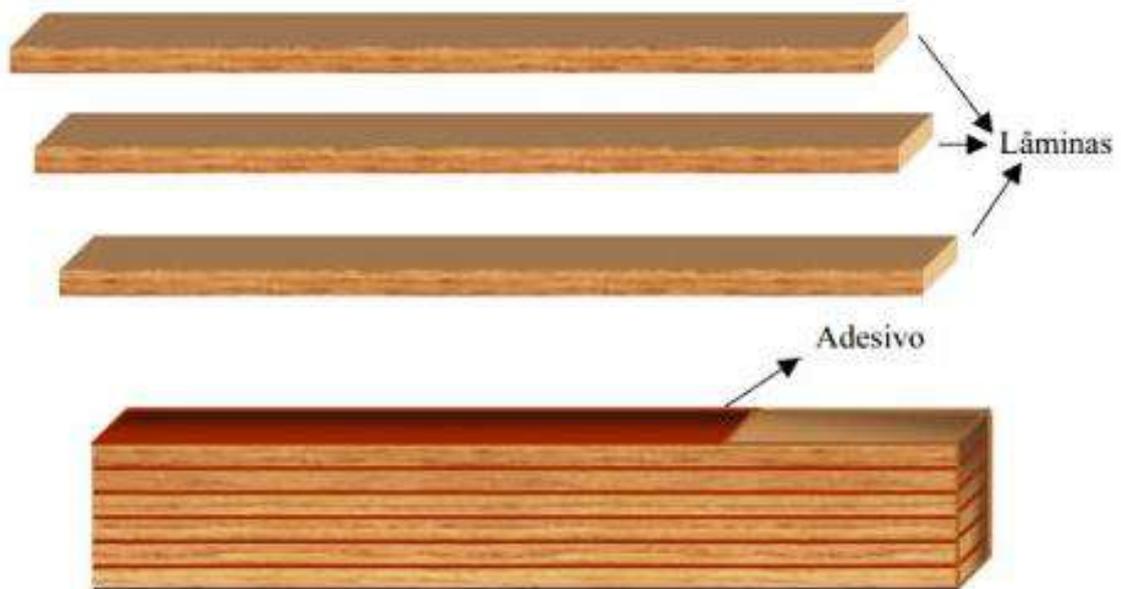
Fonte: Carpinteria (2019).

De acordo com Dias (2018), o CLT possui características físicas que propiciam um eficiente desempenho mecânico. Entre elas, estão as resistências à flexão e compressão, que por meio da estrutura de laminação cruzada proporciona uniformidade e alta capacidade mecânica. É possível criar vãos livres maiores, balanços e cargas que podem ser projetadas em diferentes direções que propiciam ao projetista novas, diferentes e inovadoras possibilidades de design na arquitetura.

2.2. Madeira Lamelada Colada- MLC

O MLC consiste na fabricação realizada por meio da técnica de união de lamelas (tábuas) unidas por adesivos (Figura 3). A formação do MLC constitui-se na disposição em que as fibras estejam paralelas entre si, projetando as mais diversas formas estruturais, desde pequenas passarelas e abrigos, até mesmo grandes estruturas das mais variadas formas estéticas, chegando a cobrir vãos com até 100 m sem a necessidade de qualquer apoio.

Figura 3: Princípio básico da formação do MLC.



Fonte: Shigue (2018).

Segundo Migliani (2019), o produto de MLC possui propriedades que oferecem alta durabilidade e resistência à umidade. Utiliza-se na construção de vigas, pilares, pergolados, coberturas, passarelas, escadas, painéis e em diversos revestimentos. Esse produto lamelado colado proporciona peças de madeira estrutural capazes de produzir formas curvas e arqueadas. A possibilidade da realização de grandes envergaduras ocorre por possuir capacidade de suporte de carga, baixo peso próprio e flexibilidade com curvaturas que permite construir formas arquitetônicas com maior liberdade (Figura 4).

Figura 4: MLC permite flexibilidade da forma com curvatura.



Fonte: Calil (2024).

De acordo com Dias (2018), as estruturas feitas em MLC possui alta resistência ao fogo, a substâncias químicas, aplicação de forças mecânicas, estabilidade dimensional, exige um número menor de ligações e possui leveza que propicia um fácil manuseio do material na sua montagem, além de ser de matéria prima renovável. Sua conexão é feita com a ajuda de parafusos, buchas e chapas de aço (NETO, 2010).

2.3. Laminated Vanner Lumber – LVL

O LVL segue o mesmo princípio básico de montagem do MLC, o que difere é que nesse produto ocorre a união de lâminas e não lamelas de madeira, posteriormente, também coladas por adesivo estrutural adequado. Os folheados de madeira que formam o LVL podem ser de 2 a 4 mm de espessura colados por adesivos fenólicos resistentes às intempéries (Figura 5). A tecnologia empregada na fabricação do LVL possibilita maiores dimensões do produto final sem muitas limitações, o que permite sua utilização na produção de painéis de madeira que podem derivar na produção de outros produtos de aplicação estrutural. Um produto de LVL é comparado ao potencial de resistência de uma madeira maciça, concreto e até mesmo do aço (MULLER, 2009; LVL HANDBOOK EUROPE, 2019).

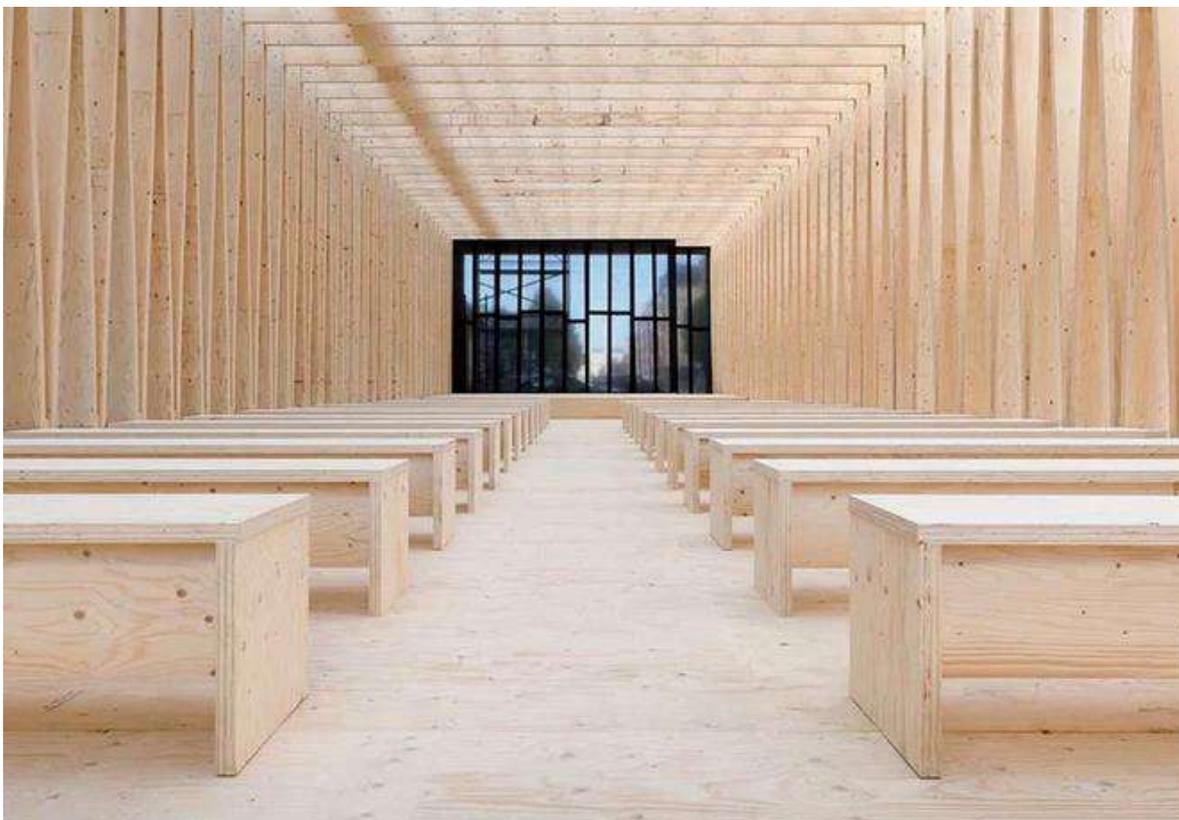
Figura 5: Chapas de LVL.



Fonte: autores.

O LVL proporciona versatilidade para a execução de projetos de arquitetura e engenharia e possibilita substituir peças de madeira utilizadas convencionalmente em usos estruturais, tanto em aplicações externas ou internas, na aplicação de acabamentos, elaboração de mobiliário, e outros usos de possível emprego ao material como apresentado na figura 6 (SOUZA, 2009).

Figura 6: Sala de Estudos com estrutura e mobiliário em LVL (*Aalto University* – Finlândia).



Fonte: StoraEnso (2017).

O LVL possui capacidade mecânica de suportar cargas pesadas, além de percorrer distâncias maiores do que a madeira maciça. O produto laminado possibilita a realização de cortes em diferentes formas que viabilizam a criação de inovações estruturais com formas angulares e curvas. Além disso, trata de um material econômico e sustentável, proporciona uma alta confiabilidade e resistência estrutural nas aplicações dentro da engenharia e arquitetura (DIAS, 2019).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esse trabalho tem como um dos seus procedimentos metodológicos uma ampla pesquisa bibliográfica. Para a etapa de coleta de dados, definiu-se a base de dados Scopus® e banco de dados próprio, fruto de pesquisas já realizadas anteriormente. Para a coleta de dados do panorama de discussão científica sobre a utilização dos produtos de CLT, MLC e LVL foi possível identificar em uma amostra de 1.780 artigos entre o período de 10 anos (2013 a 2023).

Para delinear o levantamento da literatura científica pertinente, foi utilizada das seguintes frases-chaves: Madeira Lamelada Colada, *Cross Laminated Timber*, e *Laminated Veneer Lumber* aplicado na construção civil. As informações de citação e as bibliográficas dos artigos foram exportadas da base de dados em formato CSV (excel) e importadas na ferramenta VOSviewer®, um software que cria, visualiza e explora mapas bibliométricos. No VOSviewer® foi gerado mapas dos principais países que publicam artigos e fomentam discussões com a temática de interesse.

Com os mapas elaborados, foram explorados artigos com o objetivo de identificar os estudos mais relevantes sobre o uso de CLT, MLC e LVL como produtos de madeira laminada e lamelada colada, categorizados como engenheirados e aplicados no setor da construção civil. O intuito foi obter uma visão abrangente do panorama mundial sobre a aplicabilidade das tecnologias sustentáveis baseadas em madeira em projetos arquitetônicos. Compreender o desenvolvimento dessas tecnologias sob a ótica da utilização da madeira como material construtivo em novas concepções projetuais, além de possibilitar análises e avaliações acerca da representatividade global desses produtos na engenharia e arquitetura contemporânea.

4. RESULTADOS

Com base no levantamento bibliográfico e no cruzamento dos dados coletados, foi possível elaborar mapas bibliométricos para cada um dos produtos engenheirados. Esses mapas serão apresentados e discutidos a seguir, proporcionando uma análise detalhada da distribuição e relevância científica de cada tecnologia no contexto global.

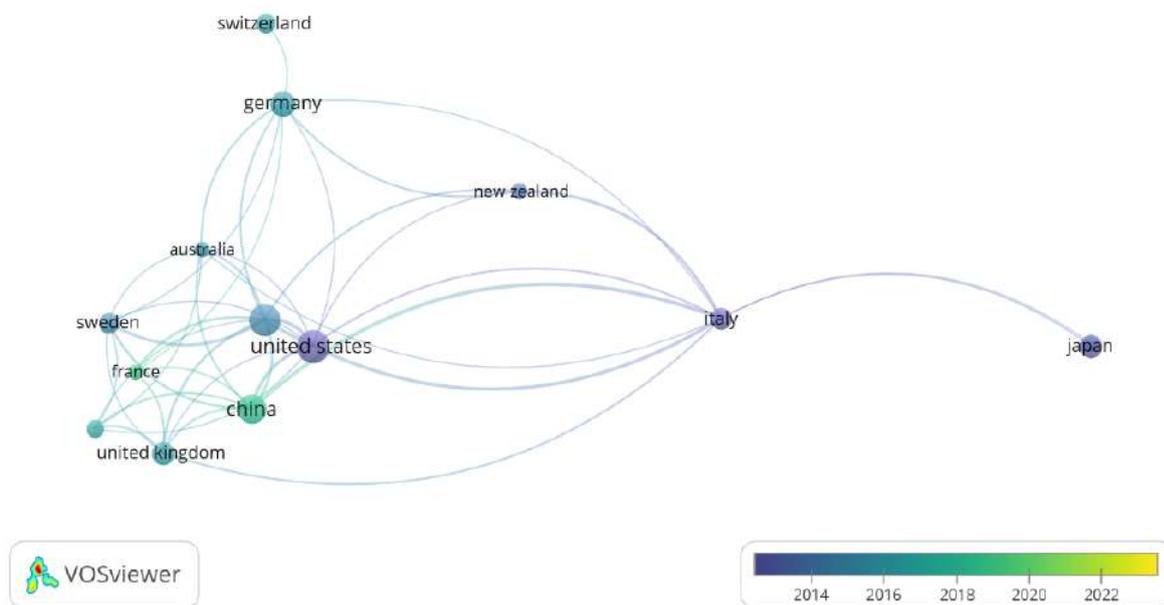
4.1. Panorama global do *Cross Laminated Timber* – CLT

O conhecimento de utilização do CLT como material de construção civil, já possui uma extensa rede de pesquisadores em diferentes países que produzem materiais técnico-científico como forma de comprovar suas potencialidades de uso em projetos de arquitetura. O mapa apresentado revela os principais países com

4.2. Panorama global da Madeira Lamelada Colada- MLC

O MLC é um dos produtos de madeira engenheirada que possui uma ampla utilização no setor de construção civil e forte presença nas produções científicas com abordagens de sua aplicabilidade em projetos de arquitetura e engenharia. Na Figura 8, é possível identificar que os Estados Unidos, a China e a Alemanha estão entre os países com maior número de produção científica, a respeito da aplicação do MLC como produto de construção civil. As conexões entre esses países indicam uma colaboração significativa, especialmente entre Estados Unidos, Alemanha e Suíça, o que sugere um intercâmbio de conhecimento técnico substancial nessa área.

Figura 8: Mapa dos principais países com produção científica sobre o MLC.



Fonte: autores.

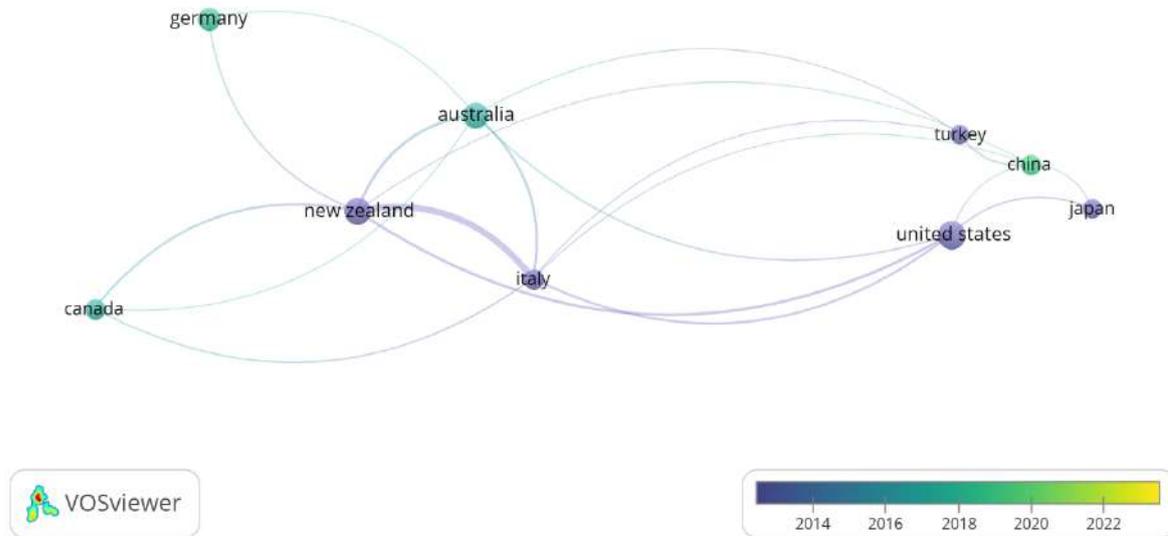
A concentração de pesquisa em países europeus e nos Estados Unidos sugere um foco regional mais forte, o que pode limitar, mas também especializar a disseminação da tecnologia. No entanto, a forte colaboração entre esses países pode facilitar a padronização e a transferência de conhecimento.

A presença significativa do Japão e da Itália, países com tradição em técnicas construtivas avançadas, reflete um interesse crescente pelo MLC em regiões que historicamente valorizam a inovação arquitetônica e a sustentabilidade. Esse movimento pode estimular a adoção de práticas mais sustentáveis na construção civil, alinhando-se com as metas globais de redução de impacto ambiental.

4.3. Panorama global do *Laminated Vanner Lumber* – LVL

Em um panorama mundial sobre a discussão do produto de madeira laminada em LVL como sistema construtivo, os países com maior difusão desse conhecimento científico são: Estados Unidos, Nova Zelândia e Austrália. O Brasil não aparece como produtor científico acerca dessa temática, dando maior destaque para a China com produções científicas mais atualizadas, seguidas da Austrália, Alemanha e Canadá em relação ao período analisado (Figura 9).

Figura 9: Mapa dos principais países com produção científica sobre o LVL.



Fonte: autores.

A distribuição geográfica é um pouco mais dispersa em comparação com CLT e MLC, indicando um foco de pesquisa talvez mais especializado e menos difundido globalmente. Embora seja uma tecnologia promissora, a menor participação de países e a rede de colaboração menos intensa podem indicar que o LVL ainda está em processo de consolidação e adoção global. Isso representa uma oportunidade para intensificar a pesquisa e as colaborações internacionais, especialmente em países que ainda não têm uma tradição sólida no uso desse produto engenheirado.

A produção científica concentrada em países tecnologicamente avançados, como os mencionados, facilita a padronização de métodos de produção e uso do LVL, o que pode acelerar sua adoção em mercados emergentes. No entanto, a ausência de países em desenvolvimento no mapa destaca um desafio: a necessidade de ampliar o alcance das pesquisas e a transferência de tecnologia para regiões com menos tradição na construção com madeira engenheirada.

5. ANÁLISES DOS RESULTADOS

Todos os três mapas mostram um padrão de colaboração entre os principais países, o que é crucial para o desenvolvimento e disseminação de novas tecnologias construtivas. Entretanto, a intensidade e o número de conexões variam. O CLT apresenta a rede mais ampla, sugerindo um maior interesse global na tecnologia. O MLC, embora tenha uma rede de colaboração menor, mostra uma forte conexão entre países líderes. Já o LVL, apesar de sua rede menor, ainda assim envolve uma colaboração significativa, especialmente entre Estados Unidos e Itália.

O CLT se destaca como a tecnologia com maior potencial para disseminação global devido à sua ampla rede de colaboração e produção científica diversificada. No Brasil é um dos países com menor concentração de discussões científicas sobre a temática, entretanto o fato de estar presente no mapa já é um resultado consideravelmente positivo de avanço do conhecimento. Em razão da natureza

relativamente nova dessa tecnologia, que está gradualmente ganhando espaço e aceitação nacional, é possível identificar que as discussões adquirem maior atualidade durante o período analisado.

O MLC, com sua base forte em países europeus e nos Estados Unidos, possui um foco mais especializado, mas igualmente importante para a inovação em construção sustentável. O Brasil não se encontra entre os principais produtores desse conhecimento, com destaque para a China e França com maior atualidade de produções científicas.

Por fim, o LVL, enquanto emergente, ainda precisa de maior desenvolvimento colaborativo para alcançar um impacto global semelhante ao do CLT e do MLC. Trata-se de um produto ainda pouco explorado no Brasil, entretanto, já existe sua utilização e fabricação em território nacional. A nacionalização desse produto laminado contribui no processo de aculturação sobre a utilização de elementos construtivos em madeira e potencializa a difusão de novas tecnologias sustentáveis para a aplicação no setor de construção civil. O avanço desses produtos engenheirados dependerá da ampliação das colaborações internacionais e da inclusão de países em desenvolvimento no processo de pesquisa e avanços.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É inegável a forte relevância de discussões acerca da necessidade de se pensar novos materiais construtivos que possam atender as necessidades do ser humano, sem que provoque ou impacte de forma negativa o meio ambiente e comprometa o futuro sustentável do planeta terra. Materiais renováveis de base biológica, neste caso, podem substituir materiais fósseis e levar a menores impactos parcialmente significativos e conseqüentemente o aumento da sustentabilidade. A madeira é uma das alternativas mais promissoras para a construção civil. Quando utilizada com técnicas adequadas, seu potencial construtivo pode gerar efeitos positivos na relação entre o ser humano, o futuro da construção e o meio ambiente.

O CLT, MLC e o LVL destacam-se como sistemas construtivos inovadores e eficazes para aplicação na construção civil. Assim como outros meios convencionais de construção, esses produtos podem ser revestidos, recortados e submetidos a outras intervenções. Suas características incluem flexibilidade, maiores dimensões, propriedades físicas e mecânicas eficientes, além de rápida execução, entre outras. Estas características os tornam produtos com potencial sustentável para aplicação na arquitetura. Estudos demonstram a capacidade estrutural, funcional e estética desses produtos na construção, beneficiando seus usuários.

Apesar de ainda ser pouco empregada no território nacional, já existem evidências concretas da eficácia e legitimidade da tecnologia em termos de resistência mecânica, versatilidade e eficiência como produtos para o setor de construção civil. A madeira é o símbolo contemporâneo de modernidade e futuro. Competem aos profissionais de arquitetura, engenharia, madeireiros e outros que trabalham com esse material de fonte renovável, firmar o elo que falta entre as tecnologias avançadas no campo da construção, as madeiras cultivadas no Brasil e o maior compromisso na difusão de conhecimentos na área.

REFERÊNCIAS

- CLT HANDBOOK. **CLT structures – facts and planning**. Stockholm, Suécia, 2019.
- CROSSLAM. **Apresentação CLT**, 2016. Disponível em: <http://www.crosslam.com.br/home/sites/default/files/apresentacaoCLT.pdf>. Acesso em: 23Set.2022.
- DIAS, A. CARPINTERIA: Carpinteria fecha parceria com empresa de vigas LVL, 2019. Disponível em: <https://carpinteria.com.br/2019/01/15/carpinteria-fecha-parceria-com-empresa-de-vigas-lvl/>. Acesso em: 23Jul.2021.
- DIAS, A. CARPINTERIA: Conheça as vantagens da MLC – Madeira Laminada Colada (GLULAM), 2018. Disponível em: <https://carpinteria.com.br/2018/11/02/conheca-as-vantagens-da-mlc-madeira-laminada-colada/>. Acesso em: 23Fev.2023
- DIAS, A. CARPINTERIA: Madeira Laminada Colada Cruzada (CLT); Produção e Desenvolvimento, 2018. Disponível em: <https://carpinteria.com.br/2018/04/08/madeira-laminada-cruzada-clt/>. Acesso em: 23Fev.2023.
- GANDINI, J. M. D. Aplicação de conceitos de sustentabilidade no desenvolvimento de projeto de componentes estruturais pré-fabricados com emprego de madeira de florestas plantadas. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Carlos-SP, 2016.
- JUNIOR, C. R. C; SILVA, W. C. R; SOARES, T. M. L. **Uso da madeira na construção civil**. V.2. Rio de Janeiro, 2017. Pag. 79-93.
- LVL HANDBOOK EUROPE. *Federation of the Finnish Woodworking Industries*, 2019. Punamusta, Finland 2019.
- MARTINI, S. Madeira engenheirada, **Revista opiniões**, São Paulo, 2013.
- MIGLIANI, A. ARCHDAILY: O que é Madeira Laminada Colada (MLC ou Glulam), 2019. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/928061/o-que-e-madeira-laminada-colada-mlc-ou-glulam>. Acesso em: 20Abr.2023.
- MULLER, M. T. Influência de diferentes combinações de lâminas de *Eucalyptus saligna* e *Pinus taeda* em painéis estruturais LVL, 2009. Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Santa Maria-RS, 2009.
- NETO, C. C. A madeira laminada colada. **Revista da madeira**, Edição N°124, 2010.
- ONU. Organização das Nações Unidas. Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. 2015.
- SANTOS, S. S.; MORAES, P. D.; TEREZO, R. F. Fabricação de chapas de laminated veneer lumber (LVL) com madeira de pinus. **4º Congresso luso-brasileiro de materiais de construção sustentáveis**, p 269–281, 2022.

SHIGUE, E. K. Difusão da Construção em Madeira no Brasil: Agentes, Ações e Produtos. 2018. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia -- Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos-SP, 2018.

SOUZA, F. Propriedades mecânicas, físicas, biológicas e avaliação não destrutiva de painéis de lâminas paralelas (LVL) com madeira de *pinus oocarpa* e *p. kesiya*. 2009. xv, 118 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) –Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

TAVARES, S. F.; INO, A.; OMETTO, ARc. Construção em Madeira e Edificação Circular: potencialidades para a sustentabilidade. **In: 6th International Workshop/ Advances in Cleaner Production**– Brazil, 2017.

WEI, Y; RAO, F; YU, Y *et al.* *Fabrication and performance evaluation of a novel laminated veneer lumber (LVL) made from hybrid poplar. European Journal of Wood and Wood Products.* v 77, p 381–391, 2019.

ZEUG, W; BEZAMA, A; THRÄN, D. *Application of holistic and integrated LCSA: Case study on laminated veneer lumber production in Central Germany. The International Journal of Life Cycle Assessment.* v 27, p 1352–1375, 2022.

PROPOSTA DE CARTILHA DE AUTOGESTÃO A PARTIR DA BIOCONSTRUÇÃO: CENTRO DE APOIO À CRIANÇA – ILHA DA PINTADA, PORTO ALEGRE

PROPOSAL FOR A SELF-MANAGEMENT BOOKLET FROM BIOCONSTRUCTION: CHILD SUPPORT CENTER – ILHA DA PINTADA, PORTO ALEGRE

Data de aceite: 15/09/2024 | Data de submissão: 14/09/2024

COSTELLA BERTEI, Angela, Bacharel em Design Gráfico e Produto - UNIJIÚ e acadêmica de Arquitetura e Urbanismo - UNISINOS

Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Porto Alegre, Brasil, E-mail:

angelacostellabertei@edu.unisinos.br

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-8897-6911>

GRUB, Julian, Doutor em Arquitetura e Urbanismo

Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Porto Alegre, Brasil, E-mail:

juliang@unisinos.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6139-4371>

RESUMO

O cenário arquitetônico da Ilha da Pintada em Porto Alegre é marcado por precariedade construtiva, com técnicas tradicionais de baixa qualidade, desconsiderando habitabilidade e adaptabilidade. Este ensaio propõe uma arquitetura econômica e de fácil execução por meio da autogestão. O artigo discute a importância da autogestão participativa com técnicas não tradicionais e reaproveitamento de materiais locais, aproximando universidade e comunidade. A metodologia baseou-se na disciplina Conforto Ambiental I, levantamentos cadastrais, diagnósticos físico-ambientais e bibliografias. O resultado é uma cartilha de autogestão para um centro de apoio à criança, aplicando a bioconstrução para capacitar e sensibilizar a comunidade.

Palavras-chave: Autogestão; Bioconstrução; Sustentabilidade.

ABSTRACT

The architectural setting of Ilha da Pintada in Porto Alegre is marked by a huge construction precariousness, with traditional techniques of low quality, disregarding habitability and adaptability. This essay proposes an economical and easy-to-implement architecture through self-management. The article discusses the importance of participatory self-management with non-traditional techniques and reuse of local materials, bringing university and community together. The methodology was based on the Environmental Comfort I discipline, cadastral surveys, physical-environmental diagnoses and complementary bibliographies. The result is a self-management booklet through the theme – child support center, applying bioconstruction to empower and raise awareness in the community.

Keywords: Self-management; Bioconstruction; Sustainability.

1. INTRODUÇÃO

A precariedade construtiva existente nas comunidades carentes, baseada por técnicas tradicionais de baixa qualidade, alto custo e difícil execução, impacta diretamente a forma de fazer arquitetura. Portanto, torna-se urgente pensar novas práticas propositivas de projeto, através da autogestão objetivando maior eficiência com menor impacto ambiental.

A realidade de se construir a própria casa ou abrigo nos dias de hoje já não é mais tão incomum, visto que para muitos povos isso ainda acontece de maneira tradicional, de modo a constituir identidade, autonomia e sobrevivência. São conhecimentos adquiridos ao longo do tempo, através de um processo de aprendizado lento, passados de geração em geração. Técnicas locais fortalecem a identidade e a memória das comunidades, servindo como alternativa para a construção de abrigos há várias gerações (DIEGUES *et al*, 1999).

Além disso, possibilidades de combinação da autogestão com a bioconstrução mostraram-se como alternativas bastante eficientes em diferentes contextos. No oeste de Santa Catarina, técnicas como o superadobe (terra ensacada) e outras técnicas como o pau-a-pique foram também utilizadas com sucesso para a recuperação de residências da zona rural da região, por meio da participação da comunidade e com baixo custo. O superadobe é uma técnica muito utilizada para a construção de abrigos de modo rápido e fácil, a qual fora empregada em catástrofes naturais, como no caso do terremoto que atingiu o Haiti em 2010 (PROMPT, BORELA, 2010). Essas técnicas foram empregadas, portanto, na construção do projeto, pois são de fácil execução e uma resposta para os materiais provenientes no local, como o barro e os resíduos que podem ser reaproveitados/reciclados.

Com o auxílio de uma cartilha de autogestão, o artigo se propõe à reflexão destas novas práticas, através da construção de um espaço que sirva principalmente para o apoio à criança (ensaio projetivo), mas que também seja multifuncional, ampliando a possibilidade de uso pela comunidade. Além disso, objetiva-se para o desenvolvimento do projeto usar matéria prima da região e o reaproveitamento dos próprios resíduos presentes no local.

Situada no Bairro Arquipélago de Porto Alegre, a Ilha dos Marinheiros, na qual encontra-se a Ilha da Pintada, é uma região que apresenta grande precariedade e vulnerabilidade, tanto social quanto educacional. O cenário é palco para casas insalubres, às margens das águas do Rio Guaíba. O local também está extremamente vulnerável à frequentes inundações, devido às mudanças climáticas observadas recentemente, mais especificamente em maio de 2024. Portanto, trata-se de uma área extremamente carente em diversos aspectos.

Segundo últimos dados do IBGE (2010) e da Companhia de Processamento de Dados de Porto Alegre (PROCEMPA, 2010), o bairro possui cerca de 8330 habitantes, o que representa cerca de 0,59% da população do município. Sua área é de 44,2km², equivalente à 9,28% da área do município, sendo a sua densidade demográfica de 188,46 habitantes por km².

Ainda segundo o IBGE e a PROCEMPA (2010), a taxa de analfabetismo é de 7,71% e a renda média dos responsáveis por domicílio é de 2,03 salários-mínimos. Com relação à emprego, cerca de 58,52% da população local possui carteira assinada e 30,76% dos trabalhadores completaram o ensino médio. A taxa de mortalidade, por sua vez, em 2010, ficou em 15,75 para cada mil nascidos vivos e o percentual de gravidez na adolescência é de 3,86%. Em comparação à isso, para todo o município de Porto Alegre, esses índices ficam em 11,6 para cada mil nascidos vivos e 2,29%, respectivamente.

Assim, visando melhorar esses fatores e a qualidade de vida como um todo, a arquitetura e a bioconstrução podem representar um importante papel dentro desse cenário, com muito a contribuir de modo a minimizar os efeitos climáticos, promover a educação e a autogestão em comunidades carentes. A técnica adotada no bairro, volta-se ao uso do barro através do sistema superadobe e taipa de mão. A escolha foi definida a partir dos seguintes pontos: rápida execução, custo de manutenção, matéria-prima local (barro, descartes de madeiras e sacos de lixos), com apoio dos galpões de reciclagem existentes no bairro.

2. BIOCONSTRUÇÃO, AUTOGESTÃO E TÉCNICAS CONSTRUTIVAS

A autogestão aplicada à habitação é um elemento primordial e capaz de transformar cenários, pois nasceu como estratégia construtiva por meio da própria comunidade organizada, com o intuito de garantir moradia. O conceito vai muito além de somente uma habitação/abrigo com baixo custo e voltado à bioconstrução, mas fala também sobre construção de cidadania e mostra-se exemplar como estratégia de sobrevivência tradicional amplamente aplicado por todo o território nacional (FERREIRA, 2014). Vale destacar a importância do acompanhamento técnico, apoiando e orientando de forma correta estas práticas, garantindo a qualidade dos espaços e a segurança dos ocupantes.

Na sequência serão abordados os principais conceitos aplicados ao estudo em questão – bioconstrução, autogestão e as técnicas construtivas superadobe e taipa de mão, os quais são de suma importância para entendermos a conexão dos conteúdos e aplicação direta no ensaio de projeto.

2.1. Bioconstrução e Autogestão na Arquitetura

Conforme afirma Moreira (2020, p.01) “[...] a bioconstrução é conhecida como a concepção de ambientes sustentáveis a partir do emprego de materiais e técnicas de baixo impacto ambiental, levando em conta parâmetros como a adequação às condições locais e o tratamento de resíduos”. Sendo assim, tratam-se de alternativas que trabalham em prol da sustentabilidade e funcionam bem quando aplicadas corretamente.

Na bioconstrução existem diversas técnicas e os materiais naturais são amplamente explorados, tais como: composições de solo, madeira, pedras, bambu, capim seco, argila, fibras secas, dentre outros. Quando se trata de materiais industrializados, sempre se opta por materiais recicláveis e pelo reúso da construção civil, como: papel, borracha, vidro, latas de alumínio, PET's, dentre

outros (BRAUN, 2001). Para a elaboração do presente estudo, fizeram-se como escolha de projeto a fundação em superadobe e a taipa de mão para as paredes. Os materiais empregados foram: bambu, pallet, barro, telha cerâmica e plástico para a amarração da estrutura das paredes de taipa de mão.

Essas práticas, contudo, funcionam ainda melhor quando trabalhadas de modo cooperativo e junto da comunidade. Para Camillis, (2016, p. 225) “a prática da bioconstrução abre espaço para que a cooperação se desenvolva, pois é através dessa que ocorre o organizar da bioconstrução”. As diferentes técnicas da bioconstrução possibilitam com que haja gestões diferentes, tendo como base as pessoas, o material, e também as relações que esse possibilita. O conjunto aplica como resultado, possibilidades diversas de conexão tanto arquiteto-comunidade quanto indivíduo-sociedade (CAMILLIS, 2016).

A complementar essa discussão, Colombo (2014) acredita que o futuro da construção civil está na bioconstrução, visto que alia tecnologias presentes com o modelo do passado com o intuito de trabalhar com materiais não ou pouco industrializados, tornando o sistema mais orgânico e sem causar danos ou impactos à natureza.

2.2. Arquitetura Sustentável e Autogestão

Em meio à tantos conceitos sobre sustentabilidade e a ampla utilização do termo, uma postura bastante clara, abrangente e atual é dada por Mülfarth (2003, p.7) quando a coloca como: “uma forma de promover a busca pela igualdade social, valorização dos aspectos culturais, maior eficiência econômica e menor impacto ambiental nas soluções adotadas [...] garantindo a competitividade do homem e das cidades.

Além disso, a arquitetura sustentável também é capaz de promover aumento da qualidade de vida do ser humano no ambiente construído e entorno, além de integrar e valorizar características do clima e vida locais, bem como reduzir o uso de recursos naturais (CORBELLA, 2003).

A autogestão, por sua vez, pode contribuir e complementar o conceito de sustentabilidade dentro da arquitetura, tendo em vista que para Ferreira (2014), o conceito implica na produção de moradias sob a organização dos próprios futuros moradores e da comunidade, os quais são protagonistas do gerenciamento das diferentes etapas do processo construtivo. Além disso, para Delaqua (2021) a autogestão aplicada à produção habitacional é fruto de um longo processo histórico, o qual partiu de organização social com o objetivo claro de materializar moradia a todo e qualquer cidadão. A autogestão, portanto, é uma maneira pela qual futuros usuários possuem poder de decisão no processo de construção.

Delaqua (2021) também acrescenta que a união dos diferentes pontos de vista da comunidade com o olhar do arquiteto, podem gerar soluções inovadoras. O resultado, por sua vez, é não somente uma obra mais eficiente e adaptada com o contexto no qual está inserida, mas sim, um conjunto de fatores para gerar oportunidades e novos caminhos para aqueles que participam da construção.

A partir da abordagem desses conceitos, é possível melhor compreender a relação entre ambos e por quais motivos faz-se relevante aplicá-los conjuntamente no referido ensaio de projeto, posto que tanto a temática abordada quanto a solução dos diversos problemas apresentados na região de estudo vão muito além de

atender questões relacionadas à arquitetura sustentável e a otimização de recursos, mas falam também sobre cidadania, busca por uma melhor qualidade de vida e igualdade social, e isso também trata-se de sustentabilidade.

2.3. Construindo com uma comunidade: construção com superadobe

Uma das técnicas utilizadas para o ensaio de projeto em questão foi o superadobe, aplicada na fundação. Conforme Prompt (2008), o superadobe é uma técnica de bioconstrução que utiliza terra ensacada e comprimida para executar paredes e coberturas. Somando-se à isso, Lengen (2014) afirma que o superadobe pode ser classificado como uma ecotécnica construtiva, pois atende a uma série de quesitos os quais efetivamente contribuem para um ambiente construído equilibrado e sustentável. Além disso, permite construir da fundação ao telhado, demonstrando versatilidade e ampla aplicabilidade para essa técnica construtiva.

Com o intuito de trabalhar juntamente da comunidade da Ilha da Pintada, é trazido a seguir um exemplo onde a organização sem fins lucrativos *GA Collaborative*, estabelecida nos Estados Unidos, realizou o treinamento de uma comunidade em Ruanda, África Oriental, visando construir uma edificação modelo na região. A construção trata-se de uma pequena residência unifamiliar que servirá de protótipo para uma série de habitações que os designers da *GA Collaborative* irão construir em Masoro para membros da cooperativa de mulheres l'Association Dushyikirane. Com ações como essa, a *GA Collaborative* visa trazer qualidade de vida e construção não somente como um produto finalizado, mas sim como um caminho de abertura para amplas possibilidades para a comunidade local e para setores como educação, economia, cultura, dentre muitos outros. (SURVANT, 2013). Através da Figura 1 é possível observar o processo produtivo e envolvimento da comunidade na construção da edificação.

Figura 1: Masoro Village Project.



Fonte: Archdaily, 2013. Disponível em: [<https://www.archdaily.com.br/br/01-153361/masoro-village-project-slash-ga-collaborative>]. Acesso em: 23/01/2024.

Esse processo visual é interessante, pois traduz de forma bastante próxima como se daria a conexão/comunicação e construção com a comunidade da Ilha da Pintada. A conexão entre o profissional arquiteto, a academia e a comunidade, funcionariam de modo harmônico. Além disso, vínculos entre a própria comunidade seriam construídos por meio da autogestão e da utilização de técnicas não convencionais de construção.

2.4. Construindo com uma comunidade: construção com taipa de mão

Também denominada de taipa de sopapo, de sebe, barro armado ou pau-a-pique, a técnica da taipa de mão mostra-se como uma variedade de construção em terra crua bastante promissora para a construção. Conforme a definição de Di Marco (1984), a técnica consiste no preenchimento interno de uma parede que pode ter sua estrutura interna de madeira ou bambu e ser formada por ripas horizontais ou verticais. A amarração das ripas pode ser realizada com diversos materiais, como: cipó, barbante, prego, tiras feitas de couro, arame, plástico, dentre outros. Para o preenchimento é utilizada uma mistura de água, terra e fibras.

Essa mistura de terra, por sua vez, é jogada com as mãos do lado de dentro e de fora ao mesmo tempo pelos taapeiros, e então é apertada sobre a trama da parede, de modo a fortalecer a estrutura. Somando-se a isso, Weimer (2005) afirma que construir com a técnica de taipa traz inúmeras vantagens, pois tratam-se de construções extremamente sustentáveis, seguras e de baixo custo. Além disso, a terra não contamina o ambiente e pode ser obtida no local da obra, não sendo necessário transporte. De modo a relacionar essa técnica com a autogestão, Camillis (2016, p.227) traz uma reflexão interessante: “O barro organiza a bioconstrução como prática de cooperação”. Ainda conforme a mesma autora, a bioconstrução e o barro trazem uma série de pontos interessantes, tais como:

A busca constante por relações horizontais, mesmo entre diferentes; a troca de informações; o tempo de realização de uma bioconstrução que faz com que vínculos humanos e não-humanos se formem; a atividade de observação do material, do tempo e, também do outro que está colocando barro no outro lado da parede; o enfrentamento de desafios – sem pesquisa, pouco reconhecimento – embora tendo uma abundância de material (Camillis, 2016, p. 226).

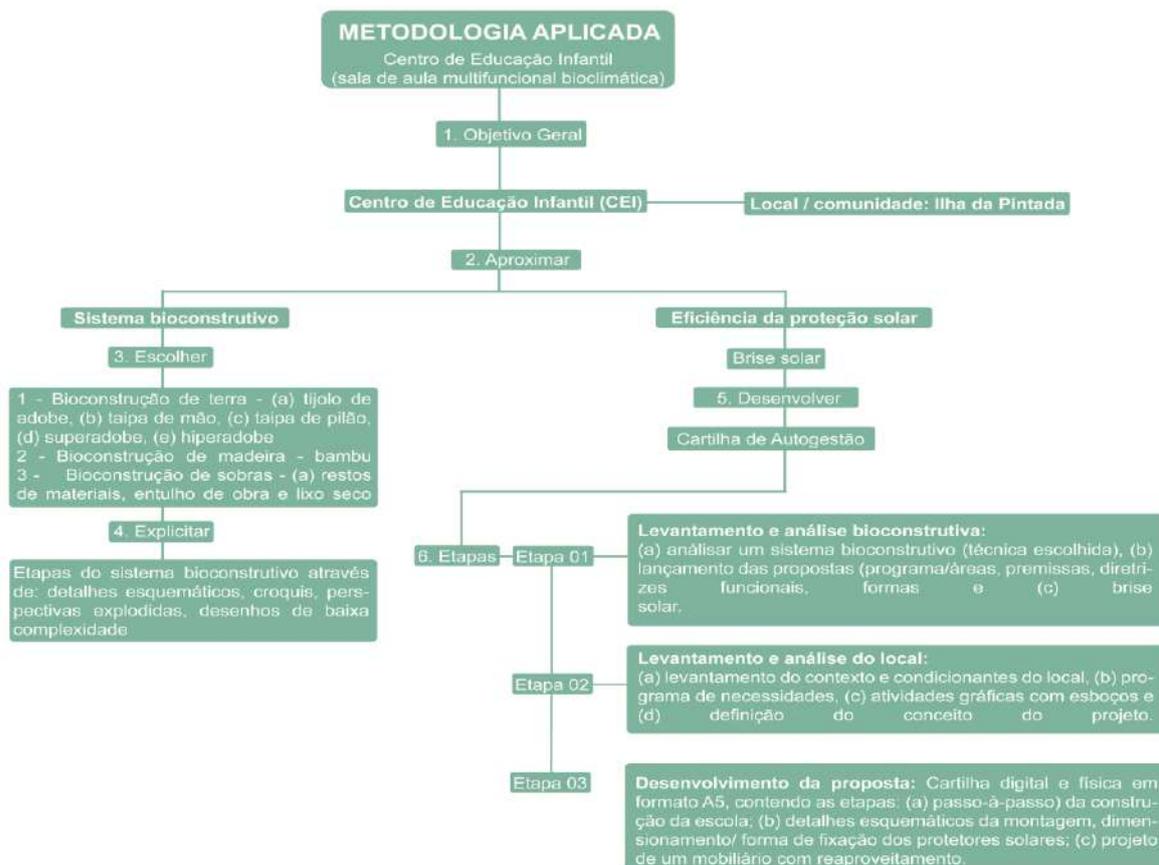
A partir desses conceitos e discussões, torna-se cada vez mais claro que os conceitos de bioconstrução, arquitetura sustentável e autogestão caminham juntos, e dentro desse universo, é possível trabalhar com diversos materiais e técnicas diferentes. Sendo a taipa de mão e o superadobe escolhidos para o estudo em questão, ambos funcionam bem em conjunto, e quando utilizados e aplicados juntamente com a comunidade, resultam não somente em um projeto que visa a sustentabilidade, mas também na criação e desenvolvimento de fortes vínculos entre a própria comunidade e oportunidades. O cronograma da disciplina de Conforto Ambiental I não permitiu visitas de campo e análises mais aprofundadas da comunidade in loco, sendo feito apenas levantamentos e análises com base em documentação e bibliografias atualizadas a respeito do local.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente artigo é resultado de produção teórico-prática da disciplina de Conforto Ambiental I do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS). O mesmo baseou-se na estruturação do edital da disciplina, na qual foi desenvolvido um ensaio de projeto de um centro de educação infantil (CEI), apropriando-se de um sistema bioconstrutivo (natural) com a eficiência da proteção solar. Além disso, utilizou-se de referências bibliográficas que servissem como respaldo ao tema. A metodologia estruturou-se em quatro

momentos, sendo eles: 1) levantamento cadastral – local / programa / técnica; 2) diagnósticos físico-ambiental; 3) proposições e 4) autogestão – procedimentos de execução. O objetivo final é o desenvolvimento de uma proposta de cartilha de autogestão, que sirva como suporte para a construção de um centro de educação infantil (CEI) multifuncional, podendo ser utilizado pela comunidade também como um espaço de acolhimento e para atividades temporárias, como feiras e eventos culturais, por exemplo. A Figura 2 ilustra a construção da metodologia empregada.

Figura 2: Metodologia aplicada.



Fonte: Elaborado pelos autores.

4. RESULTADOS

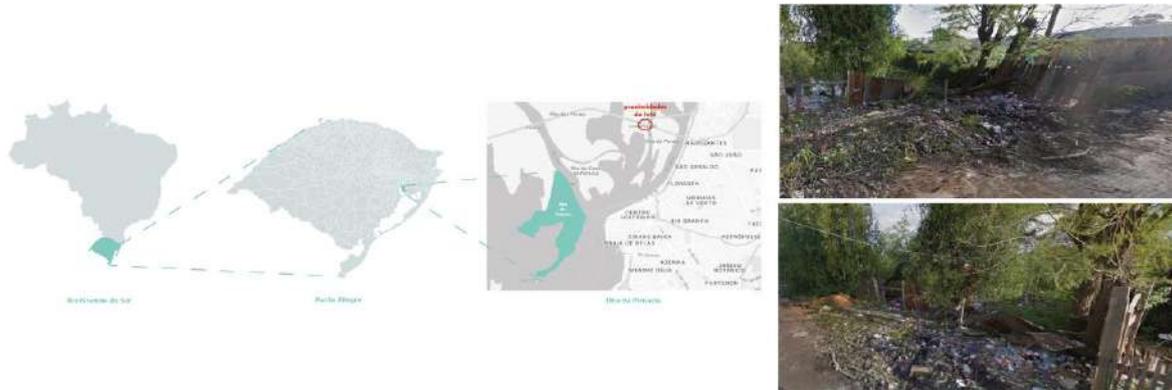
Com o intuito de iniciar os primeiros esboços e levantamentos, foram realizadas análises do local de estudo, como levantamentos fotográficos, avaliação da localização do lote, bem como seu contexto e condicionantes.

4.1. Análise do local – Ilha da Pintada – Contexto e Condicionantes

O terreno está localizado em Porto Alegre, mais especificamente em frente ao bairro centro da capital, na Rua Santa Cruz, número 175. A ilha faz parte do bairro arquipélago, sendo considerada a ilha mais habitada da cidade, caracterizando-se por forte vulnerabilidade social, cultural e econômica. Ao mesmo tempo em que o local é palco para tanta desigualdade, precariedade de infraestrutura e saneamento

básico, é também visto como uma oportunidade, visto que as demandas trazidas pela região e pela própria comunidade, trazem também consigo diretrizes norteadoras para o projeto. Ademais, o local é cenário para oportunidade de mudanças de paradigmas, razão pelo qual fora escolhido. Na Figura 3 é possível visualizar em mapas, a localização da Ilha da Pintada, assim como a situação na qual encontra-se o lote.

Figura 3: Localização e análise do lote.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A partir da observação da localização do lote e suas atuais condições, é possível notar a grande quantidade de resíduos presentes na região, os quais empregam centenas de pessoas da comunidade para a coleta e venda, por meio da atividade da reciclagem. A partir dessas considerações e avaliações do local, são lançados os primeiros estudos de soluções para o projeto.

4.2. Ensaios de Projeto

No presente capítulo serão apresentados os principais tópicos norteadores para a proposta de cartilha de autogestão, sendo eles: contexto e condicionantes de implantação da Ilha da Pintada, programa de necessidades definido para o projeto, conceito do projeto com diretrizes principais, croquis e lançamento de ideias e, por fim, a cartilha de projeto propriamente dita.

4.3. Centro de apoio à criança – programa de necessidades

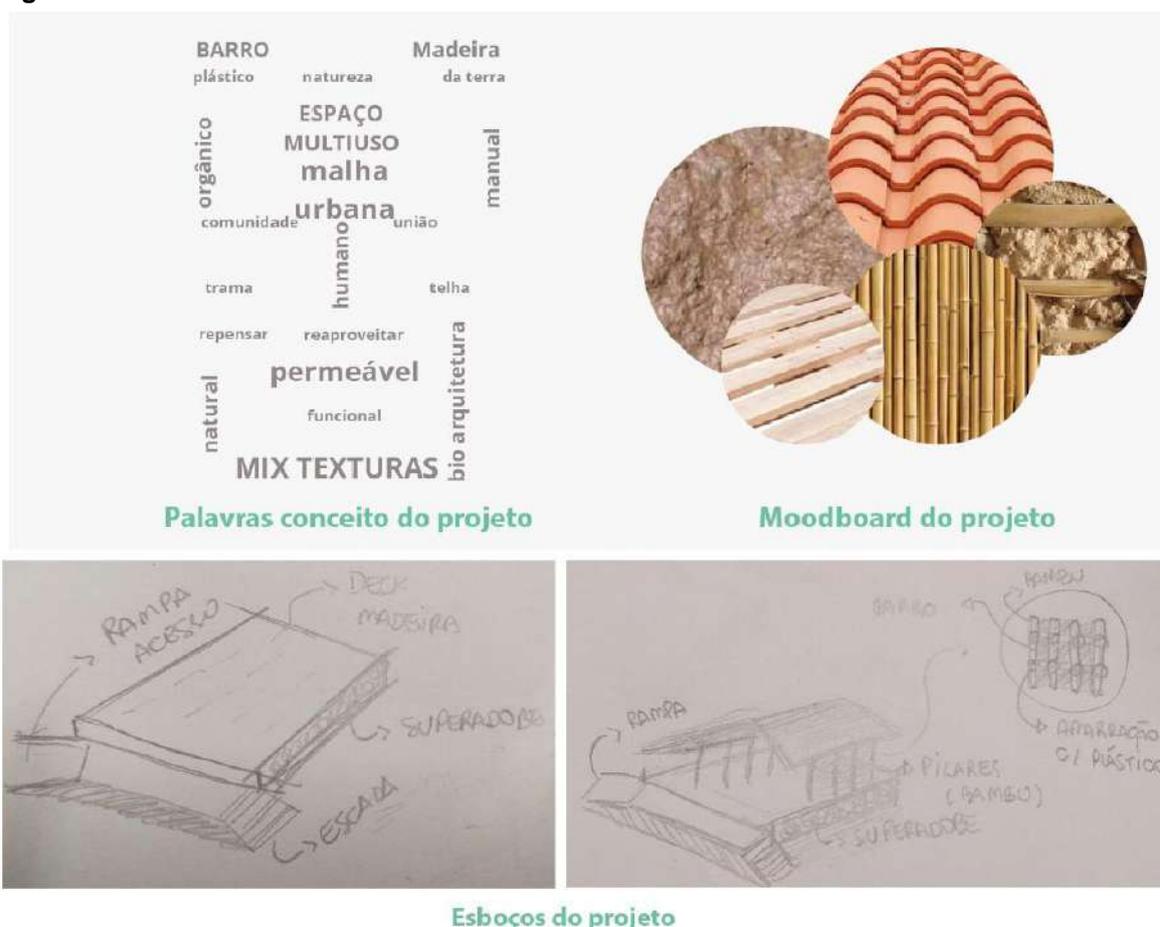
Os tópicos considerados foram: uma sala de aula multifuncional (com no máximo 125 m²), sanitário infantil (02 sanitários, 01 sanitário PNE, 03 lavatórios e 02 chuveiros), 01 sanitário com ducha e armário adulto e 01 cozinha/copa. A população considerada foi em torno de 50 crianças. Contudo, o ambiente projetado também funciona como um espaço multifuncional, uma vez que sua planta é livre e proporciona o desenvolvimento de diversas atividades para a comunidade local.

4.4. Plano Teórico – Conceitual e diretrizes projetuais

Os conceitos trabalhados para o ensaio de projeto foram: desenvolver mais do que um espaço multiuso, mas sim um ambiente acolhedor, que trouxesse maior praticidade, funcionalidade e, principalmente, que respeitasse os recursos naturais

do local. Algumas palavras-chave foram norteadoras para estabelecer o conceito do projeto, e os materiais também foram explorados de forma a trazer resposta ao conceito, como o barro, o pallet e/ou bambu e a estrutura da taipa de mão. Para a fixação da estrutura, foi pensado em utilizar plástico, proveniente do próprio local, de modo a reaproveitar o material. O barro, por sua vez, funciona como material preenchedor da parede. A terra ensacada (superdobe) faz a vez de fundação do edifício. A Figura 4 ilustra o processo criativo e conceitual do projeto, sendo eles moodboard e esboços iniciais.

Figura 4: Processo criativo e conceitual.



Fonte: Elaborado pelos autores.

As diretrizes trabalhadas foram: 1) criar uma estrutura de fácil replicação pela população por meio das técnicas de taipa de mão e superadobe; 2) proteger a edificação contra possíveis alagamentos; 3) aproveitar os recursos existentes no local (entulhos/embalagens/plástico), diminuindo assim o lixo no local; 4) projetar um espaço multiuso, que forneça suporte à região com relação à educação, mas que sirva também para outras atividades, como por exemplo, atividades culturais e apresentações em geral; 5) por fim, visa-se projetar uma arquitetura que esteja em conformidade com os quesitos de bioarquitetura e auxilie no conforto térmico. Os materiais utilizados foram: pallet, bambu, telha cerâmica, barro e plástico, a fim de

gerar conforto térmico e reaproveitar/reciclar a grande quantidade de resíduo presente nos arredores.

4.5. Cartilha de Autogestão

A cartilha proposta é construída a partir da seguinte estrutura: apresentação do tema, do lugar (características morfológicas), materiais escolhidos, conceito e diretrizes do projeto, técnicas bioconstrutivas empregadas, passo-a-passo construtivo, planta-baixa, corte esquemático e imagens do projeto. A Figura 5 traz as primeiras páginas da cartilha, de modo a orientar o leitor e mesmo a comunidade para a localização do lote, contexto do tema e do projeto.

Figura 5: Proposta de Cartilha de Autogestão – tema e local.

. o tema

sala de aula multifuncional



justificativa e objetivos

A partir da observação do cenário e entorno do bairro Arquipélago, na ilha dos marinheiros (Porto Alegre), ocorreu por parte do grupo uma sensibilização para a escolha do local. Nota-se que a taxa de analfabetismo são altas e a média salarial muito baixas. Além disso, a presença de saneamento básico ainda é escassa na região. Observouse potencial de melhoria e crescimento para a região, bem como a presença de uma biblioteca pública próximo ao lote em estudo, a qual poderia dar suporte à sala de aula multifuncional.

Os principais objetivos com o projeto e construção da sala de aula multissu são proporcionar um espaço multissu e de apoio à comunidade local, principalmente para que as crianças tenham melhores oportunidades, de modo que o espaço possa ser utilizado para sala de aula ou também para outras atividades como apresentações culturais, teatro, feiras orgânicas/artesanato, dentre outras atividades. A sala multifuncional funciona como apoio ao que a população precisa.

importância da bioarquitetura

A bioarquitetura tem um papel essencial dentro desse cenário, isso porque ela tem o papel de proporcionar uma experiência diferenciada, de modo a fugir das técnicas convencionais e principalmente do uso do concreto, de modo a utilizar materiais que apresentem foco na sustentabilidade e na natureza como principal fornecedora dessa matéria-prima. Além disso, a sensação, o conforto térmico e a experiência proporcionados às crianças a partir da bioarquitetura e arquitetura vernacular ensinam muito, principalmente sobre a autossuficiência e sobre ser feliz com o mínimo.

Pelo fato de reter muito o calor, o concreto é um dos materiais menos sustentáveis que existem, não sendo recomendado para auxiliar no conforto térmico. Em contrapartida, a telha de barro, a madeira e materiais como o tijolo de adobe funcionam muito bem para que o local apresente boas condições de conforto térmico e habitabilidade. Acreditamos que a bioarquitetura é o futuro da arquitetura, pela economia de materiais e foco no usuário, e por isso esse conceito foi tão primordial ao projeto, além de envolver a comunidade no processo.

. o lugar

rua Santa Cruz, 175 - Arquipélago - Ilha dos Marinheiros (Poa)

localização



sobre o lugar / contexto

O local escolhido está situado no Bairro Arquipélago de Porto Alegre, na ilha dos marinheiros, Rua Santa Cruz, 175. A região apresenta precariedade de infraestrutura como acessos e saneamento básico. Esse cenário é palco para casas sob palafitas às margens das águas poluídas do Rio Guaíba. Escolheu-se este local por justamente apresentar-se muito precário e a situação ser periclitante tanto para os moradores da região quanto para os bairros vizinhos, já que a ilha dos Marinheiros acaba sendo alvo para depósito de lixo a céu aberto, podendo trazer pragas e doenças para os moradores que ali habitam. Foi apenas no ano de 2008 que o bairro passou a ser abastecido com água potável pelo Dmae, antes disso a distribuição era feita por meio de caminhões-pipa. Contudo, o esgoto ainda é realizado por somente 65 metros de redes coletoras, localizadas ao Sul da ilha dos Marinheiros (ilha da Pintada), o que equivale a apenas 0,13% da população do bairro. O plano do Dmae é universalizar o acesso à esgoto na cidade até 2035, porém até lá, infelizmente, ainda se tem muitos relatos de doenças como hepatite, leptospirose e verminoses em geral. A região como um todo precisa de auxílio, e a arquitetura pode fazer sua parte para melhorar o contexto do local de maneira simples, funcional e objetiva.

Dados gerais do Bairro

- 8,53% habitar em favelas
- 1 biblioteca pública
- Renda de até 1,41 salários mínimos
- 8,50% taxa de analfabetismo

Proposta Inicial - Organograma



Imagens do local



O terreno

Edificações do entorno são em geral de pequeno porte, contendo entre um e dois pavimentos, sendo principalmente de uso residencial. Há na região alguns comércios locais, porém são bem raros. Existe também no local uma biblioteca pública, que servirá como ponto de apoio para a sala multissu que será criada. As casas em geral são de madeira com restos de entulho e lixo dos arredores ou então de alvenaria exposta sem nenhum tipo de cobertura/acabamento para proteger sua estrutura.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A partir dessa introdução, é possível contextualizar a região da Ilha da Pintada, de modo a trazer os principais objetivos do projeto, bem como a justificativa para a escolha da temática. Tem-se como objetivo geral do estudo, apresentar uma proposta de cartilha de autogestão, a nível de ensaio projetivo, aplicando a bioconstrução para capacitar a comunidade da Ilha da Pintada a construir um centro de apoio à criança. Os objetivos específicos com a construção e apresentação da cartilha são entender a importância da autogestão na arquitetura; estudar a possibilidade de autogestão através da bioconstrução e verificar a aplicabilidade da bioconstrução e da autogestão em comunidades carentes. Ademais, como parte da disciplina, aproximar academia e comunidade através da

sensibilização dos alunos de arquitetura, com o uso alternativo de novos sistemas autogeridos de construções. Posteriormente à essas análises, são definidos os materiais a serem utilizados na proposta, conforme ilustra a Figura 6.

Figura 6: Proposta de Cartilha de Autogestão – definição de materiais – parte 01.

. os materiais

madeira pallet e bambu

sobre o material

O **pallet** é uma madeira a qual pode ser reaproveitada e facilmente adquirida, pois seu custo é de fato bem acessível. Por estarmos realizando esse projeto numa região bastante carente, o pallet realmente é uma ótima escolha, pois podemos buscar por locais que descartem essa matéria-prima ou a vendam por um valor mais acessível e adquirir para a construção do projeto.

Será utilizado em **todas as portas e esquadrias**, bem como para a **construção do sistema de proteção solar (brise)** da fachada norte.

vantagens

- Redução da mão de obra especializada;
- Menor custo de manutenção e melhor controle da produção;
- Rapidez no processo de estocagem e movimentação das cargas;
- Diminuição de danos aos produtos;
- Facilidade de aquisição;
- Fácil montagem;
- Facilmente aplicável em diversos mobiliários;
- É retornável.

bambu

sobre o material

O **bambu** é um material bastante resistente às intempéries e apresenta-se como sendo ecologicamente correto.

Além disso, é uma matéria-prima de alta produtividade, rápido crescimento e amplamente aplicado em diversos setores, e na arquitetura vernacular vem se fazendo cada vez mais presente. Optou-se por utilizá-lo na estrutura do telhado pelo fato do bambu ser um material extremamente resistente à tração e compressão, além de apresentar características que o enquadram muito bem dentro da arquitetura vernacular, estando dentro da proposta escolhida pelo grupo.

vantagens

- Quando cortado, não extermina a planta, uma parte dela continua viva e crescendo;
- Estruturas feitas de bambu reduzem a temperatura interna do ambiente em cerca de 3 a 4 graus celsius, diminuindo a necessidade de uso de ventiladores e o consumo de energia elétrica;
- Material de alta tecnologia, sua relação peso/resistência supera o aço;
- Flexível e resistente ao mesmo tempo;
- Ótimo desempenho termo-acústico, o que é uma excelente vantagem para a sala de aula multiuso.



portas com pallet

janelas com pallet



05

Fonte: Elaborado pelos autores.

Um ponto relevante acerca dos materiais é que devido à localização de difícil acesso ao lote, sendo um ponto isolado da cidade de Porto Alegre, e também devido à grande quantidade de resíduos, optou-se pela utilização de materiais locais e de baixo custo, que seriam de fácil aquisição e trabalhabilidade por parte

da comunidade. O bambu é um material de extrema resistência mecânica, de fácil cultivo e manutenção, o qual é responsável por compor a estrutura das paredes e telhado da edificação. O pallet, por sua vez, foi sugerido para ser utilizado na criação dos mobiliários internos e externos, de modo a servirem como apoio para o espaço. Na Figura 7 são apresentados os materiais empregados na fundação e no cobrimento do telhado da escola.

Figura 7: Proposta de Cartilha de Autogestão – definição de materiais – parte 02.

. os materiais

telha cerâmica e superadobe

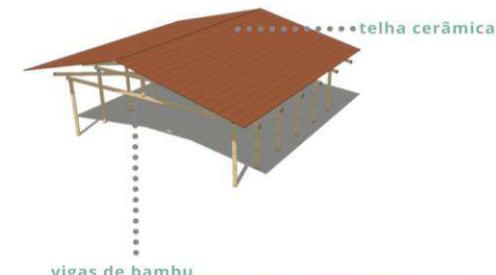
sobre o material

A **telha cerâmica** é amplamente utilizada pelo Brasil afora. Além disso, é considerada uma das mais antigas formas de coberturas de edificações. Proporcionam ótima barreira térmica (isolamento térmico), de modo a fazer com que o ambiente interno permaneça mais fresco do que o exterior, de modo a proporcionar maior conforto aos usuários do ambiente.

No caso do projeto em questão, optou-se por utilizar as telhas cerâmicas no telhado da edificação justamente por esse material estar diretamente relacionado com a arquitetura vernacular e proporcionar ótimo conforto térmico.

vantagens

- Tradicional, presente na arquitetura vernacular;
- Possibilita diferentes possibilidades de formato e efeitos;
- Material durável e resistente ao fogo;
- Baixa manutenção;
- Ótimo custo-benefício;
- Possibilita várias inclinações, até as mais íngremes;
- É esteticamente agradável;
- Absorve a umidade em dias úmidos e chuvosos.



superadobe

sobre o material

O **superadobe** é na verdade uma técnica onde vários sacos são empilhados com o intuito de se criar uma base forte, sólida e resistente. O material contido dentro dos sacos pode ser terra ou material orgânico.

Pensando nos frequentes alagamentos que a Ilha dos Marinheiros enfrenta, foi pensado numa outra estrutura que não permitisse com que, ao passar a chuva, fosse depositado mais lixo e detritos abaixo da construção como as palafitas fazem. Sendo assim, pensou-se no superadobe para compor a base da edificação, funcionando como o alicerce da mesma, como uma base forte e sólida, que impedisse a passagem da chuva e depósito de materiais indesejados no local.

vantagens

- Baixo custo;
- Grande resistência à tração e compressão;
- Suporta oscilações de solo e impactos;
- Rápida execução;
- Não necessita de mão de obra especializada;
- Apresenta conforto térmico em dias quentes e frios;
- Apresenta conforto acústico (excelente vantagem para a sala de aula multifuncional);
- Técnica de construção ecológica.



Fonte: Elaborado pelos autores.

O material escolhido para o fechamento do telhado foi a telha tradicional cerâmica, um material muito presente na arquitetura vernacular, de fácil manuseio e manutenção e ótimo custo-benefício. Já para a fundação, foi escolhida a técnica de terra ensacada, de modo que seja possível utilizar a matéria-prima proveniente do próprio local, assim tendo como foco a sustentabilidade e as técnicas não convencionais de construção. Os resíduos presentes no entorno também podem ser aproveitados, visto que podem ser triturados e misturados junto à terra para compor a estrutura da edificação. A partir disso, o projeto começa a ser lançado, estabelecendo-se um conceito, moodboard e principais diretrizes, conforme mostra a Figura 8.

Figura 8: Proposta de Cartilha de Autogestão – o projeto.

. o projeto

sala de aula multifuncional

conceito

Busca-se aqui desenvolver mais do que um espaço multiuso, mas sim um **ambiente acolhedor**, que traga **aconchego, praticidade, funcionalidade** e principalmente que respeite os recursos naturais do local, trazendo **esperança** para o mesmo, que por sua vez é tão carente em amplos sentidos, como saúde, saneamento, educação e qualidade de vida. Por meio do mix das técnicas de Superadobe e Taipa de mão, nosso objetivo é cocriar junto da comunidade, envolvendo-a no processo e fazendo com que a sensação de pertencimento e participação seja cada vez maior. A chave está em trabalharmos com **materiais naturais**, como **pallet, bambu, telha cerâmica** e o **barro**, além de **reaproveitar o plástico existente no local** para a técnica da taipa de mão. Por meio disso, se criará uma arquitetura diferenciada, que pensa no bem estar da população, na funcionalidade do espaço e na facilidade de replicação dessa construção futuramente, uma **arquitetura humanizada**.

principais diretrizes

- criar uma estrutura com a técnica de taipa de mão que possa ser facilmente replicada pela população local;
- projetar e construir uma edificação que esteja protegida contra os possíveis alagamentos da região utilizando a técnica do Superadobe;
- desenvolver uma sala multiuso com técnica fáceis de serem replicadas posteriormente pela população local;
- aproveitar os recursos existentes no local, como entulhos e embalagens, principalmente o plástico, para fazer parte da composição da técnica construtiva, diminuindo assim, o lixo presente no local;
- projetar um espaço que seja multiuso, que dê suporte à região com relação à educação, mas que sirva também para outras atividades, como por exemplo atividades culturais e apresentações em geral;
- projetar uma arquitetura que esteja de acordo com os quesitos da bioarquitetura e auxilie no conforto térmico.



moodboard do projeto

BARRO
plástico

Madeira
natureza
da terra

orgânico

ESPAÇO
MULTIUSO
malha
urbana

comunidade humano união

manual

trama

repensar reaproveitar

permeável

funcional

telha

natural

MIX TEXTURAS

bio arquitetura

palavras conceito do projeto



imagem do projeto

07

Fonte: Elaborado pelos autores.

A partir dessa etapa, tem-se como principal foco criar uma arquitetura diferenciada, de modo a pensar nas necessidades da população, na manutenção da edificação e principalmente na replicação do espaço multiuso, bem como em sua facilidade de execução por parte da comunidade, que mesmo com acompanhamento técnico, fosse capaz de adquirir os conhecimentos básicos necessários para executar a construção. Sendo assim, faz-se necessário pensar nos componentes da estrutura da edificação, os quais são detalhados nas Figuras 9 e 10.

Figura 9: Proposta de Cartilha de Autogestão – componentes/estrutura - parte 01.

. componentes/estrutura

técnicas utilizadas

para a base da estrutura

Após observarmos a realidade do local, notamos que há grandes chances de alagamento, devido ao terreno ser plano e estar muito próximo das margens do rio Jacuí. Também notamos que já havia acúmulo de água bem como de lixo em algumas áreas do local. Então, partindo desses condicionantes, decidiu-se por utilizar a técnica do **Superadobe** para elevação da estrutura e proteção contra alagamentos. Ao elevarmos a estrutura, além de proteger a edificação contra enchentes, evita-se também o acúmulo de lixo abaixo da estrutura, já que o Superadobe não permite espaços vazios, diferentemente da estrutura palafita, presente em alguns lotes do bairro.

base

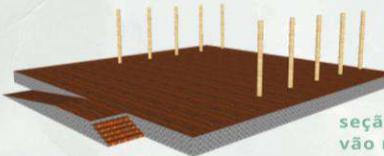


base estilo deck com superadobe e piso de madeira

para as paredes

Optou-se por utilizar a técnica de **taipa de mão**, pois assim podemos reutilizar materiais já existentes no local, como a madeira em formato de pallets para fazer a trama, o plástico presente no lixo encontrado no local, de modo a criar uma espécie de fibras para auxiliar na amarração das tramas e o barro para revestir toda essa estrutura, criando assim um bloco sólido e resistente.

pilares



seção de 30 x 30 cm
vão máximo de 3m

para as esquadrias

Utilizou-se o **pallet** para compor as esquadrias, pois trata-se de um material resistente e de fácil aquisição. Além disso, o pallet tem ótimo custo benefício e é de fácil manutenção, e ainda suporta bem as intempéries. Esse material representa bem o conceito de arquitetura vernacular que queremos transmitir, pois dá ênfase no trabalho manual. Acima de tudo, também é de fácil montagem em caso de implementação futura do projeto. Esse material foi utilizado na composição das esquadrias e do brise, já que é possível se trabalhar bastante a estrutura e composição do pallet para proteção solar em horários críticos.

vigas

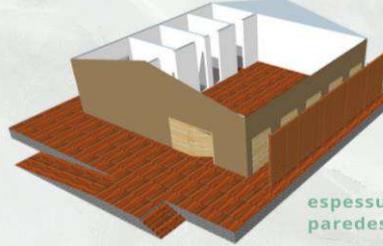


dimensões 0,20 x 16,7 m
vão máximo de 7 m

para o telhado

Para a estrutura do telhado foi utilizado o **bambu**. O **fechamento** será com **telhas de barro**. Essa estrutura foi pensada dessa maneira por estar diretamente ligada à arquitetura vernacular, além de auxiliar muito na eficiência energética e consequentemente no conforto térmico, pois tanto o bambu quanto a telha de barro auxiliam na diminuição da temperatura dentro do ambiente, o que otimiza a utilização de ventiladores e também de gastos excessivos com energia elétrica e ar condicionado. São materiais de baixa manutenção e até melhores do que a palha, que o grupo tinha pensado anteriormente. Após algumas análises, percebeu-se que a palha não seria a melhor opção para esse projeto devido à grande umidade presente na Região Sul do país e também à grande manutenção desse material.

paredes



espessura 20 cm
paredes em taipa de mão

08

Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 10: Proposta de Cartilha de Autogestão – componentes/estrutura - parte 02.

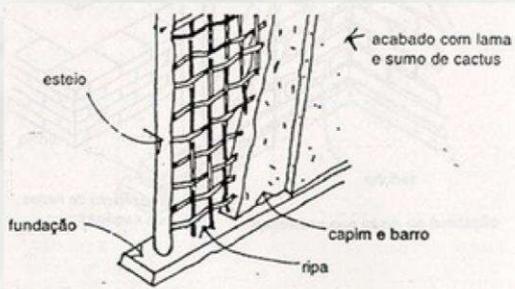
. componentes/estrutura

taipa de mão e superadobe - passo-a-passo

taipa de mão

Paredes feitas com uma trama de madeira, podendo ser utilizado pallet, taquara ou bambu, revestida de barro com fibras. Utilizaremos também o plástico para amarração.

Esquema de execução



Passo-a-passo:
É feito uma trama com madeira, que é envolvida pela massa de terra, resultando numa estrutura sólida/consistente. Utilizaremos o plástico para auxiliar na amarração da trama.

superadobe

Para elevar a estrutura e evitar problemas com alagamentos, usaremos a técnica do superadobe, que consiste em encher sacos com terra e empilhá-los de forma ordenada.

Passo-a-passo:



.1º - Empilhar os sacos até atingir a altura desejada. Os sacos podem conter terra ou material orgânico na sua estrutura.



.2º - Envolver a estrutura com uma tela de pinteiro para facilitar o reboco e proteger a estrutura.

Exemplo prático



***Dica:** pode ser usada alguma fibra plástica para auxiliar na amarração das tramas por meio de plástico reciclado do lixo que há no local.



.3º - Rebocar a estrutura, onde pode ser feita a mistura de massa de terra+cal+cimento+fibras, além da possibilidade de outros materiais.

***Dica:** segundo a referência, os sacos podem ser retirados em padarias de grandes supermercados por valores mínimos, em torno de R\$0,25 a unidade.

Com as instruções acima, torna-se bastante elucidativa a maneira de execução da estrutura, de forma que as técnicas construtivas tornam-se de fácil entendimento por parte da comunidade, facilitando assim, o processo construtivo. Todavia, faz-se necessário pontuar que a importância de um profissional para auxiliar no acompanhamento técnico da obra é essencial, de modo que juntos, comunidade e academia, consigam construir conexões em prol da sustentabilidade. A autogestão, por sua vez, caminha lado a lado nesse processo, com o intuito de promover vínculos entre comunidade e incentivar a construção da cidadania, cultura e identidade. Partindo-se desse contexto, surge a etapa da construção da escola, detalhada na Figura 11.

Figura 11: Proposta de Cartilha de Autogestão – construindo a escola.

. construindo a escola

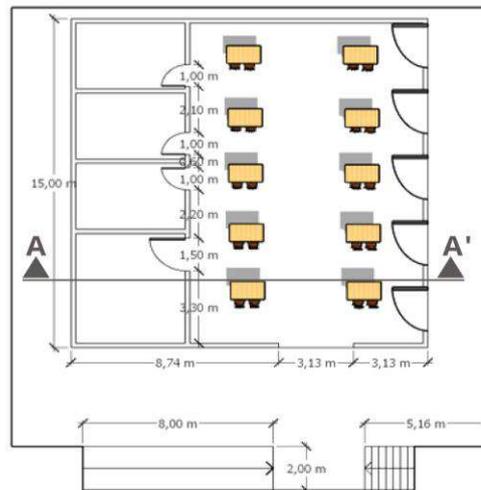
sala de aula multifuncional

planta baixa flexível

A partir do objetivo de criar uma sala multifuncional, pensou-se numa proposta que fosse capaz de permitir diversos usos do espaço, podendo adaptá-lo para funcionar como um espaço de teatro/apresentações (cultural), feiras, recreação ou outra atividade que a comunidade necessite, além, é claro, do espaço educacional.

O espaço interno conta então com esse amplo espaço multiuso que pode ser adaptado conforme a necessidade para outras funções. Ao lado esquerdo, encontram-se os banheiros infantil e PCD, bem como a copa e descanso e o sanitário adulto com ducha. Os espaços são públicos, e o fato de haver um sanitário PCD faz com que a estrutura seja completamente acessível. Com as funções todas alinhadas em um lado, torna-se mais fácil criar um espaço amplo e flexível.

Pensou-se em trabalhar bastante o pallet na composição das esquadrias e do brise para que fossem criados jogos de luz e sombra, permitindo com que a luz entrasse em determinados horários do dia, além de criar um efeito interessante. O fechamento se dá pelas telhas cerâmicas. É possível adaptar facilmente a sala multiuso para outras atividades como apresentações culturais, teatro, exposições ou feiras da comunidade.



planta baixa
escala 1:200



vista frontal
escala 1:200



corte AA'
escala 1:200



O ponto principal do projeto é trabalhar com a ideia de uma planta livre, o que facilita muito na utilização do espaço para outras atividades que possam surgir como demanda pela comunidade. Desse modo, o espaço tem a capacidade de trabalhar com mobiliários leves, que podem facilmente serem armazenados, tornando o espaço 100% livre e utilizável.

No verão, a escola conta com a proteção solar por meio de brises que foram dimensionados seguindo a orientação solar descrita para a região, considerando o bloqueio dos raios solares acima de 25°C, promovendo maior conforto térmico à edificação e aos usuários. Na Figura 12 é possível observar a estrutura de proteção solar.

Figura 12: Proposta de Cartilha de Autogestão – sistema de proteção solar.

. sistema de proteção solar

protetor solar - brise

O brise foi pensado para proteger a edificação nos horários críticos, principalmente das 10h até as 16h no período do verão. O brise representado encontra-se na fachada norte. É possível observar que há o bloqueio total da fachada em questão, bloqueando temperaturas acima de 25°C.



Medidas Gerais brise

Altura: 4,5 metros
Largura: 3 metros
Profundidade: 15 centímetros
Material: pallet de reaproveitamento

Medidas Gerais haste do brise

Profundidade de cada haste: 15 cm
Altura de cada haste: 5 cm



detalhe brise

sem escala
É possível observar que o brise foi dimensionado para bloquear exatamente os horários mais críticos e temperaturas acima de 25°C.

Conforme mencionado anteriormente no item sobre a definição dos materiais empregados no projeto, é sugerido à comunidade que os mobiliários para apoio sejam confeccionados em pallet, pelo fato do mesmo ser um material com bom custo-benefício, boa durabilidade e versatilidade. A Figura 13 mostra como se daria a construção dos mobiliários para as crianças.

Figura 13: Proposta de Cartilha de Autogestão – mobiliário.

.mobiliário

referências

Devido ao curto período de tempo para aprofundamento no projeto, o grupo não conseguiu desenvolver muito a parte do mobiliário, contudo, trouxe referências do que imagina ser viável para reprodução futura pela comunidade.

É possível adaptar as seguintes referências para a realidade e necessidades do projeto em questão.

mesa multiuso



Poderia ser utilizada para diversas atividades, e também poderia funcionar como um buffet servir comida para as crianças.

mesa e cadeiras com pallet

Fáceis de serem construídas, as mesas e cadeiras de pallet poderiam funcionar bem para a sala de aula multiuso. As alturas podem ser adaptadas, podendo-se fabricar algumas em altura maior, para adultos, caso houvesse alguma palestra ou atividade diferente da sala de aula.



banco com pallet

O banco em pallet é uma ótima opção para colocar tanto no ambiente interno quanto no ambiente externo da sala multiuso, isso porque o material pallet é super resistente às intempéries e pode ficar na área externa. É possível pintar, caso se deseje e também colocar almofadas para que fique mais confortável.



banquinho com pallet

Por apresentar um design simples, clean e minimalista, esse móvel pode ser utilizado para muitas funções além de sentar, como por exemplo servir de mesa, para apoiar algum objeto, para alcançar coisas altas e como mesinha lateral/de apoio. O móvel multifuncional adapta-se na sala de aula multifuncional.



Assim como a planta baixa se propõe a ser multifuncional, os mobiliários de apoio seguem a mesma lógica. A partir da confecção com pallet, é possível criar estruturas que podem ser usadas não somente na sala de aula, mas também como apoio para feiras e eventos culturais que possam vir a acontecer na comunidade. Os bancos podem ser facilmente realocados, flexibilizando o layout. Na Figura 14 é possível observar o resultado final da construção da escola.

Figura 14: Proposta de Cartilha de Autogestão – projeto final.

. perspectivas externas

vista norte leste / brise - acesso por escada



vista leste / sul - acesso por rampa



5. DISCUSSÕES

A partir do ensaio de projeto desenvolvido, torna-se claramente perceptível a necessidade da sensibilização e da cooperação no ato de construir. Através da união dos conceitos de sustentabilidade, bioconstrução e autogestão, é possível entender a importância da aplicação teórico-prática, de modo a fazer-se necessário que caminhem juntos, uma vez que possuem o poder de transformar críticos cenários em oportunidades. Inserida nesse contexto, a academia e o ensino da arquitetura fazem-se de extrema valia, assim como a sensibilização por parte do acadêmico de arquitetura com a realidade da comunidade. Além disso, a cartilha é um meio pelo qual é possível aproximar cada vez mais a comunidade do espaço edificado, de modo que o próprio usuário possa compreendê-lo e construí-lo.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no que foi apresentado, considera-se de extrema importância a contribuição da cartilha de autogestão, uma vez que, além de promover a conexão entre o profissional arquiteto e/ou estudante de arquitetura com a comunidade, também se mostra eficiente no registro dos conhecimentos técnicos construtivos.

Dessa maneira, torna-se objetivo promover a sustentabilidade e manter disponíveis os registros para futuras discussões sobre arquitetura, sustentabilidade e autogestão. Além do espaço edificado, futuros vínculos entre a própria comunidade serão fortalecidos, de modo que a cooperação e a bioconstrução transformem cenários e também aproximem academia e comunidade, por meio da sensibilização dos acadêmicos de arquitetura e do uso alternativo de novos sistemas autogeridos de construções.

REFERÊNCIAS

- BRAUN, R. Desenvolvimento ao ponto sustentável. Petrópolis, RJ: Vozes, 2001.
- COLOMBO, Ciliana R. Princípios teórico-práticos para formação de engenheiros civis: em perspectiva de uma construção civil voltada à sustentabilidade. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Centro tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2004.
- CORBELLA, Oscar; YANNAS, Simos. Em Busca de Uma Arquitetura Sustentável Para os Trópicos: conforto ambiental. 1.ed. Rio de Janeiro: Revan, 2003.
- DE CAMILLIS, Patricia Kinast. Organizando com barro: a bioconstrução como prática de cooperação. 2016. Tese (Doutorado em Administração) – Programa de Pós-Graduação em Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2016.

DELAQUA, Victor. “Arquitetura participativa: quando a comunidade se faz presente no processo projetual”. 29 Mai 2021. Archdaily Brasil. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/961562/arquitetura-participativa-quando-a-comunidade-se-faz-presente-no-processo-projetual> ISSN 0719-8906. Acesso em: 20/01/2024.

DIEGUES, Antonio Carlos, *et al.* Os saberes tradicionais e a biodiversidade no Brasil. São Paulo: Edusp, 2000.

DI MARCO, A.R. Pelos caminhos da terra. Projeto., 1984, n.65, p.47-59, jul. FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. Centro de Estatística e Informações. Déficit habitacional no Brasil, 2014-2015. Belo Horizonte. Disponível em <http://fjp.mg.gov.br/index.php/noticias-em-destaque/4154-fundacao-joao-pinheiro-divulga-resultados-do-deficit-habitacional-no-brasil> Acesso em: 24/01/2024

FERREIRA, R. F. C. F. Autogestão e habitação: entre a utopia e o mercado. 2014. Tese (Doutorado em Planejamento Urbano e Regional) - Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2014.

LENGEN, Johan Van. Manual do arquiteto descalço. Editora Empório do Livro. São Paulo. 5ª edição. 2014, pg 536-537.

MOREIRA, Suzana. “O que é bioconstrução?” 13 Nov 2020. Archdaily Brasil. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/950945/o-que-e-bioconstrucao#:~:text=Em%20termos%20gerais%2C%20a%20bioconstru%C3%A7%C3%A3o,e%20o%20tratamento%20de%20res%C3%ADduos.> ISSN 0719-8906. Acesso em: 22/01/2024

MÜLFARTH, Roberta Kronka. Desenvolvimento Sustentável. Revista Projeto Design, São Paulo, 2003.

PROCEMPA e IBGE. Disponível em: http://portoalegreemanalise.procempa.com.br/?regioes=46_0_0 . Acesso em: 17/01/2024

PROMPT, Cecilia. Curso de Bioconstrução. Ministério do Meio Ambiente. 2008.

PROMPT, C. H. ; BORELLA, L. L. . Experiências em construção com terra no segmento da agricultura familiar. III Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil. Campo Grande, Mato Grosso do Sul, 2010. Disponível em: http://datasites.cresolcentral.com.br/cresolcentral/publicacoes/1311083778629_29%20-%20Prompt%20e%20Borella.pdf . Acesso em: 17/01/2024.

SURVANT, Tyler. “Masoro Village Project / GA Collaborative” [Masoro Village Project / GA Collaborative] 15 Nov 2013. Archdaily Brasil. (Trad. Vada, Pedro). Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/01-153361/masoro-village-project-slash-ga-collaborative> ISSN 0719-8906. Acesso em 23/01/2024.

WEIMER, G. Arquitetura popular brasileira. São Paulo: Martins Fontes, 2005.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeira à Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS) pela oportunidade de aprendizado e experiência em poder trabalhar conceitos a respeito da sustentabilidade e autogestão na prática, trabalhando em conjunto com a comunidade, de modo a estreitar laços e promover a criação de vínculos entre acadêmico e comunidade. Além disso, agradeço a meu orientador e coautor deste trabalho, Professor Doutor Julian Grub, por todo o assessoramento necessário ao longo desta caminhada.

USO DA CAL COMO ESTABILIZANTE EM ESTRUTURAS DE TAIPA DE PILÃO: REVISÃO DA LITERATURA

USE OF LIME AS A STABILIZER IN RAMMED EARTH STRUCTURES: A LITERATURE REVIEW

Data de aceite: 21/09/2024 | Data de submissão: 19/09/2024

LAGE, Gabriela Tavares de Lanna, doutoranda em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável

Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, E-mail: gabrielatlanna@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-0018-2555>

BESSA, Sofia Araújo Lima, prof. Doutora no Programa de Pós-graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável

Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, E-mail: salbessa@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1883-1251>

SANTOS, Beatriz Faria Alves dos, graduanda na Escola de Arquitetura

Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, E-mail: biaalvesfca@gmail.com

RESUMO

A taipa de pilão é uma técnica de construção com terra reconhecida por sua sustentabilidade. A cal é usada como estabilizante, promovendo resistência e durabilidade às estruturas. Este artigo analisou na literatura os estudos recentes que apresentaram adição da cal na taipa de pilão, para compreender a eficácia da incorporação da cal em diferentes tipos de solos; além de mapear as proporções utilizadas, os diferentes processos de cura e idade das amostras ensaiadas. O método foi a coleta de dados documentais. Como resultado tem-se que as investigações sobre incorporação de cal na taipa de pilão buscam métodos comparáveis ao uso de cimento, entretanto as reações químicas envolvidas entre solo-cal são distintas.

Palavras-chave: Estabilização de solos; Valor ótimo de cal; Método de cura; Sustentabilidade.

ABSTRACT

Rammed earth is an earth construction technique recognized for its sustainability. Lime is used as a stabilizer, providing strength and durability to the structures. This article analyzed recent studies in the literature on the addition of lime to rammed earth, in order to understand the effectiveness of incorporating lime into different types of soil; in addition to mapping the proportions used, the different curing processes and the age of the samples tested. The method was the collection of documentary data. The result is that research into the incorporation of lime into rammed earth seeks methods comparable to the use of cement, but the chemical reactions involved between soil and lime are different.

Keywords: Soil stabilization; Optimal lime content; Curing method; Sustainability.

1. INTRODUÇÃO

A taipa de pilão é uma técnica construtiva milenar que continua sendo mundialmente empregada principalmente devido ao caráter sustentável e o baixo consumo energético. A técnica consiste na compactação de camadas de solo úmido em fôrmas temporárias, formando paredes espessas e monolíticas (ÁVILA, PUERTAS e GALLEGO, 2021). Tal estrutura pode ser estabilizada com aglomerantes como o cimento e a cal, visando ganho de resistência e durabilidade, além da diminuição da frequência de manutenção das paredes (ARRIGONI *et al.*, 2017).

O uso da cal como um estabilizante para a taipa de pilão (TP) pode ser datado de séculos (ARRIGONI *et al.*, 2017) e se fez presente em diversos países, como Japão (ARAKI, KOSEKI e SATO, 2016), no continente europeu (FERNANDES, 2013) e no Brasil (EIJK e SOUZA, 2006); já o uso do cimento como um estabilizante só se popularizou após a Segunda Guerra Mundial (CIANCIO, JAQUIN e WALKER, 2013). Além da melhora na resistência das paredes, a estabilização cimentícia colabora com a redução da retração e a desagregação das paredes (ARRIGONI *et al.*, 2017). Entretanto, mesmo trazendo benefícios em relação à durabilidade e ao desempenho mecânico (BUI *et al.*, 2014), os estabilizantes cimentícios utilizados aumentam a energia incorporada da técnica, uma vez que sua produção é responsável por elevados níveis de emissão de CO₂ (ARRIGONI *et al.*, 2017).

Nesse sentido, a utilização da cal como agente estabilizador da taipa de pilão apresenta potencial por ser mais eficaz e ecologicamente responsável em comparação com estabilizantes à base de cimento. Isso poderia resultar na diminuição das emissões de CO₂ durante a fase de fabricação e, ao mesmo tempo, contribuir para a absorção deste gás ao longo de sua vida útil, graças ao processo de carbonatação (ÁVILA, PUERTAS e GALLEGO, 2021; KANG, KWON e MOON, 2019).

Além disso, a redução da adição de cimento, que significaria a diminuição do pH de misturas para a produção da TP pode ser evitada com a adição de cal. Conforme Ciancio, Beckett e Carraro (2014), misturas para TP se beneficiam de pH mais elevados, acima de 12, uma vez que podem ser utilizados reforços em aço que devem estar inseridos em matrizes alcalinas. Portanto, é importante que solos ácidos sejam corrigidos de alguma forma com o objetivo de elevar o pH da mistura para a produção da TP.

Há um interesse crescente em melhorar as propriedades de durabilidade da TP em contato com a água, além do aumento do pH que proporciona proteção contra a corrosão, já que o ambiente ácido favorece a corrosão de reforços de aço (HELENE, 1986). Estas propriedades podem ser alcançadas com a utilização da cal em nível mínimo para elevar o pH do solo e criar um ambiente alcalino favorável (KANG, KWON e MOON, 2019).

Dessa forma, este artigo buscou estudos acerca da interação solo-cal na taipa de pilão e teve como objetivo analisar na literatura os estudos recentes que

apresentaram ensaios de resistência e durabilidade em solos com adição da cal para a taipa de pilão, de forma a compreender a eficácia da incorporação da cal em diferentes tipos de solos; além de mapear as proporções utilizadas, os diferentes processos de cura e idade das amostras ensaiadas.

2. MÉTODO

Esta pesquisa consistiu em uma pesquisa bibliográfica, de forma a realizar uma revisão da literatura sobre a adição de cal em corpos de prova representativos de taipa de pilão. Durante a análise, alguns dados de interesse foram levantados: i) teores de cal utilizados nas misturas com o solo; ii) o tipo de solo utilizado em cada pesquisa quanto a granulometria e composição química/ mineralógica; e iii) a influência do tempo de cura e o processo de cura empregado aos corpos de prova representativos.

Os métodos utilizados foram: 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 três bases de dados: Scopus; ScienceDirect e Sielo, que foram os bancos que apresentaram o maior número de trabalhos sobre o assunto.

Tabela 1: Critérios para levantamento de dados sobre a estabilização de taipa de pilão com cal.

Foco	Critério	Condições
Estabilização da taipa de pilão com cal	Data de publicação	Período entre 2002-2022
	Palavras-chave	“Rammed Earth”; “Lime”; “Stabilization” ou “Stabilisation”
	Tipo de documento	Artigos de periódicos ou anais de eventos
	Idioma	Inglês, português ou espanhol

Fonte: autoria própria.

As referências citadas em cada um dos artigos selecionados também foram examinadas e tornaram-se uma fonte secundária de informações, de forma a identificar fontes relacionadas que não foram abrangidas na busca inicial, mas que poderiam ser importantes para garantir uma revisão abrangente e pertinente sobre o tema.

Além dos critérios levados em consideração para a inclusão de artigos, todos os resumos dos artigos encontrados foram lidos e um segundo filtro foi aplicado. Foram selecionados apenas os artigos que detalharam o uso da cal como estabilizante para solos destinados as paredes de taipa de pilão.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da revisão bibliográfica realizada foram selecionados 11 artigos que contemplaram os critérios e condições preestabelecidas (Tabela 2).

Tabela 2: Relação dos artigos consultados.

Fontes	Título	Autores	Ano de publicação
1	Greening stabilized rammed earth: devising more sustainable dosages based on strength controlling equations	Cecília Gravina da Rocha, Nilo Cesar Consoli, Amanda Dalla Rosa Johann	2014
2	Experimental evaluation of the optimum lime content and strength development of lime-stabilized rammed earth	Fernando Ávila, Esther Puerta, Rafael Gallego	2021
3	Considerations on the physical and mechanical properties of lime-stabilized rammed earth walls and their evaluation by ultrasonic pulse velocity testing	Jacinto Canivell, Juan Jesús Martindel-Rio, F.J. Alejandro, Joaquín García-Heras, Alberto Jimenez-Aguilar	2018
4	New insight into the craftsmanship of sucrose-modified rammed earth-lime materials	Shiqiang Fang, Chenglei Meng, Kun Zhang, Wenjing Hu, Xiaobin Liu	2022
5	Technical and environmental performance of eggshell lime for soil stabilization	Rodrigo Beck Saldanha, Cecília Gravina da Rocha, Andrés Maurício Lotero Caicedo, Nilo Cesar Consoli	2021
6	Hydric characterisation of rammed earth samples for different lime concentrations	Lucile Soudani, Antonin Fabbri, Monika Woloszyn, Anne-Cécile Grillet, Jean-Claude Morel	2018
7	Optimum lime content identification for lime-stabilised rammed earth	Daniela Ciancio, Christopher Beckett, J. Antonio Carraro	2014
8	Tensile strength of compacted rammed earth materials	Hiroyuki Araki, Junichi Koseki, Takeshi Sato	2016
9	Effect of moisture content on the mechanical characteristics of rammed earth	Quoc-Bao Bui, Jean-Claude Morel, Stéphane Hans, Peter Walker	2014
10	Advances on the assessment of soil suitability for rammed earth	Daniela Ciancio, Paul Jaquin, Peter Walker	2013
11	Optimizing the evolution of strength for lime-stabilized rammed soil	Jair de Jesús Arrieta Baldovino, Ronaldo Luis dos Santos Izzo, Eclesielter Batista Moreira, Juliana Lundgren Rose	2018

Fonte: autoria própria com dados de (ROCHA, CONSOLI e JOHANN 2014; ÁVILA, PUERTAS e GALLEGO, 2021; CANIVELL *et al.*, 2018; CANIVELL *et al.*, 2018; FANG *et al.*, 2022; SALDANHA *et al.*, 2021; SOUDANI *et al.*, 2018; CIANCIO, BECKETT; CARRARO 2014; ARAKI, KOSEKI e SATO, 2016; BUI *et al.*, 2014; CIANCIO, JAQUIN e WALKER, 2013; BALDOVINO *et al.*, 2018).

Foi possível estabelecer seis critérios importantes ressaltados pela maioria dos autores que realizaram a adição de cal como estabilizante para a taipa de pilão: i – Tipo de solo adotado, ii – Tipo de energia adotada; iii - Idade dos corpos de prova a serem rompidos; iv - Teor e tipo de cal utilizada; v - Critério para a adição de água; e vi - Tipo de cura realizada. Esses critérios estão descritos na Tabela 3, 4 e 5.

3.1. Tipo de solo adotado

A distribuição granulométrica e o empacotamento adequado das partículas são fundamentais para a produção de taipa de pilão e outras construções com terra, pois influenciam diretamente a densidade e a resistência das paredes (HALL; ALLINSON, 2008; LIN *et al.*, 2017). Embora um mínimo de argila seja necessário para conferir coesão ao material, seu excesso pode causar retração, dificultar a trabalhabilidade (HOFFMANN; MINTO; HEISE, 2011) e aumentar a demanda de água. Por outro lado, altos teores de areia são importantes para reduzir a umidade, aumentar a densidade seca da mistura e melhorar a resistência da taipa de pilão (KOUTOUS; HILALI, 2019). Nesse quesito todos os trabalhos consultados foram unânimes na utilização de solos com características mais arenosas (Tabela 3).

Tabela 3: Características dos solos adotados pelos autores durante os ensaios com adição de cal.

Fontes	Tipo de solo
1	Solo residual derivado do arenito de Botucatu intemperizado, de Porto Alegre. Caracterizado como areia siltosa de baixa plasticidade e areia argilosa. A fração de argila é predominantemente caulinita.
2	Solo natural de Padul (Granada, Espanha), classificado como areia argilosa bem graduada. Não apresenta informações sobre mineralogia do solo.
3	Solo composto de uma mistura de areia, solo calcário (biocalcarenito), subsolo da área circundante. A caracterização demonstrou traços minerais de argilas (filossilicatos), feldspatos potássicos (microclina) e plagioclásio (anortita).
4	Solo conhecido como terra amarela típica com pouca argila em Zhejiang, China. O tipo de argila predominante foi a nontronita.
5	Solo residual derivado do arenito de Botucatu intemperizado, de Porto Alegre. Caracterizado como areia siltosa de baixa plasticidade e areia argilosa. A fração de argila é predominantemente caulinita.
6	Solo coletado em Isère, França. Composto por 16% de argila. Não apresenta informações sobre mineralogia do solo.
7	Solo engenheirado (preparado). Foi combinado quantidades conhecidas de pó de argila caulinita, farinha de sílica, areia e cascalho.
8	Três tipos de solo com diferentes proporções de: areia argilosa (feita a partir do material das antigas paredes, triturado e peneirado); areia siltosa (solo comercial com o nome de areia Nashime, frequentemente utilizado para a construção de paredes de terra no Japão) e areia mal graduada (produzida a partir de cascalho comercial mal graduado, por meio de trituração). Não apresenta informações sobre mineralogia do solo.

Fontes	Tipo de solo
9	Cinco solos diferentes foram utilizados neste estudo, os teores de argila foram de 5 a 10%. Solo A: Caulinita: 35% e Montmorilonita: 65%. Solo B: Caulinita: 15% e Montmorilonita: 85%. Solo C: Illita: 65% e Montmorilonita: 35%. Solo D: Caulinita: 18%, Illita: 18% e Montmorilonita: 64%. Solo E: Caulinita: 18% e Montmorilonita: 82%.
10	10 solos artificiais compostos por diferentes teores de argila de caulim, 'farinha de rocha', areia branca limpa e cascalho (tamanho máximo de 10 mm).
11	Dois tipos de solo foram utilizados: o solo 1 é classificado como silte elástico arenoso, composto principalmente por SiO_2 , Al_2O_3 e Fe_2O_3 , e o solo 2 como argila arenosa de baixa plasticidade com argila predominante a caulinita.

Fonte: autoria própria com dados de (ROCHA, CONSOLI e JOHANN 2014; ÁVILA, PUERTAS e GALLEGO, 2021; CANIVELL *et al.*, 2018; FANG *et al.*, 2022; SALDANHA *et al.*, 2021; SOUDANI *et al.*, 2018; CIANCIO, BECKETT; CARRARO 2014; ARAKI, KOSEKI e SATO, 2016; BUI *et al.*, 2014; CIANCIO, JAQUIN e WALKER, 2013; BALDOVINO *et al.*, 2018).

Entretanto também é necessário entender a composição química do solo, já que pode haver reações químicas quando há a presença de argilas ativas no solo. A atividade da superfície mineral das argilas depende de suas características mineralógicas. As caulinitas são menos ativas e as montmorilonitas são mais ativas (CAPUTO, 1978). Quando se conhece o tipo de argila é possível usar essa ferramenta para eleger o estabilizante químico mais adequado. Segundo Minke (2022) solos ricos em argila reagem melhor com a adição de cal e solos ricos em areia se beneficiam mais da adição de cimento. Segundo o autor o cimento atua de maneira mais satisfatória com caulinitas e a cal com a montmorilonitas.

Apesar das recomendações da literatura quanto à combinação de estabilizante e característica do solo, a maioria das investigações que detalharam a composição química das argilas se deram com a utilização de cal em solos arenosos com predominância de argila do tipo caulinita (ROCHA, CONSOLI E JOHANN 2014; SALDANHA *ET AL.*, 2021; CIANCIO, BECKETT; CARRARO 2014; CIANCIO, JAQUIN E WALKER, 2013; BALDOVINO *ET AL.*, 2018).

Esse fato pode ter a ver com os montmorilonitas e illitas serem minerais argilosos expansivos, que ficam instáveis em presença de água enquanto as argilas caulinitas possuem estrutura mais rígida e por tanto são mais estáveis em presença de água (CAPUTO, 1978). De acordo com Minke (2022), ao adicionar estabilizantes químicos, estes cobrem os minerais da argila e impedem que a água alcance-os, evitando a expansão das argilas presentes no solo.

O único estudo que realizou variações de tipos de argilas nos solos adotados foi BUI *et al.*, (2018). Os autores encontraram valores de resistência a compressão inferiores em amostras com conteúdos mais elevados de montmorilonitas. Os autores, porém, afirmam que uma cura adequada poderia elevar os resultados das amostras estabilizadas com cal e que a variação em função do tipo de solo foi pequena, sendo necessário um estudo com um número maior de solos (BUI *et al.*, 2018).

3.2. Tipo de energia de compactação adotada

A energia modificada foi utilizada de forma unânime pelos pesquisadores que adotaram a compactação por meio do Proctor (ÁVILA, PUERTAS e GALLEGOS, 2021; ARAKI, KOSEKI e SATO, 2016; CIANCIO, JAQUIN e WALKER, 2013; CIANCIO, BECKETT e CARRARO 2014; CANIVELL *et al.*, 2018), conforme mostrado na Tabela 4.

Tabela 4: Idade de ensaio, tipo de energia de compactação adotada e porcentagem e tipo de cal utilizada.

Fontes	Idade do ensaio de resistência à compressão, em dias:						Energia de compactação	Porcentagem e tipo de cal utilizada
	7	28	60	90	180	360		
1*	x	x	x	x	x	x	N.A.	3%, 5%, 7% e 9%
2		x					Proctor modificado	1ª fase: 3, 6, 9, 12, 15 e 18%. 2ª. fase: 12% de cal hidráulica
3		x					Proctor modificado	18% de cal hidráulica (referente ao volume)
4		x	x				Não fica claro	cal viva, pó de cal hidratada e sacarose
5	x						N.A.	3, 5 e 7% de cal viva e cal hidratada no mercado e cal viva e hidratada retirada da casca do ovo
6	x						N.A.	2,5% e 4% (cal hidráulica)
7		x					Proctor Modificado	2%, 3%, 4%, 5%, 6% de cal hidratada
8		x					Proctor Modificado	11,4% de cal
9		x					Não fica claro	8% cal hidratada
10		x					Proctor Modificado	1 e 2% de cal
11		x		x		x	Normal, intermediária e modificada	3, 5, 7, 9 e 11% de cal hidratada

Fonte: autoria própria com dados de (ROCHA, CONSOLI e JOHANN 2014; ÁVILA, PUERTAS e GALLEGOS, 2021; CANIVELL *et al.*, 2018; FANG *et al.*, 2022; SALDANHA *et al.*, 2021; SOUDANI *et al.*, 2018; CIANCIO, BECKETT; CARRARO 2014; ARAKI, KOSEKI e SATO, 2016; BUI *et al.*, 2014; CIANCIO, JAQUIN e WALKER, 2013; BALDOVINO *et al.*, 2018). * os resultados de 28 e 60 dias foram descartados.

3.2. Idade dos corpos de prova solo-cal rompidos

A determinação de 28 dias de idade para romper os corpos de prova foi majoritária (Tabela 4). Segundo Maniatidis *et al.*, (2013) a cal atinge a sua resistência final mais lentamente que o cimento, e, portanto, o período de cura deve ser pelo menos três vezes superior ao utilizado para o cimento (que é de 28 dias). Esta condição ocorre pelo processo lento de endurecimento, resultado da reação da cal hidratada com o dióxido de carbono do ar (MINKE, 2022).

Por meio dos resultados dos diversos autores analisados, ficou claro que tempos de cura mais prolongados podem potencializar uma possível reação pozolânica e elevar a resistência à compressão, entretanto ainda se tem como padrão em algumas normas técnicas a adoção de período de cura para misturas com cal a partir de 28 dias (KANG, KWON e MOON, 2019).

Apesar disso, o estudo de Ávila; Puertas; Gallego (2021) indica que a maior parte da resistência e da rigidez é desenvolvida nos primeiros 20 a 30 dias de cura, relacionada à formação de agentes cimentantes na presença de água. Este fato pode estar relacionado com a baixa (ou inexistente) reação pozolânica, que pode não ocorrer devido ao tipo de solo selecionado (argilas pouco ativas, como a caulinita).

3.3. Teor e tipo de cal utilizada

Alguns dos artigos analisados utilizaram valores padrões para a adição de cal, ou mesmo tentaram estabelecer um valor ótimo deste aglomerante. Existe uma óbvia dificuldade de estabelecer critérios gerais para a quantidade de cal adicionada ao solo para a produção de taipa de pilão visto que o solo é um material natural e heterogêneo e, por tanto, sua estabilização também deve ser personalizada. Os valores de cal adotados pelos autores foram estabelecidos por meio de estudos de porosidade, impacto ambiental e reações pozolânicas. A maioria dos estudos realizados indicaram valores de adição de cal entre 3 e 9% e poucos realizaram testes com mais de 10% de adição de cal (Tabela 4).

Segundo Rocha, Consoli e Johann (2014) a resistência à compressão da taipa de pilão não depende apenas do teor de ligante cimentício, mas também de três outros fatores: peso unitário seco, tempo de cura e o teor de resíduo agregado.

Aumentar o teor de cal requer grandes mudanças para aumentar a resistência, enquanto uma pequena redução na porosidade pode alcançar o mesmo resultado, tornando-a mais sustentável ambientalmente. Segundo os autores, é preferível aumentar o peso unitário seco em vez do teor de ligante por razões ambientais. Pequenas alterações na porosidade têm um impacto significativo na resistência, tornando-a uma opção sustentável (ROCHA, CONSOLI e JOHANN, 2014).

Por outro lado, de acordo com Minke (2022), a resistência à compressão de um solo pode decrescer com o uso de cimento e cal em porcentagens menores que 5%, já que estes materiais podem interferir na coesão dos minerais da argila.

Segundo Ávila, Puertas e Gallego (2021), aumentar o teor de cal geralmente melhora as propriedades mecânicas, mas o pico de resistência à compressão de seu estudo ocorre com 9% de cal, um aumento de 11% em relação ao valor inicial. Teores mais elevados de cal, por outro lado, não melhoram significativamente a resistência, devido a um possível aumento da fragilidade e pelo desenvolvimento

de fissuras. O módulo de elasticidade, no entanto, mostra uma melhoria significativa (mais de 40% em relação ao valor inicial) com teores de cal superiores a 12%.

Ciancio, Beckett e Carraro (2014) buscaram estabelecer um valor ótimo de cal para um solo padrão apropriado para taipa de pilão. Para estabelecer este valor os autores utilizaram três métodos: a relação porosidade/cal; limite plástico e valor de Ph. Ciancio, Beckett e Carraro (2014) correlacionaram o teor ótimo de cal (saturação de cal na água do poro – valor de Ph em 12,4) com uma máxima resistência à compressão para misturas de solo estabilizadas com cal. Os três métodos indicaram valores entre 3 e 4% de adição de cal para elevar a qualidade da taipa de pilão. O fato de os autores não terem obtido valores mais elevados de resistência à compressão em adições acima de 4% de cal pode estar relacionado com a não saturação da cal, já que não houve ajustes na adição de água, que permaneceu no Teor Ótimo de Água (TOA) para todas as misturas testadas.

Outra questão relevante tem a ver com o tipo de cal utilizada. Segundo Saldanha *et al.*, (2021) a resposta mecânica varia com o tipo de cal. Os autores compararam a adição de cal, cal viva e cal hidratada no mercado e cal viva e hidratada retirada da casca do ovo e eles observaram que a resistência e a rigidez foram superiores ao usar cal de casca de ovo. Essas diferenças podem ser atribuídas, em parte, aos teores de Ca(OH)_2 e CaO presentes nas cascas do ovo, que contém quantidades significativas de óxido e hidróxido de cálcio, que promovem reações benéficas na formação de ligantes quando combinadas com materiais pozolânicos.

Por meio de um estudo a respeito da influência da cal na absorção de água, Soudani *et al.*, (2018) concluíram que diferentes porcentagens de cal não interferem no transporte da água das paredes de taipa de pilão, entretanto os testes foram realizados antes de qualquer reação química acontecer, já que foram rompidos imediatamente após a desmoldagem dos corpos de prova.

3.4. Critério para a adição de água

Dentre os artigos analisados, a maior parte apresenta como critério de adição de água o valor ótimo de água - encontrado por meio do ensaio de compactação do Proctor (Tabela 5). Entretanto, alguns autores utilizam valores pré-estabelecidos através de outros métodos não detalhados (ROCHA, CONSOLI e JOHANN, 2014), ou utilizam valores recorrentes na literatura ou mesmo não esclarecem qual a quantidade de água utilizada. Sabe-se, porém, que existe uma quantidade de umidade mínima para haver intercâmbio de íons no solo com cal para que se evite a penetração da água (MINKE, 2022).

Tabela 5: Método de secagem adotado por autores que moldaram corpos de prova representativos de taipa de pilão com adição de cal.

Fontes	Critério de adição de água	Tipo de secagem
[11]	14% para todas as amostras	envoltas em plástico e cura em sala úmida + submersão em água por 24 horas, 1 dia antes do rompimento
[1]	TOA	constante condições de CA. 25 °C e 40% de umidade relativa
[12]	TOA	mesmas condições ambientais (20 C±2 C e 65 ± 5% relativo umidade
[13]	N.A.	em condições de laboratório (T = (22 ± 3)°C, RH = (80 ± 5) %)
[14]	TOA	sacos plásticos e armazenados em uma sala com temperatura controlada (23 C) por 7 dias. Em sequência as amostras foram submersas em um recipiente com água por 24 horas antes do teste de UCS
[15]	não fica claro	nenhum período de cura foi considerado
[9]	TOA	condições constantes de 94 ± 2% de umidade relativa (RH) e 21 ± 1 C de temperatura. Parte das amostras, após 28 dias foi seco em estufa a 105 C por mais 24 horas antes do teste UCS.
[3]	TOA	O autor variou o método de secagem entre três, a seguir: I - condições de temperatura ambiente e umidade relativa em espaço sem vedação - 7 a 245 dias; II- temperatura ambiente e condições de umidade relativa no ambiente no molde durante 14 dias. A umidade relativa do ar na faixa de 60 a 70%. Após a desmoldagem, envoltos por filme plástico e curados sob a temperatura ambiente e a umidade relativa do ar por 14 dias; III - as amostras nos moldes foram curadas dentro dos dessecadores com uma solução saturada de sulfato de potássio (K ₂ SO ₄) para manter a umidade relativa a 98%RH sob uma temperatura constante de 16 C.
[7]	Foram testados diferentes valores de adição de água (de 2 a 11%)	condições atmosféricas normais
[6]	TOA	Retiradas da fôrma após 1 dia e embaladas durante 21 dias
[16]	TOA	temperatura ambiente 23 + - 2 °c

Fonte: autoria própria com dados de (ROCHA, CONSOLI e JOHANN 2014; ÁVILA, PUERTAS e GALLEGOS, 2021; CANIVELL *et al.*, 2018; FANG *et al.*, 2022; SALDANHA *et al.*, 2021; SOUDANI *et al.*, 2018; CIANCIO, BECKETT; CARRARO 2014; ARAKI, KOSEKI e SATO, 2016; BUI *et al.*, 2014; CIANCIO, JAQUIN e WALKER, 2013; BALDOVINO *et al.*, 2018).

3.5. Tipo de cura realizada

O tipo de cura/secagem dos corpos de prova moldados foi o item que mais divergiu ao longo da análise. Os métodos variaram entre curas em ambientes controlados, curas úmidas, curas a temperaturas elevadas e curas em que houve o uso de plástico para embalar os corpos de prova, como uma possível substituição para a câmara úmida (ARAKI, KOSEKI e SATO, 2016; CIANCIO, JAQUIN e WALKER, 2013; SALDANHA *et al.*, 2021) (Tabela 5).

A cura úmida tem por objetivo tornar mais lento o processo de perda de água das amostras, visto que a reação pozolânica que surge pela interação solo-cal acontece de maneira progressiva ao longo do tempo e nesse processo a hidratação da cal é essencial (CIANCIO, BECKETT e CARRARO 2014). Outra questão importante é evitar a carbonatação da cal nas primeiras idades, o que pode precipitar a formação de carbonato de cálcio e diminuir os valores esperados para a resistência à compressão.

Curas a temperaturas mais elevadas aumentam a velocidade das reações, o que faz com que a resistência das amostras se eleve mais rapidamente. Entretanto, Ciancio, Beckett e Carraro (2014), não recomendaram esse tipo de cura pois este se difere muito dos processos reais de secagem das paredes de taipa de pilão e por isso geram resultados que não podem ser usados como comparativos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso da cal como estabilizante para a taipa de pilão pode ser uma alternativa ao uso do cimento principalmente pela menor energia incorporada que acrescenta ao sistema. Com base na análise dos diversos artigos, o tipo de solo, a adição de água, o tipo de cura, porcentagem teor e o tipo de cal utilizados desempenham papéis significativos na resistência e na rigidez da taipa de pilão estabilizada.

Entender a composição química do solo trabalhado é essencial para determinar o tipo e a quantidade de estabilizante químico a ser adicionado a fins de estabilizar a terra. O período de cura, embora muitas vezes fixado em 28 dias, pode influenciar positivamente a resistência se ampliado para tempos de cura mais longos.

A adição de água requer atenção, visto que pouca água pode não hidratar a cal e não promover as reações necessárias para a estabilização química; e a incorporação elevada de água pode aumentar o volume de poros e dificultar o processo de moldagem. É por isso que a maioria dos artigos analisados adotaram o TOA.

Em relação aos teores ideais de adição de cal, não há um consenso. Alguns autores sugerem adições menores de cal em solos mais argilosos. Entretanto, a adição de cal não parece funcionar bem em solos arenosos. O tipo de argila também influencia na eficácia da interação solo-cal. Valores acima de 8% de adição de cal são considerados pouco sustentáveis. Dessa forma, a redução da porosidade é uma estratégia para elevar a resistência sem a necessidade de um

elevado aumento do teor de cal. Além disso, divergências ocorrem no método de cura, com a cura úmida prolongando a formação de ligantes, mas curas a altas temperaturas gerando resultados questionáveis.

O uso da cal na taipa de pilão, embora tradicional, não é estudada de forma exaustiva como o cimento. Esse tipo de estabilização se diferencia do cimento e por isso deve ser tratada de forma distinta. Sua utilização pode significar um aumento da qualidade das paredes de taipa de pilão com uma menor energia incorporada. Por tanto, é fundamental ressaltar a otimização dos parâmetros para a produção de taipa de pilão estabilizada com cal.

REFERÊNCIAS

ARAKI, H., KOSEKI, J., & SATO, T. Tensile strength of compacted rammed earth materials. **Soils and Foundations**, 56(2), 189–204, 2016.

<https://doi.org/10.1016/j.sandf.2016.02.003>

ARRIGONI, A., BECKETT, C., CIANCIO, D., & DOTELLI, G. Life cycle analysis of environmental impact vs. durability of stabilised rammed earth. **Construction and Building Materials**, 142, 128–136, 2017.

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.03.066>

ÁVILA, F., PUERTAS, E., GALLEGRO, R. Experimental evaluation of the optimum lime content and strength development of lime-stabilized rammed earth.

International Journal of Computational Methods and Experimental Measurements, 9(3), 239–248, 2021. <https://doi.org/10.2495/CMEM-V9-N3-239-248>

BALDOVINO, J. DE J. A., IZZO, R. L. DOS S., MOREIRA, E. B., & ROSE, J. L. Optimizing the evolution of strength for lime-stabilized rammed soil. **Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering**, 11(4), 882–891, 2019.

<https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2018.10.008>

BUI, Q. B., MOREL, J. C., HANS, S., & WALKER, P. Effect of moisture content on the mechanical characteristics of rammed earth. **Construction and Building Materials**, 54, 163–169, 2014.

<https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2013.12.067>

CANIVELL, J., MARTIN-DEL-RIO, J. J., ALEJANDRE, F. J., GARCÍA-HERAS, J., & JIMENEZ-AGUILAR, A. Considerations on the physical and mechanical properties of lime-stabilized rammed earth walls and their evaluation by ultrasonic pulse velocity testing. **Construction and Building Materials**, 191, 826–836, 2018.

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.09.207>

CAPUTO, HOMERO PINTO. **Mecânica dos Solos e Suas Aplicações**. Rio de Janeiro: LTC Editora, 5ª edição, 1978.

CIANCIO, D., BECKETT, C. T. S., & CARRARO, J. A. H. Optimum lime content identification for lime-stabilised rammed earth. **Construction and Building Materials**, 53, 59–65, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.11.077>

CIANCIO, D., JAQUIN, P., & WALKER, P. Advances on the assessment of soil suitability for rammed earth. **Construction and Building Materials**, 42, 40–47, 2013. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2012.12.049>

EIJK, D. VAN, & SOUZA, V. C. M. DE. Surgimento, desenvolvimento e desaparecimento da técnica taipa de pilão no Brasil. **Conservar Patrimônio**, 3(4), 17–24, 2006.

FANG, S., MENG, C., ZHANG, K., HU, W., & LIU, X. New insight into the craftsmanship of sucrose-modified rammed earth-lime materials. **Journal of Asian Architecture and Building Engineering**, 21(3), 1019–1028, 2022. <https://doi.org/10.1080/13467581.2021.1928505>

FERNANDES, M. A taipa no mundo. **digitAR - Revista Digital de Arqueologia, Arquitetura e Artes**, 1, 2013. https://doi.org/10.14195/2182-844X_1_2

HALL, Matthew; ALLINSON, David. Analysis of the hygrothermal functional properties of stabilised rammed earth materials. **Building and Environment**, v. 44, n. 9, p. 1935–1942, 2009.

HELENE, P. R. L. **Corrosão em armaduras para concreto armado**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 1986.

HOFFMANN, MÁRCIO; MINTO, FERNANDO; HEISE, ANDRÉ. Taipa de pilão. *Em: NEVES, Célia; FARIA, Obede Borges (org.). Técnicas de construção com terra*. Bauru, SP: FEB-UNESP/PROTERRA, 2011. p. 1–79. *E-book*. Disponível em: www.redproterra.org. Acesso em: 7 jun. 2021.

KANG, S. H., KWON, Y. H., & MOON, J. Quantitative Analysis of CO₂ Uptake and Mechanical Properties of Air Lime-Based Materials. **Energies** 2019, Vol. 12, Page 2903, 12(15), 2903, 2019. <https://doi.org/10.3390/EN12152903>

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

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

MANIATIDIS, V., E WALKER, P. A review of rammed earth construction. **Innovation Project “Developing Rammed Earth for UK Housing”**, Natural Building Technology Group, Department of Architecture & Civil Engineering, University of Bath, 12, 2003.

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

ROCHA, C. G. DA, CONSOLI, N. C., & JOHANN, A. Greening stabilized rammed earth: Devising more sustainable dosages based on strength controlling equations.

Journal of Cleaner Production, 66, 19–26, 2014.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.11.041>

SALDANHA, R. B., DA ROCHA, C. G., CAICEDO, A. M. L., & CONSOLI, N. C. Technical and environmental performance of eggshell lime for soil stabilization.

Construction and Building Materials, 298, 2021.

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.1236484>

SOUDANI, L., FABBRI, A., WOLOSZYN, M., GRILLET, A. C., & MOREL, J. C.

Hydric characterisation of rammed earth samples for different lime concentrations.

IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 143(1), 2018.

<https://doi.org/10.1088/1755-1315/143/1/012010>

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais - FAPEMIG [processo APQ-00172-23].



03.

**IMPACTO
SOCIOECONÔMICO**



03.

**IMPACTO
SOCIOECONÔMICO**



THE STRATEGIC ROLE OF FPSO IN DEEPWATER EXPLORATION: INTEGRATING SOCIAL MANUFACTURING SYSTEMS WITHIN INDUSTRY 5.0

O PAPEL ESTRATÉGICO DO FPSO NA EXPLORAÇÃO EM ÁGUAS PROFUNDAS: INTEGRAÇÃO COM SISTEMAS DE MANUFATURA SOCIAL NA INDÚSTRIA 5.0

Data de aceite: 29/08/2024 | Data de submissão: 24/08/2024

PORTELLA, Anderson Gonçalves, MSc.

COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, E-mail: andersonportella@yahoo.com.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6520-4301>.

DE ABREU, Victor Hugo Souza, DSc.

PET/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, E-mail: victor@pet.coppe.ufrj.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2557-2721>.

DOS SANTOS, Marcos, DSc.

IME, Rio de Janeiro, Brasil, E-mail:

marcosdossantos_doutorado_uff@yahoo.com.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1533-5535>.

ABSTRACT

This study analyzes the role of Floating Production, Storage, and Offloading units (FPSO) in deepwater oil and gas exploration within the context of Industry 5.0, focusing on integrating social manufacturing systems. Reviewing common offshore exploration methods, the study identifies FPSOs as key catalysts for innovation, energy efficiency, and sustainability. The research concludes that combining FPSO with Industry 5.0 can optimize horizontal and vertical production processes, enhancing predictive maintenance, advanced safety, and waste management. Continuous innovation is highlighted as vital for addressing future challenges in deepwater exploration.

Keywords: FPSO; Deep and Ultra Deep Waters; Industry 4.0; Industry 5.0; Oil and Gas.

RESUMO

Este estudo analisa o papel das Unidades Flutuantes de Produção, Armazenamento e Transferência (FPSO) na exploração de petróleo e gás em águas profundas no contexto da Indústria 5.0, focando na integração de sistemas de manufatura social. Utilizando uma revisão de métodos comuns de exploração offshore, o estudo identifica FPSO como catalisadores chave para inovação, eficiência energética, e sustentabilidade. A pesquisa conclui que a combinação de FPSO com a Indústria 5.0 pode otimizar processos produtivos horizontais e verticais, promovendo manutenção preditiva, segurança avançada, e gestão de resíduos. A inovação contínua é ressaltada como vital para enfrentar desafios futuros na exploração em águas profundas.

Palavras-chave: FPSO; Águas Profundas e Ultra Profundas; Indústria 4.0; Indústria 5.0; Óleo e Gás.

1. INTRODUCTION

Offshore oil and gas exploration is crucial for the global energy supply of hydrocarbons but faces significant challenges in deep and ultra-deep waters. With the increasing demand for energy resources, particularly in these challenging environments, it is imperative to enhance the technologies and methods associated with exploration.

This article provides a comprehensive analysis of the challenges and opportunities related to offshore exploration, with a special focus on Floating Production, Storage, and Offloading (FPSO) units (MORAIS, 2013). The central issue addressed in this work is the effectiveness and integration of FPSO, which are fundamental to deepwater exploration.

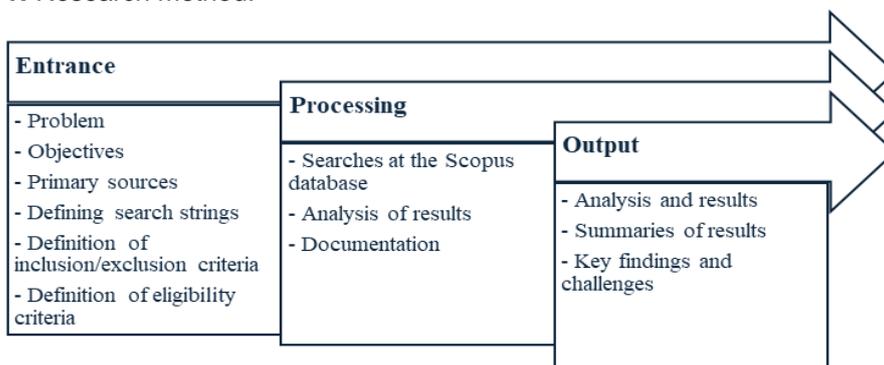
The main objective is to evaluate how FPSO, as established technologies, can be optimized and integrated with Industry 5.0 principles, delivering substantial benefits in terms of efficiency, safety, and cost reduction. Given the complexities of offshore environments, it is crucial to understand the specific challenges faced by FPSO, from technological demands to methodological aspects, and to explore how Industry 5.0 can offer innovative solutions to enhance deepwater and ultra-deepwater exploration. This study aims to contribute to a deeper understanding of these issues, driving advancements in the offshore energy industry (CHRISTODOULOU, 2015).

The research question guiding this study is: How can the integration of Industry 5.0 principles optimize FPSO and contribute to advancements in deepwater exploration? The article is structured into the following sections: Introduction, Methods, Industry 5.0 Integration, Related Studies, and Final Thoughts. Through this structure, the study aims to address the research question and promote progress in the offshore energy industry.

2. METHODOLOGICAL PROCEDURES

This research involves a literature review utilizing the SCOPUS online database as the primary information source. A comprehensive search was conducted on knowledge production related to offshore exploration in deep waters. The aim was to support the article's content and present the state of the art on the subject, as illustrated in Figure 1.

Figure 1: Research method.



Source: Authors.

The search considered titles, abstracts, and keywords for the broad selection of potentially relevant works. The inclusion criteria included texts published between 2019 and 2023, conference papers, articles, and reviews. Using terms like ("oil" OR "oil industry") AND ("offshore") AND ("exploration and production") AND ("deep waters"), 22 articles were initially identified and classified based on citation numbers.

Ultimately, 15 articles were selected and organized into forms containing identification data and synthesis to capture relevant concepts for offshore exploration in deep waters, specifically focusing on FPSOs and their integration with social manufacturing systems in Industry 5.0.

3. INDUSTRY 5.0 INTEGRATION AND CHALLENGES IN OFFSHORE EXPLORATION WITH FPSO

Industry 5.0 integration in offshore exploration with FPSO offers chances to improve efficiency and sustainability, focusing on human-intelligent system collaboration and technologies like AI and robotics. However, the harsh environments and safety concerns require innovative multidisciplinary solutions. Thorough analysis and effective strategies are necessary for successful adoption and ensuring competitiveness in facing these challenges.

3.1. Integration of Social Systems in Industry 5.0 and Offshore Challenges

In the Industry 4.0 era, digital transformation has revolutionized production, impacting industries and daily lives. The integration of manufacturing processes with information and communication technologies, particularly the Internet of Things, forms Cyber-Physical Systems (CPS) (DALENOGARE *et al.*, 2018).

This integration offers technological opportunities, transforming configuration times, labor, input costs, and processing times, leading to productivity gains. Business leaders increasingly demand integrated industrial processes and strategies to meet market demands. Industry 4.0 utilizes cloud-stored data for incremental gains in production autonomy and cybersecurity. The paradigm shift highlights the importance of humans in operating systems, with concerns about the underrepresentation of human factors in research flows (NAHAVANDI, 2019).

In this context, Neuman *et al.* (2020) list the nuances of digitalization:

"Speaking broadly, I4.0 refers to the further digitalization and integration of information technologies including applications such as the Internet of things (LU, 2017), cloud-based systems (LU, 2017), cobots (BORTOLINI *et al.*, 2017), big data analytics (WANG *et al.*, 2016), additive manufacturing (HOFMANN and RÜSCH, 2017), and cyber-physical systems (XU *et al.*, 2018). These systems enable a "smart factory" (FRANK *et al.*, 2019; OSTERRIEDER *et al.*, 2020), in which humans, machines, and products communicate with each other via both physical and virtual means (KAGERMANN *et al.*, 2013), and can contribute to increased sustainability (BAI *et al.*, 2020)." (NEUMAN *et al.*, p.1, 2020)

González *et al.* (2022) emphasize the importance of educational proposals aligned with Industry 4.0 (I4.0) to foster skills and inclusive opportunities. However, a gap

exists between educational needs and structures, hindering the effective integration of new skills. Process optimization in I4.0 raises concerns about social impact, including job reduction and resistance from unions and politicians.

In this context, process optimization brings with it a human cost, marginalizing those without the skills to deal with distributed and intelligent computing. The advancement of this model provokes resistance from unions and politicians due to the reduction of jobs, resulting in social precariousness and a perceived loss of well-being, despite technological advances.

In offshore exploration with FPSO, digitalization is crucial for addressing challenges and reducing the CO2 footprint. Industry 5.0 (I5.0) emerges as a response to I4.0 challenges, promoting smart factories with reduced human labor. FPSOs are adopting I5.0 principles for improved processes and quality. I5.0 emphasizes collaboration between machines and humans, focusing on creativity, decision-making, and empathy, aiming to drive environmental sustainability and social responsibility while maintaining efficiency.

3.2. Offshore oil exploration

Oil drilling dates to 256 B.C., with significant progress made in 1853 with George Bisell's oil sample and Colonel Edwin Drake's large-scale onshore exploration in 1859 (YERGIN, 1992; NOZAKI *et al.*, 2020). Offshore oil exploration began in the late 1940s in the Gulf of Mexico and Caspian Sea. Petrobras, authorized in 1953, faced challenges in Brazil, such as a lack of qualified professionals.

Brazil's first successful oil discoveries occurred in 1939, followed by offshore discoveries in 1968-73 in the Campos Basin. Water depths of 0-300m, 300-1,500m, and above 1,500m define shallow, deep, and ultra-deep waters (MORAIS, 2023). Deepwater and ultra-deepwater exploration access untapped hydrocarbon reserves but present high pressures, extreme temperatures, and harsh environments. Technology innovations are needed for the Brazilian oil industry to address such challenges.

PETROBRAS holds a 22% share in global deepwater and ultra-deepwater production, despite uncertainties and dependence on imports (MORAIS, 2023). Exploration starts with marine seismic imaging and exploratory drilling, using fixed or floating platforms.

Challenges overcome over time included uncertainties about the existence of hydrocarbons in the country, insufficient volume of discovered sources, dependence on imports, and lack of skilled labor (IBID., 2023, p.28).

Exploration begins with marine seismic, where ships tow "streamers" equipped with sensors to capture seismic waves reflected from the subsurface, providing detailed images of the geological layers below the seabed (PETROBRÁS, 2023).

Offshore production systems include fixed or floating platforms, subsea systems, or FPSO (MORAIS, 2023) depending on factors like water depth, climate, and resource quantity. FPSO excels in deep and ultra-deep waters, being the definitive production system, less carbon-intensive, in the process of exploring and producing.

After production system installation, development drilling and well completion take place to control oil/gas flow. Transportation involves pipelines or tankers for FPSO systems. Decommissioning includes equipment and structure removal and well abandonment when production becomes unviable (PETROBRÁS, 2023).

3.3. The Importance of FPSO in Offshore Exploration

FPSOs are crucial in offshore exploration, offering mobility, deepwater operation, flexibility, and cost savings over fixed platforms. It is essential to highlight the advantages and disadvantages of the chosen production systems, as shown in Table 1.

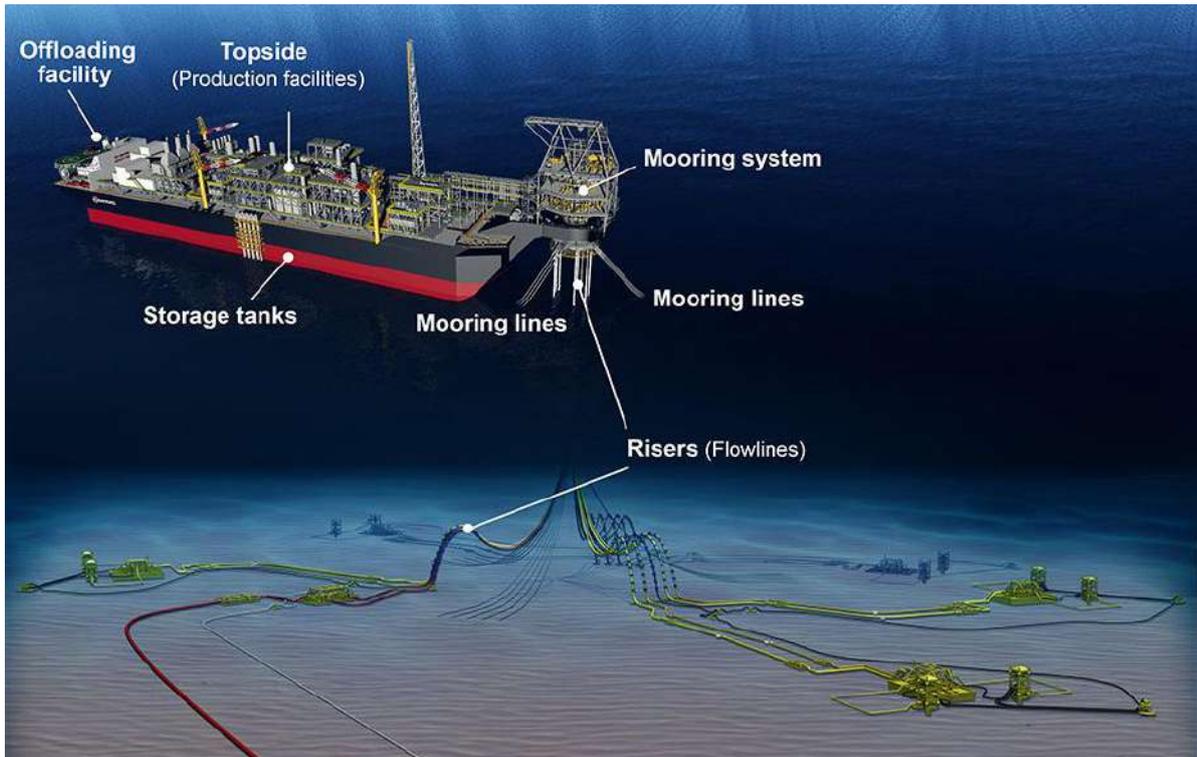
Table 1: Advantages and disadvantages of production systems.

System	Advantage	Disadvantage
Fixed platforms	Stability, robustness, suitable for harsh weather, ideal for long-lasting fields, lower operating cost	Limited to 500 meters depth, higher installation and decommissioning cost, less flexibility, costly decommissioning
Floating platforms (e.g. Tension Leg Platform - TLP, Spar Platform, Semi-submersible Platform)	Suitable for larger depths (3,000 meters+), adaptable, lower installation and decommissioning costs	Higher operating cost, sensitive to weather and sea movements, costly decommissioning
Subsea Production Systems - SPS	Suitable for extremely large depths (3,000 meters+), lower environmental impact, lower installation, and decommissioning costs	Higher operational, and maintenance costs, difficulties in monitoring control
FPSO	Flexible, easy to relocate, storage and offloading capabilities, suitable for short-lived/remote fields, simpler, less expensive decommissioning	Higher operating cost, sensitive to weather and sea movements

Source: Authors.

An FPSO, usually converted from tankers (Very Large Crude Carriers, VLCCs) or purpose-built, has processing equipment on top, separating oil, gas, water, and impurities. Crude oil is stored in the ship's tanks for further discharge into tankers or onshore refinement. The lashing, crucial for stability, is adapted to the environment, ensuring continuous operations for 20 years or more (MODEC, 2023), as Figure 2.

Figure 2: Image of an FPSO.



Source: MODEC (2023).

FPSO uses the Differentiated Anchoring and Compliance System (DICAS) for positioning, incorporating scattered mooring in calm waters and disconnectable mooring systems in cyclone- or hurricane-prone environments. This adaptability enables the vessel to be removed and returned to its position during adverse weather events (MODEC, 2023).

Subsea pipelines and risers facilitate oil and gas (O&G) extraction, transporting them to the FPSO for separation and treatment. Treated oil is stored, while gas can be reinjected, used as fuel, or exported. Offloading transfers oil to a tanker for further transportation (MORAIS, 2023).

Ideal for remote or challenging O&G fields, FPSO offers a solution where fixed infrastructure is impractical. They are suitable for short-term fields or those with uncertain reserves and can be easily relocated or decommissioned efficiently and cost-effectively (IBID., 2023).

3.4. Characteristics of modern FPSO

Modern FPSO, exemplified by FPSO Cidade de Campos dos Goytacazes (MV29), Figure 3, leverage technological advancements for enhanced production, efficiency, and safety, recognized by the World Economic Forum in 2020 (WEF, 2020).

Despite the Oil & Gas sector's traditional resistance to innovation, FPSO emerged as a definitive exploration solution, as declared by Petrobras (WEF, 2020).

Figure 3: FPSO Cidade de Campos dos Goytacazes MV29.



Source: MODEC (2023).

These FPSOs employ converted or purpose-designed tanker hulls, providing increased storage capacity and optimized functionality for specific conditions, including extreme weather (BELL *et al.*, 2005). Advanced processing systems, such as multi-stage separators and gas compression, contribute to improved product quality reducing environmental impact (FREIRE *et al.*, 2019).

Furthermore, modern FPSOs adopt sophisticated mooring systems like the Turret Mooring System, optimizing safety and efficiency during production and unloading operations (HOWELL *et al.*, 2001).

Various mooring systems are available, with the choice based on environmental conditions, such as the use of an inner tower in the hull for locations prone to cyclones and severe marine conditions, like off the northwest of Australia and Hong Kong (WEF, 2023).

Figure 4: Mooring Systems.



Internal Disconnectable
Turret



External Turret



Tower Yoke



Spread Mooring

Source; MODEC (2023).

These modern FPSOs integrate advanced automation and control systems to remotely monitor and control operations, improving efficiency, and safety, and reducing the need for manual interventions, as displayed in Figure 5.

Figure 5: Onshore Monitoring Center.



Source: MODEC (2023).

FPSO employs efficient and sustainable power generation systems like gas turbines or low-emission diesel engines, along with energy-efficient technologies such as waste heat recovery systems, aligning with Net Zero Carbon commitments (CORREIA *et al.*, 2023).

Emphasis on safety and environmental protection is evident through features like fire detection and suppression systems, oil spill prevention, and wastewater treatment, adhering to strict standards like MARPOL (International Convention for the Prevention of Pollution from Ships) and SOLAS (Convention for the Safety of Life at Sea) (VASCONCELLOS *et al.*, 2005).

FPSOs are customized for specific oil or gas field requirements, following customer guidelines, and varying in features and technologies. This adaptability positions FPSO as a tool for continuous digital transformation.

3.5. Challenges of deepwater exploration with FPSO in Industry 5.0

The implementation of social manufacturing systems (also known as Cyber-Physical Production Systems - CPPS) in FPSO was not a widespread practice, however, we can list some of the concepts that are already being applied, and others that may soon contribute to optimizing production and maintenance, as detailed in Table 2.

Table 2: Social manufacturing systems to optimize the production and maintenance of FPSO.

Proposals/Concepts	Detailing
Integration of Sensors and Smart Devices	Implementation of IoT (Internet of Things) sensors to monitor equipment performance and operating conditions in real-time
	Use of smart devices to collect data on production, energy consumption, and environmental conditions.
Advanced-Data Analytics	Application of big data analytics and machine learning algorithms to analyze large operational data sets and identify patterns
	Use of predictive analytics to anticipate equipment failures and schedule preventive maintenance
Real-Time Communication and Collaboration	Implementation of real-time communication systems to facilitate collaboration between production and maintenance teams
	Use of collaborative platforms for information sharing and quick problem resolution
Additive Manufacturing (3D Printing)	Adoption of additive manufacturing technologies to produce spare parts and custom components, reducing downtime
Augmented Reality (AR) and Virtual Reality (VR)	Implementation of AR and VR technologies for operator training, remote problem diagnosis, and computer-aided maintenance.
Automation and Remote-control	Integration of automated control systems to optimize production processes
	Development of remote-control capabilities for operation and monitoring of FPSO from onshore control centers
Cyber Security	Implementing robust cybersecurity measures to protect sensitive data and critical systems from threats

Source: Authors.

The use of sensors and data analysis in FPSO allows for early problem detection, predictive maintenance, and improved sustainability by optimizing production and reducing costs (IBP & OTC, 2023). Companies must address challenges by embracing social manufacturing systems and adopting innovative, cleaner solutions, including digital technologies like AI, machine learning, and IoT, which enhance FPSO operation and maintenance.

The oil and gas exploration industry faces significant challenges in the context of the energy transition and growing environmental concerns. To adapt to this scenario, the industry is looking for innovations and solutions that increase efficiency, reduce environmental impacts, and align with sustainability goals (IBP and OTC, 2023).

Aligning their challenges with the principles of implementing social manufacturing systems, oil and gas companies need to coordinate their efforts on several fronts to adapt and evolve to remain competitive and sustainable. The adoption of innovations and the search for cleaner and more efficient solutions will be key to meeting the challenges and seizing the opportunities of this new energy context.

The implementation of digital technologies such as artificial intelligence, machine learning, and the Internet of Things (IoT), can optimize the operation and maintenance of FPSO. Process automation and the use of advanced robotics can also improve the efficiency and safety of operations, preserving lives and avoiding environmental impacts (IBP and OTC, 2023).

In the environmental context, the integration of renewable energies, such as solar and wind power, into FPSO can reduce dependence on fossil fuels and decrease greenhouse gas emissions. This may include the installation of solar panels and wind turbines to complement or replace conventional power generation systems, to repurpose and optimize the consumption of these ships (IBID., 2023).

Renewable energies and energy-efficient tech cut fossil fuel use and greenhouse gases. Sustainable practices, biodegradable fluids, and biodiversity protection lessen environmental impact. Improved monitoring, fire detection, and spill containment boost safety in deep waters.

Implementing carbon capture and storage (CCS) technologies on Floating Production Storage and Offloading (FPSO) units can significantly reduce CO₂ emissions from oil and gas production by storing captured CO₂ in underground geological formations or using it for industrial processes such as enhanced oil recovery. To minimize environmental impacts, adopting sustainable practices like biodegradable drilling fluids and marine biodiversity protection is critical, alongside investing in ongoing research and development to discover further innovative solutions (IBID., 2023).

Advanced monitoring and control systems, including high-resolution sensors and cameras, enhance the safety and efficiency of FPSO operations. Additionally, fire detection, suppression systems, and oil spill containment systems help mitigate risks in deep and ultra-deep-water offshore operations. Collaboration among industry stakeholders, technology providers, and research institutions is essential to drive innovation, with platforms such as the Offshore Technology Conference (OTC) facilitating the sharing of technical solutions and advancements that contribute to the upstream segment of the Oil & Gas industry (IBID., 2023).

In addition, public-private partnerships and joint research initiatives facilitate knowledge sharing and resource-driven FPSO evolution (IBP & OTC, 2023).

4. RELATED STUDIES

The exploration of oil and gas (O&G) in deep and ultra-deep waters has been driven by a series of technological innovations that enable operations in increasingly challenging environments. These technologies are essential for overcoming the physical and operational limitations associated with offshore exploration, providing greater efficiency and safety.

However, there is a gap in the literature regarding a comprehensive analysis of the specific technologies that contribute to the success of these operations, especially within the context of Industry 5.0. This study aims to fill this gap by exploring the key technologies employed in offshore O&G exploration, focusing on their integration with social manufacturing systems and the enhancement of innovative practices.

4.1. Offshore O&G Exploration Technologies

Seyyedattar *et al.* (2020) stress the importance of technological advances in exploring deep and ultra-deep waters, highlighting the need for modern and innovative methods. It identifies a gap in the literature regarding a comprehensive analysis of specific contributing technologies, which this study aims to fill.

Nnabuife *et al.* (2022) concentrate on offshore production and flow control, advocating for a comprehensive riser flow control approach in deepwater exploration. They recommend slugging as a robust flow pattern but do not explore its potential integration with Industry 5.0 principles, a key focus of the present research.

4.2. Deepwater Drilling Practices and Challenges

Patel *et al.* (2018) spotlight the preference for non-harmful non-aqueous fluids (NAF) in reservoir drilling, presenting the innovative Clay Free Invert Drilling Fluid (CFIDF). Developed with a polymeric rheology modifier, CFIDF offers a clay-free system with constant rheology across temperatures, crucial for deepwater drilling. Field tests show positive performance in drilling rate, ECD control, and well cleanliness, reducing the potential for circulation loss.

Ojeh-oziegbe *et al.* (2019) address the need for development in various fields, emphasizing cost containment and efficient technologies in the offshore energy industry. They introduce an innovative single-trip well completion technique for economy, safety, and efficiency, covering design evolution, contractor management, equipment interfaces, operational steps, risks, and lessons learned.

Shann *et al.* (2020) assess the Sureste Basin in southern Mexico as a potential super basin for hydrocarbon exploration, emphasizing uncertainties in deepwater exploration. While their study provides insights into challenges, it lacks exploration of the potential benefits of integrating social manufacturing systems in Industry 5.0, a central concern of this research.

4.3. Industry 4.0 and Sustainability

Ghobakhloo *et al.* (2020) scrutinize the sustainability functions of Industry 4.0, employing interpretive structural modeling to unveil complex relationships. The study highlights that economic sustainability, emphasizing production efficiency and innovative business models, takes precedence over socio-environmental sustainability functions. By shedding light on Industry 4.0's potential for global sustainability, the research encourages collaborative efforts for effective and equitable implementation.

4.4. Deepwater Infrastructure and Platforms

Chandrasekaran *et al.* (2020) explore semi-submersible floating structures in deepwater oil exploration, focusing on a restricted positioning system. By evaluating

CNOOC's HYSY-981 platform with a sixteen-point catenary mooring system (case 1) and comparing it with a conventional system using a submerged buoy (case 2), numerical analyses reveal the dynamic behavior at different depths. The addition of the buoy improves mooring service life, but failures in adjacent lines adversely affect service life due to load transfer.

Hari *et al.* (2022) emphasize the increasing energy demand driving hydrocarbon exploration in deepwater and ultra-deepwater, where Tension Leg Platforms (TLPs) play a critical role. Their study examines the dynamic response of the shelf restriction system in extreme sea conditions, highlighting the significant increase in stress cycle variation and averaging during severe offshore weather events.

4.5. Optimization and Efficiency in Deepwater Operations

Ng *et al.* (2019) emphasize preparation for deepwater and offshore hydrocarbon exploration, highlighting Shell Malaysia's Real-Time Operation Centre's role in optimizing well operations. They cover hydraulic management, pressure-controlled drilling, vibration mitigation, well cleanliness, and cost savings through minimized wasted time, underscoring the growing importance of Real-Time Operation Centers.

De Freitas *et al.* (2020) propose a gas-lift optimization workflow for oil wells, crucial for 30% of monthly oil production in Brazil. The method enhances reservoir recovery and gas efficiency, achieving a 0.5% increase in cumulative production, reducing gas consumption, and improving project financials within platform limitations.

Yang & Xiao (2021) optimize ultra-deepwater drilling's operational performance and reduce riser system weight, employing a multi-objective approach with NSGA-II and an RBF metamodel. Objectives include minimizing riser system weight and maximizing operability envelope area, addressing computation and convergence challenges.

4.6. Risk Management and Safety in Offshore O&G Projects

Agbadiba & Maduagwu (2023) examine deepwater O&G exploration challenges, emphasizing floating platforms and FPSO in Nigeria's Gulf of Guinea. Use mixed methods (literature review, interviews, online research) to stress safety culture and incident reporting. Propose an incident reporting model for better risk management, accident prevention, operational sustainability, and profitability in offshore O&G projects.

4.7. Innovative Solutions and Techniques in Deepwater Exploration

Panayirci *et al.* (2019) analyzed the structural robustness of a slimmer well design for the FortunaCo project in Equatorial Guinea using a static nonlinear finite element model. The numerical model proved suitable for estimating critical buckling loads and optimizing the design efficiently during the conceptual phase.

Nardy *et al.* (2021) explored developing methods for underwater inspection of subsea equipment, vital for deepwater O&G exploration. They proposed an innovative computational system for generating accurate 3D models of underwater structures, beneficial for planning and executing monitoring and maintenance in the offshore oil exploration and production industry. Feasibility tests confirmed the system's potential usefulness.

Tjåland *et al.* (2022) discussed mineral extraction in deep waters and the similarities in challenges between the mineral and O&G industries. They suggested that oil industry technologies, such as FPSO vessels, can be adapted for deepwater mineral extraction, emphasizing the need for innovation to minimize environmental impact.

Karacali *et al.* (2023) introduced a dynamic deepwater well-testing solution for multiple and varying reservoirs. The test program involved a rig with a surface well test package to optimize operations, reduce costs, and support the operator's growth plans.

5. FINAL CONSIDERATIONS

This article focuses on offshore O&G exploration, particularly on FPSO systems, and their advantages and disadvantages compared to other systems. It emphasizes the potential of FPSO to integrate with social manufacturing systems in Industry 5.0, driving industrial development and connecting horizontal and vertical manufacturing processes.

Subsequently, the characteristics of the most modern FPSO were presented, which highlights these ships as opportunities for the integration of social manufacturing systems in Industry 5.0, integrating horizontal and vertical manufacturing processes in an integrated and connected way, creating opportunities for industrial development. Soon after, the challenges of oil and gas exploration using FPSO in deep and ultra-deep waters, where the largest exploration basins are located, were addressed, being a driver for development in industry 5.0.

Challenges of using FPSO in deep and ultra-deep waters are addressed, as well as the benefits of integrating social manufacturing systems, including increased efficiency, safety, and cost reduction. through the scientific studies selected by other researchers, to bring the bibliographic analysis of the theme.

Thus, it was possible to conclude that the integration of social manufacturing systems in deepwater exploration, using FPSO has potential benefits, as has already been widely explored, aiming at increased efficiency, safety, and cost reduction. FPSO plays a crucial role in deepwater exploration, and their integration with Industry 5.0 offers new opportunities for optimization and sustainability.

FPSOs then play a vital role in deepwater and ultra-deepwater oil and gas exploration and their integration with social manufacturing systems in Industry 5.0 opens new opportunities for optimization and sustainability, where continued research and innovation will be essential factors in meeting the future challenges of *offshore* exploration and in implementing this approach, issues of cybersecurity and resistance to industry change will have to be addressed.

Future research should investigate innovative strategies and solutions for challenges like cybersecurity, industry resistance, and the environmental and social impacts of implementing social manufacturing systems in FPSO. Other areas of interest include developing simulation and modeling methodologies, such as Digital Twins, for optimizing integration and improving efficiency, safety, and cost reduction in offshore exploration.

Additionally, it will be relevant to investigate the environmental and social impact of the implementation of these social manufacturing systems in FPSO, seeking to

identify sustainable and responsible practices that can be adopted to minimize risks and maximize benefits for communities and the environment.

Another area of interest will encompass the development of simulation and modeling methodologies and tools, such as *Digital Twins* (IoT-specific application), to optimize the integration of social manufacturing systems in FPSO to improve efficiency, safety, and cost reduction in offshore exploration.

REFERENCES

AGBADIBA, Isioma; MADUAGWU, Daniel N.. Impact of Incident Reporting on Operational Risk Management and Accident Prevention in FPSO Operations in Nigeria. In: **SPE Nigeria Annual International Conference and Exhibition**. SPE, 2023. p. D021S010R006. Available in: <https://onepetro.org/SPENAIC/proceedings-abstract/23NAIC/2-23NAIC/525929>. Access in: 01 dez. 2023.

BELL, J. M.; CHIN, Y. D.; HANRAHAN, S. State-of-the-art of ultra-deepwater production technologies. In: **Offshore technology conference**. OTC, 2005. p. OTC-17615-MS. Available in: <https://onepetro.org/OTCONF/proceedings-abstract/05OTC/All-05OTC/29710>. Access in: 30 Nov. 2023.

CHANDRASEKARAN, S.; JAIN, Arvind Kumar; UDDIN, Syed Azeem. Coupled Dynamic Analyses of Deep-Water Semi-Submersible With New Spread Mooring System. In: **International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering**. American Society of Mechanical Engineers, 2020. p. V001T01A044. Available in: <https://asmedigitalcollection.asme.org/OMAE/proceedings-abstract/OMAE2020/V001T01A044/1092574>. Access in: 01 dez. 2023.

CORREIA, Rosana de Freitas; VALE, Osvaldo Roberto do; BARROS, Igor Malamace de Azevedo; BRAUN, Felipe Eduardo; PIVATTO, Bruno Cocco; CAVALIERE, Carlos André Carreiro; SOARES, Fabricio Benites; FERREIRA, COSTA, Daniel; TEIXEIRA, Marcia Gusmão; TAKEMOTO, Alexandre Yudi Mille; BARBOSA, Rodrigo Suzart Alca; RIBEIRO, Leonardo da Silva. Decarbonization Strategies to Reduce GHG Emissions on the All Electric FPSO. In: **Offshore Technology Conference**. OTC, 2023. p. D041S054R003. Available in: <https://onepetro.org/OTCONF/proceedings-abstract/23OTC/4-23OTC/519218>. Access in: 30 nov. 2023.

DALENOGARE, Lucas Santos; BENITEZ, Guilherme B.; AYALA, Néstor Fabián; FRANK, Alejandro Germán. The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. **International Journal of Production Economics**, v. 204, p. 383-394, 2018. Available in: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925527318303372>. Access in: 01 dez. 2023.

DE FREITAS, Bezerra M.; VIGANO, G. C.; GIURIATTO, J. L. Optimization methodology of artificial lift rates for Brazilian offshore field. In: **Offshore Technology Conference Brasil 2019**, OTCB 2019. 2020. Available in: <https://onepetro.org/OTCBRASIL/proceedings-abstract/19OTCB/2-19OTCB/180729>. Access in: 01 dez. 2023.

FREIRE, Ronaldo Lucas Alkmin; SILVA, Fernanda Cristina Nascimento; FLÓREZ-ORREGO, Daniel.; OLIVEIRA JUNIOR, Silvio de. Análise termodinâmica de ciclos de potência com CO₂ supercrítico em um FPSO. **11th Turbomachinery Forum**. Rio de Janeiro. 2019. Available in: https://www.researchgate.net/profile/Daniel-Florez-Orrego/publication/356840550_Analise_termodinamica_de_ciclos_de_potencia_com_CO2_supercritico_em_um_FPSO/links/61afde0b956f4552d0b0bb13/Analise-termodinamica-de-ciclos-de-potencia-com-CO2-supercritico-em-um-FPSO.pdf. Access in: 30 nov. 2023.

GHOBAKHLOO, Morteza. Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability. **Journal of Cleaner Production**, v. 252, p. 119869, 2020. Available in: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652619347390>. Access in: 30 Nov. 2023.

GONZÁLEZ-PÉREZ, Laura Icela; RAMÍREZ-MONTOYA, María Soledad. Components of Education 4.0 in 21st-century skills frameworks: a systematic review. **Sustainability**, v. 14, n. 3, p. 1493, 2022. Available in: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/3/1493>. Access in: 01 dez. 2023.

HARI, S.; KRISHNA, Shanker; RAO, M. H. V. R.; VIJ, Rakesh Kumar. Fatigue analysis and reliability assessment of tether system of an offshore oil and gas platform operating in extreme sea-state conditions. **Marine Systems & Ocean Technology**, v. 17, n. 2, p. 113-121, 2022. Available in: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40868-022-00118-x>. Access in: 01 dez. 2023

HOWELL, G. B.; DUGGAL, A. S.; LEVER, G. V. The Terra Nova FPSO turret mooring system. In: **Offshore Technology Conference**. OTC, 2001. p. OTC-13020-MS. Available in: <https://onepetro.org/OTCONF/proceedings-abstract/01OTC/All-01OTC/35343>. Access in: 30 Nov. 2023.

IBP & OTC. OTC Brasil Technical Program, 2023. **OTC Brazil Conference gathers offshore professionals from many countries around the world to share ideas and innovations, discuss, debate, and build consensus around the most pressing topics facing the energy sector**. Available in: <https://otcbrasil.org/program/>. Access in: 01 dez. 2023.

KARACALI, Ozgur; RAMCHARAN, Narindra; SAHADEO, Lorenzo; HOLUB, Chase; JULIEN, Jenilee; SUNARTO, Hadantha; TONG, Songyang. Pushing the Limits in Deep Water Data Acquisition for Accelerated Field Development: Industry Record Batch Well Testing. In: **Offshore Technology Conference**. OTC, 2023. p. D011S005R007. Available in: <https://onepetro.org/OTCONF/proceedings-abstract/23OTC/3-23OTC/519022>. Access in: 01 dez. 2023.

MODEC. **Institutional website. 2023**. Available in: <https://www.modec.com/business/floater/fpso/>. Access in: 01 dez. 2023.

MORAIS, José Mauro de. Petróleo em águas profundas: uma história tecnológica da Petrobras na exploração e produção offshore. 2023. 2ª Edição. IPEA. **Instituto de Estudos de Política Econômica/Casa das Garças (IEPE/CdG)**. Available in: https://iepecdg.com.br/wp-content/uploads/2023/08/Petroleo_em_aguas_profundas_2ed_230818_182408.pdf. Access in: 01 dez. 2023.

NAHAVANDI, Saeid. Industry 5.0 - A human-centric solution. **Sustainability**, v. 11, n. 16, p. 4371, 2019. Available in: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/16/4371>. Access in: 30 Nov. 2023

NARDY, Leonardo; PINHEIRO, Oberdan; LEPIKSON, Herman. Computer systems integrated with digital models for the reconstruction of underwater structures with high definition. **IEEE Latin America Transactions**, v. 20, n. 2, p. 283-290, 2021. Available in: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9661468>. Access in: 01 dez. 2023.

NG, Mui Ted; LUM, Terry; YEAP, Fabian; ABDUL TALIB, Sa'aid Hazley; ABIDDIN, Mohamad Sukor Zainal; HOOI, E-Wen. Real-time operation center monitoring and optimizations in highly deviated deepwater development wells in Malaysia. In: **Abu Dhabi International Petroleum Exhibition & Conference. OnePetro**, 2019. Available in: <https://onepetro.org/SPEADIP/proceedings-abstract/19ADIP/2-19ADIP/D021S032R003/216673>. Access in: 01 dez. 2023

NNABUIFE, Somtochukwu Godfrey; TANDOH, Henry; WHIDBORNE, James F. Slug flow control using topside measurements: A review. **Chemical Engineering Journal Advances**, v. 9, p. 100204, 2022. Available in: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666821121001198>. Access in: 01 dez. 2023.

NOZAKI, William; COUTINHO, Isadora; DA COSTA, Rafael R.; CAMARGO, Sérgio T. Pioneiros do offshore: Estados e empresas na origem da exploração petrolífera no mar (1940-1970). **OIKOS (Rio de Janeiro)**, v. 19, n. 1, 2020. Available in: <https://revistas.ufrj.br/index.php/oikos/article/view/52022/28311>. Access in: 01 dez. 2023

OJEH-OZIEGBE, Osehojie; OLATUNJI, Idris; ALAWODE, Olusiji; WALKER, John; MURDOCH, Euan; PATEL, Dinesh; AYE, Yeneapre Apremu. Successful Installation of the First Deep Water Single Trip Stand-Alone Screens in the Industry Saves Rig Time on the Bonga Project. In: **Offshore Technology Conference. OTC**, 2019. p. D041S053R005. Available in:

<https://onepetro.org/OTCONF/proceedings-abstract/19OTC/4-19OTC/181276>. Access in: 01 dez. 2023.

PANAYIRCI, Murat; HOUETTE, Olivier; BRANDS, Sjoerd; PARASCHIV, Marius; FRENCH, Simon. Slim well casing design for a deepwater application using a fast and flexible finite element engine. In: **SPE/IADC Drilling Conference and Exhibition**. SPE, 2019. p. D021S012R001. Available in: <https://onepetro.org/SPEDC/proceedings-abstract/19DC/2-19DC/219552>. Access in: 01 dez. 2023.

PATEL, Arvind; INDULKAR, Sakshi; CHAVAN, Vikas; MADDHESHIYA, Pradeep; ASRANI, Megha; THAKUR, Swapnil; SINGH, Anil Kumar; GUPTA, Vivek. Clay Free Invert Emulsion Drilling Fluid System-An Innovative Rheology Modifier Which Provides Flat Rheology for Deep Water Drilling and Viscosifier for Clay Free System. In: **Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference. SPE**, 2018. p. D021S043R004. Available in:

<https://onepetro.org/SPEADIP/proceedings-abstract/18ADIP/2-18ADIP/212979>. Access in: 01 dez. 2023

PETROBRAS. **Institutional website. 2023**. Available in: <https://www.petrobras.com.br/>. Access in: 01 dez. 2023.

SEYYEDATTAR, Masoud; ZENDEHBOUDI, Sohrab; BUTT, Stephen. Technical and non-technical challenges of development of offshore petroleum reservoirs: Characterization and production. **Natural Resources Research**, v. 29, p. 2147-2189, 2020. Available in: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11053-019-09549-7>. Access in: 01 dez. 2023.

SHANN, Mark V.; VAZQUEZ-REYES, K.; ALI, H. M.; HORBURY, A. D. The Sureste super basin of southern Mexico. **AAPG Bulletin**, v. 104, n. 12, p. 2643-2700, 2020. Available in: <https://pubs.geoscienceworld.org/aapgbull/article-abstract/104/12/2643/592786/The-Sureste-Super-Basin-of-southern-Mexico>. Access in: 01 dez. 2023.

TJÅLAND, Egil; ELLEFMO, Steinar Løve; AASLY, Kurt; GJERSVIK, Tor Berge; FICHLER, Christine. Oil and Gas Technologies as Key Elements for a Viable Deep Sea Mining Industry. In: **International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering**. American Society of Mechanical Engineers, 2022. p. V010T11A049. Available in: <https://asmedigitalcollection.asme.org/OMAE/proceedings-abstract/OMAE2022/85956/1148131>. Access in: 01 dez. 2023.

VASCONCELLOS, Jose M.; FERNANDES, Antonio C.; SANTOS, Alberto; FERREIRA, Marcos D. A. S. FPSO: Tanks Optimization Design Approach. In: **International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering**. 2005. p. 431-436. Available in: <https://asmedigitalcollection.asme.org/OMAE/proceedings-abstract/OMAE2005/431/305361>. Access in: 30 Nov. 2023.

WORLD ECONOMIC FORUM(a). **Global LightHouse Network**. 2020. Available in: <https://initiatives.weforum.org/global-lighthouse-network/lighthouses/moder-rio-de-janeiro/aJY6800000Kz1GGAS#>. Access in: 30 Nov. 2023.

WORLD ECONOMIC FORUM(b). **Global Lighthouse Network**. 2023. Available in: <https://initiatives.weforum.org/global-lighthouse-network/home>. Access in: 01 dez. 2023.

YANG, Hezhen; XIAO, Fei. Multi-objective Optimization Analysis of Ultra-deep Water Drilling Riser under Harsh Environmental Conditions. In: **ISOPE International Ocean and Polar Engineering Conference**. ISOPE, 2021. p. ISOPE-I-21-2134. Available in: <https://onepetro.org/ISOPEIOPEC/proceedings-abstract/ISOPE21/All-ISOPE21/464562>. Access in: 01 dez. 2023.

YERGIN, Daniel. **O petróleo: uma história de ganância, dinheiro e poder**. São Paulo: Scritta, p. 397-612, 1992.

SOCIAL SUPPORT IN HOSPITAL ARCHITECTURE AND DESIGN: POTENTIALS AND CHALLENGES

APOIO SOCIAL NA ARQUITETURA E NO DESIGN HOSPITALAR: POTENCIALIDADES E DESAFIOS

Accepted date: 11/09/2024 | Submitted on: 10/09/2024

MENDES, Ludmila Cardoso Fagundes, Doctor Student

Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, E-mail:

ludmilamendes@ufmg.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7751-2069>

SOUZA, Roberta Vieira Gonçalves de, Doctor

Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, E-mail:

robertavgs@ufmg.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0036-961X>

ADACHI, Gabriela Souza Podboi, Graduanda

Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, E-mail:

gabrielaadachi@ufmg.br

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2105-6592>

ABSTRACT

To establish criteria for evaluating the contribution of architecture and design in promoting social support within healthcare facilities, this study used a hospital as a case study. These criteria were based on publications from the Ministry of Health and environmental certification standards. Five key social support indicators were identified: waiting areas, accommodations for companions, interview rooms, internal social spaces, and external gardens or areas for social interaction. The case study revealed that 30% of the indicators were fully met, 20% were partially met, 20% were deemed not applicable, and 30% were not met. The study also highlighted the need to improve standardization requirements.

Keywords: Hospital architecture; Supportive design; Humanization; Well-being; Indicators.

RESUMO

Para definir critérios que avaliassem a contribuição da arquitetura e do design na promoção de apoio social em estabelecimentos assistenciais de saúde, este estudo utilizou um hospital como estudo de caso. Tais critérios foram baseados em publicações do Ministério da Saúde e em normas de certificações ambientais. Foram identificados cinco indicadores principais de apoio social: áreas de espera, acomodações para acompanhantes, sala de entrevistas, espaços internos de convivência e jardins ou áreas externas para convivência. O estudo de caso revelou que 30% dos indicadores foram plenamente atendidos, 20% atendidos parcialmente, 20% considerados não aplicáveis e 30% não foram atendidos. O estudo também apontou a necessidade de melhorar os requisitos de normalização da área.

Palavras-chave: Arquitetura hospitalar; Design de suporte; Humanização; Bem-estar; indicadores.

1. INTRODUCTION

The act of humanizing involves the action of caring for others in a rational way, respecting their individuality (Waldow; Borges, 2011). In health-oriented architecture, humanization is manifested in the creation of environments that favor welcoming, value workers, and integrate users, inciting confidence in healing (Oliveira *et al.*, 2022).

When considering, in the organization of spaces of Health Care Establishments (HCE), the promotion of human well-being, it is pertinent to study the reflections of Professor Roger S. Ulrich, in his Theory of Support Design (TDS). TDS proposes that the *support design* be planned to minimize the stress of users, avoiding factors that can intensify tension and, above all, integrating elements that favor rest and relieve the anguish peculiar to hospital spaces. According to TDS, well-being is achieved when the environment offers "a sense of control", "positive distractions" and "social support", with the present research focusing on the latter (Ulrich, 1991).

"Social support" involves the patient's contact with close people who offer physical or emotional support and is an essential element for users of an EAS. To ensure the effective presence of this support, it is recommended to include spaces dedicated to companions, such as planned waiting rooms, furniture suitable for overnight stays, indoor living areas designed to facilitate contact without compromising patients' privacy, and outdoor spaces, such as gardens, which encourage physical activity and promote relaxation (Ulrich, 1991; Chalfont; Ulrich, 2021; Cho, 2023).

In Brazil the conception of welcoming health spaces is guided by the National Humanization Policy (NHP), which emphasizes the importance of the quality of spaces (Brasil, 2010). ANVISA's Collegiate Board Resolution No. 50 (RDC 50/2002), which regulates the planning, programming, elaboration, and evaluation of physical HCE projects, is another important reference for the creation of health spaces (Brasil, 2002).

The various quality criteria involved in sustainability certifications in buildings can also be applied to increase the quality of hospital environments. AQUA-HQE (*Haute Qualité Environnementale*) and LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) certifications include specific guidelines for healthcare institutions, while the WELL Building Standard Certification is an evidence-based certification to promote well-being in buildings in general (Fundação Vanzolini, 2011; USGBC, 2014; IWBI, 2020).

The objective of the present study was then to identify evaluation criteria to analyze the contribution of architecture and design to the promotion of social support, taking a general hospital in Brazil as a case study.

2. GENERAL SPECIFICATIONS

TDS links the promotion of social support to the tangible assistance or emotional support that a person receives from others (Ulrich, 1991). To this end, the space should contribute to the interaction of all types of EAS users: care staff and other professionals working in hospital spaces, patients, and visitors (Tissot, Vergara, Ely, 2020).

Mendes and Souza (2024) stated that the Supportive Design Theory and the Evidence-Based Design are of significant importance in the analysis of hospital spaces, and the compliance to the indicators of those theories can reduce stress and promote user well-being. The authors identified 22 indicators of human well-being, being the most relevant for the study being the individual control of artificial light, the presence of employee resting spaces, the presence of areas or gardens for socialization, the quality of views and the availability of natural lighting. These indicators were recognized as influencing both the comfort of HCE users and the efficiency of medical teams. The research pointed out the importance of planning the architectural design of hospital buildings, so as not to neglect the well-being of users.

In this sense, the provision of outdoor gardens, with benches strategically positioned to facilitate social interaction in small groups, can favor healthy social support between patients that can leave the room and their visitors. However, it is important to avoid spaces that encourage excessive interactions, to not compromise privacy, well-being or generate stressful situations (Ulrich, 1999; Ulrich *et al.*, 2006).

Luz Júnior, Pagel, and Schroeffler (2024), through a systematic review of the literature and case studies with hospitals designed by architect João Filgueiras Lima, also studied how elements of nature are beneficial to promote the well-being of patients, workers, companions, and visitors. In this context, it is seen how biophilic architecture - architectural projects that go beyond aesthetics and adopt the installation of gardens, solariums and humanized spaces with a focus on the user - reduces stress and accelerates the patient's recovery. Such an effect was pointed out even with simple interventions, such as the installation of images that refer to nature. Thus, the authors reinforce the importance of improving biophilic architecture practices, given that, despite its remarkable benefits, the ways to quantify them are ineffective.

Regarding hospital care teams, Tissot, Vergara and Ely (2020) highlight that social support can be perceived by encouraging interaction between different teams during work breaks. The contribution of the physical environment may consist of the inclusion of indoor or outdoor garden areas, with seating, in spaces restricted to employees.

In the research by Putino *et al.* (2020), developed during the COVID-19 Pandemic, frontline health professionals in a New York hospital were invited to experience 15-minute experiences in a recharge room for a consecutive period of 14 days. The experiences, immersive and multisensory, could take place before, during or after work shifts. The recharge rooms included artificial silk plants, projection of relaxing

natural landscapes, low lighting adapted in colors, audio recordings of nature sounds paired with relaxing music, and infusion of essential oils with calming scents. The average stress levels reported by the participants before entering the recharge room were considered elevated. After the first experience in the study space, the average level of reported stress was significantly reduced. The authors concluded that refill rooms, such as those provided in the study in question, significantly reduce the stress perceived by health professionals in the short term and may be of general use in high-stress health settings.

As for the companions and visitors of patients, the hospital space, surrounded by medical equipment, combined with the intense workload of the care team, can make family members feel ignored or displaced. However, as exposed by Sundberg *et al.* (2020) a positive experience with the physical space of the hospital can contribute to visitors feeling included and participating in the care of their hospitalized relatives or friends. As measures to encourage the promotion of social support, Andrade and Devlin (2015) pointed to the creation of inviting shared areas so that visitors feel welcome, which can also favor the patient's well-being. In addition, the authors suggest the use of folding chairs that can be easily stored in the room itself when not used, as well as the inclusion of seats wide enough to serve as beds for companions.

A study conducted in Scotland (Dosser; Kennedy, 2014) addressed the difficulties of nursing teams in communicating with family members of hospitalized terminal patients. The creation of a specific room nearby the ICU to welcome family members of terminally ill patients was one of the measures adopted to improve communication. The room was developed for use by the care team - as a private place to facilitate conversations with patients and family members - and to be used as a quiet place for companions to have a break from the bedside of the bedridden family member, or for patients to receive visits from children. The care team and companions were consulted on how the room should be. It was defined that the space should be relaxing, with comfortable furniture and lighting and with items such as a kettle, coffee maker and microwave. After the first days of using the implemented room, the care team reported immediate and tangible benefits, both for the companions and for the medical team. The main benefits reported by doctors and nurses was to have a private place to have difficult conversations, especially when giving unwelcome news to the patient and his family.

In the context of the elaboration of HCE projects, Giracca *et al.* (2024) studied the importance of forming multiprofessional teams - engineers, designers, and health professionals - in the development of projects after the COVID-19 pandemic. Using qualitative analysis and action research as a method, it was observed that the balance between different knowledge areas in the same team generates greater engagement, and the collaboration is more effective. Also, the assimilation of theoretical knowledge with medical practitioners was pointed out as essential for the development of spaces and products that preserve life. Even so, difficulties of measuring team engagement were pointed out. The authors suggest incorporating practices that involve different professional areas during the academic training of

designers, as a facilitator of their preparation to develop complex projects in more restricted spaces, such as health.

In the academic context, Medeiros (2024) explored recurring aspects in articles published in recent years on architecture and humanization in HCE. The author pointed out that the way of studying humanization in health spaces in Brazil is more mature. The study previously focused on open areas – waiting rooms and outpatient clinics – has been expanded to restricted hospital sectors, such as ICUs and hospitalization areas. The research, conducted by qualitative analysis, relied on the interdisciplinary application of theories and concepts applicable to architectural design to analyze the relationship between the health space and the person. Even pointing to the great possibilities of the theme, the author highlighted the difficulties faced by the high level of ethical requirements to conduct research in hospital spaces, which directly interferes with the execution of studies.

3. METHODOLOGICAL PROCEDURES

The research was developed in two stages: (1) identification of social support indicators and (2) application of the indicators in a case study.

3.1. Identification of social support indicators

The first stage consisted in identifying content associated with the provision of social support, according to the TDS concept. This investigation was based on RDC 50/2002 (Brasil, 2002) CA/PNH (Brasil, 2010) and the technical references of the certifiers AQUA-HQE (Fundação Vanzoli, 2011), LEED (USGBC, 2019) and WELL (IWBI, 2020).

The presence of social support indicators in the AQUA-HQE certification was investigated in the 2011 Certification Reference for Buildings in the Service Sector – Health Organizations, which is a specific reference for HCE (Fundação Vanzoli, 2011). The indicators present in LEED were identified in the text of the LEED v4 Reference for Building Design and Construction, from 2014 (BD+ C: Health Units) and from the updates of version 4.1, from 2021 (USGBC, 2014, 2021). Finally, to identify the indicators present in the WELL certification, version v2 of the 2020 Benchmark (IWBI, 2020) was consulted.

The recognized "social support" indicators were summarized in a table together with the respective requirements present in each source consulted, when applicable.

3.2. Application of the indicators in a case study

The indicators of "social support" identified in the publications of the Ministry of Health and in the technical references of the certifications were tested at the Hospital São Vicente de Paulo (HSVP), located in Belo Horizonte, MG, and inserted in the Health Campus of the Federal University of Minas Gerais (UFMG) - Hospital das Clínicas.

The installed capacity of HSVP is 504 beds. In addition, the hospital has care, administrative and teaching activities, which encompass different profiles of HCE users. The building is divided into wings, which are named according to their geographical orientations.

The Adult Intensive Care Center (ICU), which is located in the East Wing of the 3rd floor, and the Medical Clinic Hospitalization, located in the North Wing of the 7th floor, were the units selected to analyze the specific indicators for internal spaces associated with hospitalization (Figure 1). More general indicators, related to areas common to all users, were analyzed for the building as a whole.

Figure 1: Identification of the hospital wings analyzed in the case study.



Source: Mendes, 2023.

As it is a building for hospital use, for the development of the case study, it was necessary to submit the Research Project to the Research Ethics Committee of the Federal University of Minas Gerais (CEP-UFMG), via Plataforma Brasil - CAAE: 59237122.7.0000.5149 - and to the Research Network of the Brazilian Company of Hospital Services (EBSERH) - Process EBSERH HC-UFMG: 23537.012637/2022-18. The approval by the two ethics committees took place in September 2022. Thus, it was possible to access the building's plans and carry out on-site visits.

In possession of the plans of the architectural survey of the building, a preliminary analysis of the sectors was conducted. Thus, the available area, the interconnection with external areas and the location of the Adult ICU and of the Medical Clinic, the presence of living areas for employees; and accessible areas for companions and visitors, such as waiting and living areas were verified.

After selecting the spaces for the application of the indicators, two technical visits were carried out, accompanied by EBSEH architects. The first took place on September 29, 2022, in the external areas of the hospital complex, in the hospital chapel and in the Adult ICU.

On the second visit, which took place on October 8, 2022, the inpatient ward of the Medical Clinic and the main entrance areas of the hospital were visited. During the visits, photographic surveys of the areas and the documentation of available furniture were made, for the comparison with the space requirements presented in the SomaSUS virtual tool, made available by the Ministry of Health (SomaSUS, 2024).

Finally, the results of the applicability of the social support indicators in the case study were presented in a table, with the identification of the fulfillment or not of the indicators, according to the requirements presented in the first stage of the research.

4. RESULTS

4.1. Identification of social support indicators

Consultation of the texts of RDC 50/2002, CA/PNH and of the technical references of the three selected certifiers allowed the recognition of five "social support" Indicators. Chart 1 presents the indicators accompanied by the requirements required in each source consulted.

Chart 1: Social support indicators presented in the literature.

Indicator	Source	Requirements
Waiting areas	RDC 50/2002	Mandatory for intensive hospitalization. Minimum area of 1.3m ² /person
	CA/PNH	Waiting area capable of welcoming visitors. Easy access to toilets and drinking fountains.
Companion accommodation	RDC 50/2002	Space for a companion seat next to the geriatrics, neonatology and pediatrics beds.
	CA/PNH	Spaces capable of accommodating companions
Interview room	RDC 50/2002	Assistance to companions for the transfer of information from hospitalized patients (optional for intensive care unit)
	CA/PNH	Spaces capable of welcoming visitors: a listening space.
Indoor areas for coexistence	CA/PNH	Meeting, listening and reception spaces, for interaction between users and employees and between teams of employees, with comfortable and sufficient furniture. Rooms where the patient, in conditions, can receive visits outside the bed.
	WELL	<u>Social engagement</u> : internal community space ≥ 186m ² , with signage and communication about the conditions of use, accessible and with quality seating. <u>OR</u> meeting and event spaces, capacity ≥10 people, weekly availability.
Outdoor areas or gardens for coexistence	CA/PNH	<u>Gardens and areas with benches</u> : a place to sit, relax, meet and integrate. Provide multifunctional outdoor spaces for comfortable waiting and for socializing, interacting and physical activity practices.
	AQUA-HQE	<u>Quality of outdoor spaces for users</u> : spaces for socializing, resting or private activities, accessible to all users.

Indicator	Source	Requirements
	LEED	Direct access to patio, terrace, garden or external balcony: Area $\geq 0.5\text{m}^2/\text{patient}$ for 75% of inpatients and 75% of outpatients, who stay for more than 4 hours in the EAS. External space for interaction: with the space; social; passive recreation and physical activities, $\geq 30\%$ of the land area. At least 25% of this space must have vegetation (except lawn) OR with aerial vegetation cover. It must be accessible and have pavement or lawn for pedestrians and/or for recreation, with elements for outdoor social activities and/or physical activities; OR garden with diversity in vegetation and species throughout the year; OR community gardens or food production.

Source: Mendes, Souza, Adachi (2024), based on Brasil (2002; 2010); Fundação Vanzolini (2011); USGBC (2014; 2021); IWBI (2020).

As exposed, the reception of visitors and companions is a theme present in all sources consulted. It is noteworthy that the five indicators identified can be associated with this profile of HCE users. The first three indicators present in Chart 1 were recognized only in the publications of the Ministry of Health. The others are present in the CA/PNH and in at least one technical certification reference. In addition to covering welcoming, the last two indicators also highlight the importance of meeting places. Outdoor areas or gardens for relaxation, meetings and interaction make up an indicator of social support identified in the five references, which presents varied requirements and can be beneficial to all profiles of users of hospital buildings.

4.2. Application of the indicators

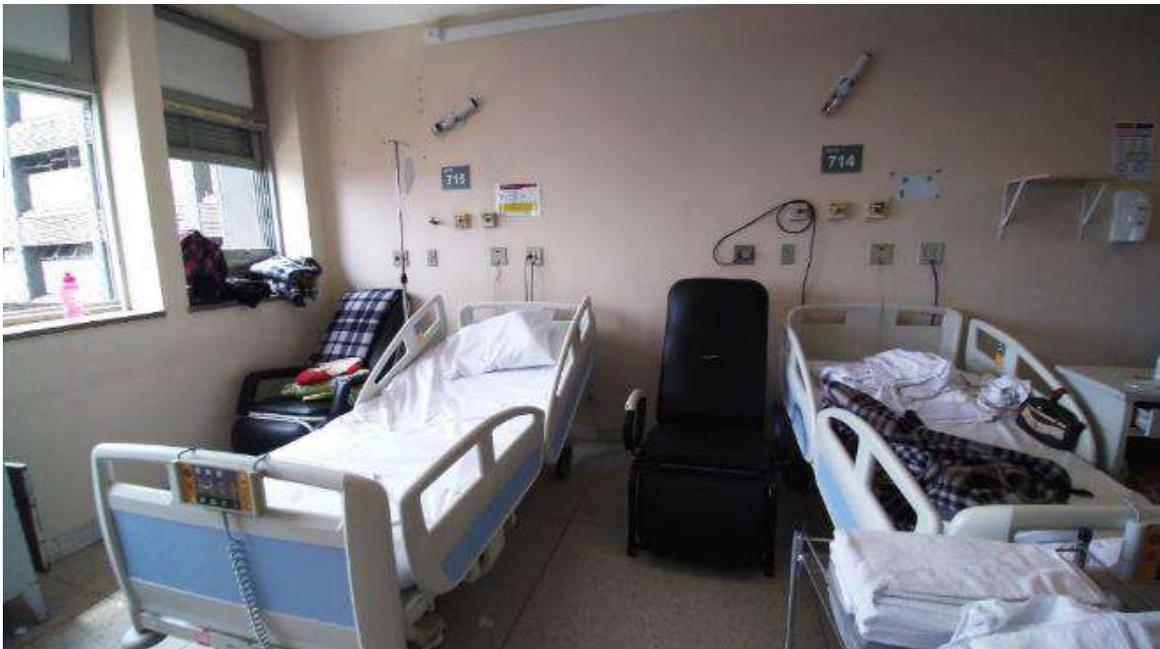
The Medical Clinic Hospitalization is not required to have its own waiting area. Thus, for this hospitalization unit, the general waiting area of the HSVP, located in the main entrance hall for visitors, was analyzed.

The waiting space (Figure 2) is large and has physical divisions that delimit the areas of information; entry control; hospitalization and discharge control; and waiting for discharged patients. The most delimited spaces are the waiting areas indicated in Figure 2 as "A" and "C". Considering the number of chairs available on the day of the visit, there are 1.9 m^2 per person for area "A" and 1.3 m^2 for area "C", meeting the requirement of a minimum area of 1.3 m^2 per person, present in RDC 50/2002. Area "B" corresponds to an open circulation space, with some chairs distributed. Near the entrance control, two bathrooms separated by sex and two drinking fountains were identified. Visitors are allowed to enter the hospitalization wards only during visiting hours, or to change companions.

Although HSVP allows visits to adult patients in intensive care, staying as a companion is not allowed in the ICU. Thus, the presence of accommodations for the overnight stay of companions is not applicable to the Adult ICU, having been analyzed only for hospitalization at the Medical Clinic.

Within the hospitalization unit under consideration, RDC 50/2002 establishes that the presence of an armchair at the bedside is mandatory only for the companions of elderly patients. Despite this, during the visit, reclining chairs were observed next to all beds in all wards, regardless of the age of the patients. (Figure 4). The sources consulted do not present clear requirements regarding the comfort of the armchairs, but it was observed that they are upholstered with material that is easy to clean, have armrests and footrests. Therefore, this indicator was considered met.

Figure 4: Seats for companions next to the beds of the Medical Clinic.



Source: Authors.

The interview room is a space where information about the patient's clinical condition is passed on to the family, allowing greater privacy and, consequently, welcoming. This is an optional environment for ICU and is not mentioned for other hospitalization units.

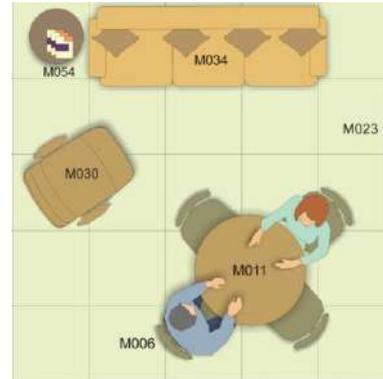
The analysis of the hospital plan, as well as the technical visit carried out, confirmed the existence of this space in the Adult ICU. Although RDC 50/2002 and CA/PNH do not present minimum requirements for the configuration of interview rooms, a comparison of the existing furniture was made by the consultation of the layout plan and the complementary list of furniture, made available by the SomaSUS tool (Figures 5 and 6). Although the corner table and the armchair were not identified in the ICU interview room, the space has furniture and equipment present in the complementary list of SomaSUS, which are not present in the reference plan, such as: computer table; computer; archive; and closet. Considering that most of the furniture mentioned in the tool was identified, the indicator was considered met for this space.

Figure 5: CTI Interview Room.



Source: Authors.

Figure 6: Layout model for Interview Room.



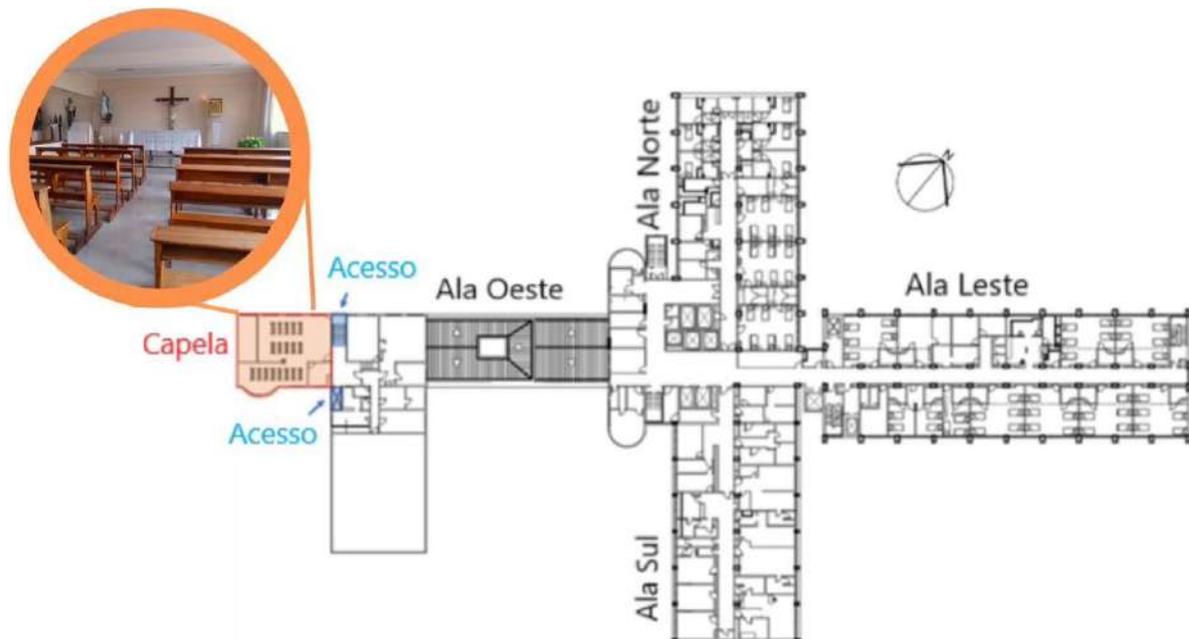
- M006 – chair
- M011 – meeting table
- M023 – Bulletin board
- M030 – armchair
- M034 – sofa
- M054 – coffee table

Source: SomaSUS, 2024.

The only internal living area identified in the building, and open to all user profiles, is an ecumenical chapel. The physical area of this chapel is 110m², lower than the minimum area determined by the first criterion of the WELL reference (186 m²). However, the chapel meets the second WELL evaluation criterion, as it can be considered a weekly event space with a capacity of more than 10 people.

Located in the West Wing of the 7th floor, the chapel is physically isolated from other hospitalization wings, from the aforementioned floor, and it is necessary to move to the lower floor, where the vertical circulations enable access (Figure 7). This space was considered as partially attending the related indicator of social support.

Figure 1: HSVP Chapel and its location.



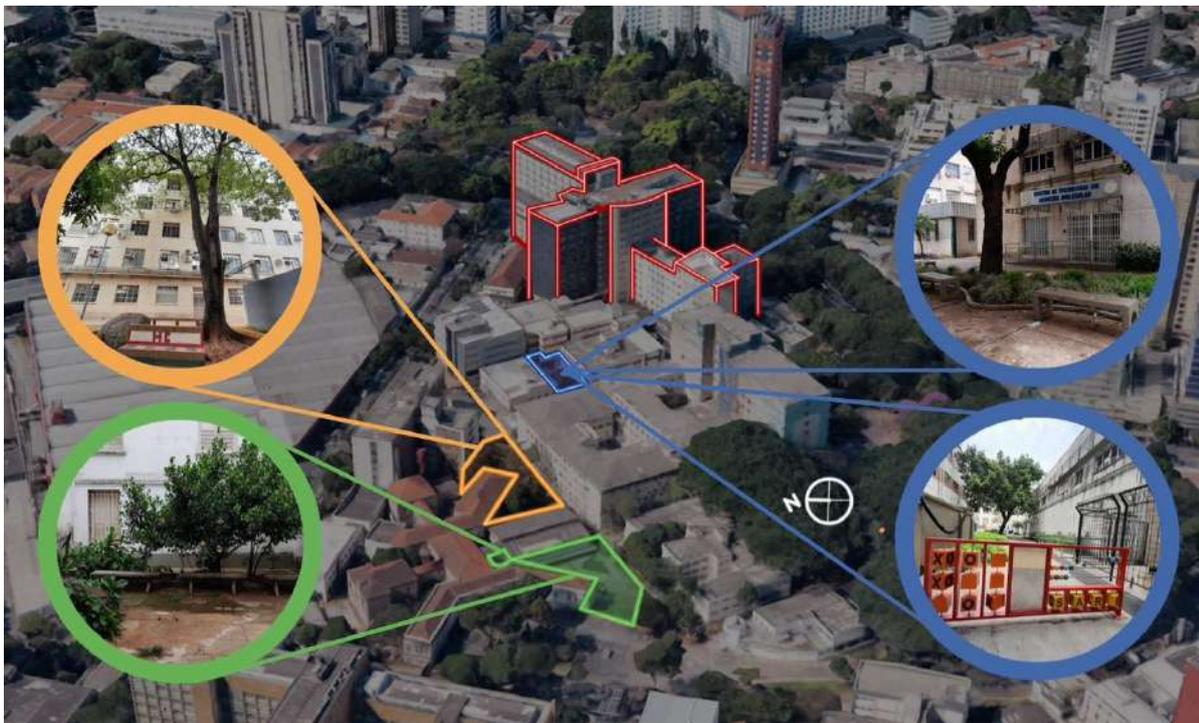
Source: Authors.

No gardens or outdoor areas accessible to users were identified within the boundaries of the HSVP building. However, the building is located within the UFMG Health Campus, which has seven buildings for outpatient care, in addition to a

building for housing resident doctors, the School of Nursing and the Faculty of Medicine.

During the technical visit, outdoor spaces with benches and flowerbeds were detected, established on the pedestrian routes between the Campus buildings (Figure 8).

Figure 2: Location of the gardens.



Fonte: Google Earth, 2024, as amended by the Authors.

Although these spaces are open to the public and can be used by employees, visitors and patients in consultation, hospitalized patients are unable to enjoy these spaces, since there is no delimitation that separates the land occupied by the HSVP from the rest of the campus. As seen, among the sources consulted, the LEED and WELL references have specific requirements for areas or gardens. However, no compliance with any of the requirements presented in Chart 1 was identified. The vegetation of the spaces identified on the Campus is scarce and the few benches are arranged in positions that do not contribute to social interaction. The area with the greatest coverage and plant diversity is located near the entrance of Borges da Costa Hospital, more than 200m from the study case building, exceeding the limit set by the WELL certification. These spaces are not flagged and are not accessible to all user profiles.

5. DISCUSSIONS

Chart 2 compiles the results regarding the fulfillment of social support indicators in the Adult ICU and in the Internal Medicine Hospitalization of the HSVP. Indicators that have fully complied with the requirements, either by the presence of a space or

adequate furniture, are highlighted in blue. The gray color indicates partial compliance, the red color highlights that the requirements were not met and the white color, that the indicator is not applicable to the sector evaluated. Overall, 30% of the indicators were fully met, 20% were partially met, 20% were not applicable, and 30% did not meet the requirements. Given this scenario, compliance with the requirements analyzed is considered low.

Chart 2: Case study compliance for social support indicators.

Indicator	User	Indicator Compliance	
		CTI	Medical Clinic
Waiting areas	Companions and visitors	Doesn't comply	Complies
Overnight accommodation	Companion	Not applicable	Complies
Interview room	Companions and visitors	Complies	Not applicable
Indoor areas for coexistence	All except ICU patients	Partially complies	
Gardens or outdoor areas accessible for living	All except ICU patients	Doesn't comply	

Source: Authors.

The general waiting area of the HSVP, considered for the analysis of the waiting area of the Medical Clinic, met the minimum requirements for the area, with the presence of stringers, bathrooms and drinking fountains. The space features a variety of shapes, colors and materials, as well as a play of lights near the ceiling, which contribute to the ambience, promoting a positive distraction for users. However, it is considered that the standardization in this regard and also the technical references of the certifications could explore the ambience of the space as a whole, with more specific requirements.

To evaluate the accommodations for overnight stays, the presence of a reclining chair upholstered with washable material next to each bed was considered. It should be noted that this must be a minimum requirement to be observed. More refined criteria could measure comfort levels for chairs, recliners or sofa beds, which can be offered to companions.

The existence of an "interview room" could be included in a revision of RDC50, at least as an option for other hospitalization units in addition to the ICU. Sometimes, in the absence of this room, relatives receive unpleasant news about patients in corridors or other spaces that are inappropriate for this. It is an important space for reporting to patients' families, which adds privacy in difficult times. It is notorious that inclusion as an "optional space" could lead to no implementation at all in some HCE, often for reasons of physical area limitation, which privilege mandatory spaces. However, it is understood that the recommendation can alert and encourage hospital designers and managers about the relevance of this space.

The existence of the Chapel, as an internal living area, partially served as an indicator of social support because it is a space related exclusively to Christianity.

The symbolism of such a relationship may arouse marked importance for some users, but it may also have no relevance for others. The existence of another internal space for community use, without religious symbolism, could be beneficial for a greater reach of social support.

Finally, accessible gardens are widely recommended in the materials consulted. This indicator of social support should receive special attention in hospital buildings, since its existence can be linked to both restoration and a living environment. Both the CA/PNH, as well as all the certification references studied, indicated that the presence of gardens can be beneficial for patients, visitors, companions and HCE employees.

6. CONCLUSION

In general terms, the presence of social support in HCE is characterized by a positive dynamic interaction between workers, patients and visitors, through welcoming and functional enclosures. The hospital environment, by providing social support, contributes to intensify health promotion. In the same way, it also ends up contributing to the satisfaction of visitors and to the performance and professional contentment in the care work space. Thus, the careful integration of such elements is essential for a more humane and efficient hospital environment.

The present research highlighted not only the importance, but also the need to include welcoming spaces in HCE, in addition to what is established by RDC 50/2002 (Brasil, 2002). While normative guidelines are essential for the construction and maintenance of healthcare environments, the additional materials consulted reveal that creating spaces that promote "social support" requires a more holistic approach. These additional requirements offer guidance to designers, allowing them to design indoor and outdoor spaces that not only meet functional needs, but also promote the physical and mental restoration of the different user profiles of HCE buildings.

The application of the indicators in a case study allowed not only a deeper understanding of the established requirements, but the recognition of the need to improve such requirements. Practice has revealed that while current requirements provide a solid foundation, there is significant room for refinements that can raise the quality of social support offered to hospital systems. In addition, it is important to highlight that other parameters can be incorporated into the analysis to obtain a more comprehensive and detailed evaluation. These additional parameters can include aspects such as users' perception of the space, the effectiveness of spaces in promoting positive social interactions, and the adaptation of spaces to the specific needs of different user groups.

It is also considered that the importance of exploring new sources of information and indicators of "social support" cannot be underestimated. Research that seeks to identify these sources is key to expanding the understanding of how the environment of HCE can be optimized to promote positive social interactions and

well-being. By integrating knowledge from different areas, such as environmental psychology, sociology, and design, these researches can provide a more robust theoretical and practical basis, enabling the creation of hospital environments that go beyond compliance with standards and regulations, offering a more humanized and welcoming experience. Ultimately, this multidisciplinary approach can contribute significantly to the evolution of construction and management patterns in health, ensuring that HCE are spaces truly geared towards contributing to healing.

REFERENCES

ANDRADE, C. C.; DELVIN, A. S. Stress reduction in the hospital room: applying Ulrich's theory of supportive design. **Journal of Environmental Psychology**, v. 41, p. 125-134, 2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Núcleo Técnico da Política Nacional de Humanização. **Ambiência**. Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Núcleo Técnico da Política Nacional de Humanização. 2. ed. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Resolução RDC nº 50, de 21 de fevereiro de 2002**. Dispõe sobre o regulamento para o planejamento, elaboração, avaliação e aprovação de projetos físicos de Estabelecimentos Assistenciais de Saúde. Diário Oficial da União, Brasília, 2002.

CHALFONT, G.; ULRICH, R.S. Design with nature for ageing: health-related effects in care settings. In: GROMARK, S.; ANDERSON, B. (edit). **Architecture for residential care and ageing communities**. New York, NY: Routledge, p. 189-201, 2021.

CHO, M. Evaluating Therapeutic Healthcare Environmental Criteria: Architectural Designers' Perspectives. **Int. J. Environ. Res. Public Health**, v. 20 (2), 1540, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph20021540>.

DOSSER, I., KENNEDY, C. Improving family carers' experiences of support at the end of life by enhancing communication: an action research study. **International Journal of Palliative Nursing**, 20(12), 608–616, 2014. DOI: <https://doi.org/10.12968/ijpn.2014.20.12.608>.

FUNDAÇÃO VANZOLINI. **Referencial técnico de certificação edifícios do setor de serviços Processo AQUA**: organizações de saúde. São Paulo: FCAV, 2011.

GIRACCA, C.N. *et al.* Interprofissionalidade entre design, engenharia e saúde (ides): soluções colaborativas em tempos de pandemia. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v. 19, n. 1, p. 187–211, 2024. DOI: 10.11606/gtp.v19i1.209342.

IWBI. INTERNATIONAL WELL BUILDING INSTITUTE. **WELL v2**: The next version of the WELL Building Standard. 2020

LUZ JÚNIOR, J.A.; PAGEL, E.C.; SCHROEFFER, K.G. Arquitetura biofílica em espaços hospitalares: uma análise nos projetos da rede Sarah. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v. 19, n. 1, p. 105–124, 2024. DOI: <https://doi.org/10.11606/gtp.v19i1.212053>.

MEDEIROS, L. Arquitetura e humanização em saúde: aproximando saberes e perspectivas. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v. 19, n. 1, p. 51–67, 2024. DOI: <https://doi.org/10.11606/gtp.v19i1.210108>.

MENDES, L.C. F. **Fatores humanos na arquitetura para a saúde:** indicadores e percepções. 2023. 164f. Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2023.

MENDES, L.C.F.; SOUZA, R.V.G. Indicadores que interpretam fatores humanos na arquitetura hospitalar. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v. 19, n. 1, p. 125–147, 2024. DOI: <https://doi.org/10.11606/gtp.v19i1.209924>.

MENDES, L.C.F, SOUZA, R.V.G., ADACHI, G.S.P. Apoio social em estabelecimentos assistenciais de saúde: contribuições da arquitetura e do *design*. In: ENSUS2024 – XII Encontro de sustentabilidade em Projeto, 2024, Belo horizonte. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 2024.

OLIVEIRA, C.; GOMES, C.A.; PEREIRA, A.D.A.; LOMBA, M.L.L.F.; POBLETE, M.; BACKES, D.S. Acolhimento e ambiência hospitalar: percepção de profissionais da saúde. **Acta Paul Enferm**, v. 35, 2022. DOI: <https://doi.org/10.37689/acta-ape/2022AO032166>.

PUTRINO, D. *et al.* Multisensory, Nature-Inspired Recharge Rooms Yield Short-Term Reductions in Perceived Stress Among Frontline Healthcare Workers. **Frontiers in Psychology**, v. 11 (560833). DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.560833>

SOMASUS. **Sistema de Apoio à Elaboração de Projetos de Investimento em Saúde.** Available at: <http://somasus.saude.gov.br/somasus/redirect!tamanhoTela.action>. Accessed in 30 jan. 2024.

SUNDBERG, F.; FRIDH, I.; LINDAHL, B. KAREHOLT, I. Visitor's Experiences of an Evidence-Based Designed Healthcare Environment in an Intensive Care Unit. **Health Environments Research & Design Journal**, v. 14, p. 178-191, 2021.

TISSOT, J. T.; VERGARA, L. G. L.; ELY, V. H. M. B. Definição de atributos ambientais essenciais para a humanização em quartos de internação. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 20, n. 3, p. 541-551, jul./set. 2020.

ULRICH, R. S. Effects of interior design on wellness: Theory and recent scientific research. **Journal of Health Care Interior Design**, v. 3, 97-109, jan. 1991.

ULRICH, R. S. Effects of gardens on health outcomes: theory and research. In: MARCUS, C.C.; BARNES, M. (org.). **Healing gardens**. New York: John Wiley & Sons, p. 27-86, 1999.

ULRICH, R. S. Essay: Evidence-based health-care architecture. **The Lancet**, v. 368, p. 38-39, dez. 2006.

USGBC. UNITED STATE GREEN BUILDING COUNCIL. **LEED v4 para projeto e construção de edifícios**. 2014.

USGBC. UNITED STATE GREEN BUILDING COUNCIL. **LEED v4.1 Building design and construction**. 2021.

WALDOW, V.R.; BORGES, R.F. Cuidar e humanizar: relações e significados. **Acta Paul Enferm**, v. 24 (3), 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-21002011000300017>.

ACKNOLEGMENTS

The authors would like to thank the Hospital das Clínicas of UFMG, the Brazilian Company of Hospital Services (EBSERH) and the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq 302771/2020-5), for the support received for the development of this research.

APLICAÇÃO DA ABORDAGEM ECOSISTÊMICA NA REESTRUTURAÇÃO DO MODELO DE SISTEMA DE PRODUTO NA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA PARA MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

APPLICATION OF THE ECOSYSTEM APPROACH IN THE RESTRUCTURING OF THE PRODUCT SYSTEM MODEL IN LIFE CYCLE ASSESSMENT FOR CONSTRUCTION MATERIALS

Data de aceite: 14/09/2024 | Data de submissão: 13/09/2024

ROCHA, Marina Silva Seabra da, Doutoranda

UFMG, Belo Horizonte, Brasil, E-mail: marinarocha.prof@gmail.com.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9989-976X>

ASSIS, Eleonora Sad de, Doutora

UFMG, Belo Horizonte, Brasil, E-mail: eleonorasad@yahoo.com.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7702-5669>

RESUMO

Têm-se buscado por métodos padronizados e coerentes para a avaliação do desempenho ambiental no setor da construção civil. A ACV, apesar de suas limitações, tem sido o método preferencial para a execução de tal tarefa. Dado o potencial da ACV, o objetivo deste estudo é reformular a estrutura do modelo de ciclo de vida do sistema de produto de materiais de construção, incorporando nela os preceitos da teoria ecossistêmica, mitigando as suas falhas do modelo tradicional, focando na avaliação do impacto ambiental de materiais da construção civil na provisão de serviços ecossistêmicos. Por meio de uma análise crítica da literatura normativa da ACV e sua comparação conceitual com os fundamentos ecossistêmicos, foi possível incorporar a estrutura de cascata e as categorias de impacto da abordagem ecossistêmica ao modelo do CV. Tal incorporação resultou na ampliação das fronteiras do sistema e na consolidação de um novo modelo padrão de caracterização.

Palavras-chave: ACV; Serviços Ecossistêmicos; Materiais de construção.

ABSTRACT

There has been a pursuit for standardized and coherent methods for evaluating environmental performance in the construction sector. Despite its limitations, Life Cycle Assessment (LCA) has been the preferred method for this task. Given the potential of LCA, the aim of this study is to reformulate the life cycle model structure of the product system for construction materials by incorporating the principles of ecosystem theory, thus mitigating the shortcomings of the traditional model and focusing on the assessment of the environmental impact of construction materials in the provision of ecosystem services. Through a critical analysis of the normative LCA literature and its conceptual comparison with ecosystemic foundations, it was possible to incorporate the cascade structure and impact categories of the ecosystem approach into the LCA model. This incorporation resulted in the expansion of system boundaries and the consolidation of a new standard characterization model.

Keywords: LCA; Ecosystem Services; Building Materials.

Por isto, na presente investigação, indaga-se onde é possível aplicar os conceitos da abordagem ecossistêmica dentro do método da ACV. O desafio aqui é propor uma reformulação do modelo de ciclo de vida do sistema de produto, de modo a mitigar as limitações do modelo convencional e focar o procedimento na consequência do processo de fabricação e escolha de materiais de construção na provisão de serviços ecossistêmicos.

2. ESPECIFICAÇÕES GERAIS

A seguir, faz-se a fundamentação teórica da pesquisa que irá embasar a proposta estrutural do novo modelo de sistema de produto do berço ao portão do local de uso – canteiro de obras – para materiais de construção. Primeiro, foram detalhados os princípios da teoria ecossistêmica. Em seguida, tratou-se dos procedimentos e conceitos da ACV.

2.1. Abordagem Ecossistêmica

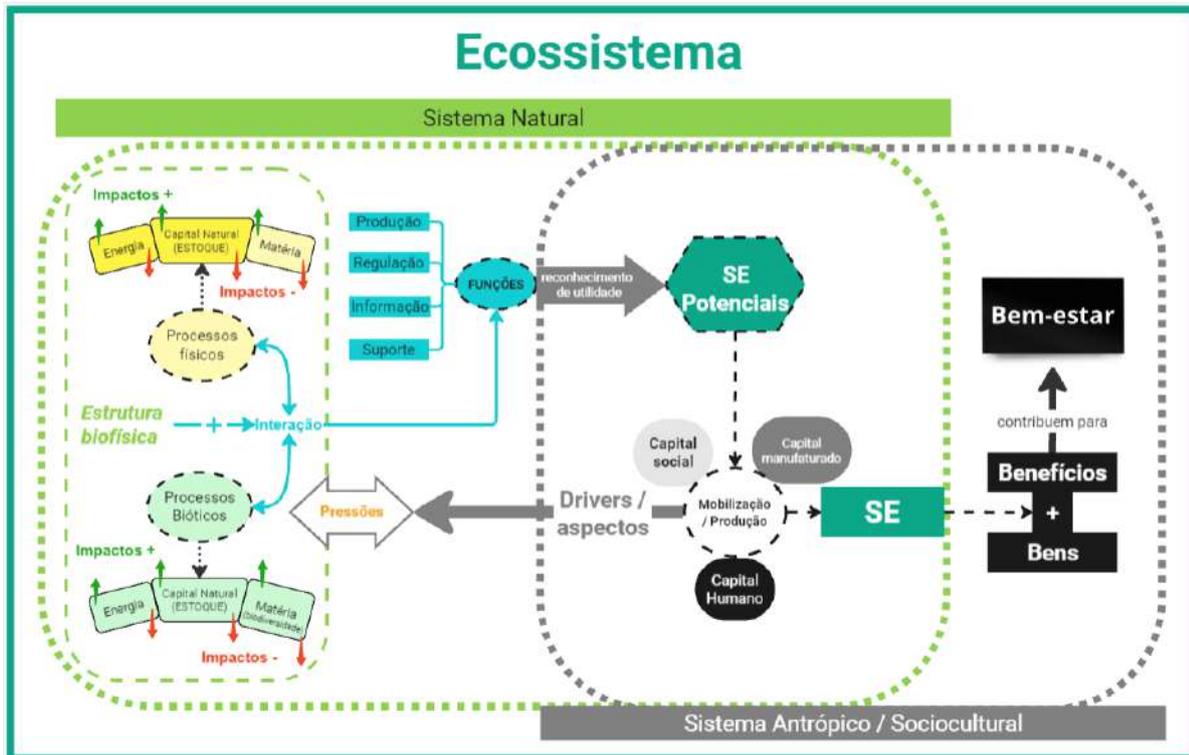
Ecossistema é “um complexo dinâmico de comunidades de plantas, animais e microrganismos e seu ambiente não vivo interagindo como uma unidade funcional” (Brasil, 2000, p. 9). Um ecossistema é composto por uma estrutura formada de elementos bióticos – organismos vivos – e abióticos – elementos químicos e físicos (La Notte *et al.*, 2017), que são a base de cada SE (Spanberg; von Haaren; Setelle, 2014). Estes elementos interagem de forma complexa entre si ao longo do tempo, configurando-se nos processos do ecossistema – ciclos de materiais e os fluxos de energia. A estrutura, juntamente com os processos, dá origem às funções ecossistêmicas (De Groot; Wilson; Boumans, 2002; Pavan, 2018).

As funções ecossistêmicas básicas são a de produção, regulação, suporte e informação. Elas podem se converter em Serviços Ecossistêmicos, caso haja um reconhecimento, por indivíduos ou grupos, do seu potencial de usabilidade. Ao se mobilizar este potencial através do capital humano, social e manufaturado tem-se o fornecimento e a constituição de um SE (Spanberg; von Haaren; Setelle, 2014). Segundo Buckhard e Maes (2017), serviços ecossistêmicos são rótulos que se atribuem às coisas úteis que os ecossistemas fazem pelas pessoas. São as contribuições finais que o meio dá ao bem-estar humano (Haines-Young; Potschin, 2018) e que resultam, após a mobilização e apropriação destes, em bens e benefícios aos quais as pessoas atribuem um valor (Spanberg; von Haaren; Setelle, 2014).

No entanto, esta forma de mobilizar o capital natural quando se fabrica algo, gera pressões antrópicas que impactam o ambiente (Buckhard; Maes, 2017; Costanza *et al.*, 2017). A persistência, intensidade e variação no tempo das pressões determinam a importância dos impactos no meio e, conseqüentemente, das alterações ecossistêmicas (Buckhard; Maes, 2017). As principais pressões geradas são as mudanças climáticas, o uso e a exploração do solo e das águas, a alteração de habitats, o aparecimento e reprodução de espécies invasoras, a poluição e a eutrofização. Por sua vez, os indicadores das condições ecossistêmicas traduzem as mudanças trazidas por estas pressões ao meio. Os impactos, então, podem ser

entendidos como o fluxo inverso ao dos serviços. Ou seja, são as conseqüências da influência das atividades humanas no meio (Buckhard; Maes, 2017). Estes impactos podem ser positivos ou negativos dependendo do nível e tipo de pressão antrópica e das condições do ecossistema. A Figura 1 ilustra a relação destes conceitos.

Figura 1: Esquema simplificado de serviços ecossistêmicos



Fonte: Autores.

2.2. Avaliação do Ciclo de Vida

Ciclo de vida são as etapas, em sequência, do percurso de um produto ou processo produtivo que podem se iniciar na geração da matéria-prima e se encerrar no descarte final deste (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2014a). Apesar de o foco ser no produto, informações sobre a condição ambiental dos sistemas limítrofes podem tornar os resultados da ACV mais precisos (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2014b). O método da avaliação do ciclo de vida tradicional é considerado um estudo complexo, comparativo que, segundo a norma, “fornece uma perspectiva sistêmica das questões ambientais e de recursos para um ou mais sistemas de produto” (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2014a). Seu objetivo é medir os impactos associados ao ciclo de vida de um produto ou serviço. Ele também permite considerar aspectos do meio, dos recursos naturais e da saúde humana, mas não leva em consideração dados econômicos ou sociais (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2014a).

É importante lembrar também que a ACV considera apenas impactos ambientais potenciais e não precisos, pois são relativos a uma unidade de referência do produto. Isto quer dizer que neste método se analisa uma quantidade específica,

uma amostra, e não o universo completo do produto. Além disto, é fato que existe uma incerteza na modelagem dos impactos, sobretudo em relação àqueles que não são imediatos (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2014a).

Sabe-se que não existe um jeito único e pré-definido de se executar uma ACV. Ela pode ser combinada com outros métodos de modo a permitir uma avaliação mais holística, possibilitando melhorias e incorporação de novidades na técnica, ao utilizar informações de outros métodos. A ACV possui quatro fases: a definição do objetivo e do escopo do estudo; a análise de inventário; a avaliação de impactos e, por fim, a interpretação. A fase de definição do objetivo compreende o estabelecimento do porquê da realização do estudo, para qual finalidade e para quem este está sendo feito e se os resultados serão divulgados publicamente. Já no escopo, se deve delinear e descrever claramente o sistema e suas funções, as fronteiras, os tipos de impactos e suas categorias, metodologias de avaliação e interpretação, entre outros (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2014a).

O avaliador é quem determina onde começa e termina o sistema, que é a sequência de processos elementares, também conhecidos como fases – constituição da matéria-prima, transporte desta até o local de beneficiamento, processo de transformação em produto, manufatura de materiais e produtos auxiliares ao processo de produção, geração de fontes de energia, uso, manutenção, descarte e ou reciclagem – que são conectados por fluxos de produtos intermediários e que realizam uma ou mais funções. Também é o avaliador que delimita onde estão as fronteiras do processo avaliado, de acordo com o objetivo e o escopo do estudo, conforme os sistemas fornecedores (de entradas) e receptores (de saídas) de fluxos elementares e de produtos do sistema em análise (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2014a).

Estas entradas – de material, produtos ou energia – e saídas – de material, produtos, emissões, resíduos ou energia – são, então, levantadas e quantificadas por meio de cálculo na análise de inventário do ciclo de vida (ICV). Já na avaliação de impacto (AICV), é feita a estimativa da magnitude e da significância dos impactos potenciais do sistema. Nesta fase, também, os resultados do ICV são relacionados às categorias de impacto ambiental, indicadores e pontos finais de categoria, respectivos que são considerados relevantes para o estudo (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2014a). Isto é feito por meio de modelos de caracterização escolhidos. Estes modelos são os conjuntos de processos ambientais correspondentes a cada um dos indicadores de categoria e seus respectivos preceitos utilizados para detalhá-los. Estes devem ser condizentes com o objetivo e escopo da ACV. Porém, sabe-se que não existe um método bem definido e aceito que relacione de forma precisa dados de inventário com impactos ambientais e pontos finais (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2014b).

Os pontos finais de categoria, por sua vez, são os aspectos externos, ou seja, de um meio (sistema) afetado pelas saídas do sistema em estudo. O indicador de categoria, que é calculado nesta fase, configura-se como a unidade que representa a saída de um processo elementar que impacta o meio. No entanto, este pode ser escolhido em qualquer ponto do mecanismo ambiental. Os mecanismos, por sua

vez, são os fenômenos de natureza física, química ou biológica que permitem com que as saídas, que constituem os resultados da análise de inventário, afetem os pontos finais das categorias de impacto (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2014a). Já as categorias de impacto podem ser traduzidas como as questões ambientais afetadas pelas saídas do sistema, por meio do aspecto ou fator ambiental. Estes últimos são os processos do sistema que interagem com o meio ambiente. É importante lembrar que a seleção das categorias de impacto deve abranger um conjunto amplo de aspectos ambientais afetados pelo sistema de produto analisado (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2014b).

É relevante ressaltar que no método de ACV, se as categorias de impacto, de indicadores e os modelos de caracterização existentes não forem suficientes, novos podem ser definidos. No entanto, o modelo de caracterização de cada indicador deve se basear em um mecanismo ambiental identificável com características espaciais e temporais específicas e fundamentado em dados científicos. Conseqüentemente, este modelo, os indicadores e categorias resultantes dele devem ser aceitos internacionalmente (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2014b).

Por fim, na interpretação do ciclo de vida, é feito um diagnóstico com base na sumarização da análise de inventário e ou da avaliação de impacto, de acordo com o objetivo e escopo do estudo. Desta forma, são tiradas conclusões que serão base para recomendações ou tomada de decisão (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2014a).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta pesquisa exploratória de caráter descritivo se fundamenta na revisão de literatura crítica. As publicações utilizadas de base sobre SE totalizaram em 10. Todas tratam da abordagem ecossistêmica baseada no seu modelo de cascata. Este modelo é o que permite fazer o elo entre o processo produtivo, ou seja, a apropriação dos bens ecossistêmicos e seus impactos na estrutura biofísica do meio, que é a responsável pela provisão dos serviços. Além disto, a abordagem de cascata foi proposta por Haines-Young e Potschin, em 2010, criadores das bases da Classificação Internacional Comum de Serviços Ecossistêmicos (CICES) (La Notte *et al.*, 2017), fruto de esforços da Agência Ambiental Européia (EEA), visando padronizar as tipologias e os conceitos de SE, de modo a permitir a comparação entre métodos de mapeamento ambiental e de avaliação de SE (Embrapa, [S.d.]).

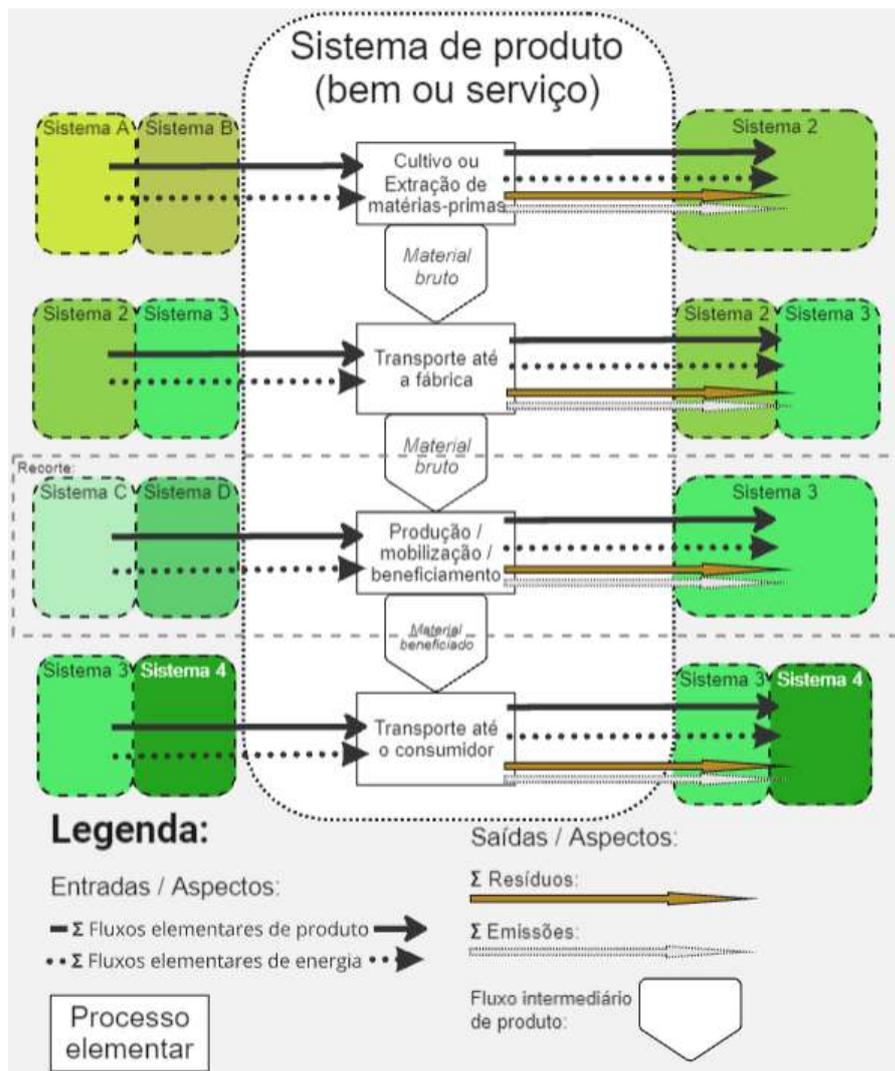
Já no que concernem às bases conceituais de ACV, foram consultadas as duas normas em vigência, a ABNT ISO NBR 14040 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2014a) e a ISO NBR 14044 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2014b). Elas tratam, respectivamente, dos princípios e estrutura da ACV, e dos requisitos e orientações para a aplicação do método. Foram escolhidas como objeto do estudo porque descrevem e fundamentam com detalhes as bases conceituais e estruturais deste. Foi feita a leitura integral das normas de forma a se compreender os principais aspectos, fases e conceitos da ACV.

Por meio de um método de procedimento comparativo e monográfico, foram identificadas, em uma análise qualitativa da estrutura metodológica e conceitual, as lacunas de ACV que os preceitos ecossistêmicos poderiam suprir. Assim, propôs-se uma alteração conceitual e estrutural do modelo de sistema de produto para a ACV de materiais de construção, constituído das fases de cultivo e ou extração das matérias-primas até o transporte ao local de aplicação do material, ou seja, o canteiro de obras. Neste, introduziram-se os elementos e fluxos da estrutura de cascata. A forma do novo modelo foi, então, ilustrada por meio de um fluxograma.

4. RESULTADOS

Ao se analisar a estrutura metodológica da ACV é possível perceber que a abordagem ecossistêmica pode ser inserida no modelo de sistema de produto por novas delimitações na fronteira do sistema em estudo, em termos dos fluxos elementares e de produtos e na incorporação do modelo de cascata aos modelos de caracterização, conforme Figura 2.

Figura 2: Estrutura de sistema de produto de ACV ecossistêmica para materiais de construção.



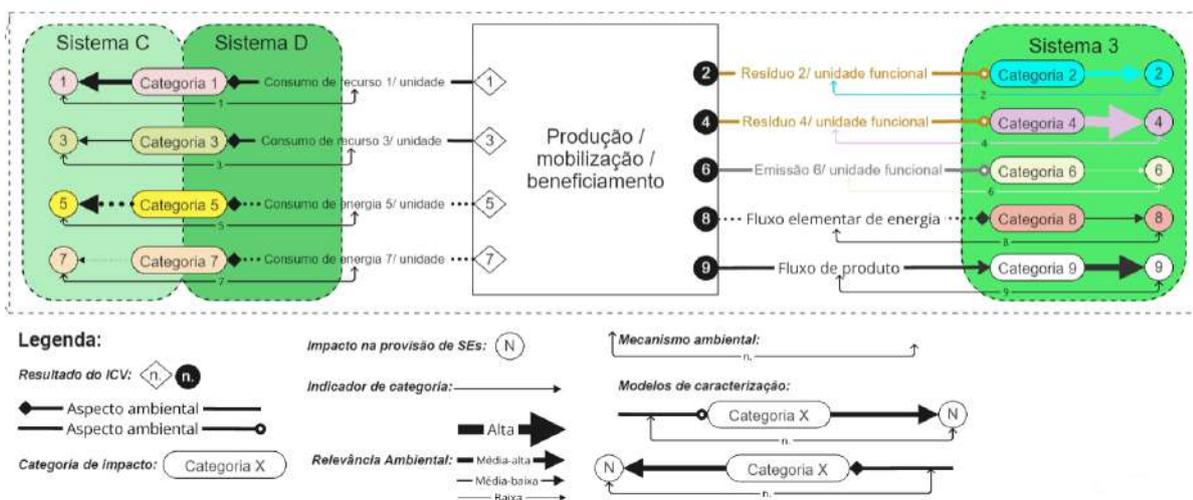
Fonte: Autores.

No que concerne o objetivo da ACV que utiliza este modelo de sistema desenvolvido, e que aqui será chamada de Avaliação Ecológica do Ciclo de Vida para Materiais de Construção (AECV-MC), esta visa ser executada de forma a permitir com que profissionais da construção civil e também leigos, possam tomar decisões relativas à escolha os materiais que irão empregar em suas obras. Os materiais selecionados deverão ser aqueles que possuem melhor desempenho ambiental, provado pelo método em estudo. Ou seja, aqueles que menos afetem negativamente a provisão de serviços ecossistêmicos.

Dado que Zari (2019) divide os materiais de construção em três tipos, materiais que são cultivados, materiais que são extraídos ou minerados e materiais que são feitos ou processados, pode-se considerar, para a modelagem genérica do ciclo de vida de qualquer um destes materiais, pelo menos quatro processos elementares inseridos dentro da fronteira: cultivo ou extração de matérias primas; transporte até a fábrica; produção, também conhecida na linguagem ecossistêmica por mobilização e, por fim, transporte até o consumidor, de acordo com a Figura 2.

Na Figura 3 os sistemas que estão fora da fronteira e ligados aos processos elementares por entradas são, pelo menos, dois. Isto se dá, pois a energia e os produtos usados naquela fase do ciclo de vida podem vir de lugares diferentes. Igualmente, os ecossistemas que fornecem fluxos de material e energia podem não ser os mesmos do sistema de onde as matérias-primas são extraídas ou cultivadas. No caso dos processos de transporte, os ecossistemas que fornecem as entradas como, por exemplo, de energia em forma de combustível, podem ser tanto os do local de saída, quanto os de chegada do fluxo intermediário de produto, ou até mesmo um terceiro ecossistema. Ou seja, as atividades de deslocamento impactam o ecossistema de saída e de chegada do fluxo de produto intermediário pelo consumo de recursos, energia e liberações de emissões e resíduos.

Figura 3: Fluxos em recorte de um dos processos elementares



Fonte: Autores.

Igualmente, os fluxos elementares entre sistemas, também compreendidos como aspectos ambientais, impactam tanto na provisão de SE dos sistemas que os fornecem para o sistema em estudo, quanto daqueles para os quais as saídas do

sistema principal se direcionam. Ou seja, os fluxos elementares de produto e energia – como o consumo de recursos e energia para o processo de beneficiamento do material – quanto os fluxos de produto e liberações – como a liberação de energia na forma de calor, as emissões e os resíduos – afetam o fornecimento de SE nos sistemas fornecedores e receptores.

Uma mudança maior na estrutura do sistema de produto e da condução da ACV se faz necessária no que concernem especificamente os fluxos de entrada e saída levantados e quantificados no inventário de ciclo de vida (ICV) e seu relacionamento às categorias de impacto. Conforme a Figura 3, que amplia o processo elementar de produção, pode-se perceber que as categorias de impacto são passíveis de se tornar categorias de impacto em SE. Assim, o ponto final de categoria se transforma de ecossistema impactado, como preconiza a ACV original, em pontos finais na provisão de serviços ecossistêmicos daquele meio afetado. Zari (2019) determina, inclusive, que os serviços mais afetados pelo ciclo de vida dos materiais de construção são a regulação climática, os serviços de purificação, provisão de habitat, água potável, comida e energia e ciclagem de nutrientes. Estes podem, então, ser pré-definidos como categorias-padrão.

Visto que não há métodos pré-determinados de caracterização dentro da ACV, o modelo de sistema juntamente com os modelos de caracterização propostos para se compreender a relação dos resultados do inventário com os impactos na provisão dos SE seguirão a lógica do modelo de cascata. Isto pode ser executado, pois este modelo permite relacionar a apropriação dos SE em cada um dos processos elementares com as suas conseqüências ambientais. No entanto, mais estudos são necessários para se desenvolver um modelo de caracterização padrão para a AECV-MC.

5. DISCUSSÕES

A abordagem ecossistêmica e a ACV são complementares, conforme declarado em estudos anteriores e, por isso, a primeira pode compor a última segundo recomendação das normas pertinentes. A incorporação da estrutura de cascata e das categorias de impacto, já levantadas por Zari (2019) e consolidadas na CICES, tornam a ACV dos materiais de construção melhor estruturada em termos de um padrão e bases conceituais, facilitando a comparação entre sistemas de produtos.

A principal alteração da estrutura de um modelo de sistema de produto convencional para um que incorpore SE, segundo a proposição desta investigação, é que as entradas no sistema de produto analisado se tornam impactos nos serviços ecossistêmicos do sistema de onde são extraídos, e as categorias de impacto se tornam categorias de impacto na provisão de SE. Além disto, os sistemas que fazem fronteira com o avaliado devem ser incluídos na análise. Isto faz com que o foco da avaliação deixe de ser apenas o produto para incorporar também as conseqüências do seu ciclo de vida no meio. Igualmente, a combinação destes dois campos métodos de análise a avaliação ambientais se justifica, pois a

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14044**: Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Requisitos e orientações. Rio de Janeiro: ABNT, 2014b. 46 p.

BELIZARIO-SILVA, *et al.* The Sidac system: Streamlining the assessment of the embodied energy and CO₂ of Brazilian construction products. **Journal of Cleaner Production**, [S.l.]: Elsevier, v. 421, n. 138461, 2023, p.1-12.

BRASIL. Ministério da Ciência Tecnologia Inovações e Comunicações. *In*: _____ **ACV**, [Brasília]: IBICT, [2018]. Disponível em: <https://acv.ibict.br/sobre/quem-somos/>. Acesso em: 28 mar. 2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas Programa Nacional de Conservação da Biodiversidade. **A Convenção sobre Diversidade Biológica**: CDB Cópia do Decreto Legislativo nº 2, de 5 de junho de 1992. Brasília, DF: MMA, 2000. 30 p. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/textoconvenoportugus.pdf>. Acesso em: 03 fev. 2023.

BUCKHARD, Benjamin; MAES, Joaquim. **Mapping Ecosystem Services**. Sofia: Pensoft Publishers, 2017. 374 p.

COLTRO, Lêda (org.). **Avaliação do ciclo de vida como instrumento de gestão**. Campinas: CETEA/ITAL, 2007. 75 p.

COSTANZA, Robert; de GROOT, Rudolf; BRAAT, Leon; KUBISZEWSKI, Ida; FIORAMONTI, Lorenzo; SUTTON, Paul; FARBER, Steve; GRASSO, Monica. Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? **Ecosystem Services**, [S.l.]: Elsevier, v. 28, n. part A, p. 1–16, 2017.

DE GROOT, Rudolf; WILSON, Mathew A.; BOUMANS, Roelof M. J. 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. The dynamics and value of ecosystem services: integrating economic and ecological perspectives. **Ecological Economics**, [S.l.]: Elsevier, v. 41, n. 3, p. 393–408, jun. 2002. Edição Especial.

EMBRAPA. Serviços ambientais. *In*: _____. **Site Oficial da Embrapa**, Brasília, DF: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, [S.d.]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-servicos-ambientais/sobre-o-tema>. Acesso em: 28 mar. 2024.

HAINES-YOUNG, Roy; POTSCHIN, Marion. **Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1**: Guidance on the Application of the Revised Structure. Nottingham, Reino Unido: Fabis Consulting, 2018. Versão 5.1. Disponível em: <https://cices.eu/content/uploads/sites/8/2018/01/Guidance-V51-01012018.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2023.

LA NOTTE, Alessandra; d'AMATO, Dalia; MÄKINEN, Hanna; PARACCHINI, Maria Luisa; LIQUETE, Camino; EGOH, Benis; GENELETTI, Davide; CROSSMAN, Neville D. Ecosystem services classification: A systems ecology perspective of the

cascade framework. **Ecological Indicators**, [S.l.]: Elsevier, v. 74, n. 1, p. 392–402, 2017.

PAVAN, Ana Laura Raymundo. **Avaliação de Impactos do Ciclo de Vida no Brasil**: Desenvolvimento de fatores de caracterização regionais para serviços ecossistêmicos relacionados à qualidade do solo. 2019. 190 f. Tese (Programa de Pós- Graduação e Área de Concentração em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2019. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-04042019-105842/publico/TesePavanAnaLauraRaymundoCorrig.pdf>. Acesso em: 03 fev. 2024.

SPANBERG, Joaquim H.; VON HAAREN, Christina; SETELLE, Josef. The ecosystem service cascade: Further developing the metaphor. Integrating societal processes to accommodate social processes and planning, and the case of bioenergy. **Ecological Economics**, [S.l.]: Elsevier, v. 104, 2014, p. 22–32.

TEN BRINK, Patrick. Natural capital: an old concept with a new life. *In*: MONNOYER-SMITH, Laurence; PERRISSIN FABERT, Baptiste (eds.). **Nature and the wealth of nations**. Paris: Service de l'Économie, de l'Évaluation et de l'Intégration du Développement Durable: Commissariat Général au Développement Durable, 2015, p. 41- 50. (Coleção Études et documents). Disponível em: https://temis.documentation.developpement-durable.gouv.fr/docs/Temis/0083/Temis-0083488/22322_ENG.pdf. Acesso em: 13 fev. 2023.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Global Status Report for Buildings and Construction - Beyond foundations**: Mainstreaming sustainable solutions to cut emissions from the buildings sector. Nairobi: Global Alliance for Buildings and Construction:UNEP, 2024. 99 p.

VANDERWILDE, Calli P.; NEWELL, Joshua P. Ecosystem services and Life cycle assessment: A bibliometric review. **Resources, Conservation & recycling**, [S.l.]: Elsevier, v. 169, n. 105461, p. 1-15. 2010.

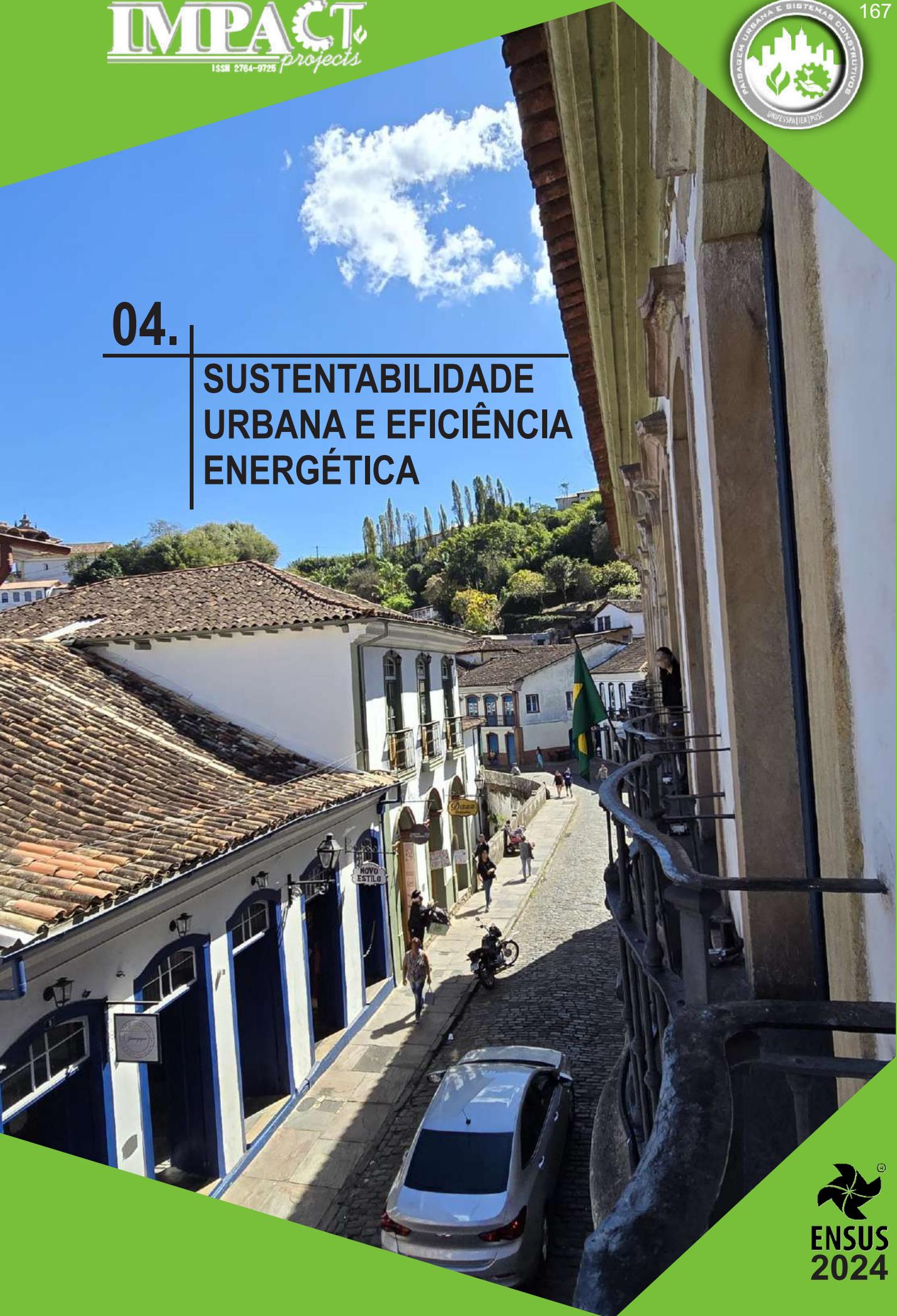
ZARI, Maibritt Pedersen. Ecosystem services impacts as part of building materials selection criteria. **Materials Today Sustainability**, [S.l.]: Elsevier, v. 4, n. 3, p. 1-10. 2019.

AGRADECIMENTOS

Agradeço especialmente ao meu eterno amigo e professor aposentado da UFMG, prof. Dr. Eduardo Cabaleiro Cortizo, por sempre me inspirar a continuar a aprender. Agradeço também ao meu marido e aos meus pais por vibrarem com minhas vitórias. E, por fim, agradeço aos meus alunos, da Marina Rocha – Mentoria Acadêmica, por todo carinho e reconhecimento.

04.

SUSTENTABILIDADE URBANA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA





04.

SUSTENTABILIDADE URBANA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA



O USO DE ESPAÇOS VERDES URBANOS COM OBJETIVO DE PROMOVER BEM-ESTAR

THE USE OF URBAN GREEN SPACES TO PROMOTE WELL-BEING

Data de aceite: 29/08/2024 | Data de submissão: 22/08/2024

MATOS, Ana Luiza dos Santos

UFSC, Florianópolis, Brasil, E-mail: ana.luiiza.1001@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-7094-7488>.

CARVALHO, Nicolas Brandão

UFSC, Florianópolis, Brasil, E-mail: nicolasbcarvalho1@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-9234-3315>

FERROLI, Paulo Cesar Machado, Dr.

UFSC, Florianópolis, Brasil, E-mail: pcferrero@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6675-672X>.

RESUMO

Este artigo aborda a interseção entre espaços verdes urbanos, saúde mental e design sustentável, destacando a importância desses elementos na promoção do bem-estar em ambientes urbanos. Considera a relevância de sete dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU para o design sustentável, com foco especial no ODS 3 (Saúde e bem-estar). Desta forma, a pesquisa explora como a saúde mental, em particular, é fundamental para alcançar um mundo mais saudável e sustentável. A relação entre saúde mental, espaços verdes urbanos e design sustentável é analisada reconhecendo que o aumento da urbanização pode contribuir para problemas de saúde mental, como estresse, ansiedade e depressão. Os espaços verdes urbanos, como parques e áreas de lazer, são considerados mais do que elementos estéticos, desempenhando um papel crucial na promoção da saúde física e mental. A interação social facilitada por esses espaços, especialmente durante a pandemia, ressalta sua importância na construção de comunidades saudáveis.

Palavras-chave: Espaços verdes urbanos; Saúde mental; Design sustentável.

ABSTRACT

This article addresses the intersection between urban green spaces, mental health, and sustainable design, emphasizing the importance of these elements in promoting well-being in urban environments. Considering the relevance of seven United Nations Sustainable Development Goals (SDGs) to sustainable design, with a special focus on SDG 3 (Good Health and Well-being), the research explores how mental health, in particular, is fundamental to achieving a healthier and more sustainable world. The relationship between mental health, urban green spaces, and sustainable design is examined, recognizing that increased urbanization can contribute to mental health issues such as stress, anxiety, and depression. Urban green spaces, such as parks and recreational areas, are seen as more than just aesthetic elements, playing a crucial role in promoting physical and mental health. The social interaction facilitated by these spaces, especially during the pandemic, underscores their importance in building healthy communities.

Keywords: Urban Green SpaceS; Mental Health; Sustainable Design.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a discussão sobre assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades, está sendo abordada regularmente. Dessa forma, torna-se necessário debater como o estudo do design e a sustentabilidade podem auxiliar nessa questão, visando como os espaços verdes urbanos e a saúde mental impactam nesse quesito.

Segundo a World Design Organization WDO (2023), dos dezessete Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecidos pela Organização das Nações Unidas ONU (2015), sete em especial apresentam muita relevância para o design de produto: ODS 3 - Saúde e bem estar; ODS 6 - Água limpa e saneamento; ODS 7 - Energia acessível e limpa; ODS 9 - Indústria, inovação e infraestrutura; ODS 11 - Cidades e comunidades sustentáveis; ODS 12 - consumo e produção responsáveis e ODS 17 - Parceria em prol das metas.

Dentre estes, particular atenção deve ser dada ao ODS 3, que trata da garantia de uma vida saudável e da promoção do bem-estar físico e mental, com foco em diversos aspectos de um estilo de vida saudável para todas as idades. Este objetivo destaca a importância de abordar a saúde como um todo, especialmente a saúde mental, como uma parte integrante da busca por um mundo mais saudável e sustentável.

A conexão entre saúde mental, espaços verdes urbanos e design sustentável é uma área de pesquisa com aplicações predominantemente práticas que tem sido abordada regularmente e está crescendo à medida que as cidades se expandem e as demandas por ambientes urbanos saudáveis se intensificam.

Os espaços verdes urbanos, quando concebidos e mantidos com sustentabilidade, podem servir como refúgios de tranquilidade e revitalização, servindo para balancear o ritmo acelerado e as tensões da vida nas áreas urbanas. O design sustentável desempenha um papel crucial na criação desses espaços, garantindo que eles não apenas atendam às necessidades do presente, mas também contribuam para o futuro.

Este artigo busca aprofundar-se nessa interseção entre espaços verdes urbanos, saúde mental e design sustentável. Propõe o aprofundamento da discussão, explorando como a presença e a qualidade dos espaços verdes urbanos, aliadas a práticas de design sustentável, podem influenciar positivamente a saúde mental das populações urbanas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Saúde Mental

A saúde mental é uma temática que tem se destacado como um componente essencial do bem-estar humano, e seu relacionamento com o ambiente urbano tem sido objeto de estudo e preocupação crescentes. À medida que existem estudos estimativos de que aproximadamente 68% da população mundial irá residir em áreas urbanas até 2050, de acordo com Saraiva (2022), a qualidade desse ambiente urbano irá desempenhar um papel crucial na saúde mental das pessoas. Estresse, ansiedade, depressão e outros distúrbios mentais são cada vez mais

comuns nas cidades devido a fatores como ritmo de vida acelerado, isolamento social e falta de acesso a espaços naturais.

As conferências mundiais do meio ambiente desempenharam um papel muito importante neste aspecto. Eventos como a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano em 1972 (Conferência de Estocolmo) e a Rio-92 (Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento) ajudaram a moldar a agenda global de sustentabilidade, que gradualmente começou a discutir a saúde mental. (LIBRELOTTO e outros, 2023).

A origem dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) pode ser rastreada até a Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável de 2002 em Johannesburgo, que reforçou a importância de abordar questões socioambientais de forma integrada. No entanto, os ODS foram oficialmente adotados pela Assembleia Geral das Nações Unidas em setembro de 2015, como parte da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Esta agenda (Figura 1) estabelece 17 objetivos interconectados, incluindo vários aspectos que se relacionam direta ou indiretamente com a saúde mental.

Figura 1: ODS no Brasil.



Fonte: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs> (2023).

No Brasil, de acordo com o Censo de 2022 realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE, as concentrações urbanas abrigam aproximadamente 124,1 milhões de pessoas, ou seja, cerca de 61% da população brasileira reside em grandes centros urbanos. A pesquisa também evidencia que no ápice da pandemia do Covid-19 essa urbanização estagnou relativamente, mas quando a situação começou a normalizar o crescimento voltou a crescer. Na pandemia, além de relatar diminuição da migração para áreas urbanas, a saúde mental ganhou muito destaque e abriu a possibilidade dessas patologias serem discutidas mais abertamente.

Um estudo realizado por Maia e Dias (2020) destaca um aumento notável nos diagnósticos de transtornos mentais durante a pandemia, principalmente entre os estudantes universitários, em comparação com períodos anteriores. E outro estudo

colaborativo envolvendo a Fundação Oswaldo Cruz, a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e a Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) reuniu dados sobre a saúde física e mental de 44.062 cidadãos brasileiros após o surgimento dos casos de Covid-19 e das conseqüentes mortes.

Os resultados da pesquisa destacam que a ansiedade atinge níveis preocupantes, especialmente entre os jovens de 18 a 29 anos. Quase 70% desse grupo relatou experimentar ansiedade com frequência ou de forma constante desde o início da pandemia, marcando um dos índices mais elevados observados na pesquisa.

A teoria da restauração da atenção, introduzida por Kaplan (1995), sustenta que a exposição à natureza permite uma pausa cognitiva que restaura a capacidade de concentração e reduz o estresse mental. Estudos subsequentes corroboram essa teoria, demonstrando como mesmo pequenas doses de natureza podem melhorar a função cognitiva e reduzir a fadiga mental. Além disso, espaços verdes urbanos bem projetados proporcionam um "refúgio" (WAMSLER et al, 2017, onde as pessoas podem escapar das pressões urbanas e reconectar-se com a tranquilidade da natureza, proporcionando benefícios terapêuticos para a saúde mental.

Dessa forma, compreende-se a importância dessa relação e torna-se evidente que as condições do ambiente urbano desempenham um papel vital na saúde mental. À medida que a urbanização cresce, com mais pessoas optando por viver em áreas urbanas, os desafios relacionados à saúde mental também aumentam. Como as pressões da vida urbana, o ritmo acelerado, o isolamento social e a falta de acesso a espaços naturais, contribuem para o surgimento de problemas como estresse, ansiedade e depressão.

Isso é particularmente notável em populações jovens, que podem ser mais suscetíveis a esses desafios em um período crucial de suas vidas. Esses fatores ressaltam a necessidade premente de considerar como nossas cidades estão sendo projetadas e gerenciadas. O design urbano sustentável, com um foco em espaços verdes acessíveis e ambientes que promovam o bem-estar mental, torna-se uma estratégia fundamental para criar cidades mais saudáveis e resilientes à medida que enfrentam os desafios da vida urbana moderna. De forma que mais pessoas buscam oportunidades nas áreas urbanas, é predominante que a saúde mental seja priorizada na agenda do planejamento urbano e do desenvolvimento sustentável, com áreas projetadas para servir como refúgio do ritmo de vida acelerado de grandes metrópoles urbanas.

2.2. Espaços verdes urbanos

Os espaços verdes urbanos, como parques, praças e áreas de lazer têm se mostrado não apenas como elementos estéticos das cidades, mas como componentes essenciais para o bem-estar, físico e mental, dos habitantes e a resiliência urbana. Esses espaços verdes em grandes centros urbanos desempenham múltiplos papéis que transcendem o mero embelezamento urbano, que além de estar impactando positivamente a saúde mental e física, promovendo a interação social, ainda está fornecendo inúmeras vantagens ambientais.

Segundo Woolston (2021), pessoas que fazem exercícios regularmente tendem a ser menos ansiosas e deprimidas do que pessoas que raramente se exercitam.

Como já mencionado, um dos benefícios mais notáveis dos espaços verdes urbanos é seu impacto positivo na saúde física e mental, já que é claro que a exposição à natureza, mesmo em ambientes urbanos, está associada a níveis reduzidos de estresse, ansiedade e depressão. Além disso, como alguns desses locais com exposição a natureza incentivam a atividade física ao ar livre, como por exemplo: caminhada em parques, e dessa forma, ao realizar essa movimentação do corpo contribui para a diminuição da frequência cardíaca, deixando o indivíduo mais calmo e com o pensamento mais claro, contribuindo principalmente para a saúde física e, também, para a saúde mental.

Durante a pandemia do Covid-19, ficou claro que os seres humanos precisam de interação social e os espaços verdes em grandes centros urbanos frequentemente se tornam centros de encontro para a comunidade, fomentando a interação social e reduzindo o isolamento social, ajudando a contribuir para a saúde mental da comunidade. Segundo Keniger et al. (2013), os vários tipos de benefícios que estão vinculados à interação com a natureza são: para a saúde física, desempenho cognitivo, bem-estar psicológico, sociais e espirituais. Dessa forma, é possível relacionar a essencial interação social facilitada pelos espaços verdes à promoção de diversos benefícios para a comunidade que se estendem além da saúde mental. A interação social, como mencionado anteriormente, ocorre frequentemente em espaços verdes e tornou-se ainda mais valiosa durante a pandemia, quando as restrições sociais e o isolamento eram comuns. Como resultado, as pessoas se voltaram para parques e áreas verdes como locais seguros para se encontrar e interagir, permitindo-lhes manter conexões sociais enquanto praticavam o distanciamento físico.

Além disso, os espaços verdes não beneficiam apenas os habitantes, mas também o meio ambiente urbano. Eles contribuem para a melhoria da qualidade do ar, absorvendo poluentes e fornecendo oxigênio e também possuem valor estético e cultural. Elas enriquecem a paisagem urbana, fornecendo áreas de beleza natural e espaços para atividades culturais e recreativas.

2.3. Espaços verdes urbanos, saúde-mental e design sustentável

O design sustentável representa uma abordagem integrada para o planejamento urbano que se alinha com os princípios de desenvolvimento responsável. Isso envolve não apenas a criação de espaços verdes, mas também considerações como o uso de materiais ecológicos, a eficiência no uso de recursos naturais e a promoção de soluções que respeitem a sustentabilidade a longo prazo. Quando se trata de espaços verdes urbanos, o design sustentável desempenha um papel vital na promoção de ambientes que não apenas aliviam o estresse e promovem o bem-estar psicológico, mas também contribuem para o equilíbrio ecológico das cidades.

Em relação à saúde mental, a presença de espaços verdes urbanos projetados com sustentabilidade oferece oportunidades para a população buscar refúgio da agitação e das tensões da vida urbana. Isso é especialmente relevante em um mundo em rápida urbanização, onde o estresse, a ansiedade e a depressão estão se tornando mais prevalentes nas cidades devido a fatores como o ritmo acelerado da vida, isolamento social e falta de acesso a ambientes naturais. O design sustentável desses espaços também contribui para melhorar a qualidade do ar, neutralizar poluentes e fornecer áreas de recreação e lazer, que funcionam como contramedidas eficazes ao estresse.

Neste aspecto, o mobiliário urbano é fator primordial. A NBR 9050 (ABNT, 2015) define mobiliário urbano como “todos os objetos, elementos e pequenas construções integrantes da paisagem urbana, de natureza utilitária ou não, implantados mediante autorização do poder público em espaços públicos e privados”. Desta forma, de acordo com essa norma, pode-se considerar como mobiliário urbano: abrigos de ônibus, acessos ao metrô, esculturas, painéis, playgrounds, cabines telefônicas, postes, lixeiras, quiosques, relógios, bancos, etc.

Já de acordo com Gil (2011) mobiliário urbano é definido como um conjunto de equipamentos de rua que estão inseridos em um espaço público com o propósito de oferecer serviços específicos e diferentes funções com resposta às necessidades da população. É de suma importância sua relação com arquitetura, design e engenharia, uma vez que esse tipo de interferência altera a paisagem urbana, sendo, portanto, necessário que tanto na forma, quanto nos materiais utilizados tenha-se o devido cuidado com fatores mercadológicos e culturais da região.

As Figuras 2 a 5 mostram alguns exemplos de mobiliários urbanos projetados dentro desse contexto e estão separadas conforme os principais materiais que foram usados. Assim, na Figura 2 são mostrados mobiliários com predomínio de plásticos na composição, na Figura 3 metais, na Figura 4 madeiras e na Figura 5 outros materiais. Todos foram retirados de Ferroli e outros (2019).

Figura 2: Mobiliário urbanos em polímeros.



Fonte: Autores

Figura 3: Mobiliário urbanos em metais.



Fonte: Autores.

Figura 4: Mobiliário urbanos em madeiras.



Fonte: Autores.

Figura 5: Mobiliário urbanos em outros materiais.



Fonte: Autores.

3. ESTUDOS DE CASO

3.1. Parque Ibirapuera - São Paulo (Brasil)

O Parque Ibirapuera (figura 6), localizado na cidade de São Paulo, é uma vasta área verde que se destaca como um oásis urbano, oferecendo uma série de benefícios tanto para a comunidade local quanto para os visitantes. Inaugurado em 1954 em comemoração ao quarto centenário da cidade, o parque foi projetado por diversos arquitetos e paisagistas.

Com uma extensão de aproximadamente 1,584 quilômetros quadrados, o Parque Ibirapuera abriga uma diversidade de ecossistemas, incluindo áreas de gramado, lagos, bosques e trilhas arborizadas. Destaca-se por sua paisagem harmoniosa, integrando elementos naturais e estruturas arquitetônicas modernas, como os edifícios projetados por Oscar Niemeyer.

Além de seu papel como espaço de recreação e lazer, o parque abraça iniciativas sustentáveis, incorporando métodos ecológicos em sua gestão. A gestão de resíduos, a preservação da biodiversidade e práticas de conservação ambiental são aspectos fundamentais dessa abordagem sustentável. Ao integrar design sustentável e preservação ambiental, o parque destaca a necessidade de áreas verdes em áreas urbanas, promovendo não apenas a saúde física, mas também o bem-estar mental da população. Por esses e outros motivos, o Parque Ibirapuera

de São Paulo é um exemplo de caso onde a população de uma grande metrópole procura refúgio da correria do dia-a-dia e aproveitar o lazer oferecido pelo local.

Figura 6: Parque Ibirapuera.



Fonte: <https://www.melhoresdestinos.com.br/dicas-parque-ibirapuera.html>

3.2. High Line Park - Nova Iorque (Estados Unidos)

O High Line Park (Figura 7), localizado em Nova Iorque, é um exemplo de reutilização criativa de espaço urbano, transformando uma antiga linha de trem elevada em um parque elevado e linear. Inaugurado em 2009, este projeto foi desenvolvido pelos arquitetos paisagistas James Corner Field Operations e pelo estúdio de design Diller Scofidio + Renfro.

O design sustentável do High Line é evidente na preservação da estrutura original da linha de trem, adaptando-a para criar um ambiente verdejante e vibrante. A vegetação nativa foi cuidadosamente selecionada para promover a biodiversidade, enquanto a infraestrutura pré-existente foi integrada ao design paisagístico, demonstrando um compromisso com a sustentabilidade e a preservação histórica.

O impacto positivo do High Line na saúde mental dos visitantes é notável. Com seus jardins exuberantes, áreas de descanso e vistas panorâmicas da cidade, o parque proporciona um refúgio tranquilo em meio à agitação urbana. Estudos de avaliação do bem-estar dos frequentadores destacam a melhoria do humor, a redução do estresse e um aumento geral na satisfação após a visita ao High Line.

A integração de elementos naturais e arquitetônicos, aliada ao uso inovador do espaço urbano, faz do High Line um exemplo inspirador de como o design sustentável pode não apenas transformar estruturas urbanas abandonadas, mas também contribuir significativamente para o bem-estar mental das comunidades urbanas. Este parque elevado não apenas preserva a história industrial da cidade, mas também serve como um catalisador para a renovação e revitalização de espaços urbanos, reforçando a importância de espaços verdes acessíveis para a saúde mental da população.

Figura 7: High Line Park.



Fonte: Fratus (2023).

3.3. Bosco Verticale - Milão (Itália)

O Bosco Verticale (Figura 8), ou Bosque Vertical, é um complexo residencial inovador localizado em Milão, Itália, projetado pelo arquiteto Stefano Boeri. Inaugurado em 2014, este empreendimento arquitetônico consiste em duas torres residenciais que se destacam não apenas por sua estética única, mas também por sua abordagem sustentável e impacto positivo no meio ambiente urbano.

O design sustentável do Bosco Verticale é evidente em sua fachada verde, que abriga uma vasta variedade de árvores, arbustos e plantas em cada varanda, criando uma "floresta vertical" que contribui para a biodiversidade e a qualidade do ar. Além disso, as plantas atuam como isolantes térmicos, reduzindo a necessidade de aquecimento e refrigeração artificial nas residências, promovendo a eficiência energética.

No contexto da saúde mental, o Bosco Verticale oferece benefícios significativos aos residentes. A presença da natureza em um ambiente urbano densamente povoado cria um cenário visualmente atraente, promovendo uma sensação de bem-estar e tranquilidade. O contato diário com elementos naturais, como árvores e plantas, tem sido associado a uma melhoria na saúde mental, redução do estresse e aumento da satisfação com o ambiente habitacional.

O Bosco Verticale é outro exemplo notável de como o design arquitetônico pode ser harmonizado com a natureza, resultando em benefícios ambientais e psicológicos. Ao integrar espaços verdes diretamente nas estruturas urbanas, esse projeto exemplar destaca como a arquitetura sustentável pode contribuir para cidades mais saudáveis, sustentáveis e esteticamente agradáveis, promovendo o equilíbrio entre o ambiente construído e a natureza.

Figura 8: Bosco Verticale.

Fonte: <https://blog.archtrends.com/sustentabilidade-pandemia/>

3.4. Gardens by the bay - Singapura

O Gardens by the Bay (figura 9), Singapura, foram inaugurados em 2012. Esses jardins representam uma visão arrojada de integrar a natureza à arquitetura urbana, proporcionando uma experiência imersiva e educacional para moradores e visitantes.

A grandiosidade dos Gardens by the Bay não está apenas na estética, mas na implementação de práticas sustentáveis. A estrutura icônica das “supertrees” não apenas serve como uma atração visual, mas também é funcional, abrigando plantas e incorporando tecnologias ambientais. Além disso, os jardins contêm uma cúpula gigante, conhecida como “flower dome”, que abriga uma diversidade de flora de diferentes climas, demonstrando o compromisso com a conservação da biodiversidade.

Os Gardens by the Bay oferecem um retiro sensorial no centro da agitada Singapura. Os visitantes podem explorar trilhas, jardins temáticos e apreciar a majestade das “supertrees”, proporcionando uma experiência que vai além do visual. A conexão com a natureza em um ambiente urbano cria oportunidades para a contemplação, relaxamento e atividades recreativas, influenciando positivamente o bem-estar mental dos frequentadores.

Este projeto exemplar não apenas adiciona um horizonte estético à cidade, mas também destaca como a inovação em design urbano pode abraçar a natureza, proporcionando uma experiência harmoniosa para os cidadãos e promovendo a conscientização sobre a importância da sustentabilidade ambiental.

Figura 9: Gardens by the bay.



Fonte: <https://www.gardensbythebay.com.sg/>

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar dos avanços nas discussões sobre a interseção entre espaços verdes urbanos, saúde mental e design sustentável, é fato que enfrentamos desafios significativos na implementação prática de medidas que promovam de maneira efetiva o bem-estar em ambientes urbanos. Observa-se que, embora haja um interesse crescente nessa temática, uma parcela considerável da população ainda não tem acesso adequado a esses espaços, seja por falta de informação ou recursos.

O estudo de caso realizado, abordando locais emblemáticos como o Parque Ibirapuera em São Paulo, o High Line Park em Nova Iorque, o Bosco Verticale em Milão e os Gardens by the Bay em Singapura, destaca a importância do design sustentável na criação de espaços urbanos que promovem não apenas a saúde física, mas também o bem-estar mental da população. Analisando o papel do design nesse contexto, torna-se claro que o design não é apenas uma questão estética, mas uma ferramenta essencial na comunicação e educação da sociedade sobre a importância desses espaços. No entanto, diante do atual contexto socioeconômico e cultural, é preciso reconhecer a existência de limitações entre o ideal sustentável e as práticas realistas.

A falta de demanda generalizada por parte dos consumidores e a necessidade de conscientização mais ampla ressaltam a importância de iniciativas educativas e mudanças culturais. Para que os benefícios dos espaços verdes urbanos e do design sustentável sejam plenamente realizados, é crucial desenvolver estratégias que ampliem o acesso, promovam a conscientização e incentivem a participação ativa da sociedade. Somente assim poderemos superar as barreiras e criar ambientes urbanos verdadeiramente saudáveis, sustentáveis e acessíveis para todos.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9050** - Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2004.

FERROLI, P. C. M., LIBRELOTTO, L. I., FRADE, J. M. C. B. C., & BÁRTOLO, H. M. C. da R. T. G. (2019). Materiais e Sustentabilidade no Mobiliário Urbano Encontrados na Europa. **MIX Sustentável**, 5(4), 97–114. <https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2019.v5.n4.97-114>

KENIGER L.E *et al.* What are the Benefits of Interacting with Nature? *International Journal of Environmental Research and Public Health*. [S. I.] 2013; 10(3):913-935. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph10030913>.

FRATUS, Alessandra. **The High Line**: conheça o parque suspenso de Nova York. [S. I.], 14 jul. 2023. Disponível em: <https://www.topensandoemviajar.com/dicas-high-line-ny>. Acesso em: 13 nov. 2023

LIBRELOTTO, Lisiane Ilha; BANDINI, Verônica; LUZ, Eduarda Cardoso da; FERROLI, Paulo Cesar Machado Ferroli. Revisão Sistemática de Literatura (RSL): ferramentas para avaliação da sustentabilidade nas edificações (FASEs). **Anais ENSUS 2023**. DOI: <https://doi.org/10.29183/2596-237x.ensus2023.v11.n3.p62-75>

MAIA, B. R., & DIAS, P. C. (2020). Ansiedade, depressão e estresse em estudantes universitários: o impacto da COVID-19. **Estudos de Psicologia** (Campinas), 37, e200067. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1982-0275202037e200067>

PARQUE IBIRAPUERA. [S. I.], 2022. Disponível em: <https://www.urbiaparques.com.br/parques/sobre/ibirapuera>. Acesso em: 13 nov. 2023.

SARAIVA, Alexia. **ONU-Habitat**: população mundial será 68% urbana até 2050. [S. I.], 1 jul. 2022. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/188520-onu-habitat-popula%C3%A7%C3%A3o-mundial-2022>

WAMSLER, Christine et al. Nature-based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas. *Mainstreaming Nature-Based Solutions for Climate Change Adaptation in Urban Governance and Planning*, p. 258-273, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/319419483_Mainstreaming_Nature-Based_Solutions_for_Climate_Change_Adaptation_in_Urban_Governance_and_Planning. Acesso em: 13 out.2023

WDO - GOALS FOR INDUSTRIAL DESIGN. [S. I.], 2015. Disponível em: <https://wdo.org/about/vision-mission/un-sdgs/>. Acesso em: 28 ago. 2023.

WOOLSTON, Chris. Depression and Exercise. [S. I.], 31 jul. 2021. Disponível em: <https://www.healthday.com/encyclopedia/depression-12/depression-news-176/depression-and-exercise-648415.html>. Acesso em: 9 out. 2023.7.

**PADRONIZAÇÃO E ANÁLISE DE ILHA DE CALOR URBANO:
COLETA DE DADOS COM SISTEMA MÓVEL EM GOIÂNIA-GO**
*STANDARDIZATION AND ANALYSIS OF URBAN HEAT ISLAND:
DATA COLLECTION WITH MOBILE SYSTEM IN GOIÂNIA-GO*

Data de aceite: 20/09/2024 | Data de submissão: 15/09/2024

RODRIGUES, Marília Guimarães, Mestra em Arquitetura e Urbanismo

Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil, E-mail: mariliagr.arq@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4772-341X>

GONÇALVES, Pedro Henrique, Doutor em Construção Civil

Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil, E-mail: pedrogoncalves@ufg.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9919-6557>

ZIEBELL, Clarissa Sartori, Doutora em Design

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil, E-mail:

clarissa.ziebell@ufrgs.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9988-6950>

ENGEL, Ernestina Rita Meira, Doutoranda em Arquitetura e Urbanismo

Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, E-mail:

ernestinaengel@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5160-4750>

FREDERICO E SILVA, Caio, Doutor em Arquitetura e Urbanismo

Universidade de Brasília, Brasília, Brasil, E-mail: caiosilva@unb.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8910-1841>

RESUMO

As pesquisas sobre o do microclima urbano são importantes na área de planejamento urbano, auxiliando na criação de cidades resilientes diante das atuais condições de mudanças climáticas. O artigo objetiva apresentar uma metodologia de coleta de dados móveis para analisar a possibilidade de ocorrência do fenômeno de ilha de calor urbana no Bairro Itatiaia, em Goiânia – GO, utilizando transectos móveis. A metodologia da pesquisa possui 3 etapas: definição do objeto de estudo; coleta de dados; e sistematização de dados e análise de resultados. A análise revelou que áreas densamente urbanizadas, com pouca vegetação, apresentam maior intensidade na ilha de calor, atingindo picos de temperaturas devido à retenção de calor em materiais como asfalto e concreto. Em contraponto, locais ao longo do parque linear exibiram temperaturas mais baixas, relacionado com a vegetação que oferece sombreamento e evapotranspiração. Assim, nota-se que a padronização do transecto móvel é essencial para obter dados confiáveis.

Palavras-chave: Ilha de calor; transecto móvel; padronização.

ABSTRACT

Research into the urban microclimate is important in the area of urban planning, helping to create resilient cities in the face of current climate change conditions. The article aims to present a methodology for collecting mobile data to analyze the possibility of the urban heat island phenomenon occurring in the Itatiaia district of Goiânia - GO, using mobile transects. The research methodology has three stages: definition of the object of study; data collection; and systematization of data and analysis of results. The analysis revealed that densely urbanized areas, with little vegetation, have a higher heat island intensity, reaching peak temperatures due to heat retention in materials such as asphalt and concrete. In contrast, places along the linear park showed lower temperatures, related to the vegetation that provides shade and evapotranspiration. Thus, it can be seen that the standardization of the mobile transect is essential in order to obtain reliable data.

Keywords: Heat island; mobile transect; standardization.

1. INTRODUÇÃO

Cerca de 5,6 bilhões de pessoas vivem em áreas urbanas em 2020. Espera-se que a população urbana cresça para 7,1 bilhões até 2050, representando cerca de 70% da população total (ONU, 2020). Com o crescimento das cidades, a paisagem natural é significativamente modificada devido à grande concentração de edifícios, instalações industriais, densidade populacional e expansão de pavimentação asfáltica. Essas mudanças criam condições que podem afetar o funcionamento dos ecossistemas urbanos, conforme relatado pelo IPCC (2022).

Assim, é imperioso conduzir estudos que abordem as mudanças climáticas e os impactos da expansão urbana para aumentar a resiliência das populações afetadas. Com relação à mitigação, é necessário adotar estratégias voltadas para a redução das emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE). Nesse contexto, Braga (2012) destaca a importância do planejamento urbano, o qual desempenha um papel primordial na configuração da forma urbana e nos padrões de uso do solo, impactando diretamente nas demandas de deslocamentos.

Além dos deslocamentos urbanos, muitos estudos que investigam o papel da vegetação no microclima urbano vêm sendo publicados no exterior, entre eles, Akbari (1997) e Shashua-Bra e Hoffman (2000); no Brasil, Bartholomei (2003), Abreu (2013), Labaki et al. (2011), Sorte (2016), Shinzato e Duarte (2018), Engel, Ferrarez e Gonçalves (2021). Bairros com grandes áreas verdes são uma importante estratégia para a melhoria do microclima urbano. Diversas pesquisas comprovam que a cobertura vegetal exerce influência considerável no microclima urbano, funcionando como termorregulador (Shashua-Bra e Hoffman, 2000; Bartholomei, 2003; Abreu, 2013; Labaki et al., 2011; Shinzato e Duarte, 2018). Assim, o emprego da vegetação urbana é um dos principais aliados para reduzir as emissões de gases do efeito estufa, especialmente pela capacidade de fixação de carbono (Romero et al., 2019).

A literatura identifica três principais tipos de ilhas de calor urbanas, dependendo da camada onde são encontradas: 1 - Ilha de calor superficial: essa ilha de calor é diagnosticada por meio de sensoriamento remoto, permitindo o cálculo da temperatura de alvos específicos (Oke et al., 2017); 2 - Ilha de calor atmosférica inferior: denominada de "*urban canopy layer*" por Oke (1978), essa ilha de calor ocorre entre o nível do solo e o nível médio dos telhados dos edifícios. As temperaturas são registradas abaixo do topo dos edifícios, utilizando diferentes

técnicas, como transectos móveis e pontos fixos com sensores de temperatura inseridos na malha urbana e no ambiente rural; 3 - Ilha de calor da atmosfera urbana superior: intitulada por Oke (1978) como "*urban boundary layer*", essa ilha de calor sobrepõe-se à anterior e estende-se, às vezes, até a atmosfera livre. Nessa camada, as diferenças de temperatura são observadas em altitudes mais elevadas. Esses três tipos de ilhas de calor são relevantes para entender os padrões de temperatura nas áreas urbanas, sendo fundamentais para o planejamento e a adoção de estratégias eficazes de mitigação dos efeitos do aquecimento urbano.

A avaliação do microclima urbano, apoia a tomada de diretrizes urbanas e políticas públicas de planejamento frente às alterações climáticas, pois trazem evidências às decisões projetuais e facilitam a identificação das melhores estratégias. Nesse sentido, faz-se urgente desenvolver estratégias e aplicar políticas que sejam capazes de mitigar os efeitos nocivos das atividades urbanas ao clima (Santamouris, 2014). Essas estratégias devem ser aplicadas não somente nos países desenvolvidos, conhecidos como os grandes geradores de poluição, mas também nos países subdesenvolvidos, de modo a proteger suas cidades de catástrofes ambientais (Ziebell *et al.*, 2023).

Uma das maneiras de avaliar a ilha de calor urbana é por meio do uso de transectos móveis. Os transectos são percursos lineares que atravessam áreas urbanas e suas imediações, onde são realizadas medições contínuas ou periódicas de temperatura e outros dados ambientais. O processo de avaliação mediante transectos móveis envolve caminhar ou dirigir ao longo de uma rota pré-definida, tomando medições de temperatura em diferentes pontos do trajeto. Essas medições são geralmente realizadas em diferentes momentos, incluindo durante o dia e a noite, para capturar as variações térmicas no decorrer do ciclo diário.

Este estudo propõe uma metodologia de coleta de dados móveis para avaliar a ilha de calor urbana, utilizando transectos móveis. O local escolhido para o estudo é o Bairro Itatiaia, em Goiânia/GO. O objetivo é oferecer uma abordagem personalizável, simples e acessível para analisar os efeitos térmicos na região urbana. A pesquisa, em andamento no Laboratório do Ambiente (LabAm/UFG), busca fornecer dados confiáveis para subsidiar políticas públicas e diretrizes urbanas, visando tornar as cidades mais resilientes às mudanças climáticas. A continuidade do estudo permitirá aprofundar o conhecimento sobre o fenômeno de ilha de calor urbana, considerando variáveis como a presença de parques lineares, para promover ambientes urbanos sustentáveis e saudáveis.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para o desenvolvimento de estudos de clima urbano e pesquisas ambientais de microclima e climatologia, Neves *et al.* (2015) destacam que a utilização de sensores para medidas de temperatura e umidade relativa do ar é vital. Esses sensores desempenham um papel basilar na obtenção de dados precisos e consistentes, garantindo a confiabilidade das análises e resultados nessas áreas de estudo. Esses dados são geralmente obtidos através do uso de equipamentos e sensores específicos, sendo que muitos destes necessitam de abrigos meteorológicos para proteção dos sensores e para garantir a qualidade e padronização dos dados.

O método do transecto móvel é amplamente utilizado na climatologia urbana para avaliar diferenças nos parâmetros climáticos entre diferentes ocupações do solo. Sua aplicação é preferida devido à simplicidade e baixo custo operacional em comparação com a instalação de estações fixas. Garantir a padronização dos instrumentos e abrigos é crucial para a qualidade das pesquisas microclimáticas, considerando que esses dados formam a base desses estudos. A acessibilidade e o baixo custo dos instrumentos são igualmente essenciais.

Atualmente, alguns padrões são recomendados para a realização dos transectos. Segundo Oke (1978), os transectos devem ser conduzidos em dias com condições de tempo atmosférico de céu claro e ventos fracos. Santos (2017) enfatiza a importância do pesquisador seguir trajetos pré-definidos e realizá-los sempre no mesmo horário, a fim de obter um banco de dados confiáveis. Além disso, em trajetos longos, a diferença de tempo entre a primeira e a última medida pode ser significativa, mas pode ser ajustada (Pezzuto, 2007).

Apesar dessas recomendações, nota-se a falta de uma padronização consistente nas pesquisas microclimáticas. A uniformização dos procedimentos é essencial para que os resultados sejam comparáveis e confiáveis, possibilitando avanços no entendimento dos fenômenos estudados.

2.1. Padronização de transectos

Valin Jr. e Santos (2021) realizaram uma revisão bibliográfica sobre pesquisas de clima urbano, que empregaram transectos móveis, utilizando plataformas como Scielo, Google Scholar e Periódicos Capes. Para essa busca, foram utilizadas as palavras-chave "transecto", "abrigo" e "ilha de calor". Nesse levantamento, foram observadas diferenças nos tipos de abrigos, instrumentos utilizados, quantidade de dados coletados, horários das medições e velocidade de locomoção dos pesquisadores.

Os resultados indicaram falta de padronização nos procedimentos metodológicos, destacando diferenças nos tipos de abrigos, instrumentos, quantidade de dados, horários e velocidade dos pesquisadores. Essa falta de uniformidade pode comprometer a comparação e interpretação dos resultados, afetando a confiabilidade das conclusões.

Dessa forma, os autores enfatizam a necessidade de diretrizes claras na área para garantir a qualidade das pesquisas e promover avanços mais sólidos no campo do clima urbano. O presente trabalho foi orientado por recomendações existentes, buscando contribuir para a padronização dessas práticas.

2.1.1 Velocidade

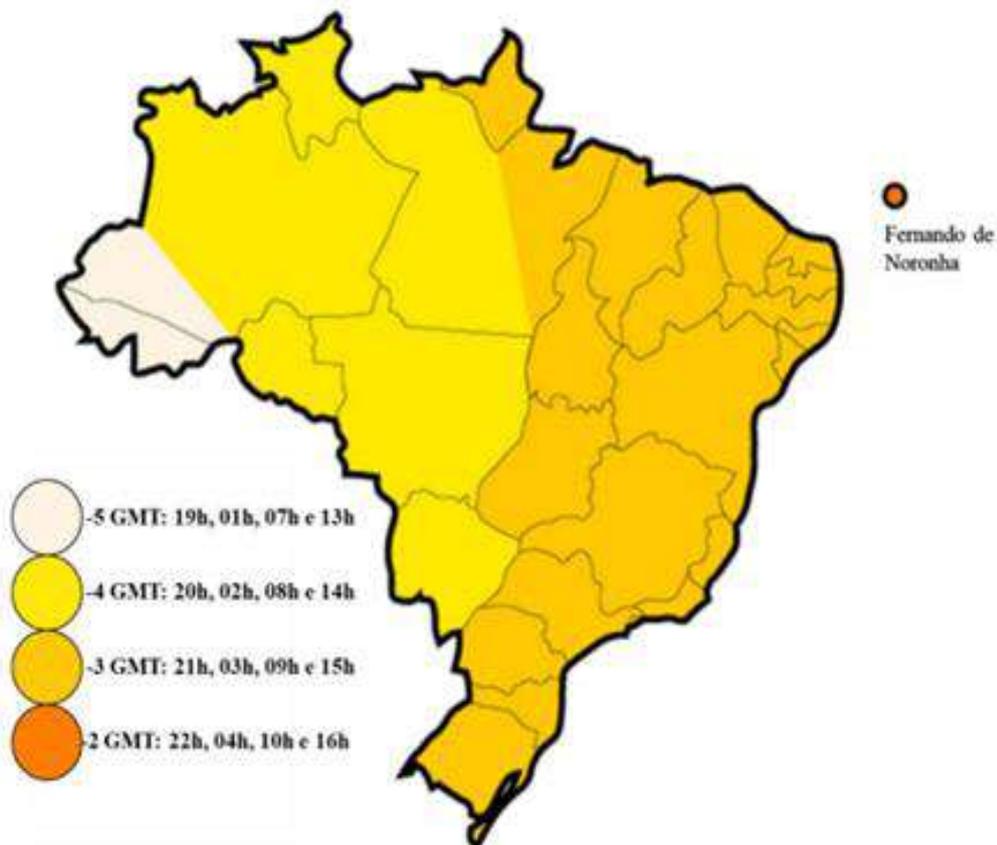
De acordo com Amorim, Dubreuil e Cardoso (2015), para observações do clima urbano em escala local, a utilização de medidas móveis por meio de carros, bicicletas e outros meios de transporte para transportar os sensores é uma opção favorável, especialmente quando se investiga as ilhas de calor. Valin Jr. (2019) adota uma velocidade entre 20 e 30 km/h quando os dados do trajeto são coletados com o veículo em movimento, como em situações de transectos móveis. Por outro lado, para coletar dados apenas em pontos fixos previamente definidos, velocidades

superiores a 30 km/h podem ser adotadas, desde que seja considerado o tempo de estabilização do sensor antes das leituras.

2.1.2 Horários

A OMM (Organização Meteorológica Mundial) recomenda que as principais observações meteorológicas em um dia típico ocorram às 00h, 06h, 12h e 18h GMT (Tempo Médio de Greenwich), visto que, conforme Dantas, Carvalho e Castro Neto (2010), correspondem ao UTC (Tempo Universal Coordenado). O objetivo é realizar leituras simultâneas em toda a superfície do globo terrestre em cada um desses horários. Para isso, cada região está localizada em um fuso horário específico, conforme pode ser analisado na Figura 1.

Figura 1: Horários para transecto móvel.



Fonte: Valin JR, 2019.

No Brasil, as ilhas oceânicas, como Fernando de Noronha, Penedos de São Pedro e São Paulo, Trindade, Martim Vaz e Atol das Rocas, estão localizadas no primeiro fuso horário (-2 GMT). Para essas regiões, os horários correspondentes aos transectos são 22h, 04h, 10h e 16h.

O segundo fuso horário brasileiro (-3 GMT) abrange a maior concentração populacional e representa a hora oficial do Brasil (horário de Brasília). Nesse fuso, encontram-se todos os Estados litorâneos do país, além de Minas Gerais, Goiás, Tocantins e Pará. Os horários correspondentes aos transectos nessa região são 21h, 03h, 09h e 15h.

O terceiro fuso horário brasileiro (-4 GMT) compreende os Estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Rondônia, Amazonas (exceto seu extremo oeste) e Roraima. Os horários correspondentes aos transectos para essa região são 20h, 02h, 08h e 14h.

O quarto fuso horário brasileiro (-5 GMT) abrange o Acre e o extremo oeste do Estado do Amazonas. Os horários correspondentes aos transectos para essa região são 19h, 01h, 07h e 13h.

Goiás é correspondente ao segundo fuso horário brasileiro (-3 GMT) horário oficial do Brasil (horário de Brasília), abrange a maioria da população, estados litorâneos, Minas Gerais, Goiás, Tocantins e Pará, com transectos ocorrendo entre 21h e 15h.

2.1.3 Trajetos

Os trajetos são percorridos utilizando veículos, bicicletas ou a pé, e são uma abordagem importante para estudar o clima, o meio ambiente e outras características geográficas ao longo de um percurso específico. A coleta de dados com veículos, moto, bicicleta ou mesmo a pé requer que o tempo gasto entre a medida do ponto inicial e do ponto final do itinerário não ultrapasse uma hora, sendo que de acordo com Pezzuto (2007) quando a diferença de tempo entre a primeira e a última medida for significativa os valores devem ser ajustados.

2.1.4 Abrigos

De acordo com Hirashima e Assis (2011), o abrigo meteorológico é projetado com o propósito de minimizar a interferência da radiação, tanto de ondas curtas quanto de ondas longas, nas medições de temperatura e umidade do ar. A Norma ISO 7726 destaca a importância de proteger o sensor de temperatura do ar contra radiação de fontes de calor próximas, para evitar medições imprecisas. Embora forneça diretrizes para abrigos de radiação, não indica um tipo específico, deixando a escolha aos pesquisadores.

Valin Jr. (2019) examinou transectos em estudos de clima urbano no Brasil de 1990 a 2017, trazendo alternativas de abrigos em transectos móveis. Dentre os modelos analisados pelo autor, o denominado "PVC horizontal" foi eficaz em todas as situações, tendo um baixo custo (3% em comparação com o comercial). Outros abrigos analisados, como o abrigo de impressora 3D, mostrou-se eficiente na maioria das situações, mas apresenta maior custo. Enquanto isso, modelos com "pratos plásticos" e "PVC vertical" não foram eficientes.

As recomendações dos abrigos consideram não apenas a pesquisa bibliográfica apresentada, mas também o estudo prático conduzido por Valin Jr. (2019) em sua tese de doutorado, no qual foram testados diversos tipos de abrigos. As conclusões desse estudo foram as seguintes:

- a) O abrigo é considerado como referência por ser viável em trabalhos realizados em qualquer parte do mundo.
- b) Todos os abrigos alternativos foram eficientes para estudos de ilhas de calor realizados no período noturno.
- c) O modelo alternativo denominado "PVC horizontal" obteve resultados totalmente favoráveis em todos os cenários e análises realizadas, além de se destacar por ter um custo muito baixo, representando apenas 3% do valor do abrigo comercial.

- d) O abrigo produzido em impressora 3D foi eficaz em quase todas as situações analisadas, enquanto que os modelos com "pratos plásticos" e "PVC vertical" não demonstraram eficiência.

As conclusões, baseadas na pesquisa de Valin Jr. (2019), destacam o abrigo "PVC horizontal" como referência em termos de eficácia, eficiência e baixo custo. Assim, o autor oferece importantes orientações para escolher abrigos em estudos de clima urbano, de modo a aprimorar metodologias e garantir resultados confiáveis.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O trabalho seguiu uma metodologia dividida em três etapas principais, sendo elas: definição do objeto de estudo; coleta de dados; sistematização de dados e análise de resultados. Os detalhes de cada etapa serão descritos a seguir.

3.1 Objeto de estudo

O Bairro Vila Itatiaia em Goiânia foi escolhido para estudo devido à presença de um parque linear estruturador (Figura 2), permitindo a análise de cenários de ilhas de calor urbanas e os efeitos nas condições térmicas micro-escalares. Essa escolha é relevante para contribuir com diretrizes urbanas diante das mudanças climáticas, visando entender os impactos climáticos em áreas urbanas, especialmente aquelas com parques lineares, além de implementar estratégias de adaptação e de mitigação frente aos desafios climáticos atuais.

Figura 2: Recorte de estudo - Bairro Vila Itatiaia, Goiânia, Goiás.



Fonte: Autores.

3.2 Coleta de dados

Para o levantamento de dados, utilizou-se um sistema móvel de coleta composto por um Arduino UNO, um sensor DHT22 para temperatura e umidade, um sensor sensor ds18b20 para o globo negro, um módulo GPS NEO6M, leitor/gravador de dados SD e uma bateria de 9V (Figura 3). A programação, feita na IDE do Arduino, registra dados a cada 15 segundos. As informações coletadas incluem horário, latitude, longitude, precisão, altitude, velocidade, temperatura e umidade (Engel, Ferrarez e Gonçalves, 2021). Adicionalmente, um globo negro foi integrado ao sistema para quantificar os componentes da energia radiante e calcular a temperatura de globo negro.

Figura 3: Sistema móvel desenvolvido.



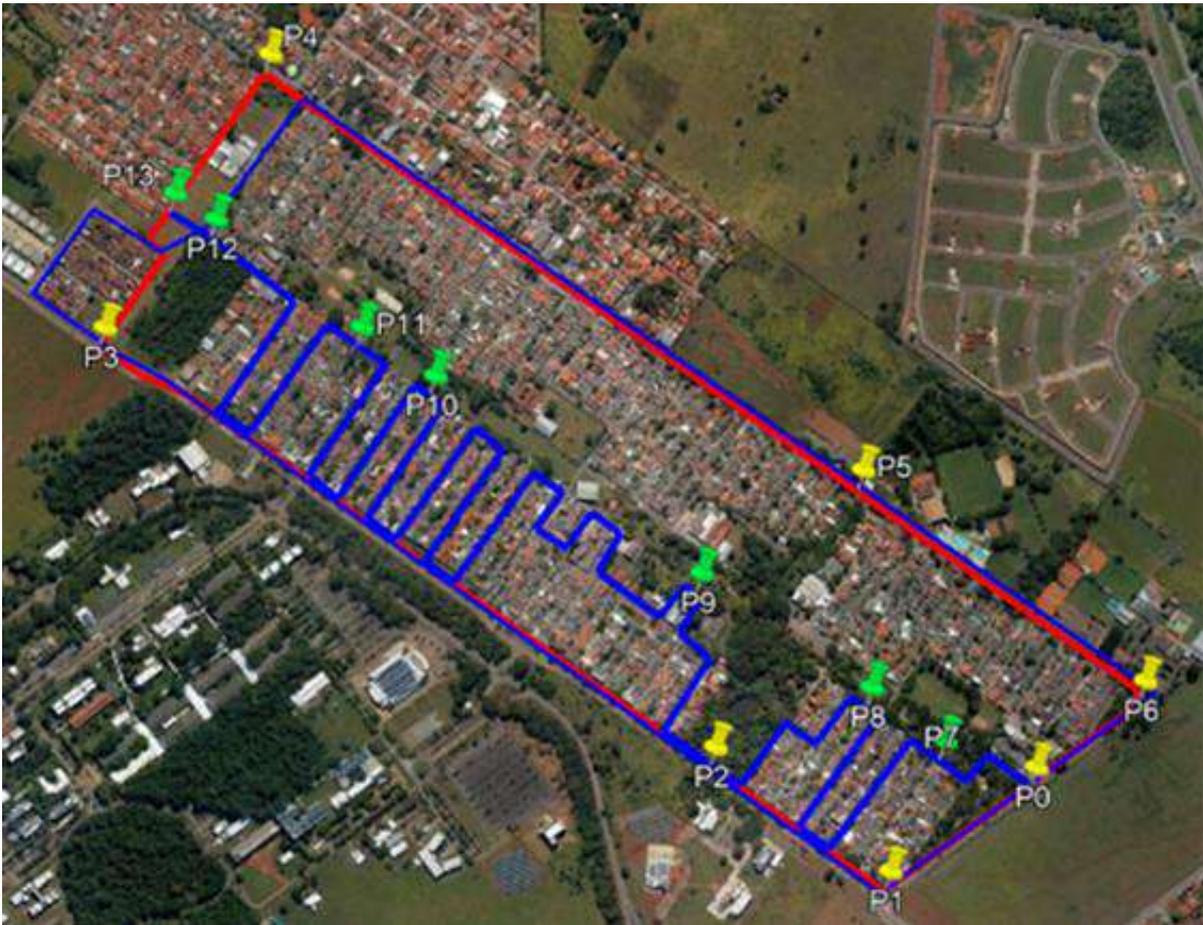
Fonte: Autores.

Velocidade: Ao longo de todo o trajeto, foi mantida a velocidade constante de 30 km/h, de acordo com as orientações dos estudos de referência teórica citados anteriormente. Essa medida garantiu a consistência e a padronização das condições de coleta de dados ao longo do percurso.

Horários: Os horários das coletas foram selecionados seguindo as recomendações da OMM (Organização Meteorológica Mundial), sendo adaptados à região de estudo em Goiânia. Foram realizadas medições nos seguintes horários: 21h (30/06/2023), 03h (01/07/2023), 09h (01/07/2023) e 15h (01/07/2023). Essa escolha foi feita tendo em consideração que Goiânia está localizada no segundo fuso horário brasileiro (-3 GMT) conforme especificado pela OMM.

Trajetos: O trajeto foi realizado conforme mostrado na Figura 4. Devido à falta de continuidade das vias ao longo do parque linear, não foi possível seguir uma linha contínua, resultando em alguns desvios no caminho. Para uma análise mais abrangente, foram identificados pontos de interesse ao longo do parque, incluindo suas extremidades e áreas menos edificadas. Essa estratégia permitiu analisar os diferentes cenários do bairro e avaliar o impacto do parque na área em estudo. Os pontos marcados (Figura 5) são representados nas imagens de maneira que proporcionam uma visão mais completa das características da região e contribuem para a compreensão do papel do parque na paisagem urbana.

Figura 4: Trajeto realizado.



Fonte: Autores, com imagem base Google Satélite.

Figura 5: Pontos marcados para análises.



Fonte: Autores.

3.2.4 Abrigos

Para abrigar os sensores, foi construído o modelo "PVC Horizontal", o qual foi analisado e testado no trabalho de Valin Jr. (2019). Esse modelo apresentou resultados totalmente favoráveis em todos os cenários e análises realizadas, conforme demonstrado em sua tese comparativa.

O processo de construção do abrigo seguiu todas as especificações contidas no referido trabalho (Figura 6). Abaixo estão listadas as etapas de construção, desde a montagem do abrigo até a sua utilização para a coleta de dados:

Montagem do abrigo: o modelo "PVC Horizontal" foi construído de acordo com as especificações e dimensões apresentadas no trabalho de Valin Jr. (2019).

Testes e ajustes: após a construção, o abrigo foi submetido a testes para garantir sua eficiência e adequação às condições de coleta de dados.

Coleta de dados: com o abrigo devidamente instalado, iniciou-se a coleta de dados meteorológicos em sincronia com os horários previamente estabelecidos (21h, 03h, 09h e 15h). O sistema foi configurado para registrar de maneira contínua e automatizada os dados a cada 1 minuto, garantindo a precisão e consistência das leituras.

Figura 6: Etapas da construção do abrigo e sua instalação.



Fonte: Autores.

3.3 Sistematização de dados e análise de resultados

A terceira etapa corresponde à sistematização e análise de dados. Para isso, os dados coletados com o dispositivo foram categorizados e tratados. Durante a coleta, os dados são armazenados em um cartão micro SD, salvando os dados em um arquivo com valores separados por vírgulas (.csv). Assim, os dados podem ser inseridos em uma planilha do Excel, para organização e análise dos dados válidos. Após, os dados são importados para o software Quantum Gis (QGis, 2024), que é o um software livre de gerenciamento de dados georreferenciados. A posição dos pontos é inserida a partir dos dados de coordenadas geográficas coletadas com o módulo GPS NEO6M, acoplado no arduíno do dispositivo (Engel, Ferrarez e Gonçalves, 2021).

Com a inserção da tabela de dados no QGis, os dados são especializados em pontos, que possuem as informações de coleta. A partir disso, é possível categorizar os dados de temperatura e umidade de acordo com os valores obtidos. Em complemento, para geração de curvas de temperatura e umidade, foi utilizado a ferramenta de Interpolação *IDW*. A ferramenta gera a interpolação ponderada pelo inverso da distância a partir de uma camada de pontos vetoriais. Os pontos são ponderados para que a influência de um ponto em relação ao outro coincida com a distância do ponto criado. A interpolação resulta em uma imagem raster. Com o raster, foi possível extrair os contornos em distâncias pré-determinadas, refletindo áreas com temperaturas próximas, a partir do cálculo aproximado da interpolação.

Dessa maneira, foram gerados mapas de temperatura e umidade, para cada um dos horários de levantamento, resultando em oito mapas para análise. Os mapas foram gerados no compositor de impressão do programa QGis. Com os mapas, foi possível realizar as análises e comparações, tendo em vista os levantamentos preliminares, e as imagens registradas no trajeto.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da análise das temperaturas do ar, notou-se que a maior intensidade de calor acontece em áreas adensadas e com pouca vegetação. Cidades construídas com materiais que liberam calor mais rapidamente atingem o pico de ilha de calor logo após o pôr do sol, ao passo que cidades construídas com materiais que liberam calor mais lentamente podem atingir seus picos somente após o amanhecer (Oke, 1978). Esse comportamento pode ser explicado pela presença de materiais com alta capacidade térmica e condutividade térmica, como o asfalto e o concreto, que predominam em muitos bairros urbanos. Esses materiais têm a capacidade de armazenar uma grande quantidade de calor durante o dia e liberá-lo de maneira gradual, resultando em temperaturas mais elevadas durante a noite e no início da manhã.

Gartland (2010) destaca que os materiais influenciam a intensidade das ilhas de calor. Cidades com materiais que liberam calor rapidamente, como os solos secos e a madeira, atingem o pico de intensidade após o pôr do sol. Já aquelas construídas com materiais de liberação mais lenta, como o concreto e a rocha, alcançam seus picos ao amanhecer, conforme observado na coleta de dados. Materiais de alta capacidade térmica, como o asfalto, absorvem e armazenam calor durante o dia, liberando-o gradualmente à noite. Isso mantém a temperatura mais elevada após o pôr do sol, resultando no pico da ilha de calor urbana ao amanhecer.

A presença de vegetação tem um papel fundamental na mitigação desse fenômeno. Pontos ao longo de áreas verdes e parques urbanos apresentam temperaturas significativamente mais baixas, devido à combinação de sombreamento e evapotranspiração, ambos responsáveis por reduzir a intensidade das ilhas de calor. Mascaró e Mascaró (2009) ressaltam que a presença de árvores e elementos arbóreos contribui para a diminuição das temperaturas locais, pois promovem um aumento da umidade relativa do ar e uma menor amplitude térmica. Parques urbanos, nesse sentido, atuam como verdadeiros oásis térmicos, ao reduzir a temperatura em seu entorno, principalmente através do aumento da umidade e da redução dos extremos térmicos.

Em áreas densamente urbanizadas, a escassez de vegetação resulta em baixos índices de umidade relativa do ar. No entanto, a presença de árvores e vegetação em parques urbanos não apenas aumenta a umidade por meio da evapotranspiração, mas também alivia significativamente o desconforto térmico, ajudando a moderar os extremos de temperatura. Como pode ser visto na Figura 7, os pontos com vegetação e sombreamento desempenham um papel crucial na regulação do microclima urbano, proporcionando um ambiente mais ameno para os habitantes. Na Figura 8,

encontram-se pontos onde o asfalto é predominante, o que eleva a temperatura do ar e a sensação de desconforto térmico das pessoas que transitam pelo local.

Figura 7: Pontos com vegetação e sombreamento



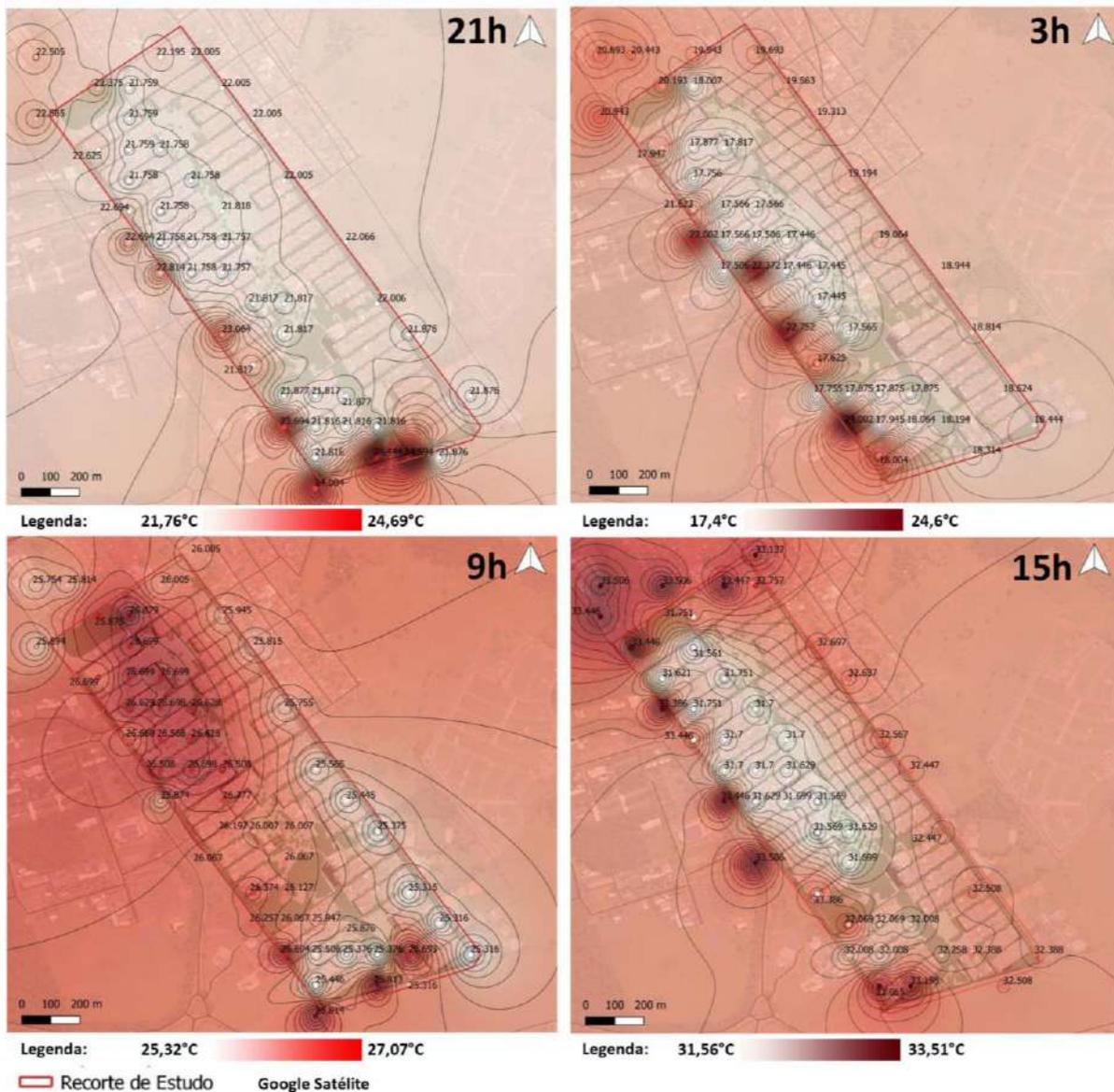
Fonte: Autores.

Figura 8: Pontos com asfalto e sem permeabilidade do solo



Fonte: Autores.

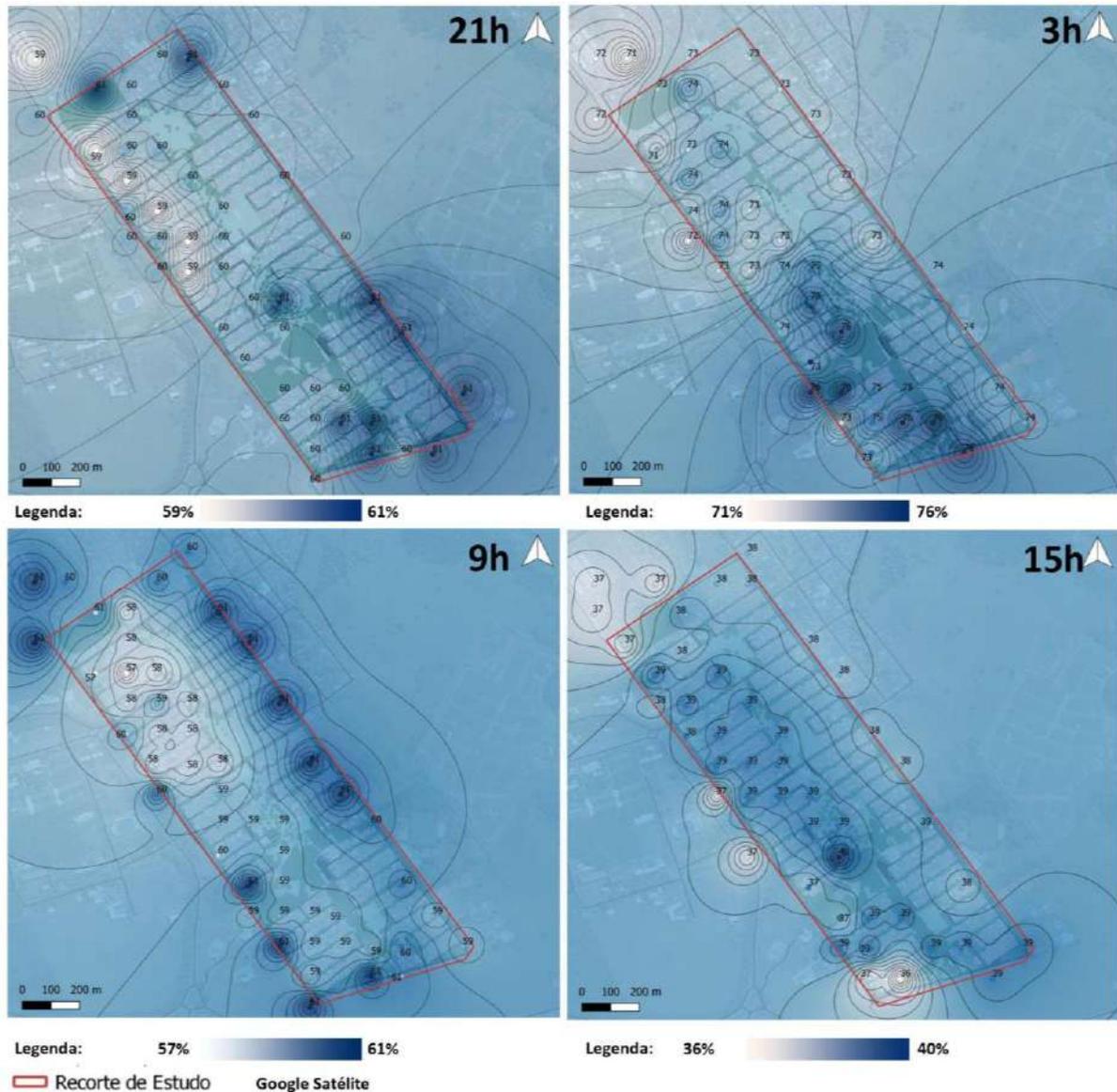
Após a coleta, os dados foram tratados e especializados a partir do software QGis. O resultado da interpolação dos pontos de medições de temperatura, em todos os horários de coleta (21h, 3h, 9h e 15h), pode ser observado na Figura 9. Os dados apresentados na Figura 9 mostram a evolução da temperatura ao longo de um dia. Observa-se que, durante todo o dia, as temperaturas são mais amenas na porção nordeste da área estudada. Muito provavelmente isso ocorre devido à presença de uma grande área verde próxima à região. Na faixa à nordeste, as temperaturas variam entre 18 e 35°C, enquanto que na faixa à sudoeste as temperaturas variam entre 22° e 35°C, mostrando uma maior capacidade de perder calor da porção nordeste. Além desta clara distinção entre a região nordeste e sudoeste, observa-se que a área central, onde encontra-se o parque linear, é a região que atingiu as menores temperaturas, com uma variação entre 17°C e 32°C.

Figura 9: Interpolação das medições de temperatura.


Fonte: Autores.

O resultado da interpolação dos pontos de medições de umidade nos horários de coleta (21h, 3h, 9h e 15h), está representado na Figura 10. A análise dos mapas demonstra claramente que as regiões com áreas verdes apresentam maiores valores de umidade relativa. Sendo assim, apesar das habitações da faixa nordeste apresentarem características similares às habitações da faixa sudoeste, elas estão em um microclima mais ameno, com temperaturas mais baixas e umidade do ar mais elevada. Observa-se ainda que existe uma amplitude da umidade relativa do ar muito elevada: durante a madrugada, quando as temperaturas encontram-se entre 17 e 25°C, a umidade relativa varia entre 71 e 76%. Já à tarde, período mais quente, quando as temperaturas variam entre 31 e 33°C, a umidade relativa chega a 36%.

Figura 10: Interpolação das medições de umidade



Fonte: Autores.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Ao visualizar os resultados, nota-se a influência do parque na temperatura, mostrando registros mais baixos ao longo de sua extensão. Ao mesmo tempo, a umidade passa a ser mais elevada. Apesar da amostra limitada, destaca-se a importância da padronização na coleta de dados para garantir resultados confiáveis. Embora evidenciem a relação entre o parque e as variações de temperatura, ressalta-se a necessidade de pesquisas mais abrangentes para compreender completamente a ilha de calor urbana e suas implicações.

Essa tendência reforça o papel fundamental que áreas verdes desempenham na mitigação dos efeitos da ilha de calor urbana, oferecendo um microclima mais ameno em meio a regiões urbanizadas densas. Embora a amostra utilizada na pesquisa

tenha sido limitada, os dados obtidos ressaltam a importância de uma metodologia padronizada na coleta, garantindo maior precisão e confiabilidade nas medições futuras.

No entanto, apesar das evidências claras da relação entre a presença do parque e as variações térmicas e de umidade, é crucial reconhecer as limitações da pesquisa. A amostragem reduzida limita a generalização dos resultados para outras áreas urbanas com diferentes configurações ambientais e climáticas. Por isso, há uma necessidade de realizar estudos mais abrangentes e extensos, que incluam diferentes condições climáticas, sazonalidades, variações na densidade urbana e a utilização de novas tecnologias para monitoramento. Somente com uma base de dados mais robusta será possível entender de forma abrangente os padrões de comportamento térmico nas cidades e os fatores que exacerbam ou atenuam a ilha de calor urbana.

Portanto, os resultados obtidos até o momento são promissores e evidenciam a relevância das áreas verdes na moderação dos impactos das ilhas de calor. Contudo, a ampliação das pesquisas será fundamental para construir um conhecimento mais completo e para o desenvolvimento de estratégias de mitigação eficazes, especialmente diante das crescentes pressões do aquecimento global e da urbanização descontrolada.

Do ponto de vista de políticas públicas e práticas de desenvolvimento urbano, a discussão dos dados aponta para a necessidade de reavaliação das estratégias de urbanização. Em primeiro lugar, a promoção do uso de materiais de construção com menor capacidade térmica, como pavimentações permeáveis e materiais refletivos, pode ser uma solução eficaz para reduzir a absorção de calor durante o dia. Além disso, a ampliação e preservação de áreas verdes, parques e corredores ecológicos dentro das cidades, conforme sugerido por Mascaró e Mascaró (2009), deve ser prioridade nas políticas urbanas. A vegetação, além de melhorar o conforto térmico, contribui para a biodiversidade e o bem-estar dos cidadãos.

Em resumo, a discussão dos dados evidencia que a mitigação das ilhas de calor urbanas demanda uma abordagem integrada, envolvendo escolhas conscientes de materiais, preservação e ampliação de áreas verdes, e uma reavaliação dos planos diretores das cidades. Somente por meio de um planejamento urbano sustentável e inclusivo será possível enfrentar de maneira eficaz os desafios impostos pelo aquecimento urbano e pelas mudanças climáticas.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a coleta de dados, conclui-se que a padronização do transecto móvel é essencial para obter dados confiáveis em estudos de ilhas de calor, especialmente ao considerar a influência de parques lineares em áreas urbanas. A coleta padronizada ao longo do trajeto possibilita uma análise precisa e abrangente dos efeitos térmicos da região. A presença de um parque linear desempenha um papel

significativo na redução das temperaturas locais, evidenciado pela coleta padronizada, a qual revela temperaturas mais baixas nas proximidades da área verde em comparação com regiões mais urbanizadas e adensadas.

A padronização do transecto é crucial para destacar a importância dos parques lineares e áreas vegetadas na mitigação das ilhas de calor urbanas, fornecendo subsídios para o planejamento urbano sustentável e medidas de adaptação climática. O presente estudo realizou uma amostra inicial, e continuará com coletas em mais dias, permitindo uma análise mais profunda do fenômeno da ilha de calor e da influência do parque linear.

Recomendam-se futuras pesquisas com uma campanha de medição mais extensa para capturar uma variedade maior de condições climáticas e sazonalidades, contribuindo para uma compreensão mais efetiva dos padrões térmicos locais. A continuidade da pesquisa, acredita-se, promoverá avanços no conhecimento da dinâmica da ilha de calor urbana, fornecendo subsídios essenciais para o desenvolvimento de medidas eficazes de mitigação e construção de ambientes urbanos mais saudáveis e resilientes diante dos desafios impostos pelas mudanças climáticas.

REFERÊNCIAS

ABREU-HARBICH, L. V.; LABAKI, L. C.; MATZARAKIS, A. Thermal bioclimate in idealized urban street canyons in Campinas, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 115, p. 333-340, apr. 2013. Disponível em: <https://www.unisantos.br/boletim/boletim143/artigo-loyde.pdf>. Acesso em: 02 out. 2022.

AKBARI, H.; ROSENFELD, A. H.; ROMM, J. J.; LLOYD A. C. **Painting the town white and green**. Heat Island Group, 1997.

AMORIM, M. C. C. T.; DUBREUIL, V.; CARDOSO, R. S. Modelagem espacial da ilha de calor urbana em Presidente Prudente (SP) – Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba-PR, v. 17, jan./jun. 2015.

BARTHOLOMEI, C. L. B. **Influência da vegetação no conforto térmico urbano e no ambiente construído**. 2003. 189 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2003.

BRAGA, R. O Estatuto da Cidade como instrumento de desenvolvimento sustentável para as cidades brasileiras: possibilidades e limites. *In*: PLURIS 2012: Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável, 5º, 2012, Brasília-DF. **Anais [...]** Brasília-DF: UNB, 2012.

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; CASTRO NETO, P. **GNE 109 Agrometeorologia**. Lavras: UFLA, 2010. 172p.

ENGEL, E. R. M.; FERRAREZ, G. O.; GONÇALVES, P. H. Desenvolvimento de sistema móvel de coleta de dados para construção de zonas climáticas locais. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, [S. l.], v. 10, p. 85–100, 2021. DOI: <https://doi.org/10.19177/rgsa.v10e0202185-100>. Disponível em: https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/articloe/view/10644. Acesso em: 10 mar. 2024.

GARTLAND, L. **Ilhas de calor**: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. Tradução de Sílvia Helen Gonçalves. São Paulo: Oficina de Texto, 2010.

HIRASHIMA, S. Q. S.; ASSIS, E. S. Confecção e aferição de termômetro de globo e abrigo meteorológico para medição de variáveis climáticas em ambientes externos. *In*: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, XI, 2011, Búzios – RJ. **Anais**. ANTAC: Porto Alegre, 2011.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2022: Synthesis Report**. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.). IPCC, Geneve, Switzerland. 104 p.

ISO 7726:1998(E), Ergonomics of the thermal environment – Instruments for measuring physical quantities.

LABAKI, L. C.; SANTOS, R. F.; BARTHOLOMEI, C. L. B.; ABREU, L. V. Vegetação e conforto térmico em espaços urbanos abertos. **Fórum Patrimônio**, Belo Horizonte, v. 4, n. 1, p. 23-42, 2011.

MASCARÓ, L.; MASCARÓ, J. J. **Ambiência urbana**. 3. ed. Porto Alegre: +4 Editora, 2009. 200 p.

NEVES, G. A. R.; NOGUEIRA, J. S.; BIUDES, M. S.; ARRUDA, P. H. Z.; MARQUES, J. B.; PALÁCIOS, R. S. Desenvolvimento e Calibração de um Termohigrômetro para uso em Pesquisas de Micrometeorologia, Agrometeorologia e Climatológica. **Revista Brasileira de Geografia Física**. Recife, PE, v. 8, n. 1, p. 136 – 143. 2015.

OKE, T. R. **Boundary Layer Climates**. London: Methuem & Ltd. A. Halsted Press Book, John Wiley & Sons, New York. 1978.

OKE, T.; Mills, G.; Christen, A.; Voogt, A. **Urban climates**. Cambridge University Press, 2017.

ONU – Organização das Nações Unidas. **Declaração Universal dos Direitos Humanos da ONU**. 2020. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/84250-relatorio-da-onu-aponta-que-nivel-do-mar-pode-subir-mais-de-um-metro-ate-2100>. Acesso em: 16 nov.2020.

PEZZUTO, C. C. **Avaliação do ambiente térmico nos espaços urbanos abertos**. Estudo de caso em Campinas, SP. 2007. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

ROMERO, M. A. B.; BAPTISTA, G. M. M; LIMA, E. A.; VIANNA, E. O.; WERNECK, D. R.; SALES, G. L. **Mudanças climáticas e ilhas de calor urbanas**. Brasília: Editora UnB, 2019.

SANTAMOURIS, M. Cooling the cities - a review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments. **Solar Energy**, n. 103, p. 682-703, 2014. DOI: 10.1016/j.solener.2012.07.003.

SANTOS, A. B. **Mapeamento termohigrométrico do município de Coari-AM**. 2017. Tese (Doutorado em Física Ambiental) - Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso – Cuiabá, 2017.

SHASHUA-BAR, L.; HOFFMAN, M. Vegetation as a climatic component in the design of an urban street: an empirical model for predicting the cooling effect of urban green areas with trees. **Energy and Buildings**, v. 31, p. 221-235, apr. 2000.

SHINZATO, P.; DUARTE, D. H. S. Impacto da vegetação nos microclimas urbanos e no conforto térmico em espaços abertos em função das interações solo-vegetação-atmosfera. **Ambiente Construído (Online)**, v. 18, n. 2, p. 197-215, 2018.

SORTE, P. D. B. **Simulação térmica de paredes verdes compostas de vegetação nativa do cerrado**. 2016. 120 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2016.

QGIS. **Spatial without Compromise:** Spatial visualization and decision-making tools for everyone. 2024. Disponível em: <https://www.qgis.org/>. Acesso em 10 set. 2024.

VALIN JR, M. de O.; SANTOS, F. M. de M. Levantamento bibliográfico da utilização de transectos em pesquisas de clima urbano no Brasil e recomendações de padronização nos procedimentos. **Revista Brasileira De Climatologia**, v. 26, 2021.

VALIN JR, M. O. **Análise de abrigos termo-higrométricos alternativos para transectos móveis.** 2019. 118 p. Tese (Doutorado em Física Ambiental) – Instituto de Física, Universidade de Mato Grosso, Cuiabá-MT, 2019.

ZIEBELL, et al. Clima Urbano e Mudanças Climáticas no Patrimônio. *In:* PAES, C. F. C.; GONÇALVES, P. H. **As mudanças climáticas em sítios com valor cultural.** São Paulo: Blucher, 2023. p. 87–100.

OFICINA SOBRE RESÍDUOS, RECICLAGEM E SUSTENTABILIDADE NO ESPAÇO URBANO: PLANEJAMENTO E VIVÊNCIA NO CENTRO DE JOÃO PESSOA/PB

WORKSHOP ON WASTE, RECYCLING AND SUSTAINABILITY IN THE URBAN SPACE: PLANNING AND EXPERIENCE IN DOWNTOWN JOÃO PESSOA/PB

Data de aceite: 20/09/2024 | Data de submissão: 16/09/2024

LIMA, Ana Catarina Gomes de, Bacharelanda

Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba (PB), Brasil. E-mail: catarinagomes.lima@gmail.com

SILVA, Joyce Faustino da, Bacharelanda

Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba (PB), Brasil. E-mail: joyce.faustino.silva@academico.ufpb.br.

SANTOS, Fabiana Francelino Maia dos, Bacharelanda

Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba (PB), Brasil. E-mail: fabiana.maia2@academico.ufpb.br

FERREIRA, Alexia de Oliveira, Bacharelanda

Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba (PB), Brasil. E-mail: alexia.ferreira@academico.ufpb.br

RUBERG, Claudia, Doutora

Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba (PB), Brasil. E-mail: cr@academico.ufpb.br

RESUMO

O trabalho apresenta o processo de planejamento, desenvolvimento e resultados obtidos pela experiência prática vivida na oficina “Resíduos, Reciclagem e Sustentabilidade no Espaço Urbano”, executada durante o VI Simpósio Internacional Urbicentros em João Pessoa/PB. O objetivo é mostrar a importância da sustentabilidade no espaço urbano por meio do reuso de materiais recicláveis como garrafas PET, e evidenciar a possibilidade do aproveitamento destes na criação de mobiliário urbano. O grupo de trabalho pesquisou as atividades a serem desenvolvidas, coletou e preparou o material a ser utilizado, construiu previamente os mobiliários selecionados, produziu o material didático. Na oficina, após apresentação teórica e orientação acerca da prática, os participantes construíram as peças de mobiliário e dispuseram no espaço público. Ao final, ocorreu um conagraçamento e troca de vivências, onde os participantes relataram o aprendizado sobre a temática inovadora, que pode ser aplicado em suas próprias comunidades, promovendo um futuro mais consciente e responsável.

Palavras-chave: Resíduos; Reciclagem; Espaço Urbano.

ABSTRACT

This paper presents the planning process, development and results obtained from the practical experience of the workshop “Waste, Recycling and Sustainability in Urban Spaces”, held during the VI Urbicentros International Symposium in João Pessoa/PB. The objective is to show the importance of sustainability in urban spaces through the reuse of recyclable materials such as PET bottles, and to highlight the possibility of using these materials to create urban furniture. The working group researched the activities to be developed, collected and prepared the material to be used, previously built the selected furniture, and produced the teaching material. During the workshop, after a theoretical presentation and guidance on the practical aspects, the participants built the furniture and placed it in the public space. At the end, there was a gathering and exchange of experiences, where the participants reported what they had learned about the innovative theme, which can be applied in their own communities, promoting a more conscious and responsible future.

Keywords: Waste; Recycling; Urban Space.

1. INTRODUÇÃO

A crescente urbanização e o aumento da população nas áreas urbanas têm gerado um desafio significativo em relação à gestão adequada dos resíduos sólidos. A produção e o descarte inadequado de resíduos têm impactos negativos no meio ambiente, na saúde pública e na qualidade de vida das comunidades urbanas. No Nordeste brasileiro, apenas 37,2% dos resíduos sólidos urbanos gerados recebem a destinação adequada (ABRELPE, 2022). Nesse contexto, a busca por alternativas sustentáveis para a gestão dos resíduos se torna uma prioridade para promover a preservação ambiental e a qualidade de vida no espaço urbano. Com o desenvolvimento da globalização e o aumento do consumo de bens e produtos, a busca pela sustentabilidade vem tornando-se cada vez mais necessária frente aos diversos segmentos que regem o funcionamento das cidades, sobretudo, com relação à construção civil, grande geradora de resíduos sólidos e de poluição.

Sabendo que mais de um terço do material descartado como resíduos sólidos urbanos compreende resíduos recicláveis, que podem ser segregados e encaminhados para tratamento e/ou reciclagem, a coleta seletiva tem-se apresentado como uma alternativa de grande potencial, para minimizar os impactos deixados pelos resíduos. Portanto, o intuito do presente trabalho é enfatizar alguns conceitos de revisão de literatura e relatar como, por meio da prática, existem maneiras para reutilização de garrafas do tipo PET, bem como explicitar que a construção de mobiliário urbano pode ter função tática para apoio e permanência de usuários, contribuindo assim para uma socialização urbana e para o incentivo aos trabalhadores de reciclagem, por exemplo.

Este trabalho visa apresentar importância da sustentabilidade aplicada ao espaço urbano a partir dos resultados obtidos por meio da experiência prática na oficina “Resíduos, Reciclagem e Sustentabilidade no Espaço Urbano”, que foi executada durante o VI Simpósio Internacional Urbicentros, ocorrido de 13 a 15 de abril de 2023 em João Pessoa/PB, cujo tema geral foi Habitar o Centro. Ademais, relata também, todo o processo de planejamento, construção e de desenvolvimento da oficina.

Tendo em vista todo o debate já levantado acerca da importância de ampliar a vida útil dos resíduos recicláveis, esse trabalho evidencia a importância de se aproveitar desses produtos, advindos desses materiais recicláveis, como peças que possam agregar a vida em comunidade, gerando novas oportunidades de vivências de lazer no meio urbano. Essa atividade contou com a participação dos membros do projeto de Extensão “Mobilidade Urbana - Ano 5” (ProMob) do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da UFPB (Universidade Federal da Paraíba).

2. GESTÃO DOS RESÍDUOS

Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (BRASIL, 202-), resíduos sólidos urbanos (RSU) “são aqueles originários de atividades domésticas em residências urbanas (resíduos domiciliares) e os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana (resíduos de limpeza urbana)”

2.1. Resíduos sólidos

Nesse sentido e de acordo com os dados fornecidos pela ABRELPE (2020) acerca da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos, os resíduos recicláveis corresponde a mais de 35% dos resíduos gerados, sendo que os plásticos são um dos tipos de resíduos sólidos mais gerados no Brasil (17%), perdendo apenas para a matéria orgânica (45%). Levando isso em consideração, é importante que medidas sejam tomadas e que a reciclagem seja uma atividade de rotina pela maioria da população para fortalecer a educação e a gestão ambiental das matérias-primas do nosso planeta.

2.2. Resíduos e sustentabilidade nas cidades

A gestão adequada dos resíduos sólidos urbanos é uma das principais necessidades quando se busca alcançar uma cidade sustentável. Segundo Ilson (2022), a cidade sustentável, é toda cidade que busca integrar práticas inteligentes e eficientes para a melhoria da qualidade de vida da população, de modo a promover desenvolvimento econômico, aliado à preservação ambiental. Estes três elementos principais (Figura 1) integrados, qualidade de vida da população (saúde, transporte, moradia, infraestrutura, cultura, lazer, etc.), preservação do meio ambiente e adoção de planejamento urbano, concorrem para o desenvolvimento econômico eficiente e com impacto positivo, tanto para sociedade, quanto para o meio ambiente.

Figura 1: Conceito de Cidade Sustentável segundo Natália Ilson.



Fonte: Autores, baseado em Ilson, 2022.

2.3. Reciclagem

Uma prática aliada da arquitetura e do urbanismo sustentável é reduzir os impactos sobre o meio ambiente utilizando o conceito da filosofia dos 3 R's desenvolvido por IWAMURA (apud MOLETTA, 2017) (Figura 2), ou seja, reduzir, reciclar e reutilizar, maneiras eficientes e que contribuem positivamente para redução do impacto deixado pelas grandes obras da construção civil:

[...] A melhor opção é reduzir o consumo; a segunda é reutilizar os objetos de formas inusitadas – como o emprego de garrafas de vidro ou pneus em paredes; e finalmente, a reciclagem de materiais é a forma mais bem-aceita pelos usuários, pois permite um acabamento construtivo semelhante ao obtido pelo material original, comprometendo menos a estética arquitetônica. (IWAMURA, 2008, apud MOLETTA, 2017, p. 162).

Figura 2: Ilustração da filosofia dos 3R's utilizada por Iwamura.



Fonte: Autores.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para a realização da oficina montou-se um grupo de trabalho, o qual promoveu encontros síncronos para debater e definir a linha de atuação da oficina, além de realizar o seu planejamento e execução como mostra o quadro abaixo (Quadro 1), a metodologia seguida para isso contou com a busca de referências de oficinas que ajudaram na definição de qual seria a proposta geral e depois a busca de tutoriais na internet que ajudaram a estabelecer quais seriam os mobiliários urbanos a serem executados, também foram utilizadas ferramentas colaborativas como o Miro, onde todos os responsáveis puderam apresentar opinião, compartilhar e colaborar com todo o processo de construção da oficina.

Quadro 1: Etapas de planejamento e execução da oficina.

Etapas	Objetivo	Resultados
1	Levantamento de sugestões para o plano de ação da oficina.	Oficina escolhida: Resíduos e Reciclagem (oficina com o intuito de abordar a importância da reutilização e reciclagem de materiais e ensinar a produção de mobiliários utilizando garrafas do tipo PET).
2	Realização campanha para arrecadação de garrafas PET	Coleta do material (não alcançou os resultados esperados).
3	Coleta de material em lanchonetes e cooperativas de catadores de reciclagem	Material recolhido em tipo e quantidade suficientes.
4	Levantamento dos mobiliários que seriam produzidos, quantitativo de garrafas e demais materiais necessários.	Modelos escolhidos: puffs, cadeiras, jardineiras, mesinha de centro e cortinas.
5	Limpeza do material a ser utilizado.	Higienização, contagem e armazenamento.
6	Produção de protótipos, com o intuito do aprendizado do passo a passo de execução, bem como de organização da oficina.	Cadeira de garrafa PET e puff infantil.
7	Armazenamento dos protótipos, garrafas PET e tampas.	Separação de garrafas de acordo com o volume e formato, facilitando o manuseio futuro.
8	Montagem da apresentação para os participantes da oficina.	Slides com informações sobre o embasamento teórico e passo-a-passo da confecção dos mobiliários.

Fonte: Autores.

O primeiro passo para o desenvolvimento da oficina foi definir qual seria o seu plano de ação. Dessa forma, o grupo decidiu em reunião que seria abordada a confecção de mobiliários urbanos tendo como matéria-prima principal as garrafas PET pós consumo. Foram levantadas sugestões de como seria possível fazer a coleta dos materiais necessários para a realização do trabalho. A opção escolhida foi a arrecadação por meio do voluntariado, ou seja, o gerador fazia o descarte voluntário da garrafa em coletores espalhados em alguns pontos da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

O grupo de trabalho confeccionou cartazes, mostrado na Figura 3, para colagem em pontos estratégicos da universidade, além de realizar publicações para as redes sociais, divulgado principalmente no Instagram do grupo de extensão sobre mobilidade urbana (@trama.mobilidadeurbana), informando acerca dos locais de descarte e o período para que essa ação fosse realizada.

Figura 3: Cartaz da campanha, colocado na UFPB.



Fonte: Autores.

Durante dois meses (de 8 de fevereiro a 3 de abril), os pontos de coleta ficaram ativos, como mostrado na Figura 4, sendo responsabilidade dos membros do grupo realizar o recolhimento diário das garrafas descartadas. Após 1 mês de coleta percebeu-se que a quantidade de garrafas PET obtidas através da entrega voluntária não seria suficiente para a realização das atividades da oficina, por isso, foi necessário fazer uma busca ativa pelas garrafas em restaurantes, lanchonetes e pizzarias, além de cooperativa de catadores de materiais recicláveis. Com todas essas ações, foi possível reunir um número maior de garrafas, o que possibilitaria a produção de mais mobiliários.

Figura 4: Pontos de coleta de garrafas PET no Campus I da UFPB.



Fonte: Autores.

Ao passo que as garrafas eram recolhidas, o grupo iniciou uma etapa de pesquisas em sites e vídeos na internet, que ensinam a confeccionar mobiliários a partir de garrafas PET. A partir disso, foram definidos quais mobiliários seriam produzidos: puffs, cadeiras, jardineiras, mesinha de centro e cortinas. No entanto, a dependência da execução de todos esses mobiliários estava relacionada à suficiência de material que o grupo de trabalho iria conseguir reunir.

A partir do recolhimento de uma quantidade razoável de garrafas, em 25 de março de 2023, em um espaço do bloco de Arquitetura da UFPB os seis participantes do grupo de trabalho se reuniram e cooperaram mutuamente na preparação do material coletado. Foi realizada a higienização completa de todas as garrafas, o que inclui lavagem, retirada e descarte dos rótulos, além da separação das tampas, que também passaram por processo de limpeza. Em seguida, as garrafas foram separadas de acordo com a capacidade volumétrica e o modelo, como mostrado na Figura 5, para que pudessem ser utilizadas de uma maneira mais eficaz durante a confecção dos mobiliários.

Figura 5: Processo de separação volumétrico e por tipo de garrafa.



Fonte: Autores.

Como primeiro protótipo, confeccionou-se um puff infantil, mostrado na Figura 6. Para este mobiliário, foram necessárias 14 garrafas PET com capacidade de 1 litro. O segundo modelo utilizado foi uma cadeira com encosto, como mostrado na Figura 7. A execução deste mobiliário contou com a utilização de 84 garrafas PET com volume de 1 litro. Para os dois protótipos, foram necessários alguns rolos de fita adesiva transparente, além de estiletes e tesouras. Em ambos os casos, seguiu-se todo o passo-a-passo apresentado nos tutoriais: “PUFF DE GARRAFA PET MUITO FÁCIL E RÁPIDO | IDER ALVES” (ALVES, 2019) e “Cadeira de Garrafa Pet” (LUTI, 2010), respectivamente. A realização dessa oficina experimental foi essencial para que o grupo de trabalho entendesse o processo de ressignificação das garrafas PET, pondo em prática através da confecção dos mobiliários.

Figura 6: Protótipo de *puff* infantil.



Fonte: Autores.

Figura 7: Protótipo de cadeira com encosto.



Fonte: Autores.

Após a conclusão da oficina piloto, todos os protótipos fabricados, juntamente com as garrafas PET não utilizadas e outros materiais relacionados, foram armazenados em um local apropriado para sua preservação. As garrafas PET foram cuidadosamente acondicionadas em sacos plásticos novos, seguindo uma separação criteriosa com base em seu volume, formato e cor. Essa classificação permitiu uma melhor otimização do espaço e facilitou a identificação posteriormente, quando necessário. Dessa forma, garrafas de tamanhos semelhantes foram agrupadas juntas, enquanto as de formatos especiais ou irregulares receberam uma categorização específica.

As tampas das garrafas também receberam a devida atenção e foram guardadas de maneira adequada. Embora não tenha sido necessária uma separação específica para elas, foram organizadas e armazenadas em conjunto, garantindo que estivessem disponíveis para utilização futura. Todo esse processo de armazenamento seguro e organizado não apenas facilitou a gestão dos materiais, mas também contribuiu para a preservação dos protótipos e das garrafas PET, evitando danos ou perdas desnecessárias. Essa abordagem responsável garantiu que as garrafas disponíveis pudessem ser aproveitadas de maneira eficiente e sustentável, promovendo a continuidade da montagem da oficina.

A última fase da organização envolveu a montagem da apresentação que seria compartilhada com os participantes da oficina. Para isso, foram coletadas e reunidas diversas informações relevantes acerca dos resíduos sólidos, sobre as diversas etapas do sistema de gerenciamento de resíduos sólidos visando fornecer um panorama abrangente sobre o tema. Abordou-se definições sobre os diferentes tipos de resíduos, passando pelos processos de produção existentes e as diversas formas de acondicionamento, incluindo as práticas recomendadas para o armazenamento adequado.

Na apresentação (Figura 8), também foram detalhadas as etapas necessárias para a confecção de cada mobiliário proposto durante as discussões do grupo de trabalho. Essa abordagem visou permitir que os participantes entendessem o processo envolvido na transformação das garrafas PET em peças úteis, incentivando a criatividade e a aplicação prática dos conhecimentos adquiridos.

Figura 8: Slide da apresentação para os participantes da oficina.



Fonte: Autores.

Os slides foram cuidadosamente montados, levando em consideração a necessidade de transmitir de forma clara e didática o passo-a-passo para a produção dos mobiliários urbanos. Com o objetivo de facilitar a compreensão dos participantes, foram inseridas figuras e imagens ilustrativas, escolhidas como forma de exemplificar cada etapa do processo e quais seriam os resultados esperados ao final da oficina.

4. RESULTADO: FABULAÇÃO DAS OFICINAS

No primeiro dia, a equipe chegou ao local da oficina para dar início a jornada de aprendizado e criação. A oficina começou com uma parte teórica, apresentada pelos coordenadores da oficina, onde os participantes tiveram a oportunidade de conhecer um pouco sobre resíduos, incluindo o sistema de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos e suas etapas, os processos de coleta, tratamento e destinação correta. Os oficineiros também receberam informações relevantes sobre a importância da reciclagem e coleta seletiva para o funcionamento adequado das cidades e sustentabilidade urbana.

Após essa etapa introdutória, os participantes foram apresentados ao material preparado e receberam instruções detalhadas sobre o passo a passo da confecção dos mobiliários. Com base nesses conhecimentos, foram formados cinco grupos, cada um responsável por um tipo específico de mobiliário. Cada grupo era composto por, no mínimo, dois participantes e um coordenador da oficina, que desempenhava o papel de orientador e instrutor durante todo o processo. A Figura 9 traz uma série de fotos tiradas durante os momentos que aconteceram no primeiro dia de oficina.

Figura 9: Momento teórico e prático da oficina.



Fonte: Autores.

No segundo dia, a oficina foi transferida para um novo local, onde todos se reuniram novamente para dar continuidade e finalização ao trabalho. As confecções dos mobiliários foram retomadas, e em questão de horas, a maior parte dos móveis já estava praticamente concluída, necessitando apenas de alguns acabamentos finais. Além da reutilização das garrafas PET, também se optou por montar cortinas decorativas utilizando CDs e DVDs velhos. Devido ao tempo limitado, nem todos os mobiliários confeccionados puderam receber o acabamento idealizado (revestimento, pintura e/ou cobertura), com os toques finais necessários. A Figura 10 traz também uma série de imagens que retratam as ações da oficina no segundo dia.

Figura 10: Momento prático de montagem e finalização dos mobiliários.

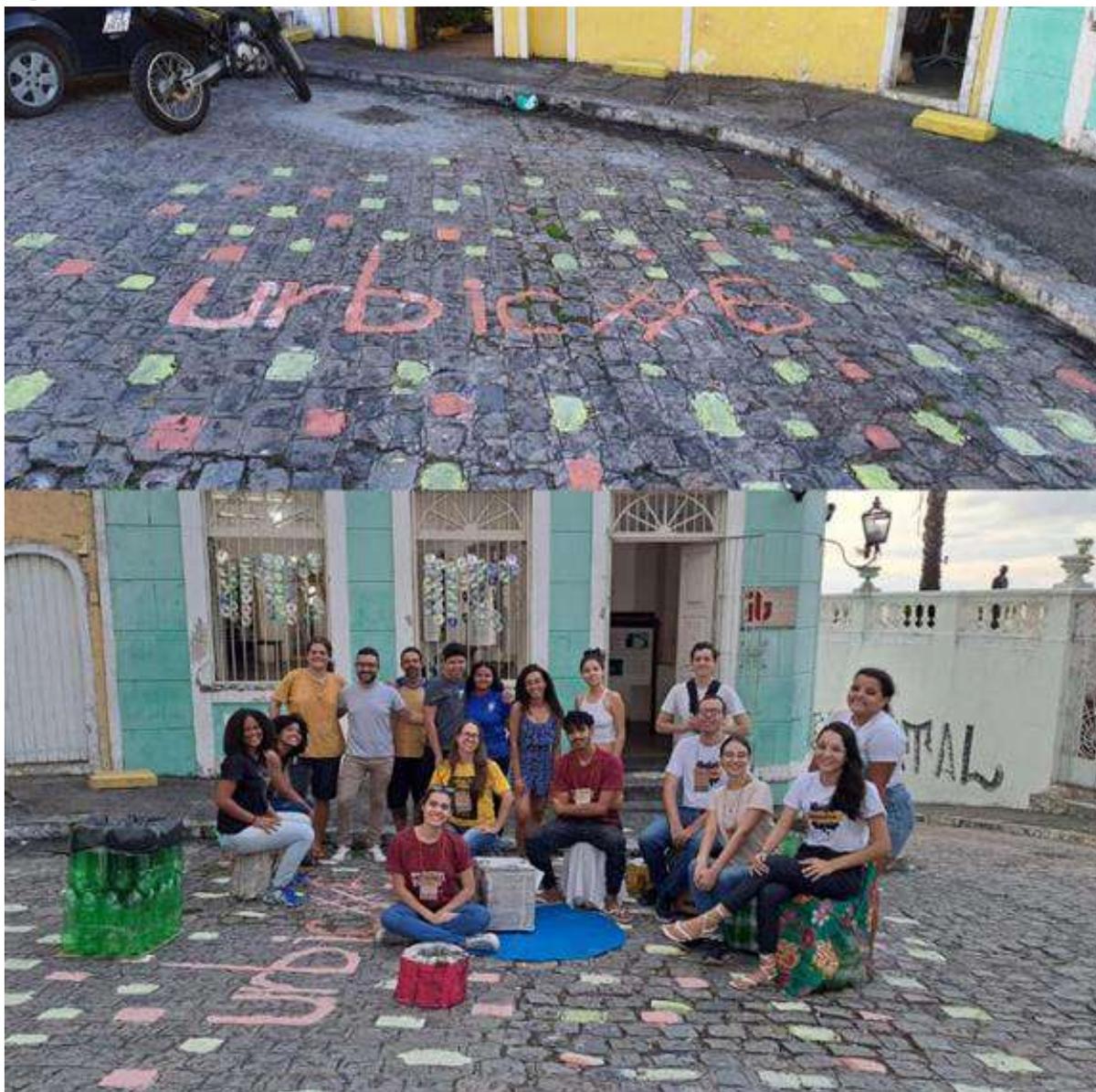


Fonte: Autores.

Como parte da proposta inicial da oficina, em que se propunha uma intervenção táctica na região central com a criação de um espaço de vivência efêmero para os participantes, realizou-se uma pintura do espaço exterior onde os mobiliários seriam instalados. Essa atividade, com alusão ao evento Urbicentros, em que a oficina estava inserida, adicionou um elemento estético e complementar à proposta, contribuindo para a integração dos móveis com o ambiente ao seu redor. Com os produtos quase finalizados, foi feita uma pausa para um lanche, proporcionando aos participantes um momento de descontração e confraternização.

Chegou, então, o aguardado momento de encerramento da oficina. Todos os mobiliários foram colocados no espaço previamente delimitado pela pintura, proporcionando um ambiente acolhedor e funcional. Sentados nos produtos finais, com o prédio do Instituto de Arquitetos do Brasil (IAB) ao fundo e decorado com as cortinas de DVDs, os participantes tiveram a oportunidade de compartilhar suas experiências e reflexões sobre o processo vivenciado ao longo da oficina. A Figura 11 mostra a pintura feita no espaço exterior com função de demarcar o espaço de intervenção e também o momento final de encerramento da oficina com os produtos já no espaço externo.

Figura 11: Momento de encerramento.



Fonte: Autores.

5. ANÁLISES DOS RESULTADOS

Diante de toda a experiência e vivência proporcionada durante os dias de oficina, obtiveram-se resultados que dizem respeito ao aspecto teórico e resultados que concernem os fatores práticos, relacionados às ações de modo mais direto. Para a concretização da oficina, osicineiros realizaram diversos estudos acerca de aspectos como a: reciclagem e seus processos, desde o seu início, começando dentro das propriedades com a separação dos resíduos sólidos, até o seu fim com o destino do resíduo a outra função, além de também estudar o reaproveitamento das garrafas pet, em específico, na construção de mobiliários, a limpeza destes materiais de modo adequado, sua respectiva manutenção etc.

Todos esses estudos trouxeram à equipe organizadora uma bagagem teórica importante e crucial para que ela fosse capaz de conduzir o treinamento dos participantes da atividade, e principalmente, para que lhes fosse possível entender a importância do tema abordado e, posteriormente, de repassá-los para os participantes. A realização foi por meio de apresentação na forma de seminário, no qual foram repassados conceitos, maneiras e modos de garantir a reciclagem e a sustentabilidade, bem como o passo-a-passo de produção da oficina. Todos os participantes foram envolvidos nesta temática inovadora, que pode ser realizada por eles nas suas respectivas rotinas, em suas próprias residências. A oficina serviu como um catalisador para a busca contínua de soluções conscientes e responsáveis, construindo um futuro mais sustentável e harmonioso.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos problemas que envolvem o descarte dos resíduos sólidos, esse trabalho buscou mostrar que a construção de equipamentos urbanos, são uma alternativa sustentável e correta para destinação dos materiais recicláveis, gerando além do impacto positivo para o meio ambiente, um aprendizado prático de como as questões ambientais estão relacionadas às questões urbanas.

Essa experiência mostra a importância de eventos e iniciativas que abordam questões ambientais e urbanas de maneira prática e envolvente. Através do conhecimento adquirido e das habilidades desenvolvidas, os participantes têm a oportunidade de se tornarem agentes de mudança em suas próprias comunidades, difundindo os princípios de reciclagem, coleta seletiva e gestão adequada de resíduos.

Portanto, a oficina proporcionou uma experiência enriquecedora, que uniu teoria e prática de forma harmoniosa. Além de adquirir conhecimentos valiosos, os participantes puderam exercitar sua criatividade, trabalhar em equipe e refletir sobre a importância de adotar práticas sustentáveis em suas vidas diárias. Através dessa abordagem holística, a oficina se consolidou como um exemplo positivo e inspirador para a promoção de um futuro mais consciente e ambientalmente responsável.

REFERÊNCIAS

ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil - 2020**. ABRELPE, 2020. Disponível em:

https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7212936/mod_resource/content/1/Panorama-2020-V5-unicas%20%282%29.pdf. Acesso em: 15 jun. 2023.

ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil - 2022**. ABRELPE, 2022. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/download-panorama-2022/>. Acesso em: 15 jun. 2023.

ALVES, Ider. **DIY Moda Fashion**. Puff de garrafa PET muito fácil e rápido. YouTube, 31 de jan. de 2019. Disponível em: <https://youtu.be/KmCKHo7fj1I>. Acesso em: 17 jun. 2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos - SINIR**. Resíduos Sólidos Urbanos. [202-]. Disponível em: <https://sinir.gov.br/informacoes/tipos-de-residuos/residuos-solidos-urbanos/>. Acesso em: 17 jun. 2023.

ILSON, Natália. O que é cidade sustentável? Exemplos e dicas de como se tornar uma. **VIVA DECORA**, 4 mar 2022. Disponível em: <https://www.vivadecora.com.br/pro/cidade-sustentavel/>. Acesso em: 17 jun. 2023.

LUTI, Luciano Magalhães Diniz. **Cadeira de Garrafa PET**. YouTube, 25 de ago. de 2010. Disponível em: <https://youtu.be/N3i6SaSFq-U>. Acesso em: 17 jun. 2023.

MOLETTA, Gabriela. Reciclagem e resíduos urbanos em arquitetura e design. **Relatório de PIBIC da UFPR**, 2017. Disponível em: https://grupothac.weebly.com/uploads/6/8/3/8/6838251/ufpr2017_relfinal_gabriela.pdf. Acesso em: 17 jun. 2023.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Universidade Federal da Paraíba, em especial a Pró-reitoria de extensão da UFPB, ao Departamento de Arquitetura e Urbanismo e ao Escritório Modelo de Arquitetura (TRAMA).



05.

**IMPACTO AMBIENTAL
E MERCADO DE TRABALHO**



05.

**IMPACTO AMBIENTAL
E MERCADO DE TRABALHO**



ENTRE O CAMPO E A CIDADE: REFLEXÕES SOBRE CULTURA, DESIGN E SUSTENTABILIDADE NO SÉCULO XXI

FROM THE COUNTRYSIDE TO THE CITY: THOUGHTS ON CULTURE, DESIGN AND SUSTAINABILITY IN THE 21ST CENTURY

Data de aceite: 13/09/2024 | Data de submissão: 12/09/2024

Josana Mattedi Prates Dias, doutoranda

Escola de Design da UEMG, Belo Horizonte, Brasil, E-mail:

josanamatedi@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1139-0369>

Rita de Castro Engler, doutora

Escola de Design da UEMG, Belo Horizonte, Brasil, E-mail:

rita.engler@gmail.com

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

RESUMO

O artigo apresenta o estudo de caso de uma loja do Velho Mercado Novo em Belo Horizonte, ocupação recente que reutiliza espaços e objetos no tradicional Mercado Novo da cidade. O estudo do Café Jetiboca revela não só o gosto pelo que é velho, mas também a recriação de vínculos entre o campo e a cidade por meio do design. A representação de uma cultura rural artesanal se dá em múltiplas escalas e suportes, envolvendo ambiências físicas e virtuais. O referencial da pesquisa trata do debate sobre a cultura do consumo e a busca pela sustentabilidade. As teorias do design ampliam a discussão quando argumentam sobre a necessidade de reconstituição cultural focada no cotidiano e em seus contextos. Na busca por essa transformação cultural, as ações de design empreendidas mostram o desejo por outras formas de vida, novos hábitos que estimam a memória em vez de uma renovação constante.

Palavras-chave: Design; Cultura; Sustentabilidade.

ABSTRACT

The article concerns a case study of a store at Velho Mercado Novo (Old New Market) in Belo Horizonte, a recent occupation that reuses spaces and objects in the city's traditional Mercado Novo. The study of Café Jetiboca reveals a taste for the old, but also the recreation of bonds between the countryside and the city through design. The representation of artisanal, rural culture takes place in multiple scales and supports, in physical and virtual environments. The research framework is the debate between consumerist culture and the search for sustainability. Design theories complement the discussion when they argue for the necessity of cultural reconstruction focusing on daily life and its contexts. When seeking this cultural transformation, the design actions taken show a desire for other ways of life and new habits that value memory instead of constant renewal.

Keywords: Design; Culture; Sustainability.

1. INTRODUÇÃO

O artigo apresenta o estudo de caso de uma loja do Velho Mercado Novo em Belo Horizonte, ocupação recente de ambientes vazios do tradicional Mercado Novo da cidade, que reutiliza espaços e objetos que estavam em desuso. O interesse da pesquisa é compreender a valorização do que é velho no contexto de uma cultura do consumo globalizada, movida pela obsolescência programada e pela criação de novos desejos. O Café Jetiboca, que vende o café produzido pelos proprietários e algumas quitandas, foi escolhido por apresentar ações como a reutilização, a valorização da natureza e da cultura rural artesanal. Por meio do design, o Café Jetiboca se apresenta como marca e produto em ambiências física e virtual que recriam vínculos entre o campo e a cidade.

O referencial teórico da pesquisa reúne discussões sobre a constituição da cultura do consumo que caracteriza o modo como vivemos hoje, num contexto de capitalismo global. Esse modo de vida requer a contínua invenção e satisfação de desejos materializados em mercadorias, viabilizados por uma gigantesca produção industrial, que atualmente é potencializada pelas tecnologias digitais. No campo do design, diretamente envolvido nos processos de criação, produção e consumo, o debate acerca da sustentabilidade aponta para a real necessidade de reconstrução desse atual modelo, inviável a longo prazo. Para tanto, uma reformulação crítica do design é urgente. Ao conformar a materialidade da vida, o designer pode ter um papel fundamental na constituição de novos hábitos e valores. Sua atuação direta no cotidiano pode promover diálogos e a inovação social com foco em um futuro mais promissor. O design pode viabilizar processos mais conectados com a natureza, com os ritmos biológicos e com os contextos. É essa perspectiva, mais atenta à interdependência entre os seres e o planeta, que interessa a essa pesquisa, pois pode se constituir como uma nova subjetividade capaz de reconfigurar não só o consumo, mas também, talvez, a forma como se vive.

O estudo de caso do Café Jetiboca descreve e analisa brevemente os ambientes físicos e virtuais que constituem a marca, assim como suas formas de comunicação. Há a valorização do velho, do obsoleto, da vida no campo, da produção artesanal rural, de tradições e paisagens mineiras. O que se revela é uma cuidadosa ação de design para criar, no contexto urbano, o desejo por uma vida mais simples a partir desses elementos que constituem o imaginário da marca e que estão presentes nos produtos e nos espaços. O ambiente físico da loja reúne vários objetos da vida no interior, como sacas de café, mobiliários de armazéns antigos, instrumentos de trabalho do campo, utensílios fora de moda. Chama a atenção a iluminação quente, mas com muitas sombras. Nas embalagens e rótulos, há detalhes que remontam à história da comunicação de massa, como linhas, cores e planos próprios da litografia e da tipografia. Entre as peças gráficas, destaca-se o cartaz anual que comemora a colheita do café realizada não só por trabalhadores, mas também por amigos e interessados na experiência. A colheita, o contato com a terra, com os grãos, sob o sol, algo impossível na cidade, aparece também como imagens fotográficas no *feed* do Instagram da marca, rede social que foi objeto de análise.

Nesse ambiente virtual, há poucas postagens. Há uma economia na divulgação das imagens. O conjunto intercala fotos da paisagem rural, de produtos, de objetos antigos e de detalhes das artes gráficas. As paisagens rurais se revelam sob uma

luz que cria muitas veladuras. As poucas imagens fotográficas dos produtos também utilizam a mesma luminosidade. Detalhes de rótulos e embalagens podem ser ampliados e visualizados em seus pormenores. Curiosamente, não há imagens da loja física no feed da marca no Instagram.

O que se conclui, no contexto de uma cultura do consumo que se vale de recursos digitais, dados e um sem-fim de imagens para criar desejos a todo momento, é que o Café Jetiboca não é mais um entre tantos outros. Ao contrário, as novas publicações são raras. Quando uma imagem nova aparece, ela se destoa das demais contas pelas cores e luminosidade. As imagens virtuais, ou os detalhes do espaço físico, por não se revelarem totalmente sob a veladura da luz, convidam sempre o olhar à novidade que será descoberta na visita ao local. A marca se apresenta por meio de uma outra lógica, que é a da permanência. As imagens são feitas para durar, para serem vistas novamente, assim como os detalhes da loja física. É preciso voltar ao mercado para revê-la. Ver cada objeto da fazenda por um novo ângulo enquanto se toma café. Cabe ressaltar que não há um apelo à sustentabilidade ou ao consumo consciente nas ações de comunicação da marca. Mas, certamente, há outra lógica de produção de desejos que transforma a cultura do consumo: o feito para durar. E quando há o novo, ele remete à passagem do tempo, aos ciclos da natureza, ao momento da colheita, que passa a fazer parte da vida urbana.

2. A CULTURA DO CONSUMO E A BUSCA PELA SUSTENTABILIDADE

O modo como vivemos hoje, no contexto do capitalismo globalizado, é formatado, segundo a pesquisadora Isleide Arruda Fontenelle (2017), por uma cultura do consumo que se estabeleceu no final do século XIX, se consolidou ao longo do século XX e está fortemente presente no século XXI. Essa cultura se caracteriza por um modo de vida baseado no consumo e na produção do consumidor, em hábitos e usos de objetos impregnados de valores, paixões e ilusões. O significado das coisas, de bens e de produtos, sua determinação simbólica ou cultural, é forjado pela ação de inúmeros profissionais focados no consumidor e no estímulo ao consumo.

A indústria capitalista e a sociedade burguesa liberal comandaram a construção desse mundo novo com macro e micro ações, envolvendo múltiplas escalas, desde a urbana até a do objeto e seus modos de exibição, para facilitar o acesso a mercadorias, sua circulação e seu consumo. Fontenelle (2017) descreve os recursos humanos e técnicos, assim como as disciplinas que surgem voltadas para o estudo e produção do consumo e do consumidor como marketing, publicidade e propaganda e relações públicas. Novas e antigas profissões se articulam, como o design e a arquitetura, indispensáveis na constituição dos ambientes. A psicanálise merece destaque, uma vez que foi e até hoje é utilizada para compreender os comportamentos humanos, criar desejos em forma de mercadorias.

O estudo do consumidor é referência para as pesquisas que servem como base para a produção de campanhas, ações e anúncios publicitários. Na história da comunicação de massa, a reprodução técnica de imagens e sons é fundamental assim como os recursos utilizados para a veiculação das mensagens, como cartazes, *outdoors*, televisão, salas de cinema e, hoje, dispositivos digitais. A

digitalização da informação, por sua vez, além de divulgar os desejos na palma das mãos, de forma rápida e em escala global, permitiu a gestão dos dados por algoritmos e uma comunicação individualizada. Ao longo dos anos, a busca pelo crescimento contínuo e permanente da produção e do consumo provocou, em meados do século XX, a reflexão acerca da sustentabilidade desse modelo. Segundo Fontenelle (2017), o texto “Os limites do crescimento”, publicado em 1972, é um marco no movimento ambiental e foca na produção industrial e no consumo da natureza. Nos anos 1990, a discussão passa a abordar o consumo nas sociedades capitalistas e, ao final do século XX, a responsabilidade pelo meio ambiente torna-se uma importante questão. O conhecimento de cientistas e especialista passa, aos poucos, a reconfigurar o imaginário popular por meio de filmes, reportagens e livros.

O historiador italiano Giulio Carlo Argan (2001) mostra como a relação com a natureza se transformou ao comparar a produção artesanal com a produção industrial que a sucedeu. O homem moderno, o homem das grandes cidades, não se identificava com a natureza, mas com a tecnologia, da qual sentia muito orgulho, e com um mundo de coisas artificiais produzidas por si e para si. Diferentemente, o modo de produção artesanal, pré-industrial, estava ligado à história, à natureza, sua materialidade e seus ritmos. Esse referencial conformava os ornamentos que, como flores, folhas e outros elementos naturais ou históricos, compunham a superfície de espaços e objetos. O envolvimento do artesão em todas as etapas do processo produtivo conferia autonomia e consciência ao produtor e à sociedade. A abstração, por sua vez, muito própria da modernidade, como bem observou o historiador e arquiteto Josep Maria Montaner (2001), contribuiu para o afastamento da natureza e dos saberes ditos tradicionais. Na linha de produção moderna, a fragmentação impediu uma compreensão mais ampla da totalidade dos processos produtivos, gerando a alienação.

No contexto industrial, o foco é o contínuo funcionamento do sistema de produção e consumo, mas não necessariamente a vida, a natureza e os ritmos biológicos. Para tanto, segundo Argan (2001), espaços e objetos foram concebidos sem ornamentos, com formas simples e apropriadas à função que deveriam exercer e à produção em série. Além disso, eram pesados como símbolos para a vida social, exemplos do lugar e utilidade que cada um teria na linha de produção moderna. Tudo deveria ser projetado, da cidade aos utensílios utilizados na cozinha, de forma contínua, incluindo a obsolescência e a substituição daquilo que ainda não estava deteriorado. Ainda hoje, a nova moda é responsável por manter a máquina funcionando e criar novos desejos de consumo. Para Argan (2001), foi dessa forma que o desenho industrial contribuiu, ao lado comunicação, para a criação de produtos em vez de objetos. A partir daí, uma cultura do consumo se institucionalizou, pautada pelo poder que a informação passou a exercer, como bem observa Fontenelle (2017).

As tecnologias digitais potencializaram a cultura do consumo. As telas dão acesso simultaneamente ao lazer, ao trabalho e às compras, em qualquer momento e lugar. Elas instauram uma realidade na qual o presente se apresenta de forma estendida, sem dia ou noite, sem conexão com os ritmos da natureza como bem observam Byung-Chul Han (2021) e Jonathan Crary (2023). Suas superfícies lisas e brilhantes, com pouquíssimo atrito, disponibilizam as informações que rapidamente podem ser vistas e consumidas por meio de um clique. Essa agilidade

e intensidade da criação, da produção e do consumo colocam-se como reais ameaças para a vida no planeta, segundo Crary (2016). A estética do liso (Han, 2019) e sem atrito também configura grande parte das imagens que circulam nos dispositivos eletrônicos. As imagens são compostas para o rápido consumo. A proximidade dos objetos e a iluminação sem sombras possibilitam a apreensão leve do olhar. Não há sombras nem algo escondido capaz de fazer a imagem durar, demandando um olhar mais cuidadoso. Assim, o consumo e o descarte da informação, das coisas e de todos podem se dar de forma frenética e vertiginosa.

Para o designer australiano Tony Fry (2009), o modo de vida e de produção decorrente da industrialização e de seus desdobramentos acomodou todos os momentos da modernidade e foi responsável pelo modelo ambiental, material e estético com o qual se habituou a viver. Esse modelo, entretanto, compromete a vida biossocial e mostra-se inviável a longo prazo. A lógica de obsolescência e fim programados de tudo e de todos concorre para o esgotamento dos recursos e do planeta. Para evitar um possível fim de mundo, como descrito por Yuval Harari (2016), Davi Kopenawa e Bruce Albert (2015) e Ailton Krenak (2019), Fry (2009) propõe uma reconstrução cultural, uma transformação que envolva os sujeitos, os seres, a materialidade e as relações sociais, que certamente não será simples.

Uma possível reconexão com outras temporalidades, como a do campo, pode ser um caminho para repensar as relações com a natureza na cultura do consumo. No alvorecer da produção industrial, movimentos como o *arts and crafts*, referenciado pelo trabalho dos ingleses William Morris e John Ruskin, buscava a articulação de tecnologia e artesanato, segundo o historiador britânico Eric Hobsbawm (2023). Além de almejavam processos produtivos humanizados, utilizavam uma gama de ornamentos associados à função, com motivos botânicos, biológicos, femininos que faziam referência aos movimentos da natureza e estavam em diferentes escalas – em objetos, interiores, arquiteturas – no cotidiano das grandes cidades. Ao longo do século XX e atualmente, muitas foram as iniciativas para se repensar as reconexões com a natureza e seus ritmos. No campo das artes, as obras da Land Art são exemplares, como mostra o historiador Michael Lailach (2007). No design de ambientes, atualmente, a biofilia é uma forte tendência no cotidiano.

3. CAFÉ JETIBOCA: RECONEXÕES ENTRE CAMPO E CIDADE

Para o designer italiano Ezio Manzini (2017), o design tem um papel preponderante na criação de uma nova sensibilidade socioambiental. O profissional dessa área é visto como um protagonista, que, imerso no local e atento ao dia a dia, pode promover diálogos e articular outras formas de produção e organização social inovadoras que transitem para a sustentabilidade. As ações do designer Rafael Quick certamente concorrem para constituição de outros modos de vida com “negócios que contam história e mudam a história do lugar”, como mostra a jornalista Mariana Weber (2020). Quick é um dos responsáveis pelo Velho Mercado Novo, iniciativa que ocupa os espaços vazios do tradicional Mercado Novo em Belo Horizonte desde 2018. Essa ocupação se dá de forma cuidadosa, com a valorização do velho, da memória e do passado. Há uma preocupação com a permanência dos comerciantes tradicionais e com as características do lugar.

Os novos empreendimentos devem dialogar com as formas, as cores, os materiais, as texturas e a diversidade de atividades já existentes. Há comerciantes de frutas, verduras, alimentos, placas, uniformes, embalagens, velas, entre outras atividades, como gráficas e serviços elétricos. É essa constituição original e tradicional na cidade que serve como referência para o novo. Placas, uniformes e material gráfico dos novos negócios são produzidos no Mercado, que também abastece os empreendimentos gastronômicos. Os novos interiores se caracterizam pela rusticidade, que é própria do mercado, e pela reutilização de mobiliários e objetos, muitas vezes provenientes de vendas e antigos armazéns. Muitos dos novos negócios são de pequenos produtores interessados na cultura mineira, na sua experiência na contemporaneidade.

O Café Jetiboca é um dos negócios de Quick no Mercado Novo, que chama a atenção pelo cuidado com o lugar e a com cultura mineira, em especial com o mundo rural, artesanal, conectado aos ritmos da natureza. É esse imaginário, que valoriza o velho e o campo, que toma forma nos espaços físico e virtual da marca, em diferentes escalas. A loja física, que pode ser vista na Figura 1, é formada por dois ambientes contíguos que podem ser acessados apenas pelo olhar. Não é possível adentrar o espaço, mas observá-lo do balcão ou próximo das sacas de café que se colocam como um limite entre as duas aberturas da loja e o corredor.

Figura 1: Vista da loja do Café Jetiboca no Mercado Novo.



Fonte: Sprudge. Disponível em: sprudge.com/in-belo-horizonte-cafe-jetiboca-delivers-coffee-from-farm-to-cup-164231.html. Acesso em: 23 mar. 2024.

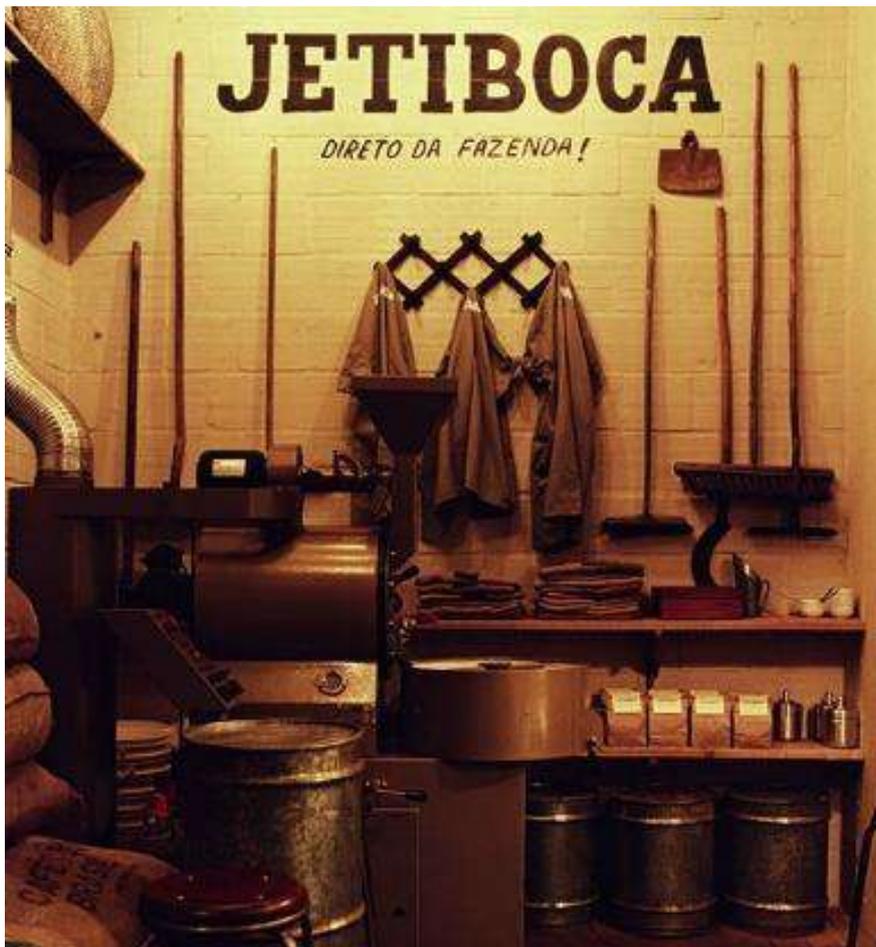
As cores são na maioria terrosas, com tonalidades que vão do claro ao escuro. Há predominância da madeira e da estopa de juta dos sacos utilizados para guardar o café. Empilhados, eles conformam um cenário que lembra um armazém antigo. Há elementos em metal, muitos enferrujados, e superfícies de vidro no balcão iluminado. Luminárias pendentes, na cor verde e com luz amarelada, iluminam o balcão de atendimento visto na Figura 2.

Figura 2: Interior do Café Jetiboca no Mercado Novo.



Fonte: Sprudge. Disponível em: sprudge.com/in-belo-horizonte-cafe-jetiboca-delivers-coffee-from-farm-to-cup-164231.html. Acesso em: 23 mar. 2024.

Nesse local, o pedido é feito e o café é servido com queijo ou alguma quitanda escolhida pelo freguês. É possível assentar e observar com mais calma o interior do ambiente composto por inúmeros objetos, uma verdadeira coleção de memórias de cozinhas tradicionais e de elementos do campo, vistos também na Figura 3. Sacas, peneiras, latas, balança, escada, viola, cabideiro, roupas de trabalho, vassouras, pás. Tudo é velho. Se for novo, é tradicional. As informações foram pintadas à mão, nas paredes, com caligrafia muito própria da utilizada em comércios populares. A placa do estabelecimento, assim como os uniformes e grande parte do material gráfico, foi feita no mercado. É importante destacar que a iluminação quente, direcionada e com muitas sombras, tem um papel fundamental na criação da ambiência aconchegante, muito próxima de uma iluminação feita com velas ou lamparinas. As sombras, ao envolverem os espaços e objetos, criam áreas que não podem ser vistas e que por esse motivo convocam a imaginação e novos olhares. O cheiro e o gosto do café ampliam a experiência desse mundo, que remonta à casa do interior rural pouquíssimo iluminada. Segundo Quick “o que a gente fez foi trazer a cultura da fazenda e mostrar que é maravilhosa, tem muito valor [...]. A galera entra aqui e chora. É normal, cotidiano” (Weber, 2020).

Figura 3: Interior do Café Jetiboca no Mercado Novo.

Fonte: Sprudge. Disponível em: sprudge.com/in-belo-horizonte-cafe-jetiboca-delivers-coffee-from-farm-to-cup-164231.html. Acesso em: 23 mar. 2024.

O Café Jetiboca se apresenta virtualmente através de um site e de uma conta no Instagram. O site é direcionado para a venda de produtos, como o café e peças gráficas, todos apresentados com o preço e com ferramentas apropriadas à seleção e à compra. A conta do Instagram, por sua vez, foi objeto de análise porque exibe as imagens que divulgam virtualmente a marca. São cerca de 100 publicações, iniciadas em 2018, e mais de 12 mil seguidores. São poucas publicações ao longo de quase 6 anos de existência do Café, contrariando a lógica das redes sociais, que estimulam o engajamento através de publicações periódicas. Há imagens fotográficas dos produtos, das embalagens, de algumas peças publicitárias e de peças antigas, que são intercaladas com imagens da lavoura, dos pés de café e da fazenda produtora situada no interior de Minas Gerais. Não há imagens da loja do Café Jetiboca situada no Mercado Novo, ou seja, a ambiência da loja física não é revelada na rede social. Mas a luminosidade de todas as fotografias publicadas na galeria de imagens do Instagram, conhecida como *feed*, vista na Figura 4, é curiosamente a mesma da loja física.

Figura 4: Parte do feed do Instagram do Café Jetiboca.



Fonte: Reprodução Instagram. Disponível em: @cafejetiboca. Acesso em: 23 mar. 2024.

As cenas são capturadas sob uma luz com muitas sombras, que configuram veladuras para o objeto, produto ou paisagem. Apenas as artes gráficas possuem uma iluminação homogênea quando divulgadas. No tempo da colheita do café, mais imagens são divulgadas no *feed* e nos *stories*. Imagens de todas as colheitas, desde 2019, estão organizadas por ano e fixadas como *highlights*. A colheita é, de fato, um ponto alto na constituição imaginário da marca, que almeja valorizar a fazenda. Se não é possível participar do evento na fazenda, aberto a interessados, amigos e convidados, é possível ver as imagens da colheita, dos momentos de trabalho e celebração da natureza, tão incomuns na cidade. Para cada colheita anual, é feito um cartaz que comemora esse tempo, como o de 2021, visto na Figura 5.

Figura 5: Cartaz da colheita de 2021 do Café Jetiboca.



Fonte: Reprodução Instagram. Disponível em: @cafejetiboca. Acesso em: 23 mar. 2024.

A linguagem utilizada no cartaz, assim como em todas as peças gráficas, merece atenção. A composição do universo de referência da marca privilegia a utilização da linha e dos planos de cor, com clara referência à litografia utilizada pela publicidade nos primórdios da comunicação de massa. Dessa forma, as representações em rótulos, cartazes e embalagens aproximam-se do desenho e distanciam-se da hiper-realidade que a tecnologia atual possibilita. A tipografia também é utilizada na papelaria de embalagens mais simples, costuradas à máquina. A linha ou o relevo tipográfico criam texturas táteis e ópticas que convidam a ver com calma ou a tocar imagens e superfícies. Elementos como mapas, letras, pássaros, folhas, sacas de café, entre outros, aparecem em cartazes, em peças de divulgação, em rótulos inspirados nos selos de carta: desenhados, impressos, picotados e colados nas latas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cultura do consumo caracteriza a vida contemporânea globalizada. É por meio das mercadorias que as identidades são constituídas e os sujeitos se expressam. Na origem desse modo de vida, estão o capitalismo e a produção industrial, em que a lógica é do contínuo crescimento. A preocupação com a insustentabilidade desse modelo, entretanto, é de certa forma recente e tem impactado produtores e consumidores. As abordagens de design argumentam a importância da reconstrução desse modelo cultural hegemônico, que esgota os recursos, cria abismos sociais e concorre para o fim do planeta. Para essa transformação, os designers podem ter um papel fundamental na construção de outros valores e até de outras formas de vida talvez mais vinculadas aos contextos e a seus recursos. O Café Jetiboca foi escolhido para o estudo porque cria, por meio do design, em múltiplas escalas, outras formas de relação com os produtos e com a cultura do consumo. Chama a atenção a reutilização de espaços e de objetos e as representações de uma vida rural artesanal caracterizada por certa duração, por uma renovação que se dá de forma mais lenta.

A análise da loja física e do Instagram da marca revelam estratégias para a composição dos espaços, que são similares e constituem imagens e ambiências feitas para durar e serem revisitadas. A luminosidade quente, mas com muitas sombras, produz áreas de escuridão que impedem uma visão rápida e definitiva de espaços e objetos. É preciso parar para ver com calma, mas, mesmo assim, nem tudo é revelado. A duração está presente também no espaço e nos objetos escolhidos. O Mercado é antigo. A fazenda e a produção rural artesanal dizem de um mundo tradicional que existe há um tempo. Os objetos escolhidos também são antigos, e muitos até estavam fora de moda. A comunicação visual usa de recursos que remontam aos primórdios da comunicação de massa. Ao que tudo indica, a matéria da novidade é o velho, reapresentado como possibilidade de futuro em reapropriações e ressignificações. Curiosamente, a vida no campo, com a natureza e seus ciclos, também aparece como um modo de vida mais lento e inspirador. No contexto de uma cultura que cria o desejo pelo novo e planeja a obsolescência dos produtos e até dos sujeitos, a valorização da permanência e a vida lenta junto à natureza no campo colocam-se como novos valores. Eles certamente não resolverão o complexo problema da sustentabilidade, mas criam outra subjetividade dentro da cultura do consumo marcada pelo descarte.

REFERÊNCIAS

ARGAN, Giulio Carlo. **Projeto e destino**. Tradução de Marcos Bagno. São Paulo: Ática, 2001.

CRARY, Jonathan. **24/7: capitalismo tardio e os fins do sono**. Tradução de Joaquim Toledo Jr. São Paulo: Ubu, 2016.

CRARY, Jonathan. **Terra arrasada: além da era digital, rumo a um mundo pós-capitalista**. Tradução de Humberto do Amaral. São Paulo: Ubu, 2023.

- FONTENELLE, Isleide Arruda. **Cultura do consumo**: fundamentos e formas contemporâneas. Rio de Janeiro: FGV, 2017.
- FRY, Tony. **Reconstruções**: ecologia, design e filosofia. Tradução de Gilson César Cardoso de Sousa. São Paulo: Edusp, 2009.
- HAN, Byung-Chul. **A salvação do belo**. Tradução de Gabriel Salvi Philipson. Petrópolis, RJ: Vozes, 2019.
- HAN, Byung-Chul. **O desaparecimento dos rituais**: uma topologia do presente. Tradução de Gabriel Salvi Philipson. Petrópolis, RJ: Vozes, 2021.
- HARARI, Yuval Noah. **Homo deus**: uma breve história do amanhã. Tradução de Paulo Geiger. São Paulo: Companhia das Letras, 2016.
- HOBSBAWM, Eric J. **A era do capital**: 1848-1875. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2023.
- KOPENAWA, Davi; ALBERT, Bruce. **A queda do céu**: palavras de um xamã yanomami. Tradução de Beatriz Perrone-Moisés. São Paulo: Companhia das Letras, 2015.
- KRENAK, Ailton. **Ideias para adiar o fim do mundo**. São Paulo: Companhia das Letras, 2019.
- LAILACH, Michael. **Land art**. Los Angeles: Taschen, 2007.
- MANZINI, Ezio. **Design quando todos fazem design**: uma introdução ao design para a inovação social. Tradução de Luiza Araújo. São Leopoldo, RS: Unisinos, 2017.
- MONTANER, Josep Maria. **A modernidade superada**: arquitetura, arte e pensamento do século XX. Tradução de Esther Pereira da Silva e Carlos Muñoz Gallego. Barcelona: Gustavo Gili, 2001.
- WEBER, Mariana. Rafael Quick faz em Belo Horizonte negócios que contam histórias – e mudam a história dos lugares onde estão. **The Summer Hunter**, 14 jan. 2020. Disponível em: <https://thesummerhunter.com/belo-horizonte-velho-mercado-juramento-rafael-quick/>. Acesso em: 30 jun. 2023.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig).

CALIBRAÇÃO DE SENSORES PARA ESTAÇÕES CLIMÁTICAS DE BAIXO CUSTO

CALIBRATION OF SENSORS FOR LOW-COST WEATHER STATIONS

Data de aceite: 16/09/2024 | Data de submissão: 14/09/2024

ZIEBELL, Clarissa Sartori Ziebell, Doutora em Design

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil, E-mail:

clarissa.ziebell@ufrgs.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9988-6950>

VIZZOTTO, Marcos Rodrigues, Mestre em Engenharia Elétrica

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil, E-mail:

marcos.vizzotto@ufrgs.br

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-2084-4336>

GONÇALVES, Pedro Henrique, Doutor em Construção Civil

Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil, E-mail: pedrogoncalves@ufg.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9919-6557>

RESUMO

Considerando que estações meteorológicas comumente são difíceis de adquirir com as verbas para pesquisa disponíveis, este trabalho tem como objetivo desenvolver e calibrar uma estação de baixo custo para medição de temperatura e umidade por meio da plataforma de desenvolvimento Arduino. Foram desenvolvidas duas estações: uma pensada para uso em ambientes externos e outra para ambientes internos. O processo de calibração durou aproximadamente 2 horas e foi realizado dentro de uma câmara climatizada por meio da comparação com os dados coletados em um equipamento já calibrado. Com base nesta comparação, pôde-se ajustar os dados de saída disponibilizados pelas estações propostas. Ao final, obteve-se um coeficiente R^2 próximo a 1 para ambas as estações, o que indica que os sensores utilizados nas estações propostas são confiáveis. Contudo, a leitura dos gráficos leva a crer que para de fato validar o sensor da estação interna seria necessário um período maior de medição.

Palavras-chave: Estação de monitoramento climático; Calibração de sensores; Arduino Uno.

ABSTRACT

Considering that meteorological stations are commonly difficult to acquire with available research funds, this work aims to develop and calibrate a low-cost station for measuring temperature and humidity using the Arduino development platform. Two stations were developed: one designed for outdoors environments and the other for indoor environments. The calibration process lasted approximately 2 hours and was carried out inside a climate-controlled chamber through comparison with data collected on a calibrated equipment. Based on this comparison, it was possible to adjust the output data provided by the proposed stations. In the end, an R^2 coefficient close to 1 was obtained for both stations, which indicates that the sensors used in the proposed stations are reliable. However,

reading the graphs leads us to believe that to actually validate the internal station sensor, a longer measurement period would be necessary.

Keywords: Climate monitoring station; Sensor calibration; Arduino Uno.

1. INTRODUÇÃO

O monitoramento de dados climáticos é necessário em diversas áreas do conhecimento. Na agricultura, a chamada agrometeorologia em conjunto com a agronomia do solo pode embasar importantes decisões no que se refere ao gerenciamento de recursos agrícolas (Singh e Jerath, 2019). Como auxílio a prevenção de acidentes, o monitoramento da umidade relativa do ar pode alertar as autoridades competentes do risco de um incêndio eminente em regiões com construções em madeira (Log, 2017). Além disso, trata-se de um recurso essencial na prevenção de desastres naturais em áreas de risco, especialmente com o agravamento das mudanças climáticas (Bernardes *et al.*, 2022).

Outro tópico frequentemente mencionado em trabalhos acadêmicos é o estudo da formação das ilhas de calor por meio do monitoramento (Sun, Kato e Gou, 2019). A qualidade do ar, medida através da concentração da massa de partículas presentes no ar, também é mensurada através de estações de monitoramento, e é essencial para o controle da poluição (Li *et al.*, 2020 e Ikram *et al.*, 2012). O monitoramento permite também a identificação da melhor tecnologia de módulos fotovoltaicos para uma determinada localidade (Salgado *et al.*, 2021). Pode-se citar ainda a aplicação do monitoramento como base de validação de modelos de simulação, tanto na escala da edificação, quanto na escala do microclima (Huerto-Cardenas *et al.*, 2020 e Lengfeld *et al.*, 2013).

Independente da finalidade do monitoramento sempre haverá a necessidade de acesso à equipamentos, cujos custos muitas vezes impedem a atividade. Neste sentido, diversos são os trabalhos que estudam a precisão de equipamentos montados a partir de sensores de baixo custo, sendo que muitos deles utilizam a plataforma de desenvolvimento Arduino (2022). Pode-se citar, por exemplo, o trabalho de Farhat *et al.* (2017), onde os autores apresentam um sistema de coleta de informações completas do clima para áreas específicas formadas a partir de duas estações de clima (interna e externa) integradas por meio de conexão sem fio. Trata-se de um sistema de internet das coisas, visto que os dados coletados são enviados para a internet (Farhat *et al.*, 2017). Há também a pesquisa de Strigaro, Cannata e Antonovic (2019), onde os autores desenvolveram um equipamento com sensores de temperatura, pressão e umidade do ar, precipitação, direção e velocidade do vento, umidade do solo e iluminância. Os dados coletados foram comparados com os de uma estação meteorológica localizada próxima ao local de estudo e demonstraram gerar resultados de qualidade. Similarmente há o trabalho de Carneiro (2022), onde é apresentado um *datalogger* com nove sensores analógicos de umidade de solo, um sensor digital de vazão de água e um sensor digital ultrassônico. Novamente os resultados foram comparados a um equipamento

comercial e apresentaram boa precisão (Carneiro, 2022). No trabalho de Marques Filho, Rodrigues e Ponte (2021) é apresentado um protótipo de *data logger* para ser utilizado em ambiente agrícola. Mais uma vez o equipamento foi montado através da plataforma Arduino, e inclui sensores de luminosidade, umidade do solo, umidade do ar e temperatura. Os testes de funcionamento foram realizados em dois locais distintos durante um período de 24 horas. Segundo os autores, o protótipo apresentou uma redução de custo de 600 até 3000% em relação equipamentos semelhantes disponíveis no mercado.

Como base na pesquisa apresentada, define-se o objetivo desta pesquisa, que consiste em desenvolver e calibrar um equipamento de baixo custo para medição de dados climáticos (temperatura e umidade). Ambas as estações foram montadas através da plataforma Arduino. Busca-se assim incentivar a realização de pesquisas mesmo com baixos recursos financeiros.

A dificuldade de acesso a estações de medição é um grande empecilho para o desenvolvimento da pesquisa científica em locais com recurso financeiro escasso. Logo, a possibilidade de desenvolver estações meteorológicas utilizando a plataforma Arduino do modelo Uno e sensores de baixo custo pode ser um grande avanço. Ressalta-se, entretanto, a necessidade de se tomar precauções para que a leitura dos dados obtidos com esses sensores seja correta.

2. ESTAÇÕES CLIMÁTICAS URBANAS

A montagem de um equipamento de medição necessita passar por uma análise da precisão dos sensores. Para estudos de temperatura, voltados para a formação de ilhas de calor, Muller *et al.* (2015) sugerem não somente uma boa cobertura temporal, mas também dados precisos e representativos. Para tanto, citam como exemplo o uso de termômetros padronizados instalados em veículos automotivos, permitindo alta resolução e espaço-temporal. Pode-se também validar os dados por meio de comparação com dados de estações climáticas urbanas. Particularmente no caso do vento, os autores defendem que o *crowdsourcing* pode ser muito benéfico, já que está é uma variável que sofre alterações em curtas distâncias (Muller *et al.*, 2015).

Sousa, Antunes e Cabral (2015) também utilizaram a técnica de comparação dos dados obtidos com os de uma estação de referência. Nesse caso a calibração e aferição foi realizada por meio da equação de Fonseca *et al.* (1995) (Equação 1). O valor do coeficiente de determinação (R^2) irá variar de zero a um, sendo que um valor igual a 1 indica concordância total entre os resultados. A variável x representa os valores medidos pela estação experimental, enquanto que os valores de y representam os valores medidos pela estação de referência (Sousa, Antunes e Cabral, 2015).

$$R^2 = \frac{(\sum xy)^2}{\sum x^2 \sum y^2} \quad (1)$$

No trabalho de Ortiz (2013) o sistema de monitoramento em análise foi testado em laboratório. Os resultados encontrados foram comparados aos obtidos em uma estação meteorológica comercial padrão. Para tanto, o autor utilizou o Método dos Mínimos Quadrados (MMQ), que também faz uso do coeficiente de determinação.

A depender da quantidade de sensores em uso, mais de uma técnica de validação pode ser utilizada. Carre e Williamson (2018) criaram um instrumento para avaliação da qualidade do ambiente interno através de onze sensores. Apesar da precisão de cada um deles ser previamente definida pelo fabricante, os autores julgaram importante verificá-la após a sua instalação. Três dos sensores foram validados de forma individual, através da comparação com um equipamento de referência. Em alguns casos foram necessárias correções de erros sistemáticos. O Quadro 1 relaciona o sensor com a técnica de validação.

Quadro 1: Técnica de Validação dos Sensores.

Sensor	Técnica de Validação
Temperatura	O instrumento de referência foi colocado perto do sensor em uma câmara climatizada. Testes foram realizados durante o aquecimento e o resfriamento.
Velocidade do Vento	Medição da tensão do sensor de referência e do sensor em teste. Os sensores foram posicionados a uma distância de 40 mm um do outro e a 1 metro de um pequeno ventilador, que a cada 5 minutos teve a sua velocidade alterada. O procedimento foi realizado para quatro orientações (norte, sul, leste e oeste). A velocidade do vento (v , em m/s) se relaciona com a tensão do sensor (V , em mV) através da equação 2: $v = 4,75 \times 10^{-33} \times V^{9,84} \quad (2)$
Nível de Pressão Sonora	Os testes foram conduzidos em uma sala silenciosa onde tons de áudio foram tocados em diferentes frequências e amplitudes. As respostas de ambos os sistemas foram gravadas.

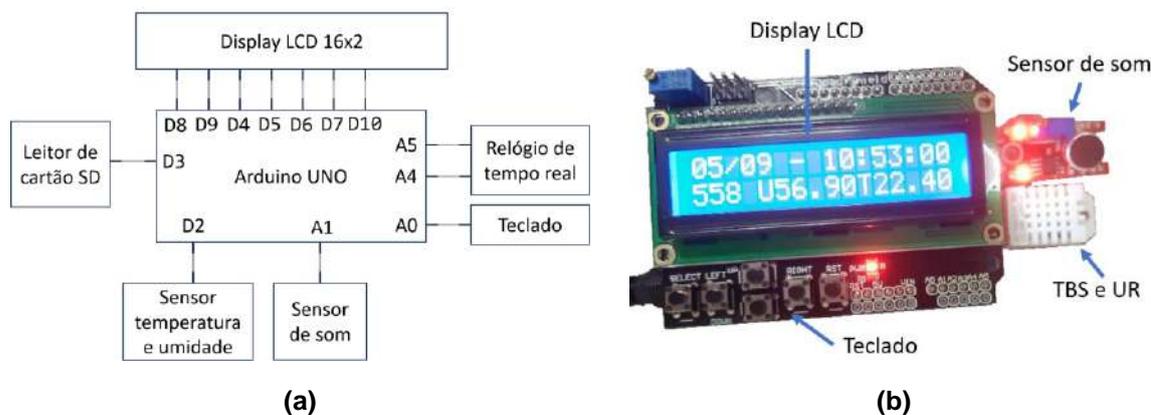
Fonte: adaptado de Carre e Williamson (2018).

No trabalho de Pereira e Ramos, foram testados cinco diferentes sensores de temperatura e umidade e outros cinco capazes de monitorar a quantidade de CO₂ no ambiente, todos com conexão com a plataforma Arduino. O experimento com os sensores de temperatura e umidade ocorreu em uma câmara climática e consistiu na intercomparação dos resultados de cada um dos sensores ao longo de três fases: a primeira durou dois meses e testou os sensores em diferentes ciclos climáticos; a segunda durou 20 meses e manteve o laboratório na temperatura ambiente; a terceira repetiu o procedimento da primeira fase. Já no experimento com os sensores de medição de CO₂, duas unidades idênticas de cada sensor foram utilizadas. Os sensores foram testados em uma câmara climática em um total de 30 ciclos com diferentes combinações de temperatura, umidade e concentração de CO₂. Novamente os resultados dos sensores foram comparados entre si (Pereira e Ramos, 2022).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para o desenvolvimento das estações interna e externa foi utilizado a plataforma de desenvolvimento Arduino do modelo Uno. Esse Arduino possui uma microcontroladora baseada no ATmega328P da Atmel, 14 pinos de entrada/saída digital, 6 entradas analógicas, um ressonador cerâmico de 16 MHz, uma conexão USB e um conector de alimentação. Além disso, funciona com alimentação de 7 a 12Vcc (Arduino, 2022). Além do Arduino Uno, a estação interna proposta possui um sensor de temperatura (TBS) e umidade (UR), uma leitora de cartão SD, um display LCD com teclado, um sensor de som e um relógio de tempo real, do inglês *Real Time Clock-RTC*. Estes estão conectados ao Arduino Uno conforme mostrado na Figura 1a. A Figura 1b mostra uma imagem da solução proposta.

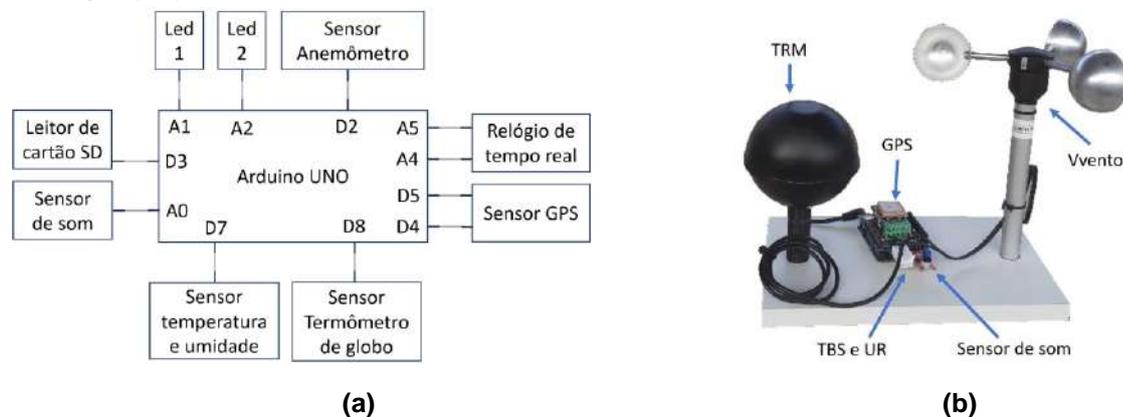
Figura 1: Estação interna proposta: a) Conexão entre os dispositivos ao Arduino Uno e b) Imagem da solução proposta.



Fonte: Autores.

Na estação externa proposta foi utilizado um sensor de temperatura (TBS) e umidade (UR), uma leitora de cartão SD, um sensor de som, um sensor anemômetro (Vvento), um sensor GPS, um sensor termômetro de globo (TRM) e um relógio de tempo real, do inglês *Real Time Clock - RTC*. Estes dispositivos estão conectados ao Arduino Uno conforme mostrado na Figura 2a. A Figura 2b mostra uma imagem da solução proposta. Um adaptador de energia ou um conjunto de baterias de 7,4Vcc foi usado para alimentar o circuito. As especificações de cada sensor e componente, incluindo as faixas de medição, são detalhadas no Quadro 2.

Figura 2: Estação externa proposta: a) Conexão entre os dispositivos ao Arduino Uno e b) Imagem da solução proposta.



Fonte: Autores.

Quadro 2: Características dos sensores utilizados na construção da estação de medição.

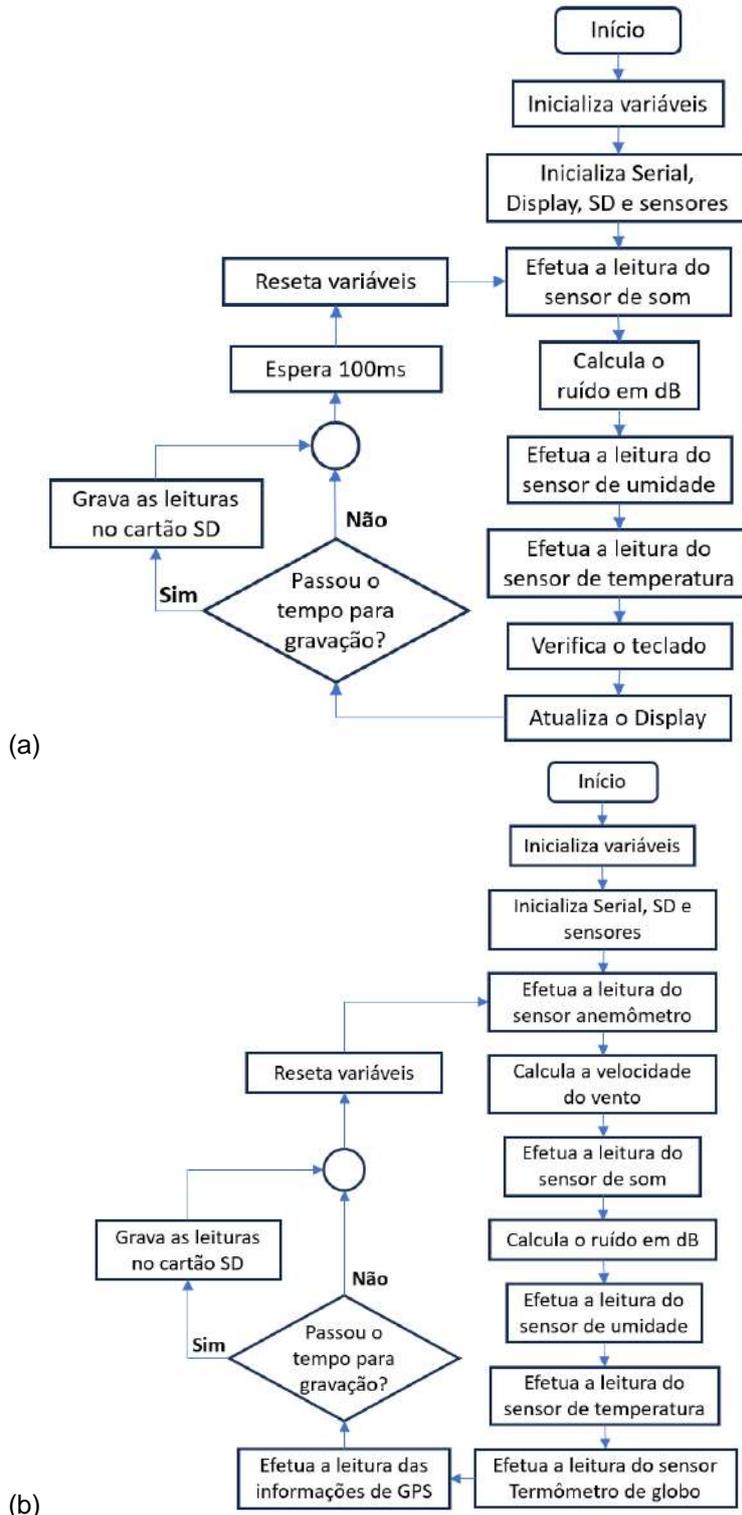
Sensor	Modelo	Tensão de Operação	Precisão	Faixa de medição	Outras informações
Temperatura e Umidade	DHT22/AM2302	3 - 5VDC	Temperatura e Umidade	DHT22/AM2302	3 - 5VDC
Som	KY-038	5VDC	Sensibilidade ajustável via potenciômetro	Sensibilidade ajustável via potenciômetro	Corrente de operação: 26mA
Velocidade do vento	Anemômetro Digital Mini Standart para Arduino Nodemcu Pic	---	---	Sensibilidade iniciada em 0,9km/h	"Canecos" em alumínio c/ 50 mm diâmetro Diâmetro total de 210 mm
Termômetro de globo	Sensor De Temperatura Ds18b20, Sonda À Prova D'água	3.0V a 5.5V	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$	-10 a $+85^{\circ}\text{C}$	Gama de temperatura utilizável: -55 a 125°C (-67°F a 257°F)
GPS	Modulo Gps Gy-neo6mv2 Arduino Raspberry Neo-6m Gy Neo6mv2	3.0V a 5V	---	---	Taxa de transmissão padrão: 9600bps
Display LCD	Display LCD 16X2 Shield com Teclado	5VDC	---	---	Corrente de operação: 26mA

Fonte: Autores.

Os fluxogramas de operação dos sistemas das estações interna e externa estão demonstradas nas Figuras 3a e 3b, respectivamente. As estações propostas efetuam as leituras de todos os sensores conectados ao sistema. Na estação

interna, todas as informações são exibidas no display LCD. O teclado da estação interna é utilizado para alternar as telas com diferentes leituras dos sensores. Para otimizar a capacidade de armazenamento dos cartões SD, ambas as estações fazem gravações a cada 10 minutos.

Figura 3: Fluxograma operacional do sistema da Estação proposta:
a) Estação interna e b) Estação externa.



Fonte: Autores.

A calibração dos sensores de temperatura de bulbo seco e umidade relativa, bem como a verificação da precisão dos sensores, se deu através da comparação dos dados obtidos com dados lidos em um Termo - Higrômetro Digital com Sensor Externo (Figura 4) instalado dentro de uma câmara climatizada (Figura 5). Foram realizadas 12 medições de temperatura e umidade com um intervalo de 10 minutos entre cada. A primeira medição ocorreu no dia 05 de setembro de 2022 às 10h33. O número de medições foi definido com base no tempo agendado de permanência na câmara. As estações foram posicionadas o mais próximo possível do equipamento de medição da câmara. Um aparelho de ar-condicionado manteve a temperatura no interior da câmara em torno dos 20°C. Após a coleta dos dados, foi utilizada a equação de Fonseca et al (1995) como forma de quantificar a qualidade dos dados obtidos por meio das estações montadas com o Arduino.

Figura 4: Termo-Higrômetro Digital.



Fonte: Autores.

Figura 5: Câmara climatizada com localização dos sensores.



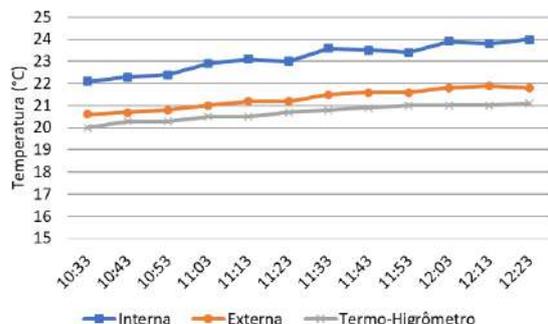
Fonte: Autores.

4. RESULTADOS

Os resultados apresentados a seguir demonstram a relação entre a temperatura e a umidade relativa medidas através do Termo-Higrômetro Digital e dos dois equipamentos desenvolvidos com a plataforma Arduino. Na Figura 6 pode-se observar que a temperatura medida pelo Termo-Higrômetro (linha cinza) esteve sempre inferior à temperatura medida pelas estações experimentais. Contudo, a variação é aproximadamente constante. Na Figura 7, que apresenta os dados de umidade relativa do ar, vemos uma diferença maior entre os valores medidos pelo Termo-Higrômetro e pelas estações experimentais propostas. Neste caso, porém, a estação interna apresentou valores inferiores aos medidos pelo Termo-Higrômetro, enquanto que a estação externa apresentou valores superiores. Novamente as

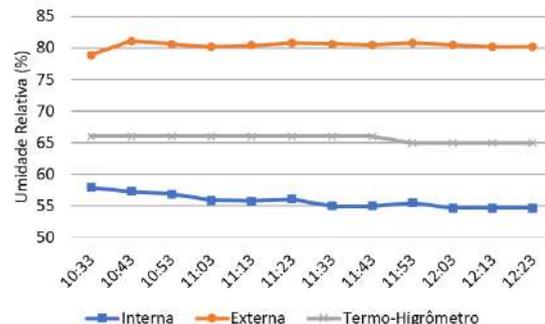
linhas tendem a se posicionar de forma paralela. Contudo, isto só passa a ocorrer a partir da quarta medição, o que leva a indicar que os sensores necessitaram de um período maior para adaptação.

Figura 6: Temperatura no interior da câmara climatizada.



Fonte: Autores.

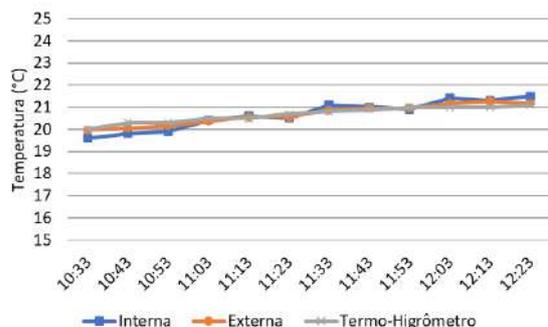
Figura 7: Umidade relativa no interior da câmara climatizada.



Fonte: Autores.

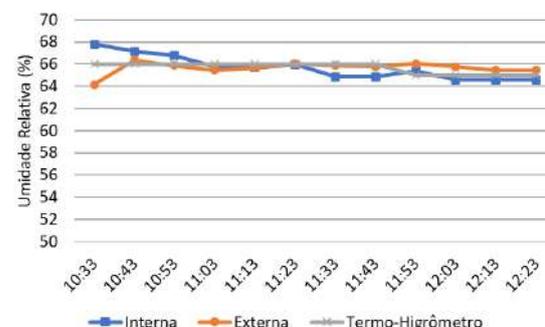
Visto que, apesar dos valores divergentes, parece haver uma variação aproximadamente constante entre os dados medidos pelo Termo-Higrômetro e pelas estações experimentais propostas, iniciou-se o processo de calibração. Para tanto, foi calculada a média das diferenças de cada uma das medições, obtendo-se assim um coeficiente de correção. Em seguida, para cada medição das estações internas e externas foram aplicados os coeficientes calculados, que são apresentados na Tabela 1. Os resultados encontrados após este procedimento são mostrados na Figuras 8 e na Figura 9. Observa-se que o procedimento de calibração aproximou de forma significativa as curvas de medição. O único momento em que isso não ocorre é nas três primeiras medições da umidade relativa, reforçando a necessidade de aguardar 30 min para iniciar a leitura dos resultados.

Figura 8: Temperatura no interior da câmara climatizada – corrigida com base no coeficiente de correção.



Fonte: Autores.

Figura 9: Umidade relativa no interior da câmara climatizada – corrigida com base no coeficiente de correção.



Fonte: Autores.

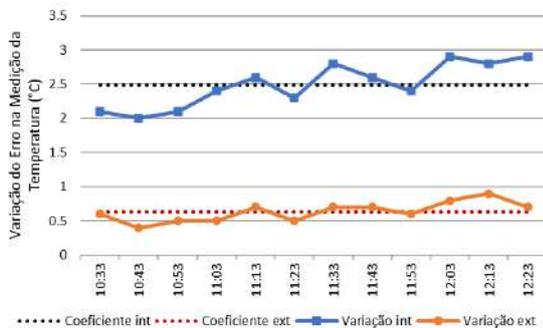
Tabela 1: Coeficientes de Correção.

Estação	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)
Interna	-2,49	+9,875
Externa	-0,63	-14,6

Fonte: Autores.

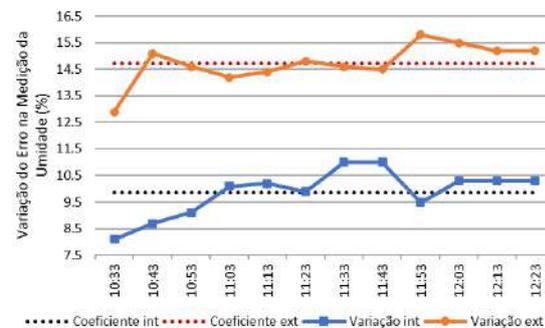
Na Figura 10 e na Figura 11 observa-se a variação da diferença entre o valor medido com os sensores das estações experimentais e o Termo-Higrômetro, tanto para temperatura, quanto para a umidade, respectivamente. As linhas pontilhadas indicam o valor médio, adotado como coeficiente de correção. Na medição da temperatura com a estação interna (linha azul) foi encontrada uma maior variação do erro. Com o coeficiente de correção (linha pontilhada preta) o erro diminuiu, mas ainda assim deve apresentar maiores valores nas primeiras e últimas medições, o que pode ser observado na Figura 8. Já a medição da estação externa (linha laranja) apresentou erros inferiores e com menor variação.

Figura 10: Diferença entre a temperatura medida pelo sensor e a temperatura medida pelo Termo-Higrômetro.



Fonte: Autores.

Figura 11: Diferença entre a umidade medida pelo sensor e a umidade medida pelo Termo-Higrômetro.



Fonte: Autores.

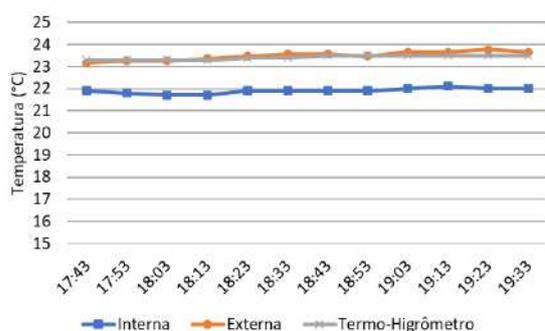
Na avaliação da umidade (Figura 11) também pode-se perceber uma maior variação do erro nas primeiras e últimas medições. Contudo, a estação externa (linha laranja) apresentou dados mais constantes do que a interna (linha azul) no período entre 10:53 e 11:43, o que também pode ser observado na Figura 9. Deste modo, apesar de serem sensores iguais, a calibração do sensor da estação externa tende a ser mais fácil de ser executada.

A fim de quantificar a calibração dos sensores estudados, foi adotado o cálculo do coeficiente de determinação (R^2), apresentado por Fonseca et al (1995) e definido pela Equação 1. Para a temperatura, o valor de R^2 foi de 0,9997 para a estação interna, e de 0,9999 para a estação externa. Para a umidade, o valor de R^2 foi de

0,9998 para ambas as estações. Ressalta-se, portanto, que em todas as medições o valor de R^2 está muito próximo de 1, o que indica que as estações experimentais apresentam resultados confiáveis, podendo ser usados em pesquisas científicas. Para verificar se o ajuste feito nos sensores com base nos coeficientes de correção - definidos pela média da diferença entre os dados medidos pelos sensores e pelo Termo-Higrômetro - gera resultados coerentes, novas medições foram realizadas na mesma câmara climatizada. Ressalta-se que nesta segunda medição os coeficientes de correção já haviam sido incluídos no cálculo das leituras medidas dos sensores.

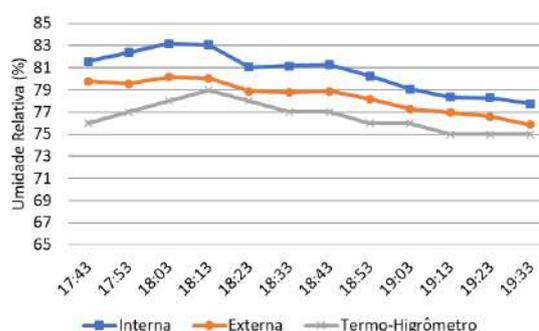
Os resultados encontrados são apresentados na Figura 12 e na Figura 13. Com base nesses resultados, observa-se que os dados gerados pela estação externa (linha laranja no gráfico) estão muito próximos daqueles apresentados no Termo-Higrômetro (linha cinza), tendo sido encontrado um coeficiente R^2 igual a 0,999, tanto para a medição da temperatura, quanto para a umidade. Para a estação interna (linha azul), contudo, apesar dos coeficientes R^2 também serem igual a 0,999, pode-se perceber que ainda há uma diferença mais significativa, embora esta diferença seja aproximadamente constante.

Figura 12: Temperatura no interior da câmara climatizada – 2ª medição.



Fonte: Autores.

Figura 13: Umidade relativa no interior da câmara climatizada – 2ª medição.



Fonte: Autores.

5. ANÁLISES DOS RESULTADOS

A análise dos gráficos e do valor do coeficiente R^2 encontrado leva a crer que o sensor de temperatura e umidade da estação externa apresenta boa confiabilidade. Contudo, se na primeira medição os dados encontrados apresentaram menor divergência com o equipamento de referência após passados os 30 minutos iniciais, na segunda medição, os valores se aproximam de forma mais significativa apenas 1 hora após o início das medições. Para o sensor de temperatura e umidade da estação interna, contudo, recomenda-se nova rodada de testes, com maior tempo de medição, já que com a elevação da temperatura do ar no interior da câmara ocorreu um aumento da diferença entre os valores encontrados, tanto para umidade, quanto para a temperatura.

Observa-se assim que podem ocorrer divergência de medições mesmo com sensores iguais, e que o valor que diverge se altera com o tempo (não é constante). Logo, testes prévios com os sensores são essenciais para atingir maior credibilidade nos resultados encontrados.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo deste presente trabalho foi observado que os dois sensores testados apresentaram divergências significativas entre eles, diferença essa que pode ser ajustada com base na comparação com um equipamento já calibrado. A metodologia proposta permitiu a validação do sensor utilizado na estação externa, possibilitando assim atingir o objetivo desta pesquisa, que foi o desenvolvimento e calibração de um equipamento de baixo custo para medição de dados climáticos (temperatura e umidade). Entretanto, o período de teste não foi suficiente para a calibração do sensor da estação interna.

Destaca-se assim a limitação deste trabalho, que se encontra no tempo de calibração. Como a metodologia exige que o pesquisador esteja dentro da câmara durante todo o período de medição, períodos mais longos acabam não sendo viáveis. Como trabalho futuro, recomenda-se o teste dos sensores com base na comparação com um equipamento capazes de armazenar dados. Assim, um período maior de medição poderia ser obtido.

Para os trabalhos futuros a presente pesquisa inclui a proposta de instalação de um módulo de comunicação sem fio para transmissão para um servidor em nuvem para acesso dos dados medidos em tempo real, tornando estas estações meteorológicas de baixo custo parte da Internet das Coisas, do inglês *Internet Of Things-IoT*. Além disso, o uso de um sistema fotovoltaico para a estação externa também é parte de um trabalho futuro.

REFERÊNCIAS

ARDUINO. Disponível em: <https://www.arduino.cc/>. Acesso em 08 de ago. de 2022.

BERNARDES, Gabriel F.L.R.; ISHIBASHI, Rogério; IVO, André A.s.; ROSSET, Valério; KIMURA, Bruno Y.L.. Prototyping low-cost automatic weather stations for natural disaster monitoring. **Digital Communications And Networks**, [S.L.], Journal Pre-proof, p. 1-20, maio 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dcan.2022.05.002>.

CARNEIRO, Édipo Alexandre Pereira. **Desenvolvimento de um datalogger configurável e de baixo custo para aplicação em pesquisas ambientais**. 2022. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação). Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2022. 238p.

CARRE, Andrew; WILLIAMSON, Terence. Design and validation of a low cost indoor environment quality data logger. **Energy And Buildings**, [S.L.], v. 158, p. 1751-1761, jan. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.11.051>

FARHAT, M.; ABDUL-NIBY, M.; ABDULLAH, M.; NAZZAL, A.. A Low Cost Automated Weather Station for Real Time Local Measurements. **Engineering, Technology & Applied Science Research**, [S.L.], v. 7, n. 3, p. 1615-1618, 12 jun. 2017. Engineering, Technology & Applied Science Research. <http://dx.doi.org/10.48084/etasr.118>.

FONSECA, J. S.; MARTINS, G. A.; TOLEDO, G. L. **Estatística Aplicada**. São Paulo: Atlas. 1995. 267p.

HUERTO-CARDENAS, H.e.; LEONFORTE, F.; ASTE, N.; PERO, C. del; EVOLA, G.; COSTANZO, V.; LUCCHI, E.. Validation of dynamic hygrothermal simulation models for historical buildings: state of the art, research challenges and recommendations. **Building And Environment**, [S.L.], v. 180, p. 107081, ago. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107081>.

IKRAM, Jahangir; TAHIR, Amer; KAZMI, Hasanat; KHAN, Zonia; JAVED, Rabi; MASOOD, Usama. View: implementing low cost air quality monitoring solution for urban areas. **Environmental Systems Research**, [S.L.], v. 1, n. 1, p. 1-8, 5 out. 2012. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1186/2193-2697-1-10>.

LENGFELD, Katharina; ZACHARIAS, Stefan; AMENT, Felix; AMENT, Felix. Using a Small Scale Wireless Sensor Network for Model Validation: two case studies. **Meteorologische Zeitschrift**, [S.L.], v. 22, n. 3, p. 283-295, 1 jul. 2013. Schweizerbart. <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0422>.

LI, Jiayu; ZHANG, Huang; CHAO, Chun-Ying; CHIEN, Chih-Hsiang; WU, Chang-Yu; LUO, Cyuan Heng; CHEN, Ling-Jyh; BISWAS, Pratim. Integrating low-cost air quality sensor networks with fixed and satellite monitoring systems to study ground-level PM2.5. **Atmospheric Environment**, [S.L.], v. 223, p. 117293, fev. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.117293>.

LOG, Torgrim. Indoor relative humidity as a fire risk indicator. **Building And Environment**, [S.L.], v. 111, p. 238-248, jan. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.11.002>.

MARQUES FILHO, Aldir Carpes; RODRIGUES, Jean Paulo; PONTE, Gabriel Buligon dal. PLATAFORMA ARDUINO APLICADA NO DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE COLETA DE DADOS MICRO-AMBIENTAIS EM CASAS DE VEGETAÇÃO. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, [S.L.], v. 15, n. 2, p. 190-206, 31 ago. 2021. Universidade Estadual Paulista - Campus de Tupa. <http://dx.doi.org/10.18011/bioeng2021v15n2p190-206>.

MULLER, C.L.; CHAPMAN, L.; JOHNSTON, S.; KIDD, C.; ILLINGWORTH, S.; FOODY, G.; OVEREEM, A.; LEIGH, R.R.. Crowdsourcing for climate and atmospheric sciences: current status and future potential. **International Journal Of**

Climatology, [S.L.], v. 35, n. 11, p. 3185-3203, 5 jan. 2015. Wiley.
<http://dx.doi.org/10.1002/joc.4210>.

ORTIZ, Maurício Soares. **Plataforma baseada em sensores sem fio para o monitoramento de parâmetros meteorológicos**. 2013. 135 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Programa de Mestrado em Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013. Disponível em: <https://tede2.pucrs.br/tede2/handle/tede/3058>. Acesso em: 19 ago. 2022.

PEREIRA, Pedro F.; RAMOS, Nuno M.M.. Low-cost Arduino-based temperature, relative humidity and CO2 sensors - An assessment of their suitability for indoor built environments. **Journal Of Building Engineering**, [S.L.], v. 60, p. 105151, nov. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jobbe.2022.105151>.

SALGADO, Jose; MONTEIRO, Vitor; PINTO, J.; AFONSO, Joao; AFONSO, Jose. Design and Experimental Validation of a Compact Low-Cost Weather Station for Solar Photovoltaic Applications. **Eai Endorsed Transactions On Energy Web**, [S.L.], v. 8, n. 34, p. 167290, 23 jul. 2021. European Alliance for Innovation n.o. <http://dx.doi.org/10.4108/eai.2-12-2020.167290>.

SINGH, Dushyant Kumar; JERATH, Himani. Low Cost IoT Enable Weather Station for Precision Agriculture. **International Journal Of Recent Technology And Engineering (Ijrte)**, [S.L.], v. 8, n. 4, p. 3183-3186, 30 nov. 2019. Blue Eyes Intelligence Engineering and Sciences Engineering and Sciences Publication - BEIESP. <http://dx.doi.org/10.35940/ijrte.d8021.118419>

SOUSA, Romário Rosa; ANTUNES, Jaime Pereira; CABRAL, Izaias. Estação Meteorológica Experimental de Baixo Custo. **Geo Uerj**, [S.L.], n. 27, p. 80-97, 20 dez. 2015. Universidade de Estado do Rio de Janeiro. <http://dx.doi.org/10.12957/geouerj.2015.12335>.

SUN, Chen-Yi; KATO, Soushi; GOU, Zhonghua. Application of Low-Cost Sensors for Urban Heat Island Assessment: a case study in taiwan. **Sustainability**, [S.L.], v. 11, n. 10, p. 2759, 14 maio 2019. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/su11102759>.

STRIGARO, Daniele; CANNATA, Massimiliano; ANTONOVIC, Milan. Boosting a Weather Monitoring System in Low Income Economies Using Open and Non-Conventional Systems: data quality analysis. **Sensors**, [S.L.], v. 19, n. 5, p. 1185, 8 mar. 2019. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/s19051185>

USE OF MOHID PLATFORM IN THE SIMULATION OF THE WATER TRANSPORT OF CONTAMINANTS IN THE CORN PLANTATION IN VARRE-SAI, RJ

USO DA PLATAFORMA MOHID NA SIMULAÇÃO DO TRANSPORTE HÍDRICO DE CONTAMINANTES NO CULTIVO DE MILHO EM VARRE-SAI, RJ

Acceptance date: 16/09/2024 | Submission date: 15/09/2024

Laise Novellino Nunes de Souza, PhD student of Program of Modeling for the environment applied to water resources in IFF

Fluminense Federal Institute (IFF), City of Campos dos Goytacazes (RJ), Brazil, E-mail: lalanovellino@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9109-2101>

Wagner Rambaldi Telles, PhD in Computational Modeling

Professor of Fluminense Federal University (UFF), City of Niterói (RJ), Brasil. E-mail: wtelles@id.uff.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6032-3405>

Jader Lugon Junior, PhD in Computational Modeling

Professor of Fluminense Federal Institute (IFF), City of Macaé (RJ), Brasil, E-mail: jljunior@iff.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8030-0713>

Vicente de Paulo Santos de Oliveira, PhD in Agricultural Engineering

Professor of Fluminense Federal Institute (IFF), City of Campos dos Goytacazes (RJ), Brazil, E-mail: vsantos@iff.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5981-0345>

ABSTRACT

Seeking to increase agricultural production and, at the same time, concern for the environment, this work seeks to use the MOHID Land platform coupled with the SWAT model to demonstrate the feasibility of applying such software to study the transport of contaminants in water environments. To this end, a simulation of a corn plantation was developed at the Panorama site, in the municipality of Varre-Sai, Rio de Janeiro. It was concluded that the MOHID Land platform can be used to study the transport of contaminants in water bodies, being a management tool and decision-making aid for engineers and public entities seeking to adopt measures to control pollution in the environment.

Keywords: Agriculture; corn; pollution.

RESUMO

Buscando o aumento da produção agrícola e, ao mesmo tempo, a preocupação com o meio ambiente, esse trabalho busca utilizar a plataforma MOHID Land acoplada ao modelo SWAT para demonstrar viabilidade de aplicação de tais softwares no estudo do transporte de contaminantes em meios hídricos. Para isso, foi desenvolvida uma simulação de uma plantação de milho no sítio Panorama, região do município de Varre-Sai, Rio de Janeiro. Concluiu-se que a plataforma MOHID Land pode ser utilizada para o estudo do transporte de contaminantes nos corpos hídricos, sendo uma ferramenta de gestão e auxílio a tomada de decisão para engenheiros e entidades públicas que buscam adotar medidas de controle da poluição ao meio ambiente

Palavras-chave: Agricultura; milho; poluição.

1. INTRODUCTION

It is a challenge faced across the world in diverse river basins meeting society's growing food production needs while maintaining or improving water quality. In many nations, the agricultural norm is for farmers to dictate what, when, and where to plant based on market demand and the most economically efficient use of land resources for each individual agricultural enterprise (Jiang, 2021).

Brazil is one of the largest agricultural exporters in the world, and also the world's main exporter of soybeans, orange juice, sugar, meat, coffee, tobacco and ethanol. It is also the second largest exporter of corn and the third of cotton. The Brazilian agricultural system was oriented towards the acquisition of machinery and equipment, and the stimulation of the use of modern inputs. There was major investment in innovative agricultural research. This allowed the country to meet a broad export demand, while still supplying the domestic market (Luna; Klein, 2019).

Because of the modernization of practices and the increase in plantations, the use of fertilizers has increased, which can generate pollution in the soil and water resources. To maintain production and reduce the use of fertilizers in the soil, software-based simulation techniques can be used. These can predict the behavior of plantation growth and harvest cycles, and the movement of water resources in the soil, which carry agricultural inputs. With this resource, it is possible to create solutions for the pollution of water resources and the transport of contaminants, as well as understanding the water consumption by the vegetation.

Acidification and contamination of water resources by ammonia are currently recognized as serious environmental problems (Longhini *et al.*, 2024; Mazur *et al.*, 2016; Rodhe, 1989). In particular, concentrations of ammonium nitrate have already been observed in river water, in non-compliance with class 02, which is defined for surface water resources with fresh waters, with salinity equal to or less than 0.5‰ (percent per thousand) destined supply for human consumption, after conventional treatment (CONAMA, 2005; Gomes; Barizon, 2014). It is noteworthy that pollution of surface and groundwater caused by agriculture is a global problem (Sandu *et al.*, 2022; Zhang *et al.*, 2017), but this ammonia pollution is also observed in saline waters (Asih *et al.*, 2022).

Among the objectives for sustainable development, of the United Nations, number 6, “Drinking water and sanitation”, seeks the equal availability of clean water and basic sanitation among all populations on the planet. In order to meet this objective, by 2030, investment will be necessary to promote the maintenance and restoration of water quality (UN, 2015).

According to the UN (2024), currently, 2.4 billion people live in countries with water stress, a fact worsened by the pollution of water resources, and communities around the world are looking for ways to manage water in a more sustainable way and find new sources, in a context of climate change that increases the incidence of drought.

2. MODELLING SYSTEM: SOFTWARES TO SIMULATE SCENARIOS

Among many software that can be used to simulate the pollution of water resources, we can mention the MOHID Modeling System, which is a state-of-the-art integrated modular system, composed of a series of models that simulate surface water bodies, streams and river basins. The development of the MOHID code follows a methodology that improves its robustness in relation to programming errors. MOHID is written in ANSI FORTRAN 95, taking advantage of all of its new features, including the ability to produce object-oriented code even though it is not an object-oriented language. Includes object-oriented features. This results in a series of object-oriented models to simulate the water cycle that integrate several different scales and processes (Chambel-Leitão et al., 2007).

The MOHID platform has been developed for oceanic and hydrological applications since 1985. It is possible to carry out hydrodynamic and transport simulations in the ocean using MOHID Water and hydrological simulations on the continent using MOHID Land. The platform is offered as an open and free programming code, being produced at MARETEC at the Instituto Superior of the University of Lisbon. Currently, the MOHID programming code is sold commercially by Bentley® through the OpenFlows® Flood® interface. One of the MOHID platform interfaces was developed by Bentley® and is called OpenFlows Flood®. The OpenFlows Flood® system is commercial software that consists of an interface that allows: (i) to easily create a model using the MOHID platform codes; (ii) run the simulations and; (iii) visualize the results obtained.

The MOHID Land model simulates crop development and biomass growth, which can potentially be used to estimate ecosystem stocking rates and prevent soil degradation (Simionesei et al., 2018).

Another software used to simulate scenarios involving agricultural pollution is the Soil & Water Assessment Tool (SWAT), which consists of a model for river basins. This software requires specific information about climate, soil properties, topography, vegetation and land management practices in the basin to directly simulate physical processes associated with water movement, sediment movement, crop growth, nutrient cycling, among others. In SWAT, a basin is divided into sub-basins using topographic information. Sub-basins, in turn, are subdivided into

hydrological response units, which represent a unique combination of land use, soil type and slope (Alemayehu et al., 2017; Neitsch et al., 2011).

SWAT incorporates features from several others with improvements, such as: a) simultaneous calculations in several sub-basins to predict water production in the basin; b) a groundwater component or return flow; c) a reservoir storage component to calculate the effect of agricultural ponds and reservoirs on water and sediment production; d) a meteorological simulation model incorporating precipitation, solar radiation and temperature data to facilitate long-term simulations and provide temporally and spatially representative meteorological conditions; e) improves the method for predicting runoff peaks; f) the crop growth model to account for annual variation in growth; g) a simple flood routing component; h) sediment transport components to simulate the movement of sediments through ponds, reservoirs, streams and valleys; i) calculation of transmission losses; j) the target component of a pesticide; h) SCS technology, popularly known as Curve Number, optional for estimating peak flow rates and; c) recently developed sediment production equations. These modifications expanded the model's ability to address a wide variety of watershed management problems (Neitsch et al., 2011).

It is also worth mentioning that SWAT presents a soil cover and plant growth database, which contains information necessary to simulate the planting of a specific soil cover. These parameters in the database define plant growth under ideal conditions and quantify the impact of some stresses on crop development (Neitsch, 2012). SWAT has already been used to simulate plantations in several regions, such as Ghana (Worqlul et al., 2018), Ethiopia (Wabela et al., 2022), and Kenya (Alemayehu et al., 2017).

In the integration of MOHID and SWAT, the SWAT source code was partially modified, particularly in the inputs and outputs of the model, using the MOHID code and programming philosophy. These changes maintained the integrity of the original model, thus ensuring that the results remain the same as the original version of SWAT. This allowed the results to be output in the MOHID format, enabling immediate processing with the MOHID data visualization and analysis tools (Chambel-Leitão et al., 2007).

In view of the above, the study area is Sítio Panorama, located in the municipality of Varre Sai, in the Northwest of Rio de Janeiro, Brazil, it was used as a reference for this study, as it is a property that has many bibliographic data available in function of carrying out studies and research already developed (Zanetti, 2007). The property has corn crops, even though this is not the major plantation (Maciel et al., 2012). Among the crops available in the region, corn is the one with the most studies available in MOHID Land (Ramos et al., 2018), which is why this crop was used in this work. To estimate the amount of grain in the corn harvest, it is possible to adopt the same proportion used by Song et al. (2017), that is, for every 1 unit of biomass, there are 0.8 units of grains. For calculation purposes, it can be considered that 20% of the amount of biomass would be considered as planting productivity, which would be sold for Rio de Janeiro internal food supply.

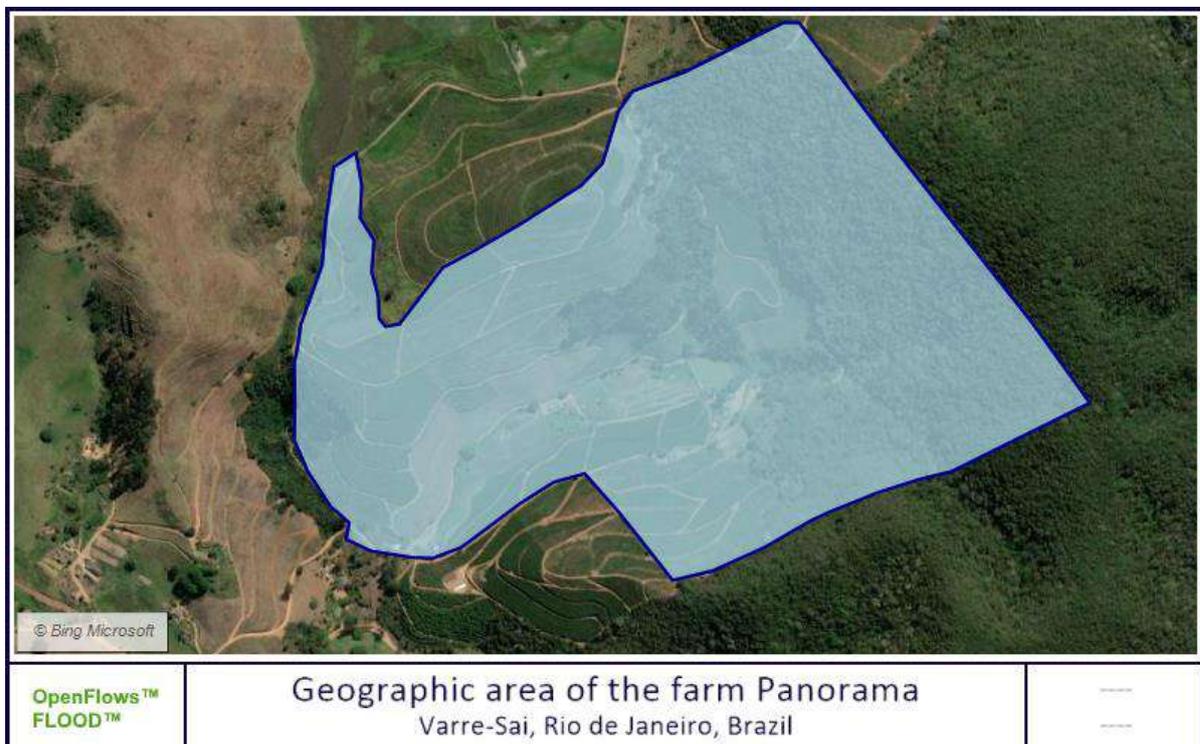
3. OBJECTIVES

The objective of this work is to understand how modeling technologies can assist engineers in contaminant management, based on the analysis of an agricultural model for corn planting formulated on the MOHID Land Platform in the municipality of Varre-Sai, Rio de Janeiro, Brazil.

4. METHODOLOGICAL PROCEDURES

Initially, it was used the website of the National Rural Environmental Registry System - SICAR (< <https://www.car.gov.br/publico/imoveis/index> >) to download the limits of the Panorama site in the municipality of Varre-Sai, as shown in Figure 1.

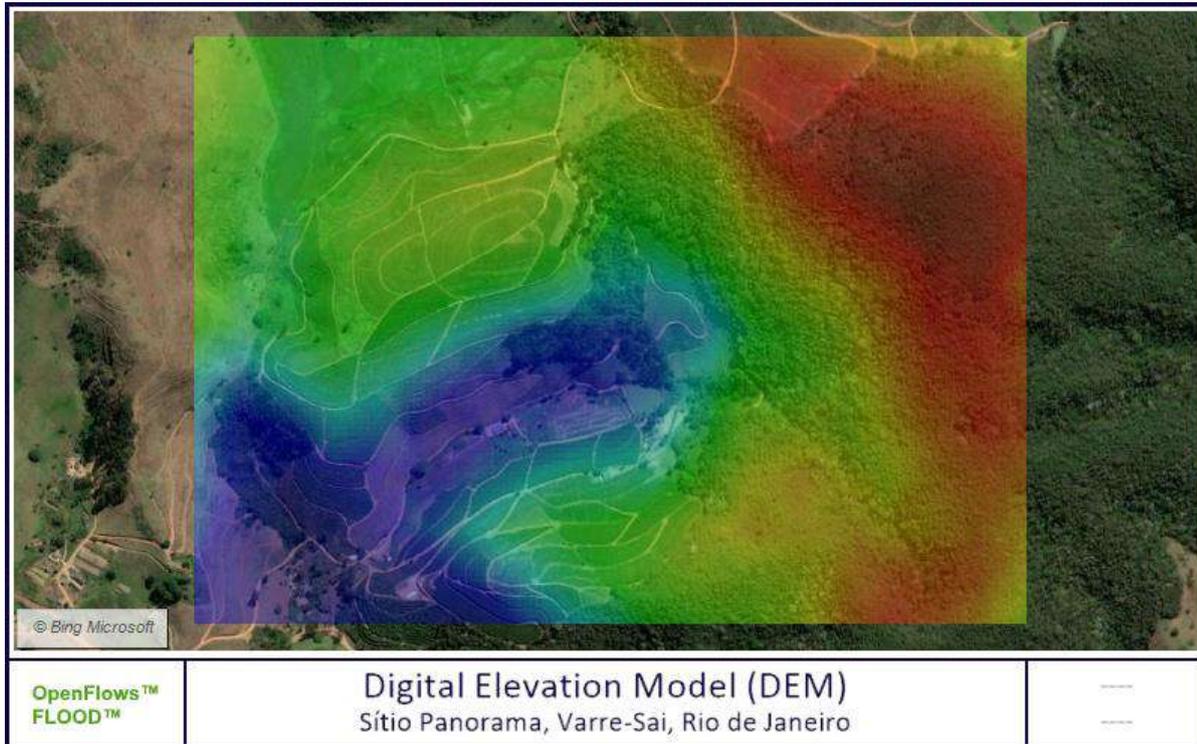
Figure 1: Geographic area of the Panorama site in Varre-Sai, Rio de Janeiro, Brazil.



Source: Authors.

Then, to download topographic points, it was accessed the TOPODATA website (<<http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php>>). Files of type “xyz” (longitude, latitude, elevation) were selected, which are available in “ASCII” format, with “.txt” extension, and the file referring to the study site was downloaded, whose location is indicated by the number “20s42”. With this, it was possible to develop in MOHID, the Digital Elevation Model (DEM) of the terrain, in English Digital Elevation Model (DEM), as shown in Figure 2.

Figure 2: Digital Elevation Model of the Panorama site, Varre-Sai, Rio de Janeiro.



Source: Authors.

In the soil data used in MOHID Land to represent the Varre Sai site, in Rio de Janeiro, 8 soil layers were adopted, 12cm, 12cm, 27cm, 30cm, 33cm, 18cm, 115cm and 65cm. The first five (5) layers of soils were defined following the percentages and depths defined by Mendes et al. (2014), the first layer had 57.9% of clay, 10.6% of silt, 31.5% of clay and a density of 1.28g/cm³, the second one had 57.9% of clay, 12.9% of silt, 29.2% of clay, the third layer had 27.1% of sand, 10.9% of silt, 62% of clay and 1.22 g/cm³ density, the fourth layer had 25.3% of sand, 10.9% of silt, 63.8% of clay, and 1.26g/cm³ density, the fifth layer had 24.4% of sand, 9.9% of silt, and 65.7% of clay. The percentage values of the soil composition were used to fill in the Rosetta table (<https://www.handbook60.org/rosetta/>), where the necessary data to fill in the soil characteristic in the MOHID was obtained.

It fills in the soil saturation coefficient (Ksat), it was necessary to switch to the meter per second (m/s) unit as Rosetta provides the result in the centimeter per day (cm/day) unit. Mendes et al. (2014) consider three more soil layers with similar characteristics, however, they do not define their composition measurements in percentages. In these last three layers, from 6 to 8, the same characteristics were adopted, and their value was based on the soil that is already filled in the MOHID Land model.

For experimental purposes, and due to the choice of the month of October, which is sunny, a radiation of 1000W/m² was adopted. The simulated time was 19 (nineteen) days, and on days 01, 06, 10, 14 and 17, a constant rain of 3 millimeters (mm) was adopted every 15 minutes until completing 8 hours, after which there was an interval

without rain, after 24 hours, another 3 mm of rain occurs. On the 2nd, 4th, 7th, 11th, 15th and 18th it didn't rain. On the 3rd, 8th, 12th, 16th and 19th there was a rainfall of 3 mm on the day. The objective was to vary rainfall conditions to verify the simulated results. For this simulation, the MOHID modules used were: Atmosphere, Basin, Basin Geometry, Drainage Network, Geometry, Model, Porus Media, Porus Media Properties, Runoff, Runoff Properties, Sediment Quality, Vegetation and Water Quality. It was important to activate the "Continuous" command in the modules so that they continued to chain the simulations in sequence.

Although MOHID has formulations on soil data, some commands are not previously filled in in the MOHID modules. Therefore, to simulate the transport of contaminants in the soil, it was necessary to increase the modules below the MOHID commands and which activate the Platform's previous formulations.

In the Vegetation module, the command that triggers corn cultivation was inserted, and some characteristics of the cultivation: total plant biomass, total plant nitrogen, total plant phosphorus, root biomass, canopy height, specific leaf storage, crop coefficient (plant transpiration coefficient), root depth, leaf area index.

The following lines of code were inserted in the Drainage Network module: cohesive sediment, temperature, salinity, nitrate, nitrite, ammonia, dissolved refractory organic nitrogen, dissolved non-refractory organic nitrogen, particulate organic nitrogen, phytoplankton, zooplankton, oxygen, inorganic phosphorus, fecal coliforms, dissolved refractory organic phosphorus, dissolved non-refractory organic phosphorus, particulate organic phosphorus, grossprod, light limitation factor, temperature limitation factor, nitrogen limitation factor, phosphorus limitation factor, phytoplankton grown excretion respiration mortality, zooplankton grown excretion respiration mortality, zooplankton grazed by zoo, phytoplankton assimilation and excretion of inorganic phosphorus, phytoplankton assimilation and excretion of ammonia, phytoplankton assimilation and excretion of nitrate.

The commands were inserted in the Runoff Properties module: critical shear for erosion, critical shear for deposition, erosion coefficient for shear, cohesive sediment, temperature, salinity, nitrate, nitrite, ammonia, dissolved refractory organic nitrogen, dissolved non-refractory organic nitrogen, particulate organic nitrogen, phytoplankton, zooplankton, oxygen, inorganic phosphorus, fecal coliforms, dissolved refractory organic phosphorus dissolved non-refractory organic phosphorus, particulate organic phosphorus.

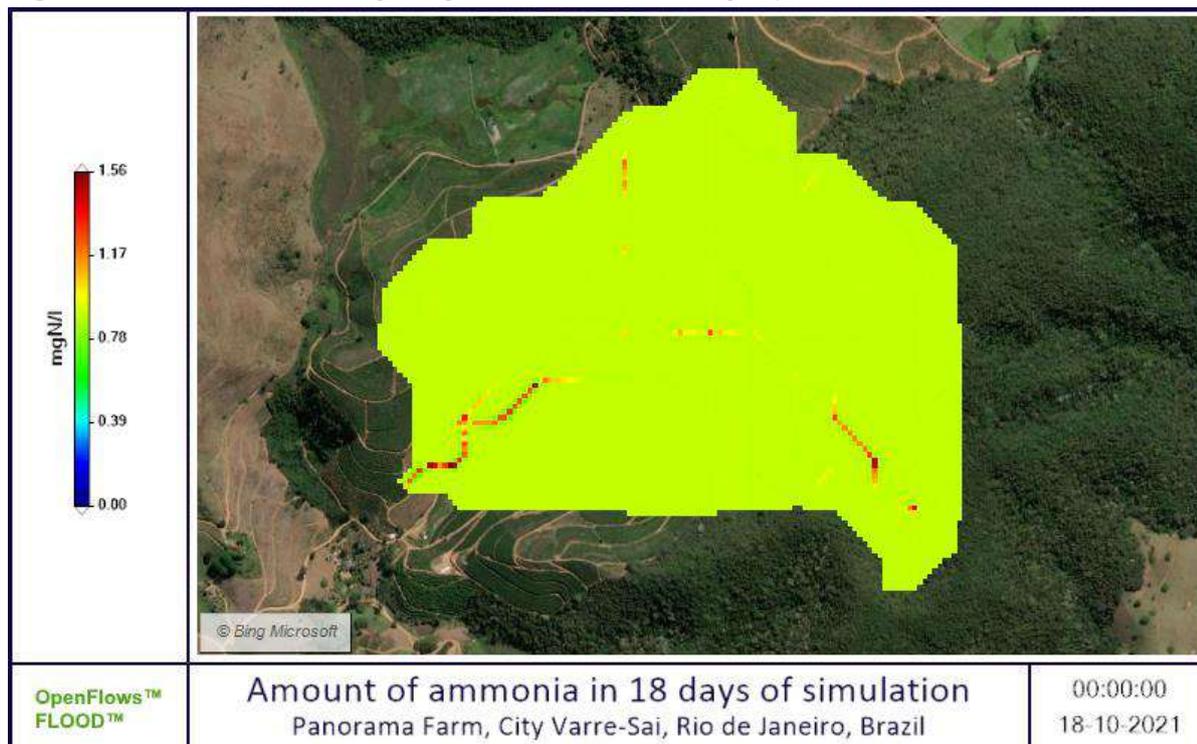
In the Porus Media Properties module it was necessary to include data from: temperature, nitrate, nitrite, inorganic phosphorus, particulate inorganic phosphorus, ammonia, soil dry density, particulated refractory organic carbon, particulate labile organic carbon, particulated refractory organic nitrogen, dissolved refractory organic nitrogen, dissolved non-refractory organic nitrogen, particulate organic nitrogen, particulated refractory organic phosphorus, dissolved refractory organic phosphorus, dissolved non-refractory organic phosphorus, particulate organic phosphorus, nitrogen gas, heterotrophic microorganism nitrogen, autotrophic microorganism nitrogen, anaerobic microorganism nitrogen, urea, heterotrophic microorganism carbon, autotrophic microorganism carbon, anaerobic microorganism carbon,

carbon dioxide, heterotrophic microorganism phosphorus, autotrophic microorganism phosphorus, anaerobic microorganism phosphorus, oxygen, salinity, fecal coliforms, PH, ionic strength, phosphorus adsorption index, heterotrophic microorganism population, autotrophic microorganism population, anaerobic microorganism population.

5. APPLICATIONS

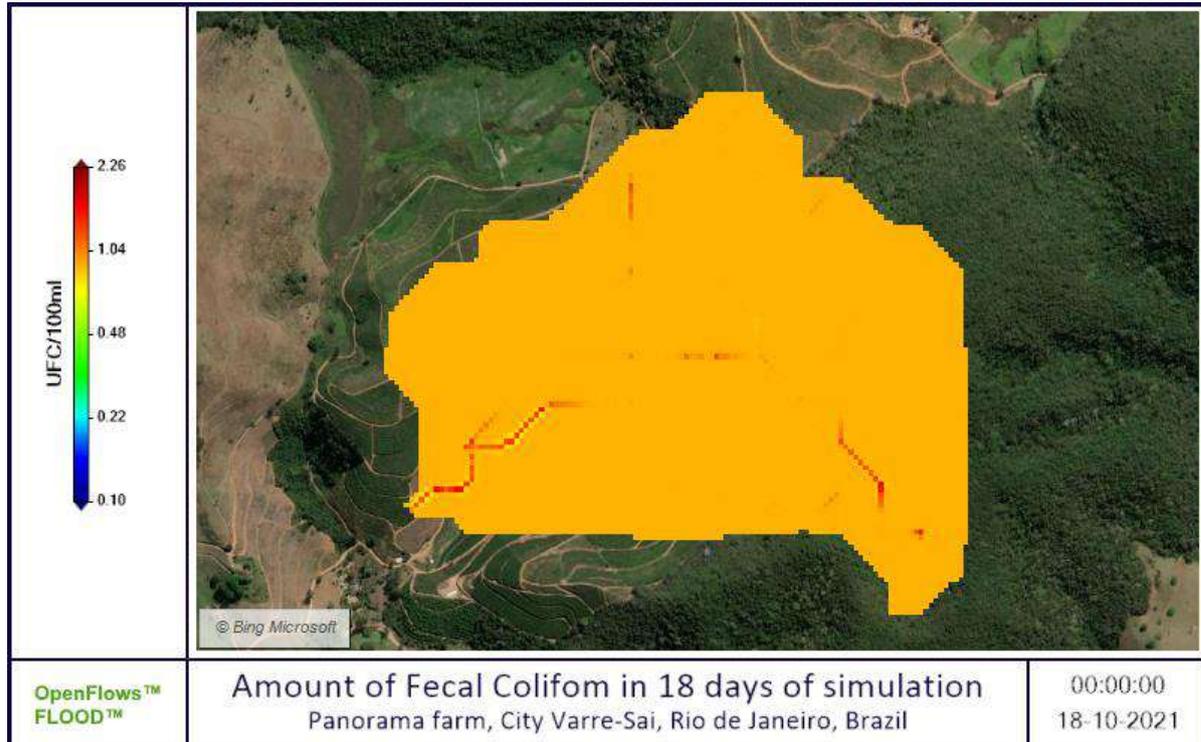
The application of the simulation results aimed at studying the transport of contaminants in water bodies. This is because it obtains estimated data on the route of substances found in agriculture, which can pose a risk to water bodies, when leached into rivers and/or nearby underground galleries, among them, we can mention Ammonia, Figure 3, and Coliforms thermotolerant (subgroup of bacteria from the coliform group that ferment lactose at $44.5 \pm 0.2^\circ\text{C}$ in 24 hours), Figure 4. Since ammonia is probably the result of the use of nitrogen fertilizers applied in the area, while thermotolerant coliforms are originating from homeothermic feces also used in soil fertilization.

Figure 3: Water flow measuring milligrams of ammonia nitrogen per liter of water.



Source: Authors.

Figure 4: Water flow with measurement of Fecal Coliform Units per 100ml of water.



Source: Authors.

6. DISCUSSIONS

MOHID Land has good sensitivity to climatic conditions, making it possible to carry out simulations with variable periods of rain, however, for the simulation of weeks and months, due to the amount of data processed, soil, radiation, wind, rain, fertilizers, pesticides, among others, used as input, there is a considerable delay in analyzing the results, and/or greater possibility of errors in programming. Many data are linked and dependent on each other, which requires an in-depth study of the characteristics of the plantation, the region's soil and the characteristics of the agricultural inputs adopted to fill gaps in the program.

According to the Brazilian National Environmental Council – *in portuguese Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA* (2005), a limit of 200 thermotolerant coliforms per 100 milliliters for Class 02 waters should not be exceeded, which meets the unit found in Figure 3. In addition, in Figure 4 there is a value below of 3.7 mg of ammonia nitrogen per liter, which is permitted for Class 01 fresh waters, with a pH less than or equal to 7.5.

7. CONCLUSION

It is considered that the objective of the work was achieved, since it was possible to simulate a corn plantation for 19 (nineteen) days at the Panorama site in the municipality of Varre-Sai, in Rio de Janeiro, and after 18 (eighteen) days, it was

already It is possible to visualize the path of ammonia nitrogen and thermotolerant coliforms in the program. This visualization already allows conclusions to be drawn about the quantity permitted by CONAMA (2005) of these components.

With this research, it was concluded that the MOHID Land platform can be used to study the transport of contaminants in water bodies, being a management tool and decision-making aid for engineers and public entities seeking to adopt water control measures. pollution to the environment.

It is expected that this work will contribute to the understanding of the functionalities of MOHID Land, so that, combined with good modeling techniques, it will help predict water contamination, support planning, make it possible to guarantee public safety and create an environment that minimizes harmful effects of agriculture on water resources.

In the future, other agricultural components that are used in plantations and their concentration in water resources can be analyzed. In addition, it is suggested to monitor the entire growth of a plantation in MOHID Land, aiming, with the simulation of a longer planting period, to guarantee a more sustainable harvest, one that maintains production and harms the environment as little as possible.

REFERENCES

ALEMAYEHU, T.; GRIENSVEN, A. V.; WOLDEGIORGIS, B. T.; BAUWENS, W. An improved SWAT vegetation growth module and its evaluation for four tropical ecosystems. *Hydrology and Earth System Sciences*, v. 21, n. 9, p. 4449–4467, 7 set. 2017. <http://10.5194/hess-21-4449-2017>.

ASIH, E. N. N.; KARTIKA, A. G. D.; EFENDY, M.; DEWI, K.; FADLOLI, B.; ZAIN, A. G. F. I. Concentration of Ammonia Pollution in Madura Traditional Salt Production Water. *Omni-Akuatika*, v. 18, n. S1, p. 53–58, 18 abr. 2022. <http://10.20884/1.oa.2022.18.S1.980>.

CHAMBEL-LEITÃO, P.; BRAUNSCHWEIG, F.; FERNANDES, L.; NEVES, R.; GALVÃO, P. Integration of MOHID Model and Tools with SWAT Model. *Proceedings of The IEEE - PIEEE*, 1 jan. 2007. Available in: https://www.researchgate.net/publication/242086241_Integration_of_MOHID_Model_and_Tools_with_SWAT_Model Acess in: 03 set. 2024.

CONAMA. The Brazilian National Environmental Consul. Resolution no. 357, of March 17, 2005. Provides for the classification of bodies of water and environmental guidelines for their classification, as well as establishing the conditions and standards for the release of effluents, and other provisions. *Official Gazette [of] the Federative Republic of Brazil, Brasília, DF*, 18 March. 2005. Section 1, p. 58-63. Available in: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfca_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf. Acess in: 14 fev. 2024. (In portuguese).

GOMES, M. A. F.; BARIZON, R. R. M. Overview of Environmental Contamination by Pesticides and Nitrate of Agricultural origin in Brazil: 1992/2011 scenario. 2014.

Available in: < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/102756/1/Doc-98.pdf> > Access in: 03 set. 2024. (In portuguese).

JIANG, F. Reallocating crop rotation patterns improves water quality and maintains crop yield. *Agricultural Systems*, v. 187, p. 103015, 1 fev. 2021. <http://10.1016/j.agsy.2020.103015>

LONGHINI, V. Z.; ÍTAVO, L. C. V.; GURGEL, A. L. C.; CARDOSO, A. S.; BODDEY, R. M.; DIFANE, G. S.; DIAS, A. M.; ÍTAVO, C. C. B. F.; SILVA, G. S. L.; RUGGIERI, A. C. Mathematical models for adjustments in the quantification of ammonia volatilization from urea fertilizer applied on tropical pastures. *Ciência Rural*, v. 54, n. 5, p. e20230230, 2024. <http://10.1590/0103-8478cr20230230>

LUNA, F. V.; KLEIN, H. S. Transformations in Brazilian agriculture since 1950. *Economic History & Business History*, v. 22, n. 2, 19 dez. 2019. <http://10.29182/hehe.v22i2.632> (In portuguese).

MACIEL, C. P.; QUINTANILHA, G. J.; WERNECK, L. G.; BRAGA, P. M.; FULGÊNCIO, A. G.; OLIVEIRA, K. C.; TUDESCO, C. C.; BURLA, R. S.; SALES, C. W.; CANANÉA, B. L.; PRECIOSO, C. H. O.; OLIVEIRA, V. P. S.; JUNIOR, L.P.Q. Multidisciplinary diagnosis of a rural work environment in Varre-Sai - RJ, as a support for the collective construction of solutions. *Vértices Magazine*, v. 14, n. 1, p. 7-18, 23 mar. 2012. <http://10.5935/1809-2667.20120001> (In portuguese).

MAZUR, R.; SHUBIAO, W.; SZOSZKIEWICZ, K.; BEDLA, D.; NOWAK, A. A *Lymnaea stagnalis* Embryo Test for Toxicity Bioindication of Acidification and Ammonia Pollution in Water. *Water*, v. 8, n. 7, p. 295, jul. 2016. <http://10.3390/w8070295>

MENDES, M.; GOLÇALVES, A. O.; LUMBRERAS, J. F.; TEIXEIRA, W. G. Detailed characterization of a Yellow Oxisol profile under coffee plantation (*Coffea arabica* L.) in the municipality of Varre-Sai - Rio de Janeiro - Brazil. 2016. Available in: < https://www.researchgate.net/publication/350793814_Caracterizacao_detalhada_de_um_perfil_de_Latossolo_Amarelo_sob_cafezal_Coffea_arabica_L_no_municipio_de_Varre-Sai_-_Rio_de_Janeiro_-_Brasil > Access in: 04 set. 2024. (In portuguese).

NEITSCH, S. Appendix A: Databases. 2012. Available in: < https://oaktrust.library.tamu.edu/bitstream/1969.1/128050/1/TR-406_Soil%20and%20Water%20Assessment%20Tool%20Theoretical%20Documentation.pdf >. Access in: 27 jan. 2022.

NEITSCH, S. L.; ARNOLD, J. G.; KINIRY, J. R.; WILLIAMS, J. R. Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation Version 2009. [s.l.] Texas Water Resources Institute, set. 2011. Available in: <<https://oaktrust.library.tamu.edu/handle/1969.1/128050>>. Access in: 27 jan. 2022.

UN. Sustainable Development Goals | The United Nations in Brazil. Available in: <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>>. Access in: 19 fev. 2024. (In portuguese).

UN. United Nations. Global water crisis sends countries searching for new water sources | UN News. Available in: <<https://news.un.org/pt/story/2024/01/1826487>>. Access in: 11 mar. 2024. (In portuguese)

RAMOS, T. B.; SIMIONESEI, L.; OLIVEIRA, A. R.; DAROUICH, H.; NEVES, R. Assessing the Impact of LAI Data Assimilation on Simulations of the Soil Water

Balance and Maize Development Using MOHID-Land. *Water*, v. 10, n. 10, p. 1367, out. 2018. [http:// 10.3390/w10101367](http://10.3390/w10101367)

RODHE, H. Acidification in a Global Perspective. *Ambio*, v. 18, n. 3, p. 155–160, 1989. Available in < <https://www.jstor.org/stable/4313555> > Acess in: 02 set. 2024.

SANDU, M.; TARITA, A.; DRAGALINA, G.; MOSANU, E.; LOZAN, R. Non-ionized ammonia pollution level of the small rivers water in the Central Development Region of the Republic of Moldova. *Present Environment and Sustainable Development*, p. 251–259, 2022. <https://doi.org/10.47743/pesd2022161018>

SIMIONESEI, L.; RAMOS, T. B; OLVEIRA, A. R; JONGEN, M.; DAROUICH, H.; WEBER, K. PROENÇA, V. DOMINGOS, T.; NEVES, R. Modeling Soil Water Dynamics and Pasture Growth in the Montado Ecosystem Using MOHID Land. *Water*, v. 10, n. 4, p. 489, abr. 2018. [http:// 10.3390/w10040489](http://10.3390/w10040489)

SONG, J.; GRAMIG, B. M.; CIBIN, R.; CHAUBEY, I. Integrated Economic and Environmental Assessment of Cellulosic Biofuel Production in an Agricultural Watershed. *BioEnergy Research*, v. 10, n. 2, p. 509–524, 1 jun. 2017. https://doi.org/10.1007/s12155-017-9817-8

WABELA, K.; HAMMANI, A.; ABDELILAH, T.; TEKLEAB, S. EL-AYACHI, M. Optimization of Irrigation Scheduling for Improved Irrigation Water Management in Bilate Watershed, Rift Valley, Ethiopia. *Water*, v. 14, n. 23, p. 3960, jan. 2022. [http:// 10.3390/w14233960](http://10.3390/w14233960)

WORQLUL, A. W.; DILE, Y. T.; BIZIMANA, J.; JEONG, J; BERIK, T. J.; SRINIVASAN, R.; RICHARDSON, J. W.; CLARKE, N. Multi-Dimensional Evaluation of Simulated Small-Scale Irrigation Intervention: A Case Study in Dimbasinia Watershed, Ghana. *Sustainability*, v. 10, n. 5, p. 1531, maio 2018. [http:// 10.3390/su10051531](http://10.3390/su10051531)

ZANETTI, S. S. HYDROLOGICAL MODELING IN A HYDROGRAPHIC MICROBASIN OF THE PARAÍBA DO SUL RIVER BASIN. 2007. Available in: < <https://uenf.br/posgraduacao/producao-vegetal/wp-content/uploads/sites/10/2017/11/Sidney-Sara.pdf> > Acess: 04 set. 2024. (In portuguese).

ZHANG, W.; SWANEY, D. P.; HONG, B; HOWARTH, R. W.; LI, X. Influence of rapid rural-urban population migration on riverine nitrogen pollution: perspective from ammonia-nitrogen. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 24, n. 35, p. 27201–27214, 1 dez. 2017. [http:// 10.1007/s11356-017-0322-6](http://10.1007/s11356-017-0322-6)

ACKNOWLEDGMENT

The authors acknowledge the financial support provided by FAPERJ, Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro, CNPq, Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Científico e Tecnológico, and CAPES, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Educação de Nível Superior.

REFÚGIO E RESTAURAÇÃO: PSICOLOGIA AMBIENTAL NA CRIAÇÃO DE ACAMPAMENTOS PLANEJADOS PARA DESABRIGADOS

REFUGIO Y RESTAURACIÓN: PSICOLOGÍA AMBIENTAL EN LA CREACIÓN DE CAMPAMENTOS PLANIFICADOS PARA PERSONAS SIN HOGAR

REFUGE AND RESTORATION: ENVIRONMENTAL PSYCHOLOGY IN CREATING PLANNED CAMPS FOR THE HOMELESS

Data de aceite: 21/09/2024 | Data de submissão: 18/09/2024

Andréia Grandi, Mestranda

UFSC, Florianópolis, Brasil, E-mail: andreia.grandi@yahoo.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-0525-8818>

Luana Toralles Carbonari, Dr.^a

UEL, Londrina, Brasil, E-mail: luanatcarbonari@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2132-3389>

Lisiane Ilha Librelotto, PhD.^a

UFSC, Florianópolis, Brasil, E-mail: lisiane.librelotto@gmail.com

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

RESUMO

O artigo teve por escopo realizar uma análise por meio da Psicologia Ambiental aplicada aos Acampamentos Temporários Planejados (ATPs) para vítimas de desastres socioambientais. O objetivo foi identificar elementos e características arquitetônicas que contribuem para o conforto emocional dos refugiados nas situações de desastres. No estudo foram analisadas unidades de abrigos específicos nos casos de desastres catalogados na Plataforma Infrashelter. Como resultado, obteve-se cinco tipos de ATPs que foram organizados em um quadro, destacando os aspectos técnicos e qualitativos, a fim de analisar os pontos positivos e negativos pela perspectiva da Psicologia Ambiental. A escolha dos materiais, das cores, das texturas, da tipologia, causa um efeito que deve ser intencional para contribuir com a sensação de bem-estar.

Palavras-chave: Sustentabilidade; Ambientes Restauradores; Desabrigados.

RESUMEN

El alcance del artículo fue realizar un análisis desde la Psicología Ambiental aplicada a los Campamentos Temporales Planificados (ATP) para víctimas de desastres socioambientales. El objetivo fue identificar elementos y características arquitectónicas que contribuyan al confort emocional de los refugiados en situaciones de desastre. En el estudio se analizaron unidades de albergue específicas en casos de desastres catalogados en la Plataforma Infrashelter. Como resultado se obtuvieron cinco tipos de ATP, los cuales se organizaron en una tabla, destacando los aspectos técnicos y cualitativos, para poder analizar los puntos positivos y negativos desde la perspectiva de la Psicología Ambiental. La elección de materiales, colores, texturas, tipología, provoca un efecto que debe ser intencionado para contribuir a la sensación de bienestar.

Palabras clave: Sostenibilidad; Ambientes Restaurativos; Sin hogar.

ABSTRACT

The scope of the article was to carry out an analysis using Environmental Psychology applied to Planned Temporary Camps (PTCs) for victims of socio-environmental disasters. The objective was to identify architectural elements and characteristics that contribute to the emotional comfort of refugees in disaster situations. In the study, specific shelter units were analyzed in disaster cases cataloged on the Infrashelter Platform. As a result, five types of PTCs were obtained, which were organized in a table, highlighting the constructive and qualitative aspects, in order to analyze the positive and negative points from the perspective of environmental psychology. The choice of materials, colors, textures, typology, causes an effect that must be intentional to contribute to the feeling of well-being.

Keywords: Sustainability; Restorative Environments; Homeless

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos o mundo tem sofrido com o aumento gradativo de crises humanitárias. No final de 2022, 108,4 milhões de pessoas foram deslocadas à força em todo o mundo, como resultado de perseguição, conflito, violência, violação de direitos humanos ou eventos que perturbaram gravemente a ordem pública (ACNUR, 2023). No Brasil, as mudanças climáticas causam esses deslocamentos, também em decorrência de secas, enchentes repentinas e inundações fluviais nas cidades que causam perdas de R\$13 bilhões (US\$2,6 bilhões, ou 0,1% do PIB de 2022) ao ano em média (The World Bank, 2023).

Santa Catarina, assim como a maioria dos outros estados brasileiros, apresenta uma enorme dificuldade de desenvolver ações durante o impacto, bem como a acolhida dos afetados. Considerando o elevado número de desabrigados nestes eventos ao longo dos anos, foram organizados abrigos em escolas, igrejas, clubes, buscando assim, alojar as famílias em locais próximos às suas residências.

Percebe-se que o planejamento e o projeto são fundamentais nas situações emergenciais, pois a arquitetura desempenha um papel importante não apenas na reconstrução da infraestrutura perdida, mas também na necessidade de conforto e segurança para os afetados, amenizando os efeitos da situação de estresse. As recentes publicações da Normas da ABNT para Comunidades Sustentáveis, trazem a resiliência como um fator essencial para Cidades e Comunidades Sustentáveis (ABNT, 2021).

Também o ODS 11 (Objetivo para o Desenvolvimento Sustentável) enfatiza a necessidade de tornar as cidades e comunidades mais inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis. Aborda especificamente a questão de até 2030, reduzir e o número de mortes e de pessoas afetadas por catástrofes, assim como diminuir as perdas econômicas diretas causadas por elas em relação ao produto interno bruto global, incluindo os desastres relacionados à água e proteger os pobres e as pessoas vulneráveis (Nações Unidas Brasil, 2024).

Embora haja um consenso de que o abrigo desempenha um papel fundamental no restabelecimento psicológico das vítimas, tanto durante a emergência inicial quanto nas fases subsequentes, a literatura traz poucos estudos sobre como os abrigos temporários de caráter emergencial devem ser idealmente projetados e quais

características as instalações provisórias devem ter para proporcionar conforto emocional às vítimas.

Contudo, alguns autores definiram diretrizes para políticas de abrigo temporário, como Kobayashi e Miura – *apud* Ventimiglia (2023) e Bedoya (2004) que ressaltam a importância de espaços público, semi-públicos e privados, assim como a maneira como afetam positiva ou negativamente a saúde psicológica dos sobreviventes (terremoto de 1997, em Marche, na Itália Central) e os aspectos da temporalidade e da transitoriedade para estabelecer condições de projeto.

Observa-se que as preferências gerais dos abrigos temporários de caráter emergencial têm sido investigadas, porém pouco se sabe sobre o papel das características destas em promover conforto emocional aos desastres socioambientais.

A principal hipótese é de que os abrigos temporários de caráter emergencial que fornecem elementos mínimos semelhantes aos das casas que os sobreviventes viviam, contribuem para o conforto emocional das vítimas, mitigando os sintomas de estresse psicofísico.

A partir do exposto, esta pesquisa busca respostas para uma questão principal: Quais características físicas, espaciais e ambientais dos abrigos temporários emergenciais podem contribuir para o conforto emocional das vítimas?

Com isso, o objetivo geral deste artigo é identificar os elementos que tornam um ambiente restaurador e quais características arquitetônicas dos Acampamentos Temporários Planejados (ATPs) contribuem para o conforto emocional dos refugiados nas situações de desastres socioambientais.

Para tanto, revisou-se a literatura para o compor o referencial teórico, bem como, realizaram-se buscas exploratórias para definição dos conceitos mais utilizados na pesquisa. Ainda, foram efetuados estudos de caso, analisando as diferentes soluções adotadas nos Acampamentos Temporários Planejados (ATPs) em diversas partes do mundo, compreendendo os aspectos técnicos (configuração do espaço, materiais utilizados, sistema construtivo) e qualitativos (valor emocional e simbólico) desses abrigos.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Trata-se de uma pesquisa exploratória na qual foram realizados estudos a partir de levantamento bibliográfico e análise de exemplos (estudos de caso) para adquirir informações para esclarecimentos teóricos. Ela também pode ser considerada como uma pesquisa descritiva, pois tem como objetivo estabelecer relações entre as variáveis e os conceitos a serem estudados, abordando características técnicas e humanas.

Com base nesta metodologia, para atingir os objetivos propostos, foram estabelecidos procedimentos metodológicos divididos em etapas:

a) definição dos principais conceitos sobre o tema da pesquisa através de buscas exploratórias: abrigos temporários de caráter emergencial, acampamentos

planejados, psicologia ambiental, ambientes restauradores e psicologia ambiental aplicada em ATPs;

b) estudo das tipologias dos ATPs mais utilizadas no mundo e suas características, para que seja possível compreender os aspectos técnicos (configuração do espaço, materiais utilizados, sistema construtivo) e qualitativos (valor emocional e simbólico) desses abrigos; e

c) estabelecimento de discussões, considerações finais e resultados alcançados.

3. REFÚGIO E RESTAURAÇÃO PARA A PSICOLOGIA AMBIENTAL

Nesta etapa foram realizadas buscas exploratórias para aprofundar o conhecimento de conceitos estudados durante a pesquisa que são: habitação temporária/abrigos emergenciais, acampamento planejado, psicologia ambiental e ambientes restauradores. Estes conceitos servem de base para a compreensão deste artigo.

3.1. Abrigos Temporários e Acampamentos Planejados

De acordo com a Defesa Civil do Estado de Santa Catarina (s.d.), o **Abrigo Temporário** é uma instalação adaptada e organizada para esta finalidade, por um período determinado e/ou específico, para atender as pessoas e famílias que ficaram desabrigadas, que tiveram suas casas danificadas pelo evento adverso e dependem de apoio do poder público porque não tem para onde ir. Conceitua ainda, que deve ser uma estrutura adequada, habitável, segura, privada e protegida, afastada de áreas de risco, e adaptada à cultura local, ao clima e as características da região, com acesso aos serviços básicos e que mantenha a dignidade das pessoas e famílias.

Em geral, a Defesa Civil brasileira utiliza as estruturas fixas que internamente são preparadas para receber as pessoas afetadas pelos desastres, de modo que o conceito apresentado acima é mais adequado para essa realidade.

Aludem também que podem ser um clube, igrejas, hotéis, ginásios, associações de moradores. Deve-se evitar a utilização de escolas, uma vez que o retorno à normalidade é fundamental (Governo de SC,s.d). Este conceito corresponde à definição de abrigos fixos dada pela SEDEC/RJ (2006), que distingue estes abrigos temporários daqueles realizados em instalações móveis, que podem vir a constituir os ATPs.

Já os ATPs, são acampamentos constituídos por uma série de estruturas que tem como função armazenar bens, prover alimentação, proteção, descanso e permitir atividades de higienização, entretenimento, etc. São estruturas temporárias porque podem atender desde o contexto emergencial (horas ou dias depois da ocorrência) até o transitório (semanas e meses) enquanto as medidas de mitigação estão sendo tomadas. É importante salientar que dentro dos acampamentos, existem as estruturas individuais, que servem como alojamento (mais simples, menores) ou ainda, podem ser definidas como habitações (maiores, com mais funções além do dormir), conforme a estrutura e grau de atendimento das necessidades dos abrigados. Depois, outras soluções são permanentes, e envolvem o fornecimento de habitações definitivas (Carbonari, 2021).

Assim, nesta pesquisa está se utilizando o termo combinado habitação temporária e abrigos emergenciais para fazer alusão às unidades que são construídas para cumprir as funções de dormir, e por vezes, cozinhar, estar, trabalhar, entre outras.

3.2. Psicologia Ambiental e Ambientes Restauradores

A psicologia ambiental surgiu com o nome de "Psicologia da Arquitetura" (*Architctural Psychology*), nos fins dos anos 50 e começo dos anos 60. A partir daí, como um ramo distinto da psicologia, ou mesmo antes disso, trabalhos oriundos de diferentes áreas apresentaram grandes contribuições ao propósito de dar respostas aos problemas ambientais e ampliar o entendimento dessas questões de uma maneira sistêmica. Isso inclui não apenas a ação humana como foco, mas também os contextos que podem afetar o comportamento humano, como o físico, o social e o econômico, vistos como interdependentes (Melo, 1991).

O termo "ambientes restauradores" foi recomendado a partir das teorias propostas por Rachel Kaplan (1989) e Stephen Kaplan (1995) e Roger Ulrich (1983) e pode ser aplicado em condições onde as pessoas apresentam níveis de estresse, frente às demandas cotidianas ou quando vítimas de desastres socioambientais. Assim, em 1980 as teorias sobre os ambientes restauradores (*restorative environments*) ganharam maior visibilidade, quando os pesquisadores Stephen e Rachel Kaplan conduziram estudos de atributos ambientais.

A Teoria da recuperação psicofisiológica ao estresse proposta por Roger Ulrich (1983) basicamente enfatizou a percepção visual e estética de certos ambientes à resposta afetiva, a partir do estudo em um hospital (entre 1972 e 1981) onde pacientes submetidos à cirurgia reagiram positivamente a visão da natureza através da janela reduzindo o tempo de internação pós-operatório.

De acordo com Evans e McCoy (1998) os fatores que causam estresse são de dois tipos: físicos, como iluminação, barulho, poluição e temperatura, e psicológicos, que incluem aglomeração e falta de privacidade. Também se pode experimentar o estresse quando o espaço pessoal é invadido, quando há excesso de aborrecimento ou medo.

A percepção ambiental pode estressar mais ou menos a nossa mente em função do tipo e intensidade dos estímulos visuais. Evans e McCoy (1998) definem "estimulação" como a dimensão que descreve a quantidade de informação imposta ao usuário. Para esses pesquisadores as qualidades ambientais estimulantes podem ser categorizadas levando-se em conta fatores como intensidade, variedade, complexidade, mistério e novidade. Segundo os autores citados, o psicólogo Wohwill identificou em 1974 que os seres humanos funcionam idealmente sob níveis moderados de estimulação. A falta de estimulação leva ao tédio, a estimulação insuficiente pode comprometer a compreensão dos desafios ambientais e a estimulação excessiva pode interferir nos processos cognitivos que requerem atenção, provocando sobrecarga e estresse. Para Evans e McCoy (1998, p.85), as pessoas precisam do "[...] desafio de pequenas quantidades de variedade no ambiente, complexidade e mistério, para que um nível coerente de solução de problemas possa ocorrer [...]". Para os autores, os extremos e padrões incoerentes de estimulação são, potencialmente, indutores de estresse.

A forma, o layout, a localização e os sistemas de circulação incidem diretamente sobre os níveis de estimulação. Elementos como odores desagradáveis, iluminação excessiva, cores fortes, especialmente as saturadas, barulho e complexidade visual exagerada, além de adensamento humano e falta de espaço pessoal podem contribuir para estimulação ou, eventualmente para o estresse (Evans; McCoy, 1998).

A configuração dos ambientes também é importante para a construção do significado de segurança e confiança, segundo os pressupostos teóricos para ambientes restauradores apontados por Ulrich (op. Cit.) os atributos físicos são: moderada complexidade; presença de ponto focal; moderada profundidade e limites claros; ordem; superfície pisoteável relativamente uniforme e suave; configuração que favorecem a sensação de que os elementos ainda fora do campo visual serão prontamente revelados; ausência de ameaças; presença de água e vegetação.

Uma revisão de literatura feita por Fonseca *et al* (2023), sobre os atributos físicos visuais restauradores no contexto hospitalar, apresentou uma síntese dos resultados mais significativos que corroboram com os estudos já citados: 1) A vista através de janelas de elementos da natureza, tais quais árvores, arbustos, elementos aquáticos e a luz do dia, têm propriedades restauradoras em ambientes hospitalares para pacientes e profissionais de saúde; 2) O contato físico com elementos naturais, identificando como atributos capazes de promover a restauração, a presença de plantas no interior dos ambientes e o acesso a áreas ao ar livre; 3) Elementos arquitetônicos também podem ser utilizados como instrumento para criar ambientes que permitam o processo de restauração nos pacientes e profissionais da saúde, como o tamanho das salas, o layout, posicionamento estratégico das janelas, e portas para aproveitar a iluminação solar e permitir a visualização externa.

A partir dos estudos da Psicologia Ambiental e Ambientes Restauradores compreendemos que é fundamental analisar os atributos ambientais que constituem o espaço dos ATPs para saber como eles podem afetar o comportamento psicológico dos abrigados. Cor, luz, som, temperatura, funcionalidade, dimensionamento, mobiliário, elementos naturais, integração com áreas externas, são alguns dos atributos que podem provocar sensações boas ou ruins conforme apresentado no Quadro 01. Em um cenário suficientemente interessante, o indivíduo tende a ser atraído pelo ambiente, reduzindo a pressão psicofisiológica. Assim, é capaz de manifestar respostas positivas, as quais promovem a experiência restauradora (Van den Berg; Custers, 2011).

Quadro 01: Síntese dos Atributos Ambientais Estressores e Restauradores.

ATRIBUTOS ESTRESSORES	ATRIBUTOS RESTAURADORES
Padrão incoerente de estimulação visual	Presença de elementos naturais (água, vegetação) / Vista para o exterior (jardim)
Excesso ou falta de informação (cores saturadas)	Estímulos visuais adequados
Iluminação inadequada	Iluminação adequada Entrada de luz solar

ATRIBUTOS ESTRESSORES	ATRIBUTOS RESTAURADORES
Temperatura inadequada	Ventilação natural - Temperatura agradável
Espaços apertados	Respeito às medidas mínimas necessárias
Desorganização	Organização, ponto focal (elemento visual de destaque)
Aglomerado / Barulho	Ausência de ameaça
Falta de privacidade e espaço pessoal	Privacidade
Odores desagradáveis	Estímulos olfativos adequados

Fonte: Elaborado por Grandi, (2024).

3.2. Análise da Psicologia Ambiental aplicada nos ATPs

Segundo Campos-de-Carvalho, Cavalcante e Nóbrega (2011), a psicologia ambiental diz que o ambiente é edificado por componentes físicos, não físicos e sociais. Os componentes físicos são a arquitetura, a decoração, os equipamentos, o mobiliário, os objetos, entre outros; os componentes não físicos são os aspectos psicológicos ou pessoais dos usuários daqueles ambientes, carregados de suas experiências, motivações, padrões comportamentais, crenças, etc.; e os componentes sociais são os papéis, as atividades e os valores dos participantes do contexto do ambiente, bem como da cultura, da economia e da política do local. As autoras ainda acrescentam que esse ambiente se transforma em lugar, à medida que ganha valor pela vivência e pelos sentimentos ali experimentados.

Vários estudos têm sido realizados para avaliar a influência de determinados materiais no homem através do toque (Nyruud, 2010). Materiais frios causam aumento da pressão sistólica e cardíaca enquanto a percepção de materiais quentes acalma, com benefícios psicológicos e fisiológicos.

Por exemplo, por ser visualmente agradável e apresentar uma beleza única, a madeira tem efeito regulador de estresse, aumenta a sensação de bem-estar trazendo inclusive benefícios para a saúde de seus ocupantes, aproxima-se da natureza em função da percepção visual que transmite um ritmo de movimento e vida, harmonia e fluidez (Brodka, 2023).

Os componentes não-físico atuam na construção da identidade. Existem dimensões e características do entorno físico, que são incorporadas pelo sujeito por meio da interação com o ambiente. Nesse sentido, a identidade de lugar é um componente específico do próprio “eu” do sujeito, forjado em um complexo de ideias conscientes e inconscientes no momento da apropriação do espaço que traz sentimentos, valores, objetivos, preferências, habilidades e tendências (Gonçalves, 2007).

No que se refere às componentes sociais, a privacidade é uma forma de controle e regulação das interações a fim de adequá-las às necessidades pessoais (Valera *et al.*, 2000). Se, por um lado, as oportunidades de privacidade são importantes, a interação social também é. Quando o ambiente físico proporciona integração de grupos, principalmente com a mesma faixa etária, este contato se desdobra em

jogos, brincadeiras, conversas e entretenimento, que são estratégias autorregulatórias do emocional e social (Piaget et al, 1997), promovendo afetos positivos e restringindo pensamentos estressantes, no que Staats & Hartig (2004) definem como lazer restaurados, por exemplo.

Diversos autores têm se dedicado ao estudo das aplicações da psicologia ambiental em arquitetura emergencial. Acevedo de los Rios, *et. al.* (2024) realizaram uma avaliação da habitabilidade em cinco casos de habitações (definidas como *emergency temporary housings* pela autora - ETHs) temporárias emergenciais no Peru. Para isso utilizou como método uma revisão da literatura e a identificação de padrões mínimos específicos para as variáveis de habitabilidade com base em manuais internacionais e a concepção de uma matriz para avaliar os casos em três esferas (habitação, acampamento e cidade) e três dimensões principais dimensões (físico-espacial, físico-ambiental e psicossocial). O trabalho de campo incluiu equipamento de monitoramento ambiental, inquéritos de conforto térmico, inquéritos sociais, inquéritos de bem-estar e entrevistas. A autora concluiu que variáveis como saúde, privacidade e segurança obtiveram uma avaliação baixa na escala da habitação, enquanto as variáveis econômicas e de esperança de vida obtiveram pontuações mais elevadas. Na escala do acampamento as variáveis participação, organização comunitária e dimensão obtiveram 33% da avaliação contrastando com a variável coesão social que obteve uma média de 57%. A escala da cidade indicou um estado crítico para governança, realçando a desconexão entre os diferentes intervenientes.

BASHAWRI *et. al* (2014) utilizaram a expressão *disaster relief (DR) shelters* para examinar em que medida os critérios ambientais, econômicos, técnicos e socioculturais afetam o fornecimento e o desempenho dos abrigos, e como esses fatores podem ser considerados nos processos de decisão e de concepção desses abrigos. Os autores argumentam que existe uma falta de consideração no que diz respeito às condições climáticas, aos materiais disponíveis localmente, às questões culturais e sociais, aos atrasos, às restrições de custos e à má seleção da localização dos abrigos foram identificados como fontes de mau desempenho que contribuem para um nível de vida inaceitável.

Na pesquisa de BASHAWRI *et. al* (2014), a partir da classificação original de Quarantelli (1991) sobre a existência de 4 tipos de abrigos: abrigo emergencial, abrigo temporário, habitação temporária e habitação permanente são identificados outros 3 tipos de abrigos:

transitional shelter - Abrigos transitórios - normalmente desenvolvidos pelos próprios indivíduos deslocados após uma catástrofe, que foram deslocados de um local temporário para um local permanente, onde são transformados em parte de uma habitação permanente, revendidos para gerar rendimentos e auxiliar na recuperação ou ainda, reciclados para reconstrução e reutilizados para outros fins e podem funcionar durante muitos meses ou anos (Yoshimitsu *et al*,2013);

progressive shelters - Abrigos progressivos- concebido e construído para ser mais permanente e atualizável no futuro através de componentes estruturais alteráveis; e

core shelters/one-room shelters - abrigos embrião/abrigos de um quarto - projetado e construído com a intenção de ser uma habitação permanente no futuro, incluindo uma fundação e serviços essenciais, como instalações hidráulicas e serviços públicos (Organização Internacional para a Migração, 2012). O objetivo deste tipo

de abrigo é construir pelo menos uma ou duas divisões para satisfazer as normas de habitação permanente e facilitar a melhoria. No entanto, estes abrigos não se destinam a ser uma habitação permanente completa (IFRC/RCS, 2013).

A partir dessa classificação os autores (Bashawri et. al, 2014) identificam os fatores que precisam ser considerados no projeto dessas estruturas, a saber:

- fatores ambientais
 - i) variações climáticas (identificando as necessidades básicas a serem supridas em 3 tipos de climas: frios; quentes e quentes e úmidos. Nos climas frios é importante prever formas de aquecimento (por fogo ou fogões), devem ser isolados do chão para dormir e protegidos das condições externas, com roupas e cobertores adequados. Já no calor, é importante a ventilação e o sombreamento. Nos climas quentes e úmidos, recomenda-se um sistema de drenagem adequado. Os abrigos para climas quentes devem considerar variações de temperatura, particularmente à noite, em áreas abertas como desertos, e em áreas a grande altitude;
 - ii) reciclagem, atualização e descarte - o abrigo deve ser fácil de reciclar, atualizar, reutilizar, revender e realocar depois da desmontagem; e
 - iii) higiene (água e ar) - as instalações devem auxiliar a proteger a saúde das pessoas, dispoendo de água, saneamento e instalações de apoio adequadas à cultura e ao local.
- fatores econômicos
 - iv) tipos de abrigos - atualizar e melhorar os abrigos pode ser mais barato do que passar de uma fase para outra providenciando reconstruções;
 - v) durabilidade - devem ser planejadas de acordo com sua duração e recursos disponíveis. Pode ser interessante reservar os recursos para a construção permanente; e
 - vi) meios de subsistência - devem auxiliar a proporcionar renda e assegurar formas de manutenção comunitária.
- fatores técnicos
 - vii) facilidade de montagem e desmontagem - devem ser leves e com poucas peças. estruturas mais complexas levam mais tempo e exigem treinamento;
 - viii) materiais e isolamentos - devem considerar as condições climáticas, condições de ergonômicas de montagem, não serem poluentes e disponibilidade local;
 - ix) classificação dos riscos e desempenho - devem proteger de terremotos, doenças e inundações; e
 - x) efeitos físicos e psicológicos - considerando os níveis de stress e traumas dos refugiados, é importante considerar elementos de concepção para alívio. Por exemplo, um telhado inclinado pode ser mais adequado do que um telhado plano e janelas grandes.
- fatores sociais
 - xi) diferença cultural - destacando a importância de considerar os aspectos preferenciais da comunidade na orientação dos abrigos, tipologias construtivas

e demais características que marcam as diferentes etnias dentro de um mesmo país;

xii) dignidade e segurança - A dignidade e a segurança em um abrigo têm um impacto significativo nos indivíduos que varia de região para região, comunidade para comunidade e de cultura para cultura. Os abrigos não devem ser desenvolvidos com estruturas físicas simples, mas que proporcionem integração social e para que tenham espaço para viver com dignidade e segurança; e

xiii) comunicação - a participação dos abrigados nas decisões pode reduzir os impactos negativos e ajudá-los a refletir sobre suas necessidades tais como a sua futura habitação. As formas de comunicação podem incluir redes sociais, televisão, rádio, Internet, telemóvel jornais, folhetos, cartazes, pacotes de informação, comitês, workshops e treinamentos.

O foco desse artigo é a psicologia ambiental associada aos ambientes restauradores. Embora autores como Bashawri *et. al* (2014) tenham elencado diversos fatores a serem considerados no projeto dos abrigos, a delimitação entre os grupos de variáveis e sua interface ou sobreposição com os aspectos psicológicos não é muito clara. Por exemplo, o quanto o abrigo confortável e aquecido em um clima frio colabora na restauração psicológica dos abrigados? Assim, em uma primeira análise, todos esses fatores precisam ser considerados até que seja possível hierarquizar ou analisar os impactos relativos a cada aspecto na saúde mental das pessoas.

4. ESTUDOS DE CASO

Nesta etapa realizou-se um estudo sobre as diferentes soluções adotadas nos ATPs em diversas partes do mundo. Adotou-se 5 unidades de abrigo em ATPs, localizadas nos casos de desastres catalogados na Plataforma Infrashelter (VIRTUHAB, 2023), que fazem parte dos principais eventos ocorridos nos últimos onze anos, após 2010, sejam desastres ou conflitos, no Brasil e no mundo, a saber:

- Acampamento Ajunong Thok - Pariang no Sudão do Sul (ATP-01) - (Conflito social);
- Acampamento Azraq - Jordânia (ATP-02) - (Conflito Social);
- Acampamento Kutupalong-Balukhali - Bangladesh (ATP-03) - (Crise Humanitária);
- Acampamento Corail - Cesselesse no Haiti (ATP-04) - (Desastre Natural); e
- Acampamento Zaatari - Jordânia (ATP-05) - (Conflito Social).

Buscou-se analisar nos ATPs atributos ambientais que ajudam a promover a restauração do estresse nos abrigados: materiais, luz (entrada da luz solar), som (barulho x privacidade) temperatura (ventilação), funcionalidade, dimensionamento, mobiliário, elementos naturais, integração com áreas externas, presença de elementos da naturais.

4.1 Análise do Acampamento Ajunong Thok (ATP 01)

Emergência: Conflitos sociais – refugiados núbios, da região do Kordofan.

O acampamento está localizado no Sudão do Sul, mais especificamente, em uma área rural, a 13 km da fronteira com o Sudão e a 43 km da cidade de Pariang e possui uma área de 1.554 hectares.

A implantação do acampamento ocorreu em março de 2013, em 2020, o total de pessoas abrigadas era de 55.000. A estrutura foi dividida em zonas, sendo que em cada zona há entre 6 a 8 blocos. Ainda, cada bloco é subdividido em 8 comunidades, que por sua vez apresenta 12 parcelas. Há ainda duas escalas de espaços abertos, o maior apresenta serviços centralizados e o menor espaços comunitários.

Há no ATP-01 6.090 abrigos individuais emergenciais e 989 abrigos individuais transitórios de dois tipos conforme figura 06. A estrutura de ambos é de madeira, mais especificamente bambu. As paredes são de palha ou bambu. O telhado é de palha coberta por lona para os emergenciais e de ferro corrugado para os transitórios. Para os abrigos individuais, há três opções de dimensões: 3m x 4m, 3m x 5m e 4m x 5m, conforme Figura 01. No Quadro 02 apresentamos os atributos restauradores do ATP-01.

Figura 01: Estrutura de abrigos emergenciais/temporários no ATP-01.



Fonte - Plataforma Infrashelter (VIRTUHAB, 2023).

Quadro 02: Análise dos Atributos Ambientais do ATP-01.

ATRIBUTOS RESTAURADORES	CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS DO ATP 02
Materiais / Estrutura Presença de elementos naturais (água, vegetação)	Uso de materiais naturais na estrutura como a terra e a palha aproveitando as habilidades rurais que os refugiados apresentavam
Vista para o exterior (jardim)	Adaptação à cultura local (sentimento de pertença)
Estímulos visuais adequados	Presença da vegetação natural na área externa

ATRIBUTOS RESTAURADORES	CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS DO ATP 02
Iluminação adequada Entrada de luz solar	Somente o abrigo transitório possui janelas
Ventilação natural - Temperatura agradável	Somente o abrigo transitório possui janelas
Respeito às medidas mínimas necessárias	Medidas bem reduzidas nos abrigos individuais
Ausência de ameaça	O ATP-01 possui áreas destinadas ao convívio social sendo que os abrigos individuais são separados proporcionando segurança e privacidade
Privacidade	Equipamentos de lazer e mobiliários acessíveis em escolas e um campo de futebol

Fonte - Elaborado pela autora (2024).

4.2 Análise do Acampamento AZRAQ - Jordânia (ATP 02)

Emergência: Conflito social – Refugiados sírios

O acampamento está localizado no norte da Jordânia no deserto, a 90 km da fronteira com a Síria e a 70km do acampamento Zaatari e da cidade mais próxima. O terreno era um campo de reassentamento da Guerra do Golfo, que contava com linha de energia e estrada de trânsito acessível.

Data de implantação: 30 de abril de 2014. Total de pessoas afetadas: 42,763 (2021).

Atualmente, o acampamento conta com a capacidade de acolher cerca de 50.000 pessoas, tendo a possibilidade de expansão para 130.000 no seu limite. Essa expansão se direcionaria para as vilas que ainda não estão habitadas.

O acampamento foi projetado para funcionar como uma cidade. É formado por 8 vilas, das quais 4 estão construídas, 3 estão inabitadas, e 1 está vazia. A capacidade de cada vila é de 10.000 a 15.000 pessoas, apresentando centros comunitários, postos de saúde, polícia, escolas, espaços para mulheres, entre outros.

Em relação às áreas comunitárias, é possível perceber que cada vila conta com espaços comuns, como Centros comunitários, Espaço para Adultos (Adult Friendly Space), Espaços para mulheres e meninas (Women and Girl Centers) e centros de atividades para pessoas com deficiências.

Os abrigos individuais são T-shelters, que são estruturas de aço, com fechamentos, telhado e esquadrias metálicas (Figura 02), que protegem contra intempéries, fortes ventos e mudanças extremas em clima. Inicialmente os abrigos apresentavam 24m², mas com as expansões para implantação de cozinhas, a área passou a ser de 32m². Os abrigos apresentam dimensões de 6,1m por 4,3m (sem a expansão). No Quadro 03 apresentamos os atributos restauradores do ATP-02.

Figura 02: Abrigos Individuais do ATP-02.



Fonte - Plataforma Infrashelter (VIRTUHAB, 2023).

Quadro 03: Análise dos Atributos Ambientais do ATP-02.

ATRIBUTOS RESTAURADORES DE ANÁLISE	CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS DO ATP 02
Materiais / Estrutura Presença de elementos naturais (água, vegetação)	Os abrigos individuais são T-shelters, que são estruturas de aço, com fechamentos, telhado e esquadrias metálicas, que protegem contra intempéries, fortes ventos e mudanças extremas em clima
Vista para o exterior (jardim) Estímulos visuais adequados	Por estar localizado numa área de deserto não possui elementos naturais e vegetação nas áreas externas
Iluminação adequada Entrada de luz solar Ventilação natural - Temperatura agradável	Todos os abrigos individuais possuem janelas
Respeito às medidas mínimas necessárias	Medidas mínimas adequadas
Ausência de ameaça Áreas de convívio social	Em relação às áreas comunitárias, é possível perceber que cada vila conta com espaços comuns, como Centros comunitários, Espaço para Adultos (Adult Friendly Space), Espaços para mulheres e meninas (Women and Girl Centers) e centros de atividades para pessoas com deficiências
Privacidade	Os abrigos individuais são separados proporcionando segurança e privacidade

Fonte - Elaborado pela autora (2024).

4.3 Análise do Kutupalong-Balukhali - Bangladesh (ATP 03)

Crise humanitária – Repressão e perseguição militar – refugiados do grupo étnico Rohingya, de origem muçulmana, da região de Rakhine, na fronteira entre Mianmar (originalmente Birmânia) e Bangladesh.

O acampamento está localizado em Ukhia, um subdistrito na região de Cox's Bazar, no extremo sul de Bangladesh. A região é arborizada, com a formação de colinas e está localizada próxima à fronteira de Bangladesh com Mianmar. (Mohammad et al, 2021).

A implantação do acampamento ocorreu em 1991, de modo informal. No ano de 2017 o acampamento foi recriado, devido ao ápice da violência em Rakhine e, como consequência, ao aumento da quantidade de refugiados. (Librelotto et al, 2023). Em 2023, o total de pessoas afetadas era de 957.971. (ACNUR, 2023). Conta com uma área de 13 km².

Os acampamentos e suas expansões foram construídos de forma espontânea, ou seja, cada família de refugiados que chegava ao local, construía seu próprio abrigo.

No acampamento de Kutupalong e suas expansões, todos os abrigos individuais são estruturados em bambu, pois é um material que se encontra com facilidade na região, porém há uma certa variação nas tipologias desses abrigos.

Há no acampamento três tipos de abrigos: os construídos pelos próprios moradores (abrigos improvisados), que não seguem um padrão, ou uma norma; os abrigos do Programa TSA (Assistência de abrigos transitórios); construídos com os kits distribuídos pela UNHCR e seus parceiros; e os abrigos do Programa Mid- Term Shelters (Abrigos de Médio Prazo) que vamos analisar neste estudo.

Os abrigos do Programa Mid- Term Shelters (Figura 03) são os abrigos que a UNHCR e parceiros regulamentam e auxiliam na construção, os quais são mais adequados para moradia e também apresentam muitos atributos ambientais restauradores (conforme mostra o Quadro 04), pois seguem um padrão de desempenho para os abrigos, criado em 2019, pelo Setor Shelter/CCCM Cox's Bazar e parceiros, além dos padrões SPHERE.

Figura 03: Mid- Term Shelter em Kutupalong.



Fonte - Plataforma Infrashelter (VIRTUHAB, 2023).

Quadro 04 - Atributos Ambientais Restauradores do ATP-03.

ATRIBUTOS RESTAURADORES DE ANÁLISE	CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS DOS ABRIGOS INDIVIDUAIS MTS
Materiais / Estrutura Presença de elementos naturais (água, vegetação)	Uso de materiais naturais e locais como o bambu na estrutura e vedação
Vista para o exterior (jardim)	Presença da vegetação natural na área externa
Estímulos visuais adequados	Vista para o exterior
Iluminação adequada Entrada de luz solar	Possuem janelas e muxarabis
Ventilação natural - Temperatura agradável	Ventilação cruzada
Respeito às medidas mínimas necessárias	Medidas mínimas adequadas
Ausência de ameaça	Não é totalmente seguro - área de enchente
Privacidade	Divisórias internas em cada abrigo individual
Áreas de convívio social	Vários centros comunitários, igrejas

Fonte - Elaborado pela autora (2024).

Eles possuem as estruturas com grandes bambus tratado e as paredes feitas de lâminas de bambu entrelaçadas, às suas fundações são feitas com concreto ou metal, com 60 cm de profundidade, como seguem um padrão de desempenho, possuem uma área mínima, altura mínima, ventilação cruzada (através dos muxarabis e janelas), porta com tranca, divisórias internas, espaço para cozinhar protegido das paredes, espaçamento mínimo em relação a edificação vizinha, entre muitos outros parâmetros que tornam o ambiente adequado e digno para moradia.

4.4 Análise do Acampamento Corail - Cesselesse no Haiti (ATP 04)

Emergência: Desastre natural – terremoto de magnitude 7.3 ocorrido na cidade de Léogâne à 25km da capital oeste Port-au-Prince no Haiti no dia 12 de janeiro de 2010.

O acampamento está localizado na capital do país, Porto Príncipe (Port au Prince). Mais especificamente, se encontra no município de Croix-des-Bouquets. Inicialmente, surgiram acampamentos não planejados, mas devido ao risco ambiental que o local oferecia, foram deslocados para uma nova localização, a 20 km do antigo lugar, surgindo assim o acampamento planejado.

Data de implantação: abril de 2012. Total de pessoas afetadas: 1.356 famílias. O terreno é de aproximadamente 5,000 hectares. As expansões foram realizadas por meio de grandes blocos que foram 2, o bloco 3 e 4. O acampamento, que

inicialmente seria temporário, foi dividido em setores. Cada setor era dividido em seis blocos. Primeiramente foi ocupado em 2010 o setor 4, abrangendo cerca de 10.000 pessoas, ou seja, 1.187 famílias. Já em 2011, construiu-se o setor 3, que contava com cerca de 300 abrigos individuais, alojando 927 famílias. Há várias vias que permitem o movimento dentro dos blocos e que conectam entre si os setores. Apesar de ser temporário, após dois anos do incidente, o acampamento continuava em operação e teve sua infraestrutura melhorada, com a criação de espaços para educação, saúde, recreação, entre outros, na estrutura dos abrigos emergenciais/temporários.

Inicialmente, em termos de abrigos individuais foram usadas tendas. No fim de 2010 e início de 2011, essas tendas foram sendo substituídas por abrigos T-shelter. Estes, contavam com armações de madeira e cobertura corrugada metálica. Ainda, apresentavam uma área de varanda coberta pela extensão do telhado. Os abrigos em tendas possuem facilidade em colapsar em eventos naturais como a chuva.

Haviam muitas reclamações sobre a elevada temperatura nas tendas (Figura 04 (b)), isso se deve ao material que foram construídas as moradias e a falta de abertura nas mesmas, as portas eram os locais de ventilação. Com a substituição para os T-shelters (Figura 04 (a)), devido ao sistema estrutural, foram acrescentadas janelas e portas, além de cômodos, entretanto, parece que o material ainda era pouco protetor para as elevadas temperaturas locais, o que não aparenta ter sido tão benéfico ao conforto dos moradores. Nas tendas a ventilação era realizada por meio das aberturas em zíper e pelas frestas formadas entre os folículos plásticos e por baixo da tenda. Já nos T-Shelters, há janelas e portas (aberturas), além de ser possível a entrada de ventilação pelos vãos do teto onde se encontram as treliças.

Figura 04: (a) Tendas e (b) T-Shelters.



(a)



(b)

Fonte - Plataforma Infrashelter (VIRTUHAB, 2023).

Uma das grandes preocupações é a segurança, pois é difícil cobrir com controle policial estes 25 hectares de terreno, sendo algo que falta na localidade e que perpetua para que permaneça ocorrendo os casos de violência, conforme mostrado no Quadro 05.

Quadro 05: Atributos Restauradores do ATP-04.

ATRIBUTOS RESTAURADORES DE ANÁLISE	CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS DOS ABRIGOS INDIVIDUAIS T-SHELTERS
Materiais / Estrutura	Uso da madeira na estrutura e vedação
Presença de elementos naturais (água, vegetação)	Presença da vegetação na área externa
Vista para o exterior (jardim)	Varanda
Estímulos visuais adequados	Vista para o exterior
Iluminação adequada Entrada de luz solar	Possuem janelas e varandas
Ventilação natural - Temperatura agradável	Ainda apresenta problemas de conforto térmico devido às altas temperaturas do local
Respeito às medidas mínimas necessárias	Medidas mínimas adequadas
Ausência de ameaça	Falta policiamento - casos de violência
Privacidade	Abrigos individuais com distanciamento adequado
Áreas de convívio social	O acampamento possui hortas, áreas comerciais, pequenos negócios, restaurantes e uma galeria de arte Também possui um centro religioso denominado Sala Scalabrini de Notre Dame, Comunidade paroquial de La Victoire

Fonte - Elaborado pela autora (2024).

4.5 Análise do Acampamento Zaatari - Jordania (ATP-05)

Emergência: Conflito social – Refugiados sírios

O acampamento está localizado no norte da Jordânia, nas terras do distrito de Badiyah Gharbiyah, Mafrq Governorate, localizado a 75 km do sul de Amman e a 12 km da fronteira com a Síria. Possui área de 5,3 Km²

Apresenta 12 distritos, separados por vias de circulação principais. Cada distrito se divide em parcelas numeradas de terra, com fronteiras definidas denominadas de blocos, onde se localizam os abrigos individuais. Os abrigos individuais deveriam estar posicionados em filas, mas os residentes optaram por se posicionar em formato de U, permitindo que as famílias vivessem mais próximas. Assim, o mapa do acampamento se assemelha a um labirinto.

Os abrigos individuais emergenciais/temporários são barracas familiares da UNHCR de dois tipos (conforme Figura 05): containers standard 20-foot e construções em alvenaria. As barracas apresentam área de 23m² e os containers de 22,5m². Os containers apresentam dimensões de 7,5 de comprimento, 3,0m de largura e 2,59m de altura. Já as barracas 4m de largura, 6,6m de comprimento e 2,2m de altura. Há no abrigo em torno de 26000 abrigos pré-fabricados.

Figura 05: (a) Tendões; e (b) abrigos individuais.



Fonte - Plataforma Infrashelter (VIRTUHAB, 2023).

O acampamento encontra-se em uma área suscetível a inundações, ocorridas devido às fortes chuvas que ocorrem no período chuvoso. Em diversas ocasiões foi necessário o deslocamento dos refugiados para outras partes do acampamento. Como o caso ocorrido em 2013, onde os moradores foram instalados nas áreas mais seguras do acampamento, os distritos 1 e 2.

Em relação ao entorno, com o grande fluxo de refugiados sírios na província de Mafraq, algumas aldeias e vilas duplicaram em população e houve o acréscimo do custo de vida. Dessa maneira, houveram manifestações nas quais os moradores dessas vilas pressionavam a prestação de serviços públicos.

Em relação a segurança, é possível perceber que há um movimento ilegal de pessoas pela fronteira do acampamento. Dessa forma há a preocupação com a entrada de armas, produtos do mercado negro e com a segurança dos moradores do acampamento, pois esses grupos ocultos podem aumentar os casos de roubos, estupros, atos violentos, entre outros.

Internamente, é possível observar casos de vandalismo, roubo, etc. Essas situações levaram a cada vez mais privatizações nos serviços que até então eram oferecidos para a comunidade, como as instalações de cozinhas e banheiros. Além disso, em 2013, também se observou que houve várias tentativas de envolver informalmente a gestão do acampamento na prestação de serviços, com uma liderança de rua (*street leaders*), chegando a ter confrontos diretos com a polícia do acampamento.

4.6 Análise Geral dos ATPs pela Perspectiva da Psicologia Ambiental

4.6.1 Materiais e Estrutura

Como ambiente restaurador observou-se os acampamentos de Kutupalong-BaluKhalia e Ajunong Thok, a escolha de materiais locais conhecidos, como a madeira e o bambu, a cor e a textura desses materiais expressam no ambiente uma atmosfera acolhedora que pode auxiliar no conforto emocional das vítimas. Podemos observar na Figura 06 o Centro de Memória Cultural e uma igreja com o uso de materiais locais na construção dos acampamentos.

Figura 06: (a) Centro de Memória Kutupalong; (b) Igreja em Ajumong Thok.



Fonte – Virtuhab (2021).

Ainda, em Kutupalong, os abrigos improvisados dos primeiros refugiados foram construídos por eles mesmos, com a tipologia de casas geminadas baixas, feitas com bambu e gravetos. Existiu uma preocupação com a adaptação da cultura local, sendo que os acampamentos foram feitos usando materiais locais disponíveis e aproveitando as habilidades rurais que os refugiados apresentavam, trazendo assim a construção da identidade para o local, proporcionando o bem-estar e conforto emocional para os desabrigados.

Os contêineres metálicos utilizados no Acampamento de Zaatari na Jôrdania, apresentam materiais e tipologias não restauradores pela perspectiva da psicologia ambiental. Segundo um estudo realizado por Ventimiglia *et al.* (2007), com vítimas de terremoto na Itália Central, sobre as preferências habitacionais dos desabrigados, as habitações mais semelhantes a “casa” foram consideradas melhor do que os contêineres, particularmente devido às suas grandes janelas e ao telhado inclinado (em vez de plano). Ainda, a madeira utilizada nas casas do estudo, diferentemente do metal, é um material percebido como “quente” e que está simbolicamente associado a características femininas como ternura e emotividade (Sadalla *et al.*, 1993).

4.6.2 Áreas de Convívio Social

Observou-se em todos os acampamentos estudados a presença de áreas de convívio, espaços de lazer, centros comunitários, hortas comunitárias, centros de cultura, igrejas, entre outros equipamentos que promovem o contato social diminuindo os sentimentos de solidão e evitando a depressão e ansiedade, além de manter os níveis de estresse sob controle e melhorar a saúde mental.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A psicologia ambiental pode contribuir para amenizar o sofrimento dos desabrigados, pois o conforto emocional pode ser proporcionado por projetos que considerem os aspectos psicológicos dos ambientes criados. A escolha dos materiais, das cores, das texturas, da tipologia, causa um efeito que deve ser intencional para contribuir com a sensação de bem-estar. O planejamento de áreas de convívio, bem como, de áreas privativas deve ser pensado para oferecer controle aos usuários, e assim se sentirem mais seguros e confortáveis com o ambiente.

Como resultado, obteve-se a identificação de elementos da psicologia ambiental em cinco ATPs catalogados. Os abrigos foram organizados em quadros, destacando os aspectos construtivos e qualitativos. Mesmo tratando-se de um local temporário, os acampamentos são utilizados por pessoas fragilizadas por algum tipo de desastre, o que não esgota o assunto, mas soma a necessidade multidisciplinar de estudos e adequações para mitigar o sofrimento e traumas das pessoas afetadas.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 37120: Desenvolvimento sustentável de comunidades – indicadores para serviços urbanos e qualidade de vida. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 37122: Cidades e comunidades sustentáveis - Indicadores para cidades inteligentes. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 37122: Cidades e comunidades sustentáveis – Indicadores para cidades resilientes. Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ACEVEDO-DE-LOS-RÍOS, Alejandra; Aramburu-Stuart, J., Albadra, D.; Rondinel-Oviedo, D. R.. **Method and Evaluation of Habitability in Emergency Temporary Housing in Lower-income Countries: Five Case Studies in Peru**. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2024. p. 012015.

ACNUR, BRASIL. **Brasil reconheceu mais de 65 mil pessoas como refugiadas até 2022**. Disponível em: <https://www.acnur.org/portugues/2023/06/20/brasil>. Acesso em: 20 set. 2023.

BASHAWRI, Abdulrahman; GARRITY, Stephen; MOODLEY, Krisen. An overview of the design of disaster relief shelters. **Procedia Economics and Finance**, v. 18, p. 924-931, 2014.

BEDOYA. Fernando Gordillo. **Habitat de Transição e Habitat de Emergência**. ColégioUniversitário de Cundinamarca. Bogotá, 2004.

BRODKA, Claire. **"Formas inesperadas: o apelo estético da madeira em 30 projetos de interiores"**. Out 2023.

CAMPOS-DE-CARVALHO, Mara Ignez; CALVALCANTE, Sílvia; NÓBREGA, Lana Mara. Ambiente. In: CAVALCANTE, Sílvia; ELALI, Gleice A. (orgs) **Temas básicos em psicologia ambiental**. Petrópolis: Vozes, 2011.

CARBONARI, Luana Toralles. **Modelo multicritério de decisão para o projeto de acampamentos temporários planejados voltados a cenários de desastre**. 2021. 409 f. Tese (Doutorado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2021.

GONÇALVES, Teresinha Maria. **Cidade e poética: um estudo de psicologia ambiental sobre o ambiente urbano**. Ijuí: Unijuí, 2007.

HERZOG, T. R., Black, A. M., Fountaine, K. A., & Knotts, D. J. (1997). **Reflection an attentional recovery as distinctive benefit softrestorative environments**. Journal of Environmental Psychology, 17(2), 165-170.

KAPLAN, R., & KAPLAN, S. (1989). **The experience of nature: a psychological perspective**. Nova Iorque: Cambridge University.

KAPLAN, S. (1995). **The restorative benefits of nature: Toward an integrative framework**. Journal of Environmental Psychology, 15(3), 169-182.

MELO, Rosane Gabriele C. de. **Psicologia ambiental: uma nova abordagem da psicologia**. Psicol. USP [online]. 1991, vol.2, n.1-2, pp. 85-103.

Nações Unidas Brasil. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/11>>. Acesso: setembro de 2024.

NYRUD, A.Q. and BRINGSLIMARK, T. (2010). **Is Interior Wood Use Psychologically Beneficial? A Review of Psychological Responses toward Wood**. Wood and Fiber Science, 42, 202-218.

PIAGET, J.; INHELDER, B. **A psicologia da criança**. Rio de Janeiro: Contra-Capa, 1997. p.161-188.

SADALLA, E. K., & Sheets, V. L. (1993). **Symbolism in building materials: Self-presentational and cognitive components**. Environment and Behavior, 25(2), 155–180. <https://doi.org/10.1177/0013916593252001>

SANTA CATARINA. Governo do Estado – **Gestão de Desastres**. Florianópolis/SC: [s.d.].

SEDEC - RJ. Administração de Abrigos Temporários. 1. ed. Rio de Janeiro: SEDEC - RJ, 2006. E-book.

STAATD, H., & HARTIG, T. (2004). **Alone or with a friend: A social context for psychological restoration and environmental preferences**. Journal of Environmental Psychology, 24, 199-211.

THE WORLD BANK. **Santa Catarina: a Gestão de Riscos de Desastres no contexto do Planejamento Estratégico para o aumento da Resiliência a Perigos Naturais.** [s.l: s.n.].

ULRICH, R. S. (1983). **Aesthetic and affective response to natural environment.** In I. Altman & J. F. Wohlwill (Eds.), *Behavior And The Natural Environment* (Vol. 06, pp. 85 - 120). New York: Plenum.

ULRICH, R. S. (1984). **View through a window may influence recovery from surgery.** *Science*, 224(4647), 420-421.

VALERA, S.; VIDAL, T. **Privacidad y territorialidad.** In: ARAGONÉS, J. I.; AMÉRIGO, M. (Orgs.). *Psicología ambiental*. Madrid: Pirámide, 2000. p. 123–147.

VAN DEN BERG, A. E., Koole, S. L., & van der Wulp, N. Y. (2003). **Environmental preference and restoration: (how) are they related?** *Journal of Environmental Psychology*, 23(2), 135-146. doi: 10.1016/S0272-4944(02)00111-1

VENTIMIGLIA, Fabrizio. **Container vs. dacha: The psychological effects of temporary housing characteristics on earthquake survivors.** *Journal of Environmental Psychology*, março 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0272494409000619>. Acesso em 20 set. 2023

VIRTUHAB. **Plataforma Infrashelter.** Disponível em: <Plataforma Infrashelter (ufsc.br)>. Acesso: dezembro de 2023.

YOSHIMITSU, S.; Yasuo, T.; Akihiko, H.; Sofia, B. Recovery planning: transitional shelter. **International Recovery Platform**, v. 86, 2013.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES). Agradecemos a CAPES pelo financiamento da Pesquisa 8881.705009/2022-01, PEPED, AUXPE1011/2023, edital 28/2022.

**VENHA FAZER PARTE DE
NOSSA HISTÓRIA!**

IMPACT
ISSN 2764-9725 *projects*


**ENSUS
2024**




Virtuhab

**VOL. 3 | N.º 2
SETEMBRO | 2024
PUSC**

**SANTANA DO ARAGUAIA-PA
UNIFESSPA**

EDIÇÃO ESPECIAL

**GRUPO DE PESQUISA PAISAGEM
URBANA E SISTEMAS
CONSTRUTIVOS - PUSC**

IMPACT
projects
ISSN 2764-9725




**ENSUS
2024**

**VOL. 3 | N.º 2
SET. | 2024
PUSC**



**SANTANA DO ARAGUAIA-PA
UNIFESSPA**