

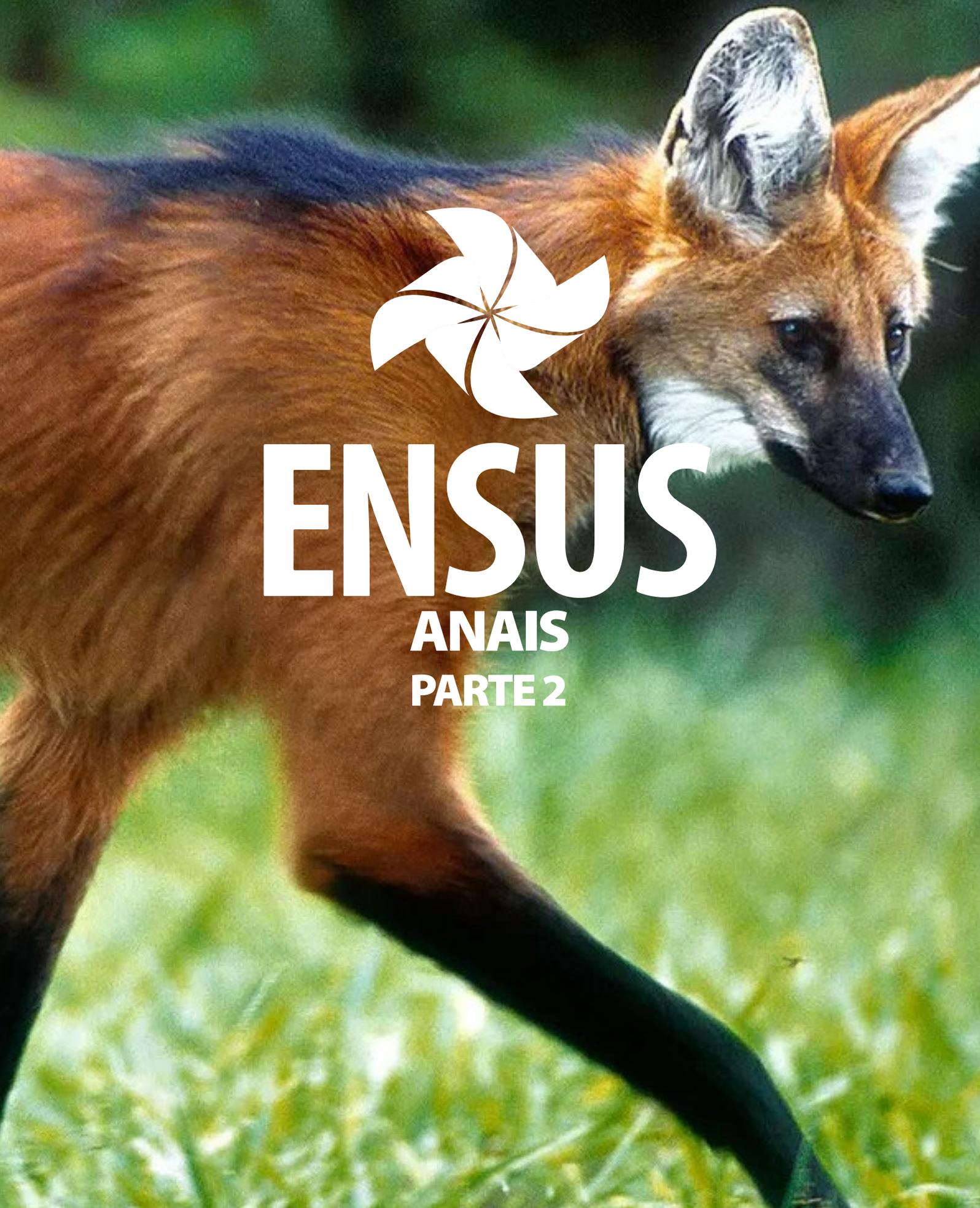
ISBN 978-65-00-70842-4
ISSNe 2596-237X

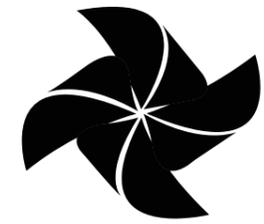
V. 11, N. 2
2023



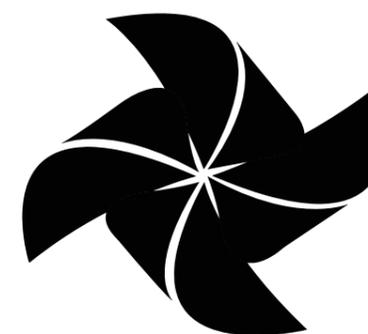
ENSUS

ANAIS
PARTE 2





ENSUS



ENSUS

ANAIS

V. 11, N. 2
2023

REALIZAÇÃO



APOIO FINANCEIRO



fapesc

Fundação de Amparo à
Pesquisa e Inovação do
Estado de Santa Catarina

APOIOS INSTITUCIONAIS



IBRAMEM
Instituto Brasileiro da Madeira
e das Estruturas de Madeira



UNIVERSIDADE FEDERAL
DE MINAS GERAIS

FICHA CATALOGRÁFICA

ENSUS. “Encontro de Sustentabilidade em Projeto” (XI.: 2023: Florianópolis, Anais [do] ENSUS 2023: XI – Encontro de Sustentabilidade em Projeto”/ Universidade Federal de Santa Catarina, Grupo de Pesquisa VirtuHab realizado em 05, 06 e 07 de Junho de 2023. [Organizado por: Lisiane Ilha Librelotto, Paulo Cesar Machado Ferroli]. Florianópolis: UFSC: 2022.

562p. (VOLUME 11, NÚMERO 2). ISSN 2596-237X / ISBN 978-65-00-70842-4

1. Sustentabilidade. 2. Projeto. 3. Arquitetura. 4.Design. 5.Engenharia.

I. VirtuHab/UFSC

II. Librelotto, L.I. III. Ferroli, P.C. IV. ENSUS

COMISSÃO ORGANIZADORA

Lisiane Ilha Librelotto, coordenadora do projeto ENSUS, Pós-Doutora em Construção Sustentável (IPLeia/ESTG-Leiria/Portugal, 2019), Doutora em Engenharia de Produção (UFSC, 2005), Mestre em Engenharia de Produção na área de Avaliação e Inovação Tecnológica (UFSC, 1999), Especialista em Gestão da Qualidade (UFSM, 1997) e Engenheira Civil (UFSM, 1995)

Paulo César Machado Ferroli, coordenador do projeto ENSUS, Pós-doutor em Design Cerâmico (IPLeia/Portugal, 2019); Doutor em Engenharia de Produção (UFSC, 2004), Mestre em Engenharia de Produção na área de Design de Produto (UFSC, 1999), Especialista em Gestão da Qualidade (UFSM, 1997) e Engenheiro Mecânico (UFSM, 1995)

Carlo Franzato, designer e professor associado ao Departamento de Artes e Design da PUC-Rio. É especialista em design estratégico e concentra seu trabalho no escopo da transição socio-ambiental. Nessa direção, estuda e desenvolve processos participativos de construção de cenários, inspirados na ecologia e orientados para futuros de convivialidade e sustentabilidade.

Cláudio Pereira de Sampaio, Pós-Doutor em Design pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), Doutor em Design pela Faculdade de Arquitetura da Universidade de Lisboa (FAULisboa), Mestre em Desenho Industrial (UFPR), graduado em Desenho Industrial na UFPR (2004). Professor titular da Universidade Estadual de Londrina (UEL);

Rachel Faverzani Magnago, Doutora em Química Orgânica (UFSC, 2002), Mestre em Química Orgânica (UFSC, 1996) e Química Industrial (UFSM, 1993)

Cláudia Queiroz de Vasconcelos, coordenadora do projeto ENSUS 2022, Pós-Doutora em Arquitetura e Urbanismo (UFSC, 2022), Doutora em Arquitetura e Urbanismo (UFSC, 2017), Mestre em Arquitetura e Urbanismo (UFSC, 2011) e Arquiteta Urbanista (UNINILTON LINS, 2008);

Ana Veronica Pazmino, graduação em Desenho Industrial pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1993); Mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (1999); Doutorado em Design pela PUC-RJ (2010). É professor associado da Universidade Federal de Santa Catarina UFSC.

Sofia Araújo Lima Bessa, Doutora em Arquitetura, Doutora em Engenharia Urbana pela Universidade Federal de São Carlos (2011), com Estágio de Doutorado no Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, Portugal (2010-2011), Mestre em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia pela Universidade de São Paulo (2008) e graduada em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal do Ceará (2006). Professora da UFMG, no Departamento de Tecnologia de Arquitetura

Marli T. Everling, Pós-Doutora em Filosofia (PUC/RS, 2021 e Unioeste, 2022), Doutora em Design (PUC/Rio, 2011), Mestre em Engenharia de Produção e Graduada em Desenho Industrial (UFSM, 1998, 2001), Especialista em Conservação da natureza e educação ambiental (PUC/PR, 2021).

Tomás Queiroz Ferreira Barata, Pós-Doutor em Tecnologia de Arquitetura e Urbanismo (USP, 2014), Doutor em Engenharia Civil (UNICAMP, 2008), Mestre em Arquitetura e Urbanismo (USP, 2001) e Arquiteto (USP, 1993). Professor do curso Design da USP

Joel Dias da Silva, Pós-Doutor em Engenharia Ambiental junto à FURB, Doutor (2007) e Mestre (2002) em Engenharia Ambiental ambos pela Universidade Federal de Santa Catarina e graduado em Engenharia Sanitária pela Universidade Federal de Mato Grosso (1999). Professor do Departamento de Engenharia de Produção e Design e também do Mestrado e Doutorado em Engenharia Ambiental do Programa de Pós-Graduação (PPGEA);

Germannya D’Garcia de Araújo Silva, Dra., professora Associada de Design da Universidade Federal de Pernambuco, com experiência de docência, projetos de pesquisa e publicações que envolvem a relação do Design, da Ergonomia com a Tecnologia de Materiais voltados para a sustentabilidade de projetos

Vicente de Paulo Santos Cerqueira, Designer Industrial e Doutor em Ciência e Tecnologia de Polímeros. Professor Associado na EBA/UFRJ e na ESDI/UERJ. Como atividades de pesquisa desenvolve estudos e pesquisas relacionadas à Gestão Tecnológica dos sistemas produtivos, com ênfase nas estratégias de inovação tecnológica que integram os temas materiais, meio-ambiente e saúde.

DESIGN

João Pedro Scremin Ramos | Virtuhab: UFSC

COMITÊ CIENTÍFICO

Adriane Shibata Santos | UNIVILLE
Aguinaldo dos Santos | UFPR
Alessandra Gerson Saltiel Schmidt
Alexandre Márcio Toledo | FAU/UFAL
Almir Barros da S. Santos Neto | UFSM
Amilton José Vieira de Arruda | UFPE
Ana Claudia Maynardes | UnB
Ana Karla Freire de Oliveria | UFRJ
Ana Kelly Marinoski Ribeiro | UFSC
Ana Paula Kieling, UNIVALI/ IFSC
Ana Lígia Papst de Abreu | IFSC
Ana Veronica Pazmino | UFSC
Anna Cristina Ferreira, UNICAMP
Anerose Perini | UFRGS
Anderson Saccol Ferreira | UNOESC
Anderson Renato Vobornik Wolenski | IFSC
André Canal Marques | UNISINOS
Andrea Jaramillo Benavides | IKIAM
Ângela do Valle | UFSC
Antônio Roberto Miranda de Oliveira | UFPE
Arnoldo Debatin Neto | UFSC
Áurea Luiza Rapôso | EBTT
Ayrton Portilho Bueno | UFSC
Beany Monteiro Guimarães | UFRJ
Carla Arcoverde de Aguiar Neves | IFSC
Carla Martins Cipolla | UFRJ
Carla Pantoja Giuliano | FEEVALE
Carlos Alberto Mendes Moraes | UNISINOS
Carlos Humberto Martins | UEM
Carlo Franzato | PUC-Rio
Celia Neves | TERRA BRASIL
Chrystianne Goulart Ivanoski | UFSC
Cláudia Queiroz Vasconcelos | UNIFESSPA
Cláudio Pereira de Sampaio | UEL
Coral Michelin | UPF
Cristiano Alves | UFSC
Cristina Colombo Nunes | UFSC
Cristina Sousa Rocha, LNEG
Cristine do Nascimento Mutti | UFSC

Cyntia Santos Malaguti de Sousa | FAU—USP
Daiana Cardoso de Oliveira, UNISUL
Daniela Neumann, UFRGS
Danielle Costa Guimarães | UFIFAP
Danilo Corrêa Silva, UNIVILLE
Débora Machado de Souza, UNISINOS
Deivis Luis Marinoski | UFSC
Denise Dantas | FAU—USP
Dominique Lewis Leite, UFSC
Douglas Luiz Menegazzi | UFSC
Edmilson Rampazzo Klein | UFSC
Elenir Carmen Morgenstern | UNIVILLE
Elizabeth Romani | UFRN
Estela Maris Souza, UNILASALLE
Elvis Carissimi | UFSM
Fabiane Escobar Fialho | FADERGS
Fabiano Ostapiv | UTFPR
Fabiolla Xavier Rocha Ferreira Lima, UFG
Fabricio Farias Tarouco, UNISINOS
Felipe Luis Palombini | UFRGS
Fernanda Hansch Beuren | UDESC
Francisco de Assis Sousa Lobo, UFMA
Franciele Menegucci, UEL
Gabriel Cremona Parma | UNISUL
Germannya D’Garcia de Araújo Silva | UFPE
Giane de Campos Grigoletti, UFSM
Giovani Maria Arrigone | FACULDADE SENAI
Glauber Soares Junior, FEEVALE
Gogliardo Vieira Maragno, UFSC
Guilherme Philippe Garcia Ferreira | UFPR
Henrique Lisbôa da Cruz, UNISINOS
Inara Pagnussat Camara | UNOESC
Ingrid Scherdien, UNISINOS
Isadora Burmeister Dickie | UNIVILLE
Isabela Battistello Espíndola, IWA
Ítalo de Paula Casemiro | UFRJ
Itamar Ferreira Silva | UFCG
Ivan Luiz de Medeiros | UFSC
Jacqueline Keller | SENAC

PROGRAMAÇÃO DO DIA 05/06

Jaqueline Dilly, UFRGS
 Jairo Costa Junior, UWA
 João Candido Fernandes | UNESP
 Joel Dias da Silva | FURB
 José Eustáquio Rangel de Queiroz | UFCG
 José Manuel Couceiro Barosa Correia Frade | IPEleiria
 Jorge Alves
 Josiane Wanderlinde Vieira | UFSC
 Juliane Almeida, UFSC
 Julio César Pinheiro Pires, UFSM
 Karine Freire | UNISINOS
 Katia Broeto Miller, UFES
 Liliane Iten Chaves | UFF
 Lisandra de Andrade Dias | UFSC
 Lisiane Ilha Librelotto | UFSC
 Luana Toralles Carbonari | UEM
 Manuela Marques Lalane Nappi
 Mara Regina Pagliuso Rodrigues, IFSP
 Marcelo de Mattos Bezerra | PUC-Rio
 Marcelo Gitriana Gomes Ferreira, UDESC
 Márcio Pereira Rocha | UFPR
 Marco Antônio Rossi | UNESP
 Marcos Brod Júnior | UFSM
 Marcos Johari Provezani Silva, UNITAU
 Maria Luisa Telarolli de Almeida Leite, UNESP
 Maria Fernanda Oliveira | UNISINOS
 Mariana Kuhl Cidade | UFSM
 Marina de Medeiros Machado | UFOP
 Marli Teresinha Everling | UNIVILLE
 Marília Gonçalves, UFSC
 Matheus Barreto de Góes, UFMG
 Maycon Del Piero da Silva | UNEOURO
 Michele Tereza Carvalho | UnB
 Miguel Barreto Santos | IPEleiria
 Miquelina Rodrigues Castro Cavalcante, UFAL
 Mônica Maranhã Paes de Carvalho | IESB
 Nadja Maria Mourão, UEMG
 Neide Schulte, UDESC
 Niander Aguiar Cerqueira, UENF

Noeli Sellin, UNIVILLE
 Normando Perazzo Barbosa, UFPB
 Obede Borges Faria, UNESP
 Patricia Freitas Nerbas, UNISINOS
 Paulo Cesar Machado Ferroli, UFSC
 Paulo Roberto Silva, UFPE
 Paulo Roberto Wander, UNISINOS
 Rachel Faverzani Magnago, UNISUL
 Regiane Trevisan Pupo, UFSC
 Régis Heitor Ferroli, UNIVALI
 Renata Priore Lima, UNIP
 Ricardo Barcelos – Ânima Educação
 Ricardo Henrique Reginato Quevedo Melo, UPF
 Rita de Castro Engler, UEMG
 Roberto Angelo Pistorello, IFSC
 Rodrigo Catafesta Francisco, FURB
 Rogério Cattelan Antochaves Lima, UFSM
 Rosângela Miriam Lemos Oliveira Mendonça, UEMG
 Rosiane Pereira Alves, UFPE
 Sérgio Ivan dos Santos, UNIPAMPA
 Sérgio Manuel Oliveira Tavares, UP
 Silvio Sezar Carvalho, UFSC
 Sofia Lima Bessa, UFMG
 Suzana Barreto Martins, UFPR
 Tarcisio Dorn de Oliveira, UNIJUÍ
 Tomás Queiroz Ferreira Barata, FAUUSP
 Trícia Caroline da Silva Santana, UFRSA
 Ugo Leandro Belini, UTFPR
 Vanessa Casarin, UFSC
 Vicente de Paulo Santos Cerqueira, UFRJ
 Victor Hugo Souza de Abreu, UFRJ
 Vinícius Albuquerque Fulgêncio, UFPE
 Wilmar Ricardo Rugeles Joya, PUJ

| | SALA AROEIRA | SALA GOIABEIRA | SALA LARANJEIRA | SALA PITANGUEIRA |
|-----------------|---|---|--|--|
| 8:30h -9:15h | Credenciamento: Secretaria geral do evento – Centro de Cultura e Eventos, Sala 08. | | | |
| 9:15 h -9:30h | Exposições diversas no hall durante todo o evento. | Abertura do ENSUS 2023 – Autoridades UFSC, representantes da comissão organizadora Paulo Cesar Machado Ferroli, Amilton Arruda. | | |
| 9:30h – 10:00h | Apresentação Cultural | | | |
| 10:00h – 10:30h | Coffee-break | | | |
| 10:30h – 12:00h | Palestra de Abertura : Profa. Anja Pratschke, Dra. USP. Professora Associada do Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, Nomads.usp.: “Conversação em Arquitetura: Ecologia, Cibernética e Inteligência [+artificial]”. | | | |
| 12:00h – 14:30h | Intervalo para o almoço | | | |
| 14:30h – 16:00h | Palestra: Prof. Felipe Luis Palombini, Dr. – UFSM – Universidade Federal de Santa Maria: “Além do Ambiental: Dos Mitos da Reciclagem às Alternativas de Recuperação de Resíduos Poliméricos” | Sessão temática I – Sustentabilidade na Engenharia (civil). ORAL – 8 artigos | Sessão temática II – Sustentabilidade geral/ODS (Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável). ORAL – 8 artigos | |
| 16:00h – 16:30h | Coffee-break | | | |
| 16:30h – 18:00h | Palestra Internacional: Profa. Dra. Laia Haurie Ibarra – UPC – Universitat Politècnica de Catalunya: “Valorisation of agricultural by-products in the construction sector” | | | |
| 18:00h – 19:30h | Intervalo | | | |
| 19:30h – 21:00h | Sessão temática III – Resíduos. ORAL – 8 artigos | Sessão temática IV – Avaliação, Certificações e Rotulagem. ORAL – 8 artigos | Sessão temática V – Sustentabilidade em Design de Moda. ORAL – 8 artigos. | Sessão temática VI – Sustentabilidade em Design e Design de Produto/Industrial. ORAL – 8 artigos |

PROGRAMAÇÃO DO DIA 06/06

| | SALA AROEIRA | SALA GOIABEIRA | SALA LARANJEIRA | SALA PITANGUEIRA |
|-----------------|---|--|---|---|
| 08:00h - 08:30h | | | | I FÓRUM NACIONAL DE MATERIOTECAS – Abertura |
| 8:30h -12:00h | ATIVIDADE PRÁTICA / OFICINA: MONTAGEM DA GEODÉSICA – NO PÁTIO EM FRENTE A SALA VERDE DA UFSC. Prof. Lisiane Ilha Librelotto, Prof. Celso Salamon, Prof. Fabiano Ostapic e equipe Sala Verde. | | | |
| 8:30h -10:00h | Sessão temática VII – Sustentabilidade em Arquitetura e Urbanismo. ORAL – 8 artigos | Sessão temática VIII – Materiais naturais e tecnologias para redução do impacto ambiental. ORAL – 8 artigos | Sessão temática IX – Materiais, Sistemas e Processos para a sustentabilidade. ORAL – 8 artigos | I FÓRUM NACIONAL DE MATERIOTECAS – Apresentação de artigos específicos do Fórum. |
| 10:00h – 10:30h | Coffee-break | | | |
| 10:30h – 12:00h | Sessão temática X – Sustentabilidade geral/ODS (Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável). ORAL – 8 artigos | Sessão temática XI – Sustentabilidade em Arquitetura e Urbanismo. ORAL – 8 artigos. | Sessão temática XII – Sustentabilidade em Design e Design de Produto/Industrial. ORAL – 8 artigos. | I FÓRUM NACIONAL DE MATERIOTECAS – Mesa Redonda: “Criação e Manutenção de materiotecas”. |
| 12:00h – 14:00h | Intervalo para o almoço | | | |
| 14:00h – 15:30h | Espaço Maker Univille de Educação Ambiental Equipe Univille/UFSC Joinville: Prof. João E. C. Sobral (coord); Profa. Anna L. M. S Cavalcanti; Profa. Andrea Pfitzenreuter; Prof. Carlos. M. Sacchelli; Prof. Danilo C. Silva; Profa. Noeli Sellin; Profa. Marli T. Everling. | Palestra: Prof. Celso Salamon e Fabiano Ostapiv – UTFPR: “Estufas agrícolas e cúpulas geodésicas feitas de bambu – O desafio da união entre os colmos” | I FÓRUM NACIONAL DE MATERIOTECAS e EN-SUS (atividade comum) – Palestra: Profa. Germanya D’Garcia Araújo Silva, Dra. UFPE – Universidade Federal de Pernambuco: “Design e Tecnologia de Materiais: estratégias para sustentabilidade em projetos.” | |
| 15:30h – 16:30h | Coffee-break | | | |
| 16:30h – 18:00h | Mesa redonda: Educação para Sustentabilidade mediada pelo Design em Escolas do Ensino Fundamental. Espaço Maker Equipe Univille/UFSC Joinville | Evento WEG | Palestra: Profa. Sofia Araújo Lima Bessa, Dra. – UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais: “Arquitetura de terra e a estabilização com resíduos: inovações em adobe, taipa e BTC” | |
| 18:00h – 19:30h | Intervalo para jantar | | | |
| 19:30h – 21:00h | Sessão temática XIII – Sustentabilidade em Arquitetura e Urbanismo. ORAL – 8 artigos. | Sessão temática XIV – Materiais, Sistemas e Processos para a sustentabilidade. ORAL – 8 artigos | Sessão temática XV – Sustentabilidade geral/ODS (Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável). ORAL – 8 artigos | Sessão temática XVI – Sustentabilidade geral/ODS (Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável). ORAL – 8 artigos |

PROGRAMAÇÃO DO DIA 07/06

| | SALA AROEIRA | SALA GOIABEIRA | SALA LARANJEIRA | SALA PITANGUEIRA |
|-----------------|--|---|---|---|
| 8:00h - 8:30h | | | | III FÓRUM DE BIÔNICA E BIOMIMÉTICA – Abertura |
| 08:30h – 10:00h | Sessão temática XVII – Sustentabilidade na Engenharia (civil). ORAL – 8 artigos | Sessão temática XVIII – Sustentabilidade em Design e Design de Produto/Industrial. ORAL – 8 artigos. | Sessão temática XIX – Sustentabilidade em Arquitetura e Urbanismo. ORAL – 8 artigos. | III FÓRUM DE BIÔNICA E BIOMIMÉTICA – Apresentação de artigos específicos do Fórum – 4 artigos |
| 10:00h – 10:30h | Coffee break | | | |
| 10:30h – 12:00h | Sessão temática XX – Integrada (Arquitetura e Design). ORAL – 8 artigos. | Palestra: Carla Bedin. Eng. Civil. Otus Engenharia: “Impactos do BIM em empreendimentos sustentáveis.” | III FÓRUM DE BIÔNICA E BIOMIMÉTICA Palestra: Prof. Amilton Arruda, PhD. UFPE _ Universidade Federal de Pernambuco: “Ecosistemas Transdisciplinares em Bionica, Biodesign e Biomimética: aspectos científicos e tecnológicos para uma cultura de design”. | |
| 12:00h – 14:00h | Intervalo para almoço | | | |
| 14:30h – 16:00h | OFICINA FOGÕES SOLARE – Eng. Elmo Dutra | III FÓRUM DE BIÔNICA E BIOMIMÉTICA Palestra Internacional: Profa. Filipa Alves, Dra. UNIDCOM-IA-DE (Portugal): “From Natural Patterns and Forms to Bio-Inspired Design” | | |
| 16:00h – 16:30h | Coffee break | | | |
| 16:30h – 18:00h | Palestra: Prof. José Baltazar Salgueirinho Osório de Andrade Guerra, Dr. UNISUL. “ Educação para o Desenvolvimento Sustentável”. | | Palestra: Profa. Berenice Martins Toralles, Dra. – UEL – Universidade Estadual de Londrina: “Habitações Impressas em 3D – um novo cenário para a construção civil” | |
| 18:00h – 18:30h | Encerramento | | | |

DIA 08/06

TRILHA DE ENSUSIANOS – Saída- 10:00 horas

EDITORIAL

A retomada e o cafézinho

Certa feita um colega da UFSC, daqueles bons tempos que parecem tão distantes, onde nos reuníamos ao redor do café e das bolachinhas em reuniões e defesas, ressaltou a importância desse ato. Contava ele de suas origens, que vivia na roça e só foi registrado aos 10 anos de idade. E que o comer e o beber, mais do que uma necessidade física, representava um momento de comunhão, onde a família se reunia ao redor da mesa e onde não podia faltar ninguém.

Na verdade, o alimento é apenas a desculpa, para um bate-papo, para um sorriso, para uma troca. Um momento para conhecer o outro além da dura realidade do dia a dia. Momentos que nos foram brutalmente tomados no mundo pandêmico e pós-pandêmico.

O ano de 2019 foi marcante para o ENSUS. Foi o último evento totalmente presencial que realizamos. E agora, em 2023, após quatro anos, tentamos novamente resgatar o convívio presencial. E não está sendo fácil essa retomada, porque a sustentabilidade é composta por um tripé, o econômico, o social e o ambiental.

O que percebemos nos trabalhos à distância é que eles são muito mais econômicos. Ao invés de uma passagem aérea, uma conexão de internet. Diária do hotel? Que nada!! O Conforto da cadeira de nosso escritório e nossa própria cama. Assim sendo, podemos dizer que são mais sustentáveis? Não sei....

Alguns benefícios ao meio ambiente também podem ser constatados, pois reduzimos a poluição pela fumaça do avião e dos deslocamentos, reduzimos o consumo. Mas isto também jogou o custo da passagem aérea, das diárias, do avião a preços exorbitantes e desaqueceu a economia. Assim, o dinheiro deixa de circular e a desigualdade social aumenta.

Mas um outro aspecto está em jogo. Nossa saúde mental e nossa qualidade de vida. Ficar sentado na frente da telinha nos arremessou a um ritmo frenético. O Whatsapp pipoca o tempo todo e nos rouba os momentos de descanso. Os eventos na internet são conduzidos em conjunto com a nossa rotina, onde muitas vezes participamos apenas para estar presente e não necessariamente para contribuir efetivamente. Perdemos o sorriso das pessoas. A conversa para saber que ela foi registrada 10 anos depois, que a mãe está doente ou que caiu de bicicleta. Simplesmente nos afastamos e a realidade do dia-a-dia parece mais dura ainda, pois não temos os momentos suaves para amenizá-la. Sorte daqueles que tem uma família presente e pessoas no círculo familiar para compartilhar. Mas e os outros?

Assim, esse evento de 2023 representa a retomada do cafézinho, desse momento de compartilhamento, de conversas. Queremos proporcionar aos ENSUSianos, a volta do contato, do presente que é o estar presente! Claro que as questões econômicas fizeram que alguns deixassem de comparecer presencialmente, mas outros conseguiram estar conosco. Então, que todos se sintam acolhidos a esse evento que será presencial. E que todos os demais também encontrem oportunidades, para que possamos, além de estar, praticar o ser.

Nessa edição temos muitas atividades disponíveis para o proveito de nosso público. Profs. Celso Salamon e Fabiano Ostapiv, UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná: As “Estufas agrícolas e cúpulas geodésicas feitas de bambu – O desafio da união entre os colmos” com os professores Celso Salamon e Fabiano Ostapiv; a Profa. Anja Pratschke, Professora Associada do Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, Nomads.usp. abrirá o evento com a “Conversação em Arquitetura: Ecologia, Cibernética e Inteligência [+artificial]”; o Prof. Dr. Felipe Luis Palombini, da UFSM – Universidade Federal de Santa Maria fala sobre o “Além do ambiental: dos mitos da reciclagem às alternativas de recuperação de resíduos poliméricos”; a Profa. Dra. Laia Haurie Ibarra – Universitat Politècnica de Catalunya – Barcelona, Espanha, nos prestigia com “Valorisation of agricultural by-products in the construction sector”. Ainda, de Pernambuco, a Profa. Dra. Germannya D’Garcia, UFPE – Universidade Federal de Pernambuco fala sobre “Design e Tecnologia de Materiais: estratégias para sustentabilidade em projetos” e a Profa. Dra. Sofia Araújo Lima Bessa, da UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais propõem a “Arquitetura de terra e a estabilização com resíduos: inovações em adobe, taipa e BTC”. A Eng. Carla Bedin. Sócia Diretora da Otus Engenharia fala sobre os “Impactos do BIM em Empreendimentos Sustentáveis.”

Mas não termina aí nossa lista de colegas que vem de longe para contribuir com o evento. Na terceira edição do Fórum de Biomimética e Biônica, o Prof. Dr. Amilton Arruda, da UFPE – Universidade Federal de Pernambuco apresenta fala sobre os: “Ecosistemas transdisciplinares em biônica, biodesign e biomimética: aspectos científicos e tecnológicos para uma cultura de design” e traz a prof Dra. Filipa Alves, do Bio-Inspired Design Lab, da UNID-COM-IADE, Universidade Europeia, Lisboa, Portugal para falar sobre “From natural patterns and forms to bio-inspired design”.

Ainda a Profa. Berenice Martins Toralles, Dra., UEL, da Universidade Estadual de Londrina fala sobre as “Habitações Impressas em 3D – um novo cenário para a construção civil” e o Prof. José Baltazar Salgueirinho Osório de Andrade Guerra, Coordenador do programa de pós-graduação em Administração (PPGA) da Universidade do Sul de Santa Catarina/UNISUL traz como tema a “Educação para Desenvolvimento Sustentável”. Juntos encerram o evento na promessa de um evento ainda maior no próximo ano.

No ENSUS 2023 temos 160 artigos que apresentarão suas pesquisas em 20 sessões temáticas e um público de 175 articulistas participantes (somente os que se inscreveram e que apresentarão os artigos nas sessões). São cerca de 150 revisores dos textos que serão publicados, são 50 expositores de materiais e sistemas sustentáveis, 45 alunos inscritos como ouvintes, e 25 alunos do curso de arquitetura e urbanismo e design participando como staff no apoio e recepção do público. No total, neste ano, temos mais de 500 pessoas envolvidas que possibilitam que o evento aconteça a contento.

Agradecemos o apoio, a confiança, a perseverança e a participação de todos. Nos vemos em 2024, presencialmente e tomando um bom café!

Paulo Cesar Ferrolí e Lisiane Ilha Librelotto

SUMÁRIO

| | | | |
|---|------------|---|------------|
| Viabilidade da substituição parcial do agregado miúdo por vidro moído na produção de argamassas Bárbara Rabelo, Paula Bellé Blume, Luiz Henrique da Silva Sareto, Diorges Carlos Lopes | 21 | Sustentabilidade e materiais: Viabilidade da produção de filamentos para impressão 3D através da utilização de polipropileno reciclado Tauana Batistella, André Canal Marques | 180 |
| O paradoxo entre processos manuais e digitais – Uma Análise do Ciclo de Vida do papel offset em uma universidade brasileira Fernanda Camila Martinez Delgado, Vinícius Artero Sanches, Aldino Miguel Francisco, Barbara Stolte Bezerra | 32 | Influência da cal na absorção por capilaridade em adobes produzidos com sedimento de RMF Jhade Iane Cunha Vimieiro, Larissa Moreira Matias, Gabriella Eduarda Freitas Batista, Dayane Felix Andrade, Sofia Araújo Lima Bessa | 193 |
| Medidas construtivas para preservar a madeira nas edificações brasileiras Luciana da Rosa Espíndola, Gustavo Rodolfo Perius, Cecília Torres Rego, Luísa Diniz Silva de Aguiar | 46 | Aplicação da tecnologia de impressão 3D com materiais cimentícios em projetos residenciais Luana Toralles Carbonari, Berenice Martins Toralles, Livia Fernanda Silva, Lisiane Ilha Librelotto, Thalita Gorban Ferreira Giglio | 206 |
| Aprendendo a biogeografia de Florianópolis com a prototipagem digital Artur Garcia Neuhaus, Patricia Turazzi Luciano, Regiane Trevisan Pupo | 57 | Uma Visão Geral sobre a Avaliação do Ciclo de Vida do Hidrogênio Renovável Victor Hugo Souza de Abreu, Alberto Coralli, Laís Ferreira Crispino Proença, Andrea Souza Santos | 224 |
| Design para Negócios Sociais nos Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável: o caso de YunusNegócios Sociais como contribuidor para a equidade social Ana Beatriz Avelino Barbosa, Cláudia Regina Hasegawa Zacar, Marta Karina Leite | 70 | Captura segura de Spunbond Meltblown Spunbond em sala operatória para upcycling em projeto socioambiental Danielly Nogueira Negrão Guassu Nogueira, Laryssa Guilherme Mota, Suzana Barreto Martins, Fernanda de Oliveira Massi, Matheus Nascimento Bataglia | 241 |
| Planejamento da materioteca do Instituto de Artes e Design: proposição de diretrizes e estruturação da catalogação das amostras Sílvia Resende Xavier, Andre Mol, Danielle Carvalho Stutz | 81 | Pesquisa em Sistemas Produto-Serviço no Brasil: uma análise dos grupos em instituições superiores de ensino Matheus Pereira Ferreira Ventura | 253 |
| Desenvolvimento de Órtese Pediátrica do Tipo Tornozelo-Pé com uso de Impressão 3D Herbert Renato Coelho Gomes, Cláudio Pereira de Sampaio, Sônia Maria Fabris, José Antonio Vicentin | 94 | Avaliação do serviço público de transporte dos dejetos suínos no Município de Presidente Castelo Branco, Santa Catarina, SC. Claudio Rocha de Miranda, Marcos Venícios Novaes de Souza, Cícero Juliano Monticelli, Daniel Moro de Miranda, Gian Seganfredo | 262 |
| Simulação numérica do desempenho término de alvenaria construída com blocos de concreto Marília Guimarães Rodrigues, Pedro Henrique Gonçalves, Janes Cleiton Alves de Oliveira | 107 | Produção de luminárias de madeira através de processo híbrido fabricação digital e artesanal: protótipo funcional como ponto de partida para uma ação de extensão universitária Júlio César Pinheiro Pires | 273 |
| Pesquisa, Desenvolvimento & Fabricação Digital com uso da Impressão 3D: desafios para o desenvolvimento e regulamentação de dispositivos na área da saúde Sonia Maria Fabris Luiz, José Antônio Vicentin, Cláudio Pereira de Sampaio | 122 | Do Design Social ao Design para Inovação social: uma revisão sistemática de literatura Nicholas dos Santos Faria Corrêa | 285 |
| Sustentabilidade e inclusão social em atividades de ensino e extensão na Univille Adriane Shibata Santos, Isadora Dickie, Anna Luiza Cavalcanti, Karla Pfeiffer | 132 | A sustentabilidade aplicada aos projetos de edificações no Brasil Samantha Ohana de Miranda Luz, Pedro Henrique Gonçalves, Fabíolla Xavier Rocha Ferreira Lima | 297 |
| Eficiência Energética em edificações comerciais: análise sistemática da conexão com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável e mudanças climáticas Bianca Rebelatto, Amanda Salvia, Pietra Taize Bueno, Luciana Brandli, Gabriela Rodrigues | 145 | Análise do ganho de escala no caso para Inovação Social “Voz das Comunidades” Letícia Albrecht, Carla Cipolla | 312 |
| Projeto para utilização de tubos de papelão como material construtivo em eventos temporários Nathalia Schimidt Dias, Geresa de Cássia Salado | 156 | Avaliação da presença de ácido salicílico em águas superficiais Luana Thais Viero, Patrícia Aparecida Zini, Aline Schuck, Rúbia Mores | 324 |
| Painel de dados como instrumento de análise de políticas/ programas de promoção de direitos de pessoas com deficiência em Pernambuco Camila Souza Primo, Bernardo Melo Oliveira, Ioná Maria Rameh Barbosa, Vânia Soares de Carvalho, Aida Araújo Ferreira | 169 | | |

| | | | |
|--|------------|------------|---|
| A importância da correta utilização de estratégias passivas ao clima quente e úmido: O caso do ensino do Conforto Ambiental no Curso de Arquitetura e Urbanismo da UNIFAP | 335 | 501 | POP RUAS JUD: Um exemplo de inovação social no Judiciário Fernanda de Oliveira Lopes |
| Anneli Maricielo Cárdenas Celis, Danilo Augusto Oliveira de Barros, Ana Karina Nascimento Silva Rodrigues, André da Costa Leite, José Walter Cárdenas Sotil | | | |
| Estudo sobre Emprego de Isolantes Termoacústicos Ecológicos em Painéis Pré-Fabricados de Madeira na Arquitetura e na Construção Civil | 348 | 521 | Revisão Sistemática da Literatura: Jogos educativos para o ensino dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODSs) Rita Knobel Borges, Carla Arcoverde de Aguiar Neves |
| Isabella Sabrina Fernandes dos Santos, Akemi Ino | | | |
| Design para Comunicação impulsionando o Impacto Social em um lar de idosos em Campina Grande-PB | 362 | 535 | Comparação do uso da armadura em alvenaria convencional e bloco (EPS) no projeto estrutural de uma edificação unifamiliar Lalesca Boeno Vicensi, Patricia Zini, Rubia Mores, Aline Schuck |
| Pablo Marcel de Arruda Torres, Marcela Marcelino de A. G. Braz, Gian Gian Costa Piorsky Aires, Stive Anderson Ferreira Lima, Anália Oliveira Cordeiro | | | |
| Análise da série temporal do Produto Interno Bruto (PIB) e sua inter-relação com o setor da Construção Civil | 376 | 549 | Estudo exploratório de estrutura de madeira roliça de eucalipto – Avaliação da tipologia Whale Bone Matheus Barreto de Góes, Clécio Magalhães do Vale, Geraldo Donizetti de Paula |
| Kamilla Ravizza, Pâmella Alzerina Rosa Mattos, Engenharia Civil, Andreza Kalbusch, Elisa Henning | | | |
| Uso da terra como material de sensibilização acadêmica: uma experiência com o Projeto Futuras Cientistas | 391 | | |
| Bruna da Silva do Carmo Santos, Brenda Cavalcante Tavares Frangueli, Ana Luísa Pagnoncelli Aliaga, Karina Trevisan Latosinski | | | |
| O design regenerativo na paisagem rural da Estação Experimental do Instituto Federal do Rio Grande do Sul de Bento Gonçalves | 404 | | |
| Nichele Rossi, Arquiteta e Urbanista, Patrícia de Freitas Nerbas | | | |
| Avaliação da iluminância no Centro de Pesquisa e Educação Científica da Universidade Estadual de Goiás de acordo com as normas brasileiras | 417 | | |
| Grace Kelly do Nascimento Silva Santiago, Haroldo Dias Flauzino Neto, Fabíolla Xavier Rocha Ferreira Lima, Pedro Henrique Gonçalves | | | |
| Caminhos para o Desenvolvimento Sustentável na Região do Baixo Paraíba do Sul | 429 | | |
| Nayara Felix Barreto, Thaís Nacif de Souza Riscado, Maria Inês Paes Ferreira | | | |
| Confecção e análise da resistência a compressão de um material alternativo para alvenaria sustentável a partir de areia de fundição e plástico | 441 | | |
| Ângela Lassen, Ana Júlia Martins Gramville, Nadine Jantsch, Laura Valentini Dessoy, Diorges Carlos Lopes | | | |
| Sustentabilidade aplicada em equipamentos de interesse social: estudo de caso em Cachoeirinha/RS | 453 | | |
| Bárbara de Ávila Nunes, Patricia de Freitas Nerbas | | | |
| Soluções Estruturais em Bambu: Estudo de caso da ponte Orangutan Haven - Indonésia | 465 | | |
| Lorena dos Santos Pereira Raposo, Jorge Daniel de Melo Moura | | | |
| Projeto de habitação com sistemas mistos em bambu no município de Florianópolis | 476 | | |
| Giulia Barbosa da Luz, Luciana da Rosa Espíndola | | | |
| Diretrizes para o Design Sustentável de Produtos com resíduos de madeira: uma revisão da literatura | 489 | | |
| Polyanna Astrath Costa, Mestranda, Marta Karina Leite | | | |



Viabilidade da substituição parcial do agregado miúdo por vidro moído na produção de argamassas

Feasibility of partial replacement of fine aggregate by ground glass in mortar production

Bárbara Rabelo, graduanda em Engenharia Civil, UNIJUÍ.

barbara.rabelo@sou.unijui.edu.br

Paula Bellé Blume, graduanda em Engenharia Civil, UNIJUÍ.

paula.blume@sou.unijui.edu.br

Luiz Henrique da Silva Sareto, graduando em Engenharia Civil, UNIJUÍ.

luiz.sareto@sou.unijui.edu.br

Diorges Carlos Lopes, mestre em Engenharia Civil, docente, UNIJUÍ.

diorges.lopes@unijui.edu.br

Resumo

A argamassa é uma das misturas mais utilizadas na construção civil e, por isso, apresenta diversas aplicações e funções. Por se tratar de algo de uso diário na indústria civil, tem larga produção e, conseqüentemente, utiliza uma enorme quantidade de material, deste modo a utilização do vidro moído como substituto parcial da areia é uma forma sustentável de reduzir a quantidade de material e ainda, reciclar o vidro. Dessa forma, o ensaio em laboratório de resistência à compressão apresentou os resultados dessa aplicação. Foi utilizado traço de referência e outros três com substituição da areia de 15%, 30% e 45% por vidro moído. Os resultados de resistência à compressão com os traços de substituição de vidro foram menores em relação ao traço referência, de 100% de areia. No entanto, dentre os três traços ensaiados, a argamassa com 15% de vidro obteve o melhor desempenho entre as outras substituições.

Palavras-chave: Argamassa; Vidro moído; Resistência à compressão; Construção civil.

Abstract

Mortar is one of the most used mixtures in civil construction and, therefore, it has several applications and functions. Because it is something of daily use in the civil industry, it has large production and, consequently, uses a huge amount of material, so the use of ground glass as a partial substitute for sand is a sustainable way to reduce the amount of material and also recycle glass. Thus, the laboratory compressive strength test presented the results of this application. A reference mixture and three others with sand substitution of 15%, 30% and 45% for ground glass were used. The results of compressive strength with the glass substitution mixtures were lower in relation to the reference mixture, of 100% sand. However, among the three mixtures tested, the mortar with 15% glass obtained the best performance among the other substitutions.

Keywords: Mortar; Ground Glass; Compressive strength; Civil construction

1. Introdução

De acordo com a NBR 13529 (ABNT, 1995), argamassa é uma mistura homogênea que abrange agregados miúdos e aglomerantes, podendo também incluir aditivos ou outras adições. A argamassa é amplamente utilizada na construção civil, sobretudo para assentamento de tijolos, blocos, cerâmicas e revestimento de paredes. Por isso, a argamassa pode ter diferentes composições, variando os materiais e os traços utilizados, de acordo com a função a ser executada e as características a serem priorizadas.

As características de cada argamassa são estipuladas de acordo com a trabalhabilidade e a resistência mecânica que necessitam, baseado nas funções a serem executadas. Por isso, Miranda (2009) destaca as diferenças entre a trabalhabilidade e consistência no manuseio e aplicação no estado plástico e no estado já endurecido, dessa forma deve haver um equilíbrio entre o estado fresco e endurecido, para que não desfavoreça nenhuma das partes.

Além disso, explica a autora, a resistência também deve ser tratada com cautela, pois está associada ao módulo de elasticidade, que influencia diretamente na trabalhabilidade. Ou seja, a argamassa também não deve ter excesso de resistência, para não impedir os movimentos naturais da estrutura, que promovem sua acomodação.

Outro ponto a ser destacado é a resistência que argamassa deve possuir, sendo a resistência mecânica compreendida por Alvarenga *et al* (2013) como a propriedade das argamassas de suportar as tensões de diferentes naturezas, sendo assim é uma característica importante que deve apresentar bom desempenho. Ou seja, depende basicamente do consumo de aglomerantes e/ou agregados existentes na argamassa, bem como a forma como esta foi executada, e os ensaios de resistência à tração e compressão podem ser observados, estudados e executados de acordo com a NBR 13279 (2009).

Por isso os materiais e as misturas feitas na argamassa são tão importantes, pois alteram seu comportamento e suas propriedades de resistência e trabalhabilidade. Novamente, Miranda (2009) explica os usos de materiais na argamassa, destacando o uso da cal para melhorar características de retenção de líquidos e processo de endurecimento da argamassa, sendo que a maior parte é composta com cimento, cal, areia e água.

O crescimento da indústria da construção civil ocorre em consequência do desenvolvimento dos países, e junto disso vem a geração de impactos ambientais, principalmente devido a retirada de recursos naturais (VALDEVIESO; YAMAGUCHI, 2021). Portanto, é necessário a busca por formas de diminuir esses problemas. Visando isso, uma das opções é substituir a areia por vidro moído na produção de argamassa de revestimento. A reutilização de vidro é também uma forma de colaborar com o meio ambiente, visto que, apesar de poder ser reciclado sem perder qualidade, esse processo não chega nem a uma taxa de 50% (ABRIVIDRO, 2019).

A partir destas análises, o presente trabalho busca verificar os diferentes comportamentos que a argamassa pode apresentar, se alterada sua composição, nesse caso, buscando o reaproveitamento de materiais, mais especificamente o vidro. Dessa forma, o material pode ser reutilizado, evitando o descarte incorreto e o meio ambiente é favorecido, sendo uma ação sustentável e fundamental em tempos de tanta poluição. O objetivo é, além de destinar novos usos ao vidro, estudar as possibilidades de reaproveitamento e a viabilidade desse processo, avaliando resistência de uma argamassa com diferentes porcentagens de vidro moído em sua composição final.

2. Procedimentos Metodológicos

Este estudo foi feito através de ensaios laboratoriais no Laboratório de Engenharia Civil da UNIJUÍ. Para a realização de um estudo prático laboratorial, são necessários cuidados com o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) e organização para que os resultados sejam o mais verdadeiro possível, bem como o registro e anotações de todo o processo de execução. Esses cuidados foram tomados durante a pesquisa, principalmente o uso de EPI, visto que foi trabalhado com material de vidro.

2.1 Material utilizado

Os materiais utilizados neste trabalho foram

- Cimento Portland (todas as obras ou uso geral);
- Agregado miúdo;
- Cal hidráulica;
- Vidro moído.

O material necessário precisou ser preparado de acordo com as normas técnicas, separado e medido. Foram utilizados cimento do tipo todas as obras ou uso geral, cal hidratada, areia, previamente seca na estufa e o vidro moído, que foi peneirado para que a granulometria ficasse próximo de uma areia conforme mostra figura 1, definida pela norma NBR 7211(2005) como o material passante na peneira ABNT 4,75mm e retido na peneira ABNT 150 µm, ilustrado na Figura 2.



Figura 1: Vidro moído e pronto para utilização.



Figura 2: Sequência de peneiras utilizadas para realizar a granulometria do vidro moído.

Para o estudo foi utilizado o traço de 1:1:5 (cimento: cal: areia), traço comumente usado em obras da região noroeste do Rio Grande do Sul, com alteração na porcentagem de areia e substituição da mesma em cada moldagem. Foram moldados corpos de prova com 100% de areia como traço referência e mais três traços com substituição de 15%, 30% e 45% da areia por vidro moído. Os traços foram nomeados conforme a tabela 1.

Tabela 1: Designação dos traços de argamassa

| Designação | Porcentagem de areia |
|------------|----------------------|
| A1 | 100% areia |
| A2 | 85% areia 15% vidro |
| A3 | 70% areia 30% vidro |
| A4 | 55% areia 45% vidro |



Figuras 3: Materiais utilizados nos ensaios.

2.2 Moldagem dos corpos de prova

Primeiramente, para que pudesse ser feita a moldagem dos corpos de prova, foi efetuado o ensaio de consistência para cada traço realizado, de acordo com a NBR 13276 (2005), para definir a quantidade de água necessária na mistura. A massa foi colocada na Mesa de Consistência e foram efetuados 30 golpes em 30 segundos, em seguida foi realizada a medição com o paquímetro para verificar se a argamassa atendeu aos parâmetros exigidos, conforme Figura 4.



Figura 4: Ensaio na mesa Mesa de Consistência.

Após, foram moldados 6 corpos de prova cilíndricos, de 50 mm de diâmetro e 100 mm de altura conforme descrito na NBR 7215 (2019). Esse processo se repetiu para todos os traços realizados, referência com 100% de areia e com os outros três com substituição de 15%, 30% e 45% da areia por vidro moído. O processo de moldagem, desmoldagem e cura seguiu o indicado pela norma NBR 7215 (2019), de forma que em cada corpo de prova são realizadas quatro camadas de 30 golpes cada com soquete normal.



Figuras 5 e 6: Preenchimento dos corpos de prova.

Com todos os traços finalizados, após 24 horas, foram desmoldados e colocados submersos em um tanque de água até a idade do rompimento. O ensaio de resistência mecânica à compressão, determinado pela NBR 13279 (1995) foi realizado para 3 corpos de prova de cada traço em 7 dias após a moldagem e para os 3 restantes em 28 dias.

3 Resultados e discussões

Os valores de consistência da argamassa estão na tabela 2, de forma que foi obtido uma plasticidade e quantidade de água adequada, conforme a norma já indicada, para moldagem dos corpos de prova. Ainda, é possível observar a relação água/materiais secos, que foi determinada pela divisão do valor total de materiais secos colocados na argamassadeira pela quantidade de água utilizada, podendo oscilar conforme mostra os resultados. Isso ocorre devido a quantidade de água colocado na mistura variar, pois em cada traço a quantidade de areia diminui e aumenta a de vidro em pó.

Dessa forma, podemos perceber que ao aumentar a quantidade de vidro em pó a fração de água necessária para mistura diminui. Ademais, o teor de cimento manteve-se o mesmo para todos os traços, porque a quantidade de cimento não foi alterada.

Tabela 2: Características das misturas

| Traço | A/ms | Consistência | Teor de cimento |
|-------|------|--------------|-----------------|
| A1 | 0,15 | 262 | 0,143 |
| A2 | 0,15 | 265 | 0,143 |
| A3 | 0,15 | 260 | 0,143 |
| A4 | 0,14 | 260 | 0,143 |

Os valores encontrados no ensaio de resistência à compressão estão nos gráficos da figura 8 e 9, com cura de 7 e 28 dias, respectivamente. É importante salientar que durante a desmoldagem, dois corpos de prova quebraram logo ao tirar do molde, dessa forma, foram excluídos, ficando apenas 2 corpos de prova para os 7 dias nos traços com substituições de 30% e 45% da areia. A explicação para tal ocorrido pode ser falha na moldagem desses dois corpos de prova, no entanto, todas moldagens foram realizadas da mesma maneira, seguindo a norma, portanto não se sabe o real motivo. Ainda, um dos três CP's com 45% de substituição ensaiado aos 28 dias teve um resultado muito inferior aos demais, com 6,63 MPa, enquanto os outros foram de 11,18 MPa e 10,46 MPa, dessa forma, foi desconsiderado o valor de 6,63 MPa na média dos valores, em virtude do CP estar com fissuras antes de ser rompido, conforme mostra figura 10.

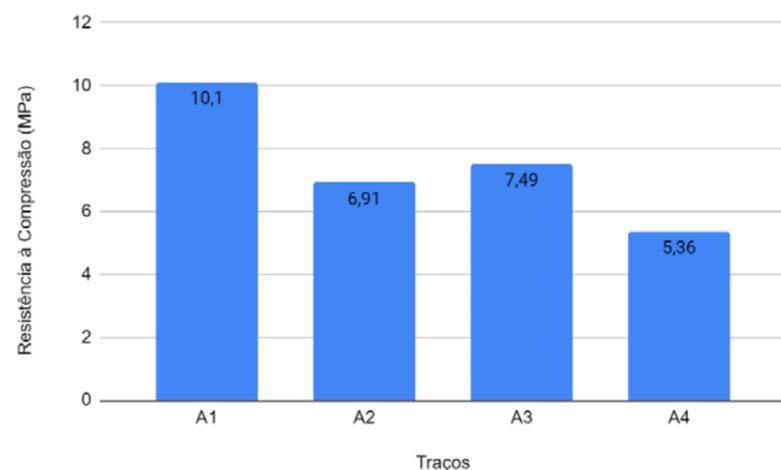


Figura 7: Resistência à compressão aos 7 dias.

Ao observar os resultados obtidos para os 7 dias, é visível que o traço referência resistiu mais que os traços com substituição da areia por vidro em pó. Nessa idade, os resultados não foram inversamente proporcionais em relação a utilização de vidro, tiveram uma variação conforme mostra figura 8. Apesar de serem resultados inferiores à referência, eram esperados pelos autores, visto que o vidro tem características diferentes da areia.

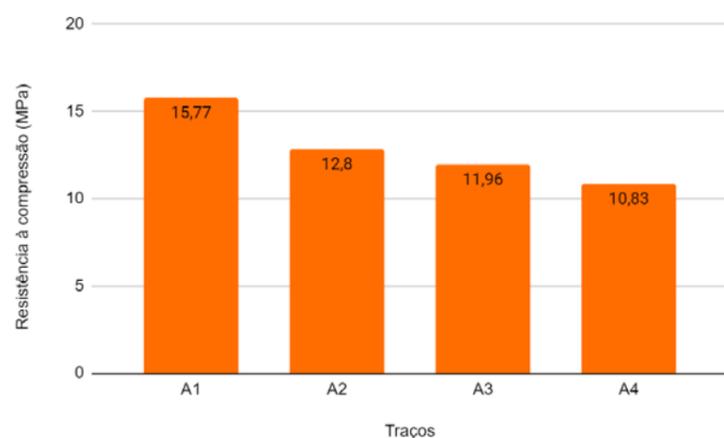


Figura 8: Resistência à compressão aos 28 dias.



Figura 9: Corpo de prova do traço com 45% de vidro antes de ser rompido aos 28 dias.

Os resultados na idade de 28 dias aumentaram consideravelmente e o traço referência manteve-se maior que os demais. A resistência tornou-se inversamente proporcional conforme aumentou a porcentagem de vidro na mistura, no entanto, isso não é conclusivo para idades avançadas, uma vez que, aos 7 dias as conclusões eram outras, por isso, seria necessário ensaiar com mais tempo de cura para saber se esses resultados iriam se manter. Outrossim, os resultados são satisfatórios, se levado em consideração que a substituição de um importante material para a argamassa, a areia, resultou em valores próximos da referência. Além disso, é importante destacar que esse ensaio de resistência à compressão é fundamental no estudo da argamassa, assim como a aderência, que não está inclusa nesta pesquisa. São essas características que garantem que a mistura irá suportar diferentes ações externas e permanecer dessa forma.

4 Considerações Finais

O estudo realizado e os resultados obtidos com a substituição parcial da areia por vidro moído, permitiram a análise comparativa da resistência à compressão para 7 e 28 dias e mostrando-se satisfatórios, apesar de não serem maiores que a referência. Para substituição de 15% resultou uma queda de 18,83%, para 30% uma queda de 24,16%, e para 45% houve redução em 31,36% em relação ao traço de referência.

Ademais, o uso de porcentagem de vidro maiores que o utilizado nesta pesquisa podem não ser tão adequados, pois a maior substituição feita, de 45%, reduziu a resistência em 31,36%, podendo já ser considerada uma queda elevada. No entanto, devido a não conclusão da relação inversamente proporcional entre a substituição da areia por vidro e a resistência à compressão da argamassa, a utilização de maiores porcentagens de vidro deve ser testada para concluir se os resultados iriam reduzir mais que os resultados dessa pesquisa, já relatados.



Assim sendo, com o estudo comparativo, apesar de a substituição reduzir os valores de resistência à compressão, há uma motivação para serem testadas em obras cotidianas e posteriormente aplicada efetivamente, se resultados para durabilidade em obra e aderência forem adequados. Ainda que aconteça essa redução, os valores continuam sendo significativos. Para a aplicação seria necessário ajustar a nova resistência à estrutura ou à aplicação desejada, para que não ocorram imprevistos. Entretanto, com novas análises a aplicação pode ser possível e viável.

Outro ponto extremamente importante no estudo, foi mostrar uma forma de reutilização do vidro, pertinente ao objetivo de buscar reaproveitamento do material. Com isso, a quantidade de material (agregado) utilizado na execução da argamassa é reduzida e o vidro, que não teria destino, pode ter nova utilização no mercado, sendo reciclado e tendo uma destinação adequada. Dessa maneira, essa substituição, mesmo que parcial, traria benefícios tanto para o meio ambiente, reduzindo o lixo de vidro, bem como para a indústria da construção.

Referências

Associação Brasileira de Distribuidores e Processadores de Vidro. **Panorama Abravidro edição 2022**. 2022. Disponível em: <<https://pdf.magtab.com/leitor/136/edicao/22316>>. Acesso em: 9 jul. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13529: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas — Terminologia. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13279: Argamassa Para Assentamento de Paredes e Revestimento de Paredes e Tetos. Rio de Janeiro, 2009.

COSTA, Kevin de Matos; ALMEIDA, Raíssa Coelho; MOREIRA, Thiago A. de Souza. **Revista de Ciência e Tecnologia: Análise do Desempenho Mecânico de Concretos e Argamassas Mediante a Substituição Parcial da Massa do Agregado Miúdo (Areia) por Vidro Moído Oriundo de Garrafas de Cerveja Long Neck**. Disponível em: <<https://revista.ufr.br/rct/article/view/5942/3087>>. Acesso em 15 de jan. 2023.

MIRANDA, L. M. C. C. **Estudo comparativo entre argamassa de revestimento à base de cimento com adição da cal hidráulica e da cal hidratada**. 88 f. 2009. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 2009.

SANTOS, M. L. L. O. **Aproveitamento de resíduos minerais na formulação de argamassas para a construção civil**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2008.

TRENTIN, Priscila Ongaratto; et al. **Revista Matéria: Substituição parcial de agregado miúdo por resíduo de vidro moído na produção de argamassa**. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rmat/a/wyCkXD3zkSmzPjPpkqmhm3r/?lang=pt>. Acesso em 15 de jan. 2023.

VALDEVIESO, Ana Carolina da Costa; YAMAGUCHI, Natália Ueda. **Produção de concreto sustentável: substituição parcial da areia por vidro moído**. 2021. Disponível em: <<https://rdu.unicesumar.edu.br/handle/123456789/9037>>. Acesso em 07 de jul 2022.



O PARADOXO ENTRE PROCESSOS MANUAIS E DIGITAIS – UMA ANÁLISE DO CICLO DE VIDA DO PAPEL OFFSET EM UMA UNIVERSIDADE BRASILEIRA.

THE PARADOX BETWEEN MANUAL AND DIGITAL PROCESSES - A LIFE CYCLE ANALYSIS OF OFFSET PAPER AT A BRAZILIAN UNIVERSITY.

Ms. Fernanda Camila Martinez Delgado, Doutoranda em Engenharia de Produção, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - Unesp

Fernanda.delgado@unesp.br

Vinicius Artero Sanches – Mestrando em Engenharia de Produção - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - Unesp

vinicius.sanches@unesp.br

Aldino Miguel Francisco – Doutorando em Engenharia civil - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – Unesp

Aldino.miguel@unesp.br

Dr.^a Barbara Stolte Bezerra – Professora do Departamento de engenharia civil e de produção - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - Unesp

Barbara.bezerra@unesp.br

RESUMO:

A digitização, transformar processos manuais em digitais, é uma tendência na atualidade e há indícios de que seja uma opção para auxiliar no alcance de metas ambientais, especialmente nas Universidades; substituindo processos manuais com o uso do papel offset por processos digitais. Diante disso, esta pesquisa analisou o impacto ambiental do consumo de papel A4 offset na Faculdade de Engenharia da Unesp em Bauru (FEB), por meio da Análise do Ciclo de Vida (ACV), após a implantação da digitização de processos, no período da Pandemia do COVID-19. Os principais resultados indicam que a redução do consumo de papel offset colaborou para a diminuição em 74% sobre os impactos nas mudanças climáticas, ecotoxicidade da água doce e consumo de energia na Faculdade analisada.

Palavras-chave: papel offset A4, LCA, universidade, Covid-19, sustentabilidade, processos digitais.

ABSTRACT:

Digitization, transforming manual processes into digital ones, is a current trend and there are indications that it is an option to help achieve environmental goals, especially at

Universities; replacing manual processes with the use of offset paper by digital processes. In view of this, this research analyzed the environmental impact of the consumption of A4 offset paper at the Faculty of Engineering of Unesp in Bauru (FEB), through the Life Cycle Analysis (LCA), after the implementation of the digitization of processes, in the period of COVID-19 pandemic. The main results indicate that the reduction in offset paper consumption contributed to a 74% decrease in impacts on climate change, freshwater ecotoxicity and energy consumption in the analyzed Faculty.

1. Introdução

A Indústria 4.0, conhecida como “Quarta Revolução Industrial”, “Manufatura Inteligente”, “Internet Industrial” ou “Indústria Integrada”, é hoje um tema comumente discutido. Supõe-se que a Indústria 4.0 tem o potencial de impactar indústrias inteiras, mudando a forma como os produtos são projetados, fabricados, entregues e pagos, e a forma como os serviços são prestados (Maresova *et al.* 2018).

Fazem parte da Indústria 4.0 vários tipos de inovações, tais como: manufatura inteligente, computadores integrados, altos níveis de adaptabilidade, mudanças de design, tecnologia da informação, digitização dos processos, treinamento de força de trabalho, mudanças rápidas nos níveis de produção com base na demanda e otimização dos processos na cadeia de suprimentos (Piccarozzi *et al.*, 2022).

Essas inovações têm se tornado cada vez mais frequentes na vida das pessoas, principalmente nas temporadas de 2020 e 2021, quando o distanciamento físico e social era obrigatório por causa da pandemia de Covid-19. Essa situação inédita aproximou pessoas e empresas por meio da internet. Dessa forma, a digitização, a internet das coisas e as plataformas de reunião online foram rapidamente aprimoradas e caíram no gosto popular e empresarial, sendo encaradas como novas ferramentas de trabalho (Simões *et al.*, 2021).

Com destaque, a digitização possibilitou armazenar e compartilhar informações por meio eletrônico, automatizar atividades repetitivas; permitiu o trabalho remoto; melhorou a comunicação dentro da equipe; ajudou a criar ofertas especiais e novos canais de comunicação com os clientes (Ingaldi e Klimecka -Tatar, 2022).

A ferramenta também alcançou as Universidades, uma vez que o trabalho de gestão e propagação do conhecimento dependem, em parte, da disponibilidade de recursos adequados para o alcance de seus objetivos (Omona; van-der-Weide; Lubega, 2010).

Para as universidades, a digitização também auxiliou no alcance de metas de sustentabilidade, no aspecto social, integrando os alunos às novas tecnologias (Decman e Rep, 2022) e nos aspectos ambiental e econômico, através da economia de materiais (Carayannis e Morawska-Jancelewicz, 2022).

Diante dessa realidade, cita-se que um dos materiais que mais sofreu impacto, nas Universidades, devido à mudança dos processos, acelerada no período da COVID-19, foi o papel Offset A4. As declarações, memorandos e outros documentos deixaram de ser impressos e passaram a integrar uma plataforma digital com armazenamento em nuvem (Wolf *et al.*, 2022; Coman *et al.*, 2023).

Segundo Al Jaber *et al.* (2022), na Universidade de Sharjah, nos Emirados Árabes Unidos, a digitalização dos processos diminuiu o consumo médio de papel offset em 52,94% no período da pandemia do COVID-19.

Sancho e Calvo (2022), confirmam em um estudo com Universidades de países da América Latina que antes da pandemia de COVID-19, as correlações entre as frequências de uso das tecnologias de comunicação e informação (TIC), em diferentes atividades acadêmicas, eram positivas e estatisticamente significativas, mas moderadas e, depois da pandemia, as correlações ainda eram positivas e significativas, mas todas mais altas do que antes da pandemia.

Seguindo pelo mesmo caminho, no Brasil, com a finalidade de fomentar a sustentabilidade nos órgãos públicos, o Ministério do Meio Ambiente (MMA) criou a Agenda Ambiental na Administração Pública (A3P), de adesão voluntária (MMA, 2009). Por sua vez, o Governo Federal publicou o Decreto nº 7.746, de 5 de junho de 2012 para estabelecer critérios com o fim de promover o desenvolvimento nacional sustentável e o Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão estabeleceu regras para a elaboração dos Planos de Gestão de Logística Sustentável (PLS).

A partir desta ação do Governo, as Universidades Federais passaram a adotar o PLS como ferramenta de planejamento com objetivos, responsabilidades, metas, prazos de execução e mecanismos definidos para estabelecer práticas de sustentabilidade e racionalização de gastos.

Com o PLS, a universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) conseguiu substituir 39% dos documentos impressos para documentos virtuais (Rio de Janeiro, 2022); a Universidade Federal de Santa Catarina teve uma queda de 85% do consumo de papel offset de 2019 para 2020 (Santa Catarina, 2022); já a Universidade Federal do ABC (UFABC) implementou um sistema integrado de gestão com mecanismo de controle da impressão por identificação do funcionário responsável, mas ainda não há dados específicos sobre a redução do consumo do papel offset.

Dada a importância da inovação de processos para diversos fins, esta pesquisa realizou uma análise de ciclo de vida do consumo de papel offset, utilizando dados da Faculdade de Engenharia da Unesp em Bauru em uma abordagem cradle-to-gate, fazendo um comparativo do consumo no período de 2017 a 2021, utilizando os Inventários de Ciclo de Vida (LCI) do papel offset de Galdiano (2006) e Silva *et al.* (2015).

2. Método

2.1 Local do Estudo de Caso

O estudo de caso foi realizado na Faculdade de Engenharia de Bauru (FEB), Universidade Estadual Paulista (UNESP), campus de Bauru, Brasil. A FEB oferece cursos de graduação e pós-graduação nas áreas de Engenharia Civil, Elétrica, Mecânica e de Produção, além de diversos cursos de Especialização e Extensão. Atualmente, a FEB atende 1.200 alunos entre os cursos citados acima.

2.2 Avaliação do ciclo de vida

Para esta pesquisa foram utilizados os parâmetros da norma técnica NBR 14040 (ABNT, 2014a) e 14044 (ABNT, 2014b) e o Ciclo de Vida do Inventário para papel offset A4 foi adaptado dos estudos de Galdiano (2006) e Silva *et al.* (2015). A unidade funcional desta pesquisa é a vazão de referência de 1kg de papel offset A4 consumido.

3.2.1 Definições de objetivo e escopo

O estudo visa aplicar a metodologia da Análise de Ciclo de Vida para avaliar o impacto ambiental associado ao consumo de papel offset A4, utilizado pela Faculdade de Engenharia da UNESP em Bauru no período de 2017 a 2021, após a intensificação do uso da digitalização.

Para o limite do sistema, foram contemplados os processos de produção florestal, produção de papel (incluindo subsistemas de extração de celulose, produção de papel offset, recuperação química e tratamento de efluentes), uso de papel e posterior descarte, além dos subsistemas de transporte para todas as etapas relacionadas. Não foram considerados os processos de reciclagem do papel após o uso, pois não há dados confiáveis para acompanhamento da destinação final. O limite do sistema é mostrado na Figura 1.

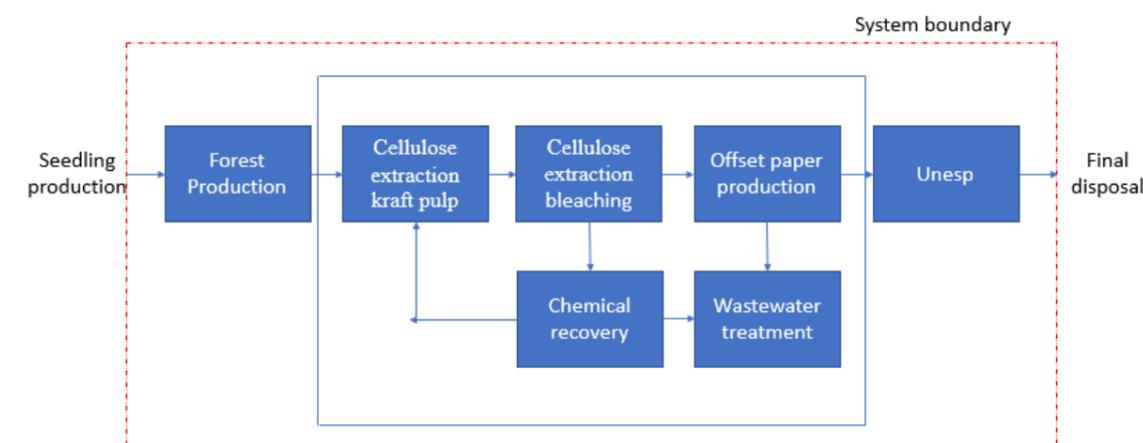


Figura 1: Limite do sistema do papel offset (ACV) nesta pesquisa. **Fonte:** Elaborado pelos Autores.

A unidade funcional adotada, conforme mencionado anteriormente, é o fluxo de referência de 1kg de papel offset A4, relacionando os aspectos ambientais de entrada e saída para cada um dos subsistemas que compõem o sistema de produto em estudo.

3.2.2 Inventário do Ciclo de Vida

Para a fase de Inventário do Ciclo de Vida (LCI), os inventários de conjuntos de dados de produção de madeira de eucalipto (subsistema de produção florestal) e papel offset (subsistema de produção industrial) foram extraídos de dois estudos brasileiros de ACV, Silva *et al.* (2015) e outro de Galdiano (2006).

Tanto Galdiano (2006) como Silva *et al.* (2015) fizeram estudos sobre ACV do papel offset, envolvendo a produção de madeira, extração de celulose, fabricação industrial de papel

offset, e outros subsistemas associados as condições típicas do Brasil, mas no inventário de Silva *et al* (2015) a etapa de produção da madeira foi mais detalhada e atual, por esse motivo, nesta pesquisa, foram utilizados os dados da produção da madeira de Silva *et al* (2015) e de Galdiano (2006) para as demais etapas.

3.2.3 Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida

Para a avaliação do ciclo de vida foi utilizado o software OpenLCA, e o método para demonstrar os impactos foi o ReCiPe V 1.13, onde é possível verificar os impactos nas mudanças climáticas, eutrofização, ecotoxicidade e toxicidade humana.

São exemplos de resultados para os impactos de mudanças climáticas, eutrofização, ecotoxicidade e toxicidade humana e respectivas unidades de medida a ocupação de terras agrícolas (ALOP), mudança climática (GWP500), esgotamento fóssil (FDP), ecotoxicidade de água doce (FETPinf), esgotamento fóssil (FDP), ecotoxicidade de água doce (FETPinf), eutrofização de água doce (FEP), toxicidade humana (HTPinf), radiação ionizante (IRP_HE), ecotoxicidade marinha (METPinf), eutrofização marinha (MEP), depleção de metais (MDP), transformação natural do solo (NLTP), destruição do ozônio (ODPinf), formação de material particulado (PMFP), formação de oxidante fotoquímico (POFP), acidificação terrestre (TAP500), ecotoxicidade terrestre (TETPinf), ocupação do solo urbano (ULOP), esgotamento da água (WDP); que passam a ser analisados na seção seguinte.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como principais resultados, pode-se observar que a utilização do papel dentro da Faculdade de Engenharia da Unesp em Bauru ocorre principalmente nas áreas Administrativas (Departamentos de Recursos Humanos, Graduação e Pós-Graduação), além dos alunos da FEB, durante os cursos presenciais dentro da faculdade. O consumo médio anual em kg de papel dentro da Universidade é apresentado na Figura 2.



Figura 2: Massa de papel offset consumida em Kg por ano na Faculdade de Engenharia da UNESP de Bauru.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Observa-se que nos anos de 2017, 2018 e 2019, antes do início da pandemia, o consumo de papel offset A4 foi de 1.655,45 kg, 1.706,75 kg e 1.723,07 kg, respectivamente. Com o início da pandemia do COVID-19 e a intensificação do uso de processos digitais, o consumo de papel caiu consideravelmente para 722,80 kg em 2020 e 447,67 kg em 2021.

Com os dados de consumo do papel offset foram calculadas as emissões de cada componente, contemplando o Sistema de Transporte da Madeira, o Subsistema de extração e branqueamento, o Subsistema de recuperação química, o Subsistema de fabricação do papel offset e por fim o subsistema de tratamento de efluentes, organizados nos mesmos moldes de Galdiano (2006) e Silva *et al.*, (2015).

De acordo com os cálculos, para o Sistema de transporte de madeira, de 2017 a 2019 houve um aumento nas emissões dos gases relacionados ao uso de óleo diesel em caminhões (CO, CO₂, Hexacloretano e Óxido Nitroso (NO)), e em 2020 e 2021 uma queda de 58,05%.

De acordo com as Categorias de Impacto Ambiental recomendadas pela indústria sueca de papel e celulose (adaptadas de EIA, 1999), os gases emitidos na fase de transporte (CO, CO₂ e NO) têm impacto direto no aquecimento global. O dióxido de enxofre (SO₂) é responsável pela acidificação (aumento do teor de ácido nos ecossistemas terrestres e aquáticos).

No Subsistema extração e branqueamento, concentra-se o uso da maioria dos ácidos e óxidos do sistema, como soda cáustica, espumante, clorato de sódio, ácido sulfúrico, enxofre, peróxido de hidrogênio, cal virgem, ácido clorídrico, metanol, causando efeitos como aquecimento global, destruição da camada de ozônio estratosférico, acidificação (aumento do teor de ácido nos ecossistemas terrestres e aquáticos), eutrofização (excesso de minerais e nutrientes no meio ambiente, principalmente nos recursos hídricos), além do alto consumo de energia elétrica e energia térmica, às vezes de fontes impuras.

No Subsistema de recuperação química, utilizam-se como entradas do processo o licor negro da digestão e lavagem e as energias elétrica e térmica, e como saídas do processo: material particulado, responsável pela formação dos oxidantes fotoquímicos (smog); SO₂, causando acidificação, TRS, sólidos suspensos, BOD₅, causando eutrofização; escória, grãos, cal queimada e cinzas de caldeiras, responsáveis pela poluição do solo.

No Subsistema de fabricação de papel offset; os insumos do sistema considerados: celulose, água, carbonato de cálcio precipitado, aditivos e energia elétrica e térmica. Na saída, são considerados: emissões atmosféricas de CO, causadoras do aquecimento global e do efeito estufa, efluentes líquidos purgados por máquinas e equipamentos fabris, responsáveis pela contaminação das águas; BOD₅ causando eutrofização; e restos de papel de resíduos sólidos que podem ser reciclados ou ir para aterros sanitários.

No Subsistema de tratamento de efluentes, são considerados como insumos: uréia, ácido fosfórico, polieletrólito e energia elétrica, que impactam diretamente na escassez de energia, aquecimento global, efeito estufa e eutrofização. Além disso, todos os produtos químicos e resíduos químicos gerados no processo podem causar toxicidade humana, além da toxicidade ambiental. Os efeitos mais recorrentes são o desenvolvimento de câncer e altos níveis de substâncias nocivas no organismo (Silva *et al.*, 2015).

Após a adoção do inventário, os impactos analisados no processo foram calculados utilizando o programa OpenLCA e a metodologia de avaliação ReCiPe, conforme pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1. Impactos ambientais anuais segundo a metodologia ReCiPe v 1.13.

| Categoria de impacto | Unidade | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|---------------------------------------|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Ocupação de terras agrícolas (ALOP) | m ² a | 3.86962 | 3.98953 | 4.02768 | 1.68955 | 1.04643 |
| Mudanças climáticas (GWP500) | kg CO2-Eq | 1.57905 | 1.62695 | 1.6425 | 0.689 | 0.42674 |
| Depleção de fósseis (FDP) | kg óleo-Eq | 0.7013 | 0.72303 | 0.72994 | 0.3062 | 0.18965 |
| Água doce (FETPinf) | Kg 1,4 DCB-Eq | 0.01604 | 0.01653 | 0.01669 | 0.007 | 0.00434 |
| Eutrofização de água doce (FEP) | Kg P-Eq | 0.00052 | 0.00054 | 0.00054 | 0.00023 | 0.00014 |
| Toxicidade humana (HTPinf) | Kg 1,4 DCB-Eq | 16.7928 | 17.3132 | 17.4787 | 7.33203 | 4.54113 |
| Ecotoxicidade marinha (METPinf) | Kg 1,4 DCB-Eq | 15.1838 | 15.6543 | 15.804 | 6.62951 | 4.10602 |
| Eutrofização Marinha (MEP) | kg N-Eq | 0.00045 | 0.00046 | 0.00047 | 0.0002 | 0.00012 |
| ozônio (ODPinf) | KCFC-11-Eq | 1.50E-07 | 1.60E-07 | 1.60E-07 | 6.70E-08 | 4.10E-08 |
| Formação de Matéria Particular (PMFP) | Kg PM10-Eq | 0.00664 | 0.00684 | 0.00691 | 0.0029 | 0.00179 |
| Formação de oxidante fotoquímico (PO) | Kg NMVOC-Eq | 0.00507 | 0.00522 | 0.00527 | 0.00221 | 0.00137 |
| Acidificação terrestre (TAP500) | Kg SO2-Eq | 0.00545 | 0.00562 | 0.00567 | 0.00238 | 0.00147 |
| Ecotoxicidade terrestre (TETPinf) | Kg 1,4 DCB-Eq | 0.00167 | 0.00172 | 0.00174 | 0.00073 | 0.00045 |
| Ocupação do Solo Urbano (ULOP) | m2a | 0.02588 | 0.02668 | 0.02693 | 0.0113 | 0.007 |
| Esgotamento de água (WDP) | mB água-Eq | 0.04217 | 0.04348 | 0.04389 | 0.01841 | 0.0114 |

De acordo com a Tabela 1, foram calculados os impactos de todo o processo produtivo durante os anos (2017, 2018, 2019, 2020 e 2021). Comparando os períodos críticos de maior consumo de papel (2019) com o período de menor consumo (2021), verifica-se que houve uma redução de impacto em média de cerca 74% em todos os itens.

Também foram calculados os dados de consumo de energia elétrica ao longo do processo de fabricação, principalmente nos anos críticos de maior consumo de papel (2019) e menor consumo (2021), sendo constatada uma queda no consumo de 1406,21 kWh. O consumo de água dentro do processo de fabricação do papel kraft teve uma redução de 24.398,40 no mesmo período comparativo (2019 e 2021), conforme as figuras: 2 e 3.

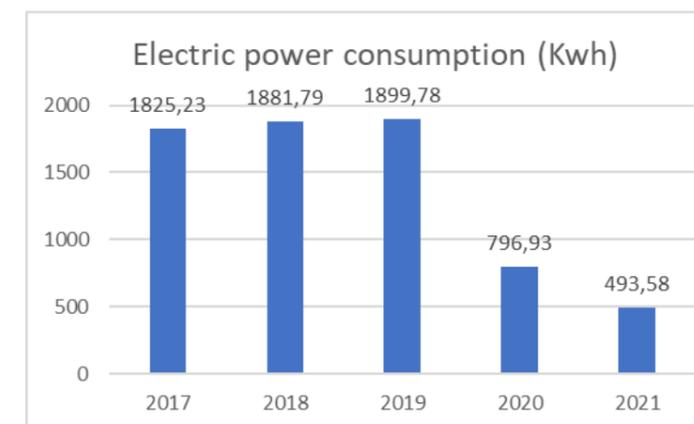


Figura 2: Consumo de energia elétrica por ano, na cadeia produtiva do papel Kraft.

Fonte: Elaborado pelos Autores.



Figura 3: Consumo de água por ano, na cadeia produtiva do papel Offset.

Fonte: Elaborado pelos Autores.

Portanto, a diminuição do uso de papel offset pela Faculdade de Engenharia da Unesp em Bauru, nos anos de 2020 e 2021, devido à intensificação de processos digitais no período da pandemia de Covid-19, trouxe diversos benefícios.

3.2 Impacto do uso da digitalização para a sustentabilidade nas Universidades

A digitalização surge na atualidade como uma mudança de processo capaz de regular estruturas industriais e energéticas, sendo de grande contribuição para a produção, circulação, consumo e compartilhamento de dados, tendo em vista que pode melhorar a eficiência energética, a conservação de recursos e redução de emissões (Xie and Wang, 2023).

Outros benefícios decorrentes do processo de digitalização são: a evolução da divisão do trabalho, o maior controle sobre os bens utilizados pelas equipes, a criação de uma cultura de



uso consciente dos materiais (Dongchu e Liu, 2022), além de promover satisfação do consumidor pela maior agilidade e comodidade nos atendimentos.

E não é só, o controle do uso de recursos de cada empresa, pública ou privada, inclusive das Universidades pode colaborar com objetivos maiores, impulsionando o desenvolvimento sustentável do país e auxiliando nas metas de redução de emissões de gases de efeitos estufa.

Em 2015, por exemplo, o Brasil assinou o acordo de Paris e se propôs a colaborar no controle das emissões que causam o aquecimento global, tendo em vista ser o 3º maior poluidor da lista de países signatários do acordo (Brasil, 2023).

Dentre as metas brasileiras para o acordo de Paris estão: aumentar o uso de fontes alternativas de energia, aumentar a participação de bioenergias sustentáveis na matriz energética para 18% até 2030, utilizar tecnologias limpas na indústria, melhorar a infraestrutura dos transportes, diminuir o desmatamento e reflorestar até 12 milhões de hectares.

Diante desta realidade, a digitização surge como uma ferramenta útil para alavancar o desenvolvimento sustentável das empresas e das Universidades em prol de um objetivo maior.

Em um sistema educacional moderno, a digitização implica no fornecimento de plataformas digitais abrangentes que ofereçam comunicação, acesso à internet, reuniões online, bibliotecas, soluções de inteligência artificial, computação em nuvem e outros serviços aos usuários que vieram a substituir boa parte dos documentos impressos em papel offset por dados em nuvem (Zhang, Gao, Zhou, 2023).

Na faculdade objeto desta pesquisa, houve a intensificação do uso da Plataforma Institucional on line e os documentos que antes eram impressos em papel offset são fornecidos por meio da plataforma, em PDF, com certificação de assinatura digital da autoridade responsável. Documentos como: histórico escolar, atestado de matrícula, declarações são emitidas via solicitação online. Também para matricular-se em cursos não é preciso a presença física do aluno, podendo ser feita de forma on line.

A plataforma Institucional on line da Faculdade agilizou processos que antes eram manuais e que demandavam uma espera de 5 a 7 dias para obtenção do documento. Hoje em meio a digitização as declarações e atestados são liberados em tempo real.

Por outro lado, o setor de tecnologia da informação também é conhecido pelo uso de excesso de energia, de emissões de gases de efeitos estufa e de ser responsável por grande quantidade de descarte de resíduos perigosos (resíduo eletrônico); com baixa capacidade de reciclagem. Sistemas de armazenamento de dados menores e portáteis com baixas demandas de resfriamento, energia e descarte, ainda estão em teste e são extremamente caros (Yazdani *et al.*, 2022).

No Brasil, a preocupação com o consumo de energia vai além das consequências ambientais, uma vez que o país possui uma das tarifas de energia elétrica mais caras do mundo (IEA, 2018).

Ainda, a grande quantidade de tráfego de dados é feita via computação em nuvem e com relação aos impactos ambientais, as nuvens computacionais podem agravar o problema das emissões de carbono e o aquecimento global, devido à alta demanda e baixa eficiência energética (Greenpeace, 2013).

Desde a COP 25, os custos de energia para manutenção da nuvem têm sido questionados, pois ao mesmo tempo em que as TICs auxiliam no desenvolvimento e cumprimento de muitas das metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, elas também se tornam uma grande vilã no consumo de energia, responsável por 1,5% do consumo mundial de energia e 2% das emissões de CO₂. (Chen *et al.*, 2022).

Sobre os impactos do uso da digitização na Faculdade de engenharia da Unesp em Bauru ainda não há dados confiáveis para a aplicação da ferramenta de análise do ciclo de vida.

Como pode ser visto, há uma forte tendência forte sobre o uso da digitização e seus benefícios positivos na atualidade, mas é preciso que cada Universidade faça uma análise dos pontos positivos e negativos para verificar se a substituição do papel impresso por dados na nuvem estão realmente gerando economia de recursos e atendendo ao determinado pelo Governo e em Planos de gestão de Logística Sustentável.

4. CONCLUSÕES

A ACV é uma das principais técnicas para avaliar quantitativamente os impactos ambientais durante o ciclo de vida dos produtos. A aplicação desta técnica possibilita identificar os impactos ambientais mais relevantes (Silva *et al.*, 2015) e pode colaborar para fundamentar a tomada de decisões estratégicas nas Universidades, bem como servir de base para formulação de metodologias e indicadores para acompanhamento e gestão do Campus Universitário.

Desta forma, esta pesquisa teve o objetivo de fazer uma análise do ciclo da vida do papel offset consumido na Faculdade de Engenharia da Unesp em Bauru, com foco na digitização de processos, incentivado por metas governamentais e intensificados no período da pandemia do COVID-19.

Os resultados da análise do ciclo de vida do papel offset consumido na Faculdade de Engenharia da Unesp em Bauru, nos anos de 2017-2021, colaboraram para identificar os pontos de maior impacto ambiental relacionado ao consumo de papel offset.

Segundo os resultados desta pesquisa, a redução de consumo de papel offset A4, nos anos investigados (2017-2021), diminuiu em 58%, os impactos ambientais negativos, nos dois primeiros anos (2017-2018), e em 74% nos dois últimos anos (2020-2021) de acordo com as categorias elencadas na metodologia ReCiPe, dando indícios que a adoção da digitização pode ter sido uma boa decisão da alta administração da Universidade, em termos de sustentabilidade ambiental.

No entanto, é necessário que as Universidades ponderarem os pontos positivos e negativos da adoção do processo de digitização com uso da computação em nuvem, uma vez que esse sistema possui pontos negativos, como: alto custos de equipamentos, maior uso de energia para manutenção dos data centers, difícil reciclagem dos componentes eletrônicos e altas taxas de tarifa de energia praticadas no Brasil.

Faz parte de um bom plano de gestão, analisar todos os impactos do uso de materiais, assim, esta pesquisa colabora de forma gerencial e prática indicando um caminho salutar para outras universidades iniciarem o controle dos impactos ambientais de seus processos, através



da ferramenta de análise de ciclo de vida, a fim de tomarem decisões mais assertivas sobre o uso do papel offset, material de uso comum e corriqueiro.

Além disso, otimizar recursos colaborando com impactos ambientais são metas a serem atingidas pelas Universidades brasileiras, por meio da implementação dos PLS(s).

Também empresas de todos os portes, que realizam processo com papel offset impresso, são aptas a realizar uma análise do ciclo de vida e, assim, verificarem pontos de melhoria para otimização de recursos, maximização de lucros e ainda cumprimento de normas governamentais.

Do ponto de vista teórico o conceito de digitalização foi explorado nesta pesquisa, assim como em Alekseieva *et al.*, (2022), esse termo é designado para abranger a transformação de processos manuais em digitais e, nesta pesquisa, foi usado para analisar a troca dos processos manuais com uso de papel offset impresso pelos dados armazenados e compartilhados via Plataforma Institucional online da Universidade.

Como limitações do estudo, observa-se que a pesquisa englobou apenas a Faculdade de Engenharia da Unesp em Bauru e não todo o Campus, uma vez que cada Faculdade integrante do Campus possui autonomia para compras e os fornecedores de papel offset são diferentes.

Em relação a pesquisas futuras, a análise do consumo de energia dos equipamentos e da nuvem que serve a Faculdade pode gerar uma discussão mais rica em torno das vantagens e desvantagens da substituição de processo manual do uso do papel offset e os dados compartilhados via Plataforma Institucional e Armazenados em Nuvem

Referências

_____. **Agenda Ambiental na Administração Pública (A3 P)**. 5.ed. Brasília, DF. 2009. 100 p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/a3p/_arquivos/cartilha_a3p_36.pdf> Acesso em: 21/04/2015.> Acesso em: 21 abr. 2015.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações – MCTIC Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento – SEPED Coordenação-Geral do Clima – CGCL. Disponível em **Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações – MCTIC Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento – SEPED Coordenação-Geral do Clima – CGCL**. Acesso em jan. 2023.

ALEKSEIEVA K, NOVIKOVA I, BEDIUKH O, KOSTYUK O, STEPANOVA, A. Technological orders' change caused by the pandemics: Digitalization in the internationalization of technology transfer. **Problems and Perspectives in Management**, vol. 19, nº. 3, pp. 261-272, 2022.

AL JABERI, BH; ALSYOUF, I.; SEDAGHAT, MM; IBRAHIM, IAS; ALMALAHI, MN. The Role of Covid-19 in Moving Towards a Paperless Campus: The Case of the University of Sharjah. **Advances in Science and Engineering Technology International Conferences, ASET**, 2022 available at: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9734887>.

ANTÓN-SANCHO, A., SÁNCHEZ-CALVO, M. Influence of Knowledge Area on the Use of Digital Tools during the COVID-19 Pandemic among Latin American Professors. **Education Sciences** 12, no. 9: 635, 2022. <https://doi.org/10.3390/educsci12090635>.

Brasil. Decreto 7.746, de 5 de junho de 2012. **Regulamenta o art. 3º da Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993**. Disponível em planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/decreto/d7746.htm. Acesso em jan. 2023

CARAYANNIS, E.G., MORAWSKA-JANCELEWICZ, J. The Futures of Europe: Society 5.0 and Industry 5.0 as Driving Forces of Future Universities. **J Knowl Econ** 13, 3445–3471, 2022. <https://doi.org/10.1007/s13132-021-00854-2>.

CHEN, C., GUO, W., WANG, Z., YANG, Y., WU, Z., & LI, G. An Energy-Efficient Method for Recurrent Neural Network Inference in Edge Cloud Computing. **Symmetry**, 14(12), 2524, 2022.

COMAN, C., NETEDU, A., DAMEAN, S. L., TODERICI, O. F., BRICIU, V. A., PASCU, M. L., E BULARCA, M. C. Improving the Quality of Community Public Services-Case Study: General Directorate of Personal Records, Braşov. **Sustainability** 15, no. 1: 816, 2023. <https://doi.org/10.3390/su15010816>.

CONE, L., BRØGGER, K., BERGHMANS, M., DECUYPERE, M., FÖRSCHLER, A., GRIMALDI, E., HARTONG, S., HILLMAN, T., IDELAND, M., LANDRI, P., VAN DE OUDEWEETERING, K., PLAYER-KORO, C., BERGVIKEN RENSFELDT, A., RÖNNBERG, L., TAGLIETTI, D., & VANERMEN, L. Pandemic Acceleration: Covid-19 and the emergency digitalization of European education. **European Educational Research Journal**, 21(5), 845–868, 2022. <https://doi.org/10.1177/14749041211041793>.

DECMAN, N.; REP, A. Digitalization in Teaching Economic Disciplines: Past, Current and Future Perspectives. **Business Systems Research Journal**, 13(2) 1-7, 2022. <https://doi.org/10.2478/bsrj-2022-0012>.

EIA - Program on Advanced Energy-Efficient Technologies for the Pulp and Paper Industry. Annex XII: Assessment of life-cycle-wide energy-related environmental impacts in the pulp and paper industry. **Final Report**. Norway, 1999.

GALDIANO, GP (2006). Life Cycle Inventory of Offset Paper Produced in Brazil. **Master's Dissertation** in Chemical Engineering, Polytechnic School of the University of São Paulo.

IEA. **Ranking de tarifa de consumo de energia elétrica por país**. Disponível em <https://www.iea.org/data-and-statistics>. Acesso em jan. 2023.

INGALDI, M., KLIMECKA-TATAR, D. Digitization of the service provision process - Requirements and readiness of the small and medium-sized enterprise sector. **Procedia Computer Science**, Vol. 200, pp. 237-246, 2022.

ISO 14044:2006 (2006) **Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework**

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Conferência das Nações Unidas Sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento. Agenda 21 Global**. Brasília, DF. 1995. Disponível em: <



<http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-global>
Acesso em: 07 de jun. 2015.

Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Regulamenta o art. 3º da Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993.** Disponível em <https://www.gov.br/compras/pt-br/aceso-a-informacao/legislacao/instrucoes-normativas/instrucao-normativa-no-10-de-12-de-novembro-de-2012#:~:text=NOVEMBRO%20DE%202012-,INSTRU%C3%87%C3%83O%20NORMATIVA%20N%C2%BA%2010%2C%20DE%2012%20DE%20NOVEMBRO%20DE%202012,2012%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAs>. Acesso em jan. 2023.

YAZDANI, M., PAMUCAR, D., ERDMANN, A., TORO-DUPOUY, L. Resilient sustainable investment in digital education technology: A stakeholder-centric decision support model under uncert. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 188, nº 122282, ISSN 0040-1625, 2023 <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.122282>.

OMONA, W., VAN DER WEIDE, T., & LUBEGA, J. Using ICT to enhance knowledge management in higher education: A conceptual framework and research agenda. **International Journal of Education and Development using ICT**, 6(4), 83-101, 2010.

PICCAROZZI, M., SILVESTRI, C., AQUILANI, B., SILVESTRI, L. Is this a new story of the 'Two Giants'? A systematic literature review of the relationship between industry 4.0, sustainability and its pillars. **Technological Forecasting and Social Change**, Vol. 177, Nº 121511, 2022.

SIMÕES, A., FERREIRA, F., CASTRO, H., (...), SILVA, D., DALMARCO, G. Adoption of Digital Technologies During the COVID-19 Pandemic: Lessons Learned from Collaborative Academia-Industry R&D Case Studies”, **IEEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN)**, 2022 available at: <https://pesquisa.bvsalud.org/global-literature-on-novel-coronavirus-2019-ncov/resource/en/covidwho-1735814>. Accessed 20 August 2022.

SILVA, DAL, PAVAN, ALR, DE OLIVEIRA, JA E, OMETTO, AR. Life cycle assessment of offset paper production in Brazil: hotspots and cleaner production alternatives. **Journal of Cleaner Production**, Vol. 93, No. 5107, p. 222-233, 2015.

Universidade Federal do ABC. **Comissão Gestora da Elaboração do PLS Plano de Logística Sustentável: PLS 2016-2022** / Comissão Gestora da Elaboração do PLS da Universidade do ABC. São Bernardo do Campo, SP: Editora da Universidade Federal do ABC, 2016.

Universidade Federal de Santa Catarina UFSC. **Plano de Logística Sustentável.2021-2024.** Disponível em https://galeria.ufsc.br/d/204753-1/PLS+OFICIAL+2021+-+2024_compressed_001.pdf. Acesso em: jan. 2023.

Universidade Federal do Rio de Janeiro. **Plano de Logística sustentável.** 2022. Disponível em <https://ufrj.br/wp-content/uploads/2022/01/pls-material-de-consumo.pdf>. Acesso em jan. 2023.

WOLF MA, PIZANIS A., FISCHER G., LANGER F., SCHERBER P., STUTZ J., ORTH M., POHLEMANN P., FRITZ T. “COVID-19: a catalyst for the digitization of surgical

teaching at a German University Hospital”. **BMC Medical Education**, Vol. 22, No. 308, 2022.

XIE, X., & WANG, J. The Influence and the Function of the Digitalization of Logistics on Carbon Emission in China. **Polish Journal of Environmental Studies**. vol. 32 (1), 889-899, 2023. <https://doi.org/10.15244/pjoes/154740>.

XU, J., SHE, S., & LIU, W. Role of digitalization in environment, social and governance, and sustainability: Review-based study for implications. **Frontiers in Psychology**, vol. 13, 2022.



Medidas construtivas para preservar a madeira nas edificações brasileiras

Constructive measures to preserve wood in Brazilian building construction

Luciana da Rosa Espíndola, Doutora, Instituto Federal de Santa Catarina.

luciana.espindola@ifsc.edu.br

Gustavo Rodolfo Perius, Mestre, Instituto Federal de Santa Catarina.

gustavo.perius@ifsc.edu.br

Cecília Torres Rego, estudante, Instituto Federal de Santa Catarina.

cecilia.if.cica@gmail.com

Luísa Diniz Silva de Aguiar, estudante, Instituto Federal de Santa Catarina.

luisadiniz00@gmail.com

Resumo

Apesar da madeira apresentar vantagens para construções tecnológicas e sustentáveis, ainda há muito receio sobre este material, pois muitos questionam sua durabilidade. Esta não é uma discussão recente. Mas faz-se necessário ampliar a divulgação deste tema para compreender e responder as necessidades populares sobre a madeira na construção brasileira. Esta pesquisa teve por objetivo investigar e apontar medidas preventivas que visam preservar a madeira nas edificações. Inicialmente, foi realizado um levantamento bibliográfico sobre os comportamentos da madeira conforme suas características biológicas. Na sequência, foram investigadas boas e más práticas construtivas que afetam a durabilidade e o desempenho da madeira em referências de projetistas e construtores. E, por fim, foram desenvolvidos materiais digitais sobre as especificidades da madeira e sobre dicas para a madeira na construção por meio de software de ilustração gráfica. Com estes resultados, esta pesquisa pretende contribuir para desmistificar e propagar o uso adequado da madeira na construção brasileira.

Palavras-chave: Madeira; Construção; Durabilidade

Abstract

Although wood has advantages for technological and sustainable buildings, there is still much fear about this material because many people question its durability. This is not a recent discussion. But it is necessary to increase the dissemination of this theme to understand and respond to popular needs regarding wood in Brazilian construction. This research aimed to investigate and point out preventive measures to preserve wood in building construction. Initially, a bibliographic survey was carried out

on wood's needs and behaviors according to its biological characteristics. Positive and negative construction practices that affect the durability and performance of wood were investigated on designers and builders' recommendations. And, finally, digital materials were developed about wood's specificities and tips for wood in construction, using graphic illustration software. With these results, this research intends to contribute to demystify and propagate the adequate use of wood in Brazilian construction.

Keywords: Wood; Construction; Durability

1. Introdução

O tema escolhido para este artigo – durabilidade da madeira na construção de edificações – não é novo (BITTENCOURT, 1995, BENEVENTE, 1995). Porém, ainda existe muita desinformação sobre a aplicação correta deste material na construção que o levam à uma rápida degradação.

Em muitos países, a madeira, enquanto produto engenheirado como o *Cross Laminated Timber* (CLT), tem se tornado uma opção cada vez mais procurada para construções de edifícios (ILGIN, KARJALAINEN, PELSMAKERS, 2022). Pois, além das vantagens dos desempenhos estrutural, térmico e acústico, a madeira, em especial as de florestas plantadas, é um material de baixo impacto ambiental, já que captura e armazena CO₂ na sua estrutura interna.

No entanto, no Brasil, em geral, a madeira atua como coadjuvante nas construções, sendo aplicada em revestimentos de piso e de forro, em elementos de estruturas de coberturas e em esquadrias. Historicamente, existe uma certa resistência ao uso da madeira como material principal das edificações (BITTENCOURT, 1995, GARCIA PUNHAGUI, 2014, SHIGUE, 2018). Pois, muitos acreditam que este material é muito frágil, apodrece, dura pouco, queima fácil, tem cupim. Mas, arquiteturas e estruturas centenárias de madeira, como o templo japonês Horyu-ji do ano 607 (SMITH, SNOW, 2008) e o chinês Yingxian Wooden Pagoda do ano 1056 (QUE *et al.*, 2017), comprovam o contrário – se bem aplicada, a madeira é um material altamente durável.

Na realidade, muitos mitos sobre a madeira são fundados na falta de conhecimento técnico e nas aplicações errôneas deste material que afetam diretamente sua durabilidade na construção. Com a necessidade urgente de propagar e aplicar sistemas construtivos mais sustentáveis, é preciso quebrar estes paradigmas. A construção deste conhecimento precisa ser resgatada e divulgada para formar profissionais mais completos e atualizar aqueles que já atuam no mercado de trabalho.

Infelizmente, com reduções nos currículos escolares, a madeira é cada vez menos estudada nos conteúdos programados de unidades como materiais de construção, tecnologia da construção e sistemas estruturais de cursos técnicos em edificações e de graduações em engenharia civil e arquitetura. Observando as ementas destes cursos, nota-se que a madeira aparece em tópicos mais gerais e secundários (APRILANTI, 2019).

É extremamente importante conhecer a estrutura e o comportamento da madeira para adotar medidas preventivas no projeto arquitetônico com intuito de evitar a ocorrência de fenômenos patológicos na edificação (BITTENCOURT, 1995). Entretanto, muitos técnicos em edificações, engenheiros civis e arquitetos já atuantes no mercado de trabalho não se sentem seguros para projetar e construir com madeira.

Assim, esta pesquisa visa contribuir na investigação, no reforço do conhecimento e na propagação de informações técnicas sobre a importância de adotar medidas preventivas nos projetos arquitetônicos de construções em madeira no Brasil.

2. Procedimentos Metodológicos

O objetivo geral desta pesquisa foi apontar diretrizes de medidas preventivas para preservar a madeira em projetos de edificações. Para alcançar este objetivo, as principais atividades feitas foram: (1) levantamento das características físicas e biológicas da madeira para compreender as necessidades e os comportamentos deste material; (2) investigação de boas e más práticas construtivas que afetam a durabilidade e o desempenho da madeira; (3) desenvolvimento e publicação de materiais digitais sobre as especificidades da madeira e sobre dicas para estas construções.

Os métodos adotados para executar estas atividades foram: (a) revisão bibliográfica do tema em normas, livros, artigos, teses (PFEIL, PFEIL, 2003, GONZAGA, 2006, SZÜCS *et al.*, 2016, BRITO, 2014, LEPAGE, 1986, CALIL JR *et al.*, 2006), (b) consulta de detalhes de projetos e construções em madeira em livros, revistas, sites e mídias sociais de arquitetura e de engenharia; (c) elaboração de materiais digitais no software de ilustração gráfica Canva e publicação no Instagram.

3. Resultados

Na sequência, os seguintes resultados serão apresentados: a estrutura anatômica da madeira; agentes degradadores da madeira; práticas positivas para a durabilidade da madeira na construção; e, postagens de dicas sobre a madeira na construção.

3.1 Estrutura anatômica da madeira

Para conhecer as necessidades e os comportamentos da madeira é necessário compreender suas características físicas, mecânicas e biológicas. Esta análise vem sendo feita ao longo dos anos por institutos e laboratórios de pesquisa que aferiram e publicaram as propriedades de diversas espécies de madeira no Brasil (ZENID, 2009).

As árvores crescem em dois sentidos: vertical e diametral. No seu diâmetro, a cada ano, camadas sucessivas vão se sobrepondo sobre as camadas antigas. E, conforme as estações do ano, primavera/verão e outono/inverno, estas camadas chamadas de lenho inicial e lenho tardio apresentam, respectivamente, cores claras e escuras conforme sua estrutura celular menos ou mais densa. O conjunto de duas camadas – um lenho inicial mais um lenho tardio – compõe um anel de crescimento. Mas nem todas as espécies apresentam claramente a distinção entre lenhos, variando conforme o clima. Portanto, destaca-se que crescimento e a estrutura de cada árvore estão diretamente relacionados ao local onde ela está plantada (PFEIL, PFEIL, 2003, GONZAGA, 2006, SZÜCS *et al.*, 2016).

No corte transversal de um tronco de uma árvore podemos ver suas camadas principais. Conforme ilustra a Figura 1, de fora para dentro tem-se: a casca exterior, a casca interior ou floema, o câmbio, o alburno, o cerne e a medula. Também podemos observar os raios medulares.

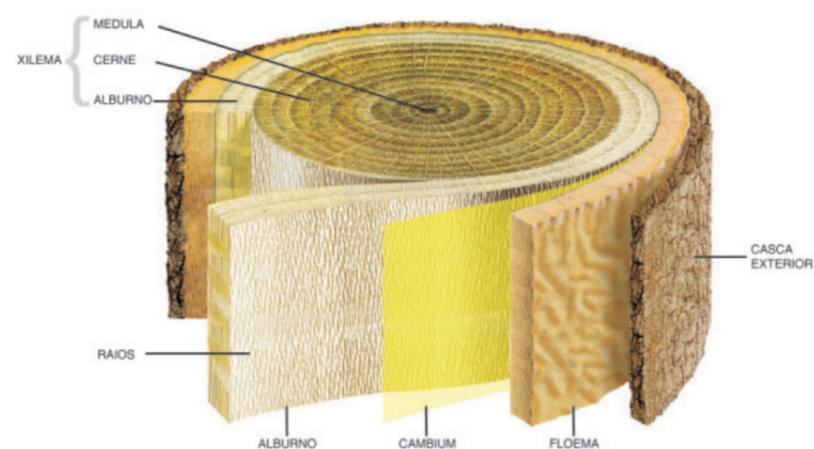


Figura 1: Corte transversal do tronco com as principais camadas constituintes. Fonte: Gonzaga, 2006

A casca é a proteção externa da árvore formada por uma camada externa de células mortas, chamada camada cortical ou ritidoma, e por uma camada interna de tecido vivo e macio que conduz o alimento preparado nas folhas para as partes em crescimento, chamada de floema. O câmbio ou líber é uma camada delgada visível com auxílio de lentes microscópicas. É onde ocorre a divisão celular que aumenta o diâmetro do tronco, com a adição de novas camadas. O lenho, parte resistente do tronco, é subdividido em alburno e cerne. O alburno é a camada formada por células vivas que conduzem a seiva das raízes para as folhas. Por sua vez, com o crescimento, as células do alburno se tornam inativas, com coloração mais escura, constituindo o cerne, com função de sustentar o tronco. A medula é caracterizada por um tecido macio localizado na parte central que resulta do crescimento vertical. E, os raios medulares ligam as diferentes camadas entre si e transportam e armazenam a seiva. Portanto, destas partes, observa-se que o cerne é o mais resistente para aplicação nas construções. (PFEIL, PFEIL, 2003, GONZAGA, 2006, SZÜCS et al., 2016).

As células da madeira que são como tubos de paredes finas alinhados na direção axial do tronco e colados entre si, chamadas de fibras longitudinais. Nas madeiras de coníferas as fibras constituem cerca de 90% da estrutura da árvore, sendo o elemento portante da árvore. Estas fibras têm suas extremidades permeáveis e conduzem a seiva pelos canais, ou traqueídeos. Também, apresentam perfurações laterais que permitem a passagem de líquidos (Figura 2a). Por sua vez, nas madeiras de árvores folhosas, as fibras longitudinais têm suas extremidades fechadas. Então, a seiva circula em outras células com extremidades abertas, denominadas vasos ou canais. Neste caso, suas fibras têm apenas a função portante (Figura 2b) (PFEIL, PFEIL, 2003). Observar a configuração e a constituição física e química de cada espécie a ser aplicada na construção é importante para saber, por exemplo, a trabalhabilidade da madeira e sua tratabilidade, para preservá-la contra agentes degradadores bióticos.

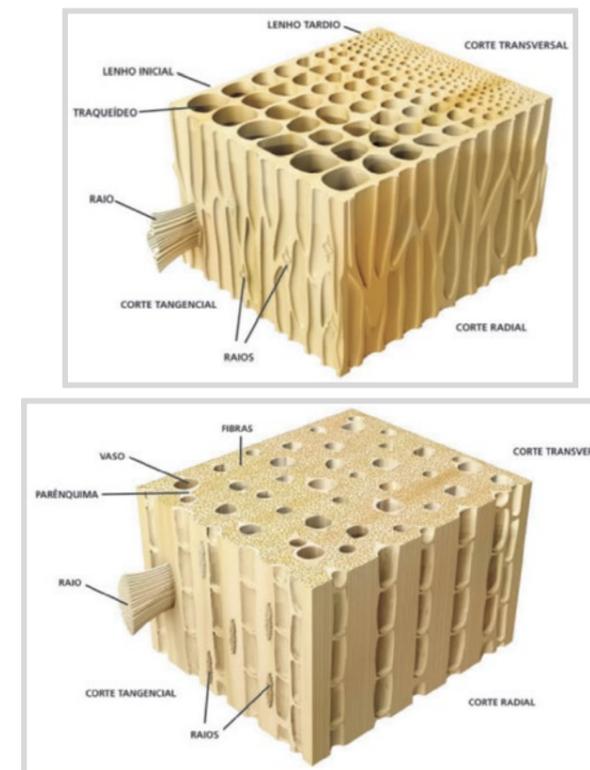


Figura 2: Microestrutura de uma madeira de conífera (a) e de folhosa (b). Fonte: Gonzaga, 2006

Em geral, a estrutura da árvore é constituída por três componentes orgânicos principais: celulose, lignina e hemicelulose. A celulose é um polímero constituído por várias centenas de glucoses e é encontrada nas paredes das fibras, vasos e traqueídeos. A lignina age como um liga para as cadeias de celulose dando rigidez e dureza ao material. E a hemicelulose é considerada hidrófila e, por isso, contribui para a elasticidade e as variações dimensionais da madeira. Ainda, outras substâncias não utilizadas pelas células como alimento são lentamente armazenadas no lenho, formando o cerne (PFEIL, PFEIL, 2003, SZÜCS et al., 2016). Conforme a constituição química da espécie associada ao ambiente em que ela está aplicada, a madeira pode ser mais ou menos atrativa para os agentes deterioradores bióticos. Por isso, a NBR 7190 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2022) recomenda avaliar a necessidade e o tipo de tratamento preservativo.

3.2 Agentes deterioradores da madeira

A deterioração da madeira afeta negativamente suas propriedades. Essa deterioração pode ocorrer por meio de ações biológicas, físicas, químicas, mecânicas conforme as condições ambientais em que o material está sujeito (CALIL JR et al., 2006).

A origem da deterioração da madeira ocorre principalmente por agentes bióticos e agentes abióticos. Dentre os agentes bióticos – vivos – estão: os fungos manchadores, emboloradores

e apodrecedores; os insetos, como cupins, brocas, formigas carpinteiras e abelhas carpinteiras; e os perfuradores marinhos, como moluscos e crustáceos (BRITO, 2014, LEPAGE, 1986).

A exposição prolongada da madeira à umidade potencializa o ataque de agentes biológicos. O desenvolvimento destes organismos biodeterioradores ocorre, em geral, entre temperaturas de 21°C a 29°C em ambientes oxigenados. E, muitos desses agentes bióticos utilizam a madeira como fonte de alimento e, por isso, são chamados de xilófagos (BRITO, 2014).

Por sua vez, dentre os agentes abióticos – não vivos – estão: agentes físicos como patologias de origem estrutural, danos mecânicos, danos por animais silvestres, danos por vandalismo; agentes químicos, como corrosão em ligações metálicas e efeitos da corrosão na madeira; agentes atmosféricos ou meteorológicos, como raios solares, luz ultravioleta, intemperismo e vento; e, também, danos devido ao fogo (BRITO, 2014, LEPAGE, 1986).

Por ser um material higroscópico, a constante variação de umidade na madeira pode ocasionar empenamento, rachaduras, fendas nas peças (BRITO, 2014, GONZAGA, 2006).

Ainda, vale ressaltar que falhas humanas também afetam diretamente a durabilidade da madeira. Geralmente, observam-se falhas e ausências no projeto, escolha incorreta dos materiais de construção, erros de execução, falta de controle de qualidade da obra, uso inadequado da edificação, falta de inspeções e de manutenções periódicas (BRITO, 2014).

3.3 Práticas positivas para a durabilidade da madeira nas edificações

Ao se desenvolver um projeto e realizar a execução de uma construção em madeira ou com elementos em madeira é necessário levar em consideração o risco de decaimento da durabilidade do material tanto por agentes bióticos e abióticos. Desta forma, além da escolha da espécie adequada (ZENID, 2009) e do tratamento contra agentes bióticos (VIDAL et al., 2015), uma série de cuidados com relação ao projeto e construção dos elementos construtivos da edificação podem colaborar com o aumento da durabilidade da madeira.

De uma forma generalizada, os detalhes técnicos das edificações devem considerar parâmetros para a prevenção da degradação da madeira, como (GONZAGA, 2006):

- Proteção contra chuvas e raios solares.
- Garantir o rápido escoamento da água.
- Facilitar a secagem de peças úmidas de madeira por meio de correntes de ar ou ventilação cruzada.
- Evitar contato direto da madeira com o solo ou com materiais construtivos que transmitam umidade.
- Criar camadas de ar como elementos separadores.
- Realizar fiscalização e manutenção constante da edificação.

Com relação à umidade, que pode levar ao apodrecimento da madeira, recomenda-se que a madeira não deve ficar longos períodos em contato com a água. Assim, no caso das fachadas, o escoamento deve ser feito o mais rápido possível, sem barreiras impeditivas em suas ligações ou juntas. Além disso, o prolongamento do telhado pode evitar ou reduzir o contato da água com a parede (ESTUQUI FILHO, 2006).

Além do prolongamento do beiral, que deve ser no mínimo de 60 centímetros. É recomendado o uso de calhas com dimensionamento e inclinação adequada para o escoamento das águas pluviais (CASTRO et al., 2018)

Salienta-se que as peças em madeira não devem estar em contato com o solo. No caso de impossibilidade, deve-se apoiar o elemento em uma sapata ou bloco, devidamente impermeabilizado, para evitar a ascensão da água por capilaridade. Além disso, peças estruturais, como a estrutura de um telhado, devem permanecer em local com dispositivo que permita a ventilação cruzada (ESTUQUI FILHO, 2006).

Os conectores, como pregos, parafusos, chapas metálicas, utilizados para ligar duas ou mais peças de madeira, deverão ter proteção contra oxidação ou serem fabricados de liga metálica que ofereça a mesma resistência, pois uma vez que a madeira é um material higroscópico, a umidade pode provocar a corrosão dos mesmos e a perda da capacidade de suporte de cargas.

Além de todos esses cuidados, a inspeção e a manutenção dos sistemas são importantes, uma vez que, ao longo do tempo, pode haver falhas e os dispositivos, assim como os tratamentos aplicados sobre a madeira, podem se tornar ineficazes.

3.4 Postagens com dicas para a madeira na construção

Para alcançar um público externo à academia, esta pesquisa tem buscado transformar os levantamentos e as diretrizes de projeto, construção e manutenção em materiais gráficos e digitais, com formatações conforme as mídias sociais mais frequentes, como Instagram. Para isso, foi criado um perfil no Instagram chamado “Edifica Madeira”.

Os *posts* estão sendo elaborados em arquivos colaborativos no Padlet, no Google Drive e no Canva por alunos dos cursos de engenharia civil e de técnico em edificações das unidades curriculares de estruturas de madeira, de tecnologia e de materiais da construção, auxiliados por professores e estudante do curso superior de tecnologia em design. Para a criação de imagens autorais, sugere-se utilizar softwares de arquitetura e engenharia, como Sketchup, AutoCad, e outros softwares para elaboração gráfica, como Canvas, Inkscape – todos em versão educacional ou online, gratuitos.

Os primeiros posts procuram instigar a população a expressar suas opiniões e seus receios sobre a madeira na construção: “Queremos ajudar a população em geral a entender melhor como a madeira pode ser durável, resistente e eficiente na construção de edificações. Você acha esse tema importante? Você tem alguma dúvida sobre a madeira na construção?” Na sequência, foram colocadas algumas vantagens da madeira na construção e destacadas as principais partes da estrutura da madeira, ressaltando o cerne como parte mais resistente para ser utilizado na construção (Figura 3). A proposta é continuar elaborando posts em conjunto com os estudantes e divulgando o perfil em comércios de materiais de construção, incluindo madeiras.



Figura 3: Postagens sobre a madeira na construção de edificações. Fonte: elaboração própria.

4. Considerações Finais

Este estudo elaborou uma revisão sobre as características anatômicas e estruturais da madeira para salientar como este material natural, conforme suas especificidades de composição química e física atreladas às condições locais em que se insere, pode estar sujeito a agentes degradadores bióticos e abióticos. O Brasil, por ter um clima quente e úmido, apresenta maior risco de biodeterioração da madeira.

Entretanto, além dos tratamentos preservativos, é possível adotar medidas construtivas positivas para garantir a durabilidade da madeira na construção. O projeto deve contemplar detalhes que, principalmente, protejam a madeira contra contato direto com a umidade ou um ciclo de reumidificação constante que é propenso à propagação de fungos e insetos xilófagos.

Assim, sugere-se: adotar grandes beirais; utilizar pingadeiras nas esquadrias; proteger os topos das peças externas com material metálico galvanizado; elevar as peças de madeira do solo; colocar material impermeabilizante e/ou separadores em elementos construtivos que podem transmitir umidade, como contrapiso e viga de concreto; elevar elementos da fachada de madeira consideravelmente do nível do solo; realizar a drenagem superficial do terreno sob a edificação; utilizar conectores com proteção anticorrosão; facilitar a ventilação natural dos ambientes internos para evitar condensação; elaborar detalhes construtivos para manter as peças de madeira sempre ventiladas e de fácil acesso para inspeção e manutenção.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR7190-1**. Projeto de estruturas de madeira Parte 1: Critérios de dimensionamento. Rio de Janeiro, 2022.

APRILANTI, M. D. **A experimentação construtiva em madeira como instrumento de ensino-aprendizagem nas escolas de arquitetura**. Tese (doutorado). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2019.

BENEVENTE, V. A. **Durabilidade em construções de madeira – uma questão de projeto**. Dissertação (mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1995.

BITTENCOURT, R. M. **Concepção arquitetônica da habitação em madeira**. Tese (doutorado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1995.

BRITO, L. D. **Patologia em estruturas de madeira: metodologia de inspeção e técnicas de reabilitação**. Tese (doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Estruturas. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2014.

CALIL JR, C. et al. **Manual de projeto e construção de pontes de madeira**. Suprema: São Carlos, 2006.

CASTRO V. G. et al. **Deterioração e conservação da madeira**. Edufersa, p. 179-197, Mossoró, 2018.

ESTUQUI FILHO, C. A. **A durabilidade da madeira na arquitetura sob a ação dos fatores naturais: estudo de casos em Brasília**. Programa de Pós-graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

GONZAGA, A. L. **Madeira: uso e conservação**. Coleção Cadernos Técnicos nº 6 1ª edição, IPHAN Monumenta, Brasília, 2006.

ILGIN, H. E., KARJALAINEN, M. K., PELSMACKERS, S. Contemporary tall residential timber buildings: what are the main architectural and structural design considerations? in **International Journal of Building Pathology and Adaptation**, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. Emerald Publishing Limited, 2022.

LEPAGE, E. S. (coord.). **Manual de preservação de madeiras**. Vol. 2. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT). São Paulo, 1986.

PFEIL, W., PFEIL, M. **Estruturas de madeira**. 6ª edição. Editora LTC. Rio de Janeiro, 2003.

GARCIA PUNHAGUI, K. R. **Potencial de redução das emissões de CO2 e da energia incorporada na construção de moradias no Brasil mediante o incremento do uso de madeira**. 2014. Tese (Doutorado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.



QUE, Z., et al. Traditional Wooden Buildings in China in **Wood in Civil Engineering** edited by Goivanna Concu. Chapter 10, p. 197-222. InTechOpen, 2017.

SHIGUE, E. K. **Difusão da construção em madeira no Brasil: agentes, ações e produtos.** Dissertação (mestrado). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2018.

SMITH, I., SNOW, M. A. Timber: An ancient construction material with a bright future in **The Forestry Chronicle**. Vol. 84, No 4. p. 504-510. Juillet/Août 2008.

SZÜCS, C. A., et al. **Estruturas de madeira.** Versão 5. Departamento de Engenharia Civil. Centro Tecnológico. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2016.

VIDAL, J. M. et al. Preservação de madeiras no Brasil: histórico, cenário atual e tendências in **Ciência Florestal**, Jan-Mar 2015. < <https://doi.org/10.1590/1980-509820152505257>> Acesso em: 20 fev 2023.

ZENID, G. J. **Madeira: uso sustentável na construção civil.** 2. ed. São Paulo: IPT, 2009. 99p.

Aprendendo a biogeografia de Florianópolis com a prototipagem digital

Learning Florianopolis biogeography through digital prototyping

Artur Garcia Neuhaus, Graduando Design de Produto, UFSC

arturneuhaus@hotmail.com

Patricia Turazzi Luciano, Doutoranda PosArq, UFSC

patriciaturazzi@gmail.com

Regiane Trevisan Pupo, Dra., UFSC

regipupo@gmail.com

Resumo

A biogeografia da ilha de Santa Catarina (Florianópolis/SC) é rica em diversidade e está diretamente ligada à cultura local, representada na gastronomia, festas, artesanato e folclore. Dentre as riquezas de ecossistemas ali localizadas, pode-se citar restingas, dunas, manguezais, floresta de encosta e de planície, lagoas e baías, que proporcionam o *habitat* de uma variedade de mamíferos, aves, répteis, anfíbios dentre outras formas de vida. Alguns deles, já identificados como símbolos representativos do local, por meio de projetos de lei, evidenciam ainda mais a cultura local a níveis nacional e internacional. O reconhecimento destes exemplares se faz presente nesta pesquisa, direcionado a alunos do ensino fundamental, proporcionando o conhecimento da vasta biogeografia de Florianópolis, de forma interdisciplinar, com o uso de técnicas da prototipagem digital como ferramenta aliada da criatividade.

Palavras-chave: Prototipagem digital; Biogeografia; Cultura de Florianópolis

Abstract

The biogeography of Santa Catarina Island (Florianópolis/SC) is rich in diversity and is directly linked to the local culture, represented in gastronomy, festivals, crafts and folklore. Among the wealth of ecosystems located there, one can mention sandbanks, dunes, mangroves, hillside and plain forest, lakes and bays, which provide the habitat for a variety of mammals, birds, reptiles, amphibians and other forms of life. Some of them, already identified as representative symbols of the place, point even more the local culture at national and international levels. The recognition of these specimens is the main goal in this research, aimed at elementary school students, providing knowledge of the vast biogeography of Florianópolis, in an interdisciplinary way, with the use of digital prototyping techniques as a tool allied with creativity.

Keywords: Digital prototyping; Biogeography; Culture of Florianópolis

1. Introdução

A biogeografia é a ciência que estuda a distribuição dos organismos na Terra tendo forte relação com a sociedade e suas manifestações culturais, utilizando conceitos como espaço, território e paisagem. Estes conceitos estão difundidos na sociedade comum e dão suporte a áreas como a Geografia Cultural que, “apoiada no conceito de paisagem, aprofundou a relação de influência do meio natural sobre as manifestações culturais” (DE MOURA-FÉ, 2017, p1).

Especificamente a biogeografia da Ilha de Santa Catarina, assim como todo o continente sul-americano, separou-se da geo-massa africana há mais de 100 milhões de anos. Durante a última glaciação do período quaternário (auge por volta de 20 milhões de anos atrás) o nível do oceano regrediu em mais de 100 metros com referência ao atual nível e, em consequência disso, a hoje Florianópolis (Ilha de Santa Catarina) ligava-se ao continente. Com o aumento do nível do mar ao final da última glaciação (há cerca de 12 milhões), Florianópolis era um arquipélago composto por várias ilhas. O processo de sedimentação marítima e fluvial levou à atual configuração.

Focando em sua biodiversidade, Florianópolis se insere no bioma de maior diversidade de formas de vida do planeta – a mata atlântica. O fato de ser uma ilha próxima ao continente (aproximadamente dois quilômetros), proporciona uma riqueza de ecossistemas específicos como: restingas, dunas, manguezais, floresta de encosta e de planície, lagoas e baías – habitadas por uma grande variedade de mamíferos, aves, répteis, anfíbios dentre outras formas de vida.

Infelizmente, a urbanização acelerada da cidade de Florianópolis, em especial nas últimas décadas, gera conflitos com a biologia da ilha, tais como o impedimento da passagem de animais que ficam confinados a pequenas áreas devido a construção de estradas e edificações. Outro aspecto prejudicado é o cenário natural que começa a desaparecer à medida que se vê mais e mais edificações sendo construídas, surgindo sobre os morros e as dunas.

Alguns elementos da biogeografia local são considerados como símbolos da cultura material e imaterial de Florianópolis. Há de se afirmar que a influência desta diversidade geográfica e biológica sobre a cultura local que se desenvolveu em Florianópolis tem extremo grau de inclusão social e importância em movimentos comportamentais, turísticos e econômicos. Um exemplo disso é o caso das enseadas e da presença natural de cardumes de tainha para a pesca, uma atividade que se estabeleceu culturalmente por meio de manifestações artísticas, festas gastronômicas e incentivo ao artesanato local.

Com apoio nestas bases referenciais, o desafio de conhecer, aprender e preservar as espécies passa a ser estimulado quando se esbarra com possibilidades de materialização dos exemplos da biogeografia a serem estudados. Segundo Pupo (2020), “o aprendizado baseado no *hands-on*, ou ‘mão na massa’, fornece o conhecimento na prática, no fazer, ajudando o aprendiz a adquirir conhecimento e habilidades”. Qualquer projeto, quando sentido, “acalenta o entendimento de escala, proporção, detalhes, técnicas construtivas, texturas, materiais e inúmeras sensações” (PALLASMA, 2011). Ainda segundo Pallasma (2013), “mãos ajudam a entender a mais profunda essência da matéria”, auxiliando na capacidade de imaginar,

liberando-se dos limites da própria matéria, do lugar e do tempo. O tato é entendido como experimentação e compreensão do espaço que se habita e aponta que toda a experiência tátil é multissensorial.

As tecnologias automatizadas de materialização da forma, hoje, são uma realidade que permeia todos os campos de atuação em qualquer idade, interesse ou região. Os avanços tecnológicos nas áreas de *software*, *hardware* e periféricos abrem um leque de oportunidades diversas com capacidades inovadoras, ousadas e empreendedoras. Os ambientes de fabricação digital, com seus equipamentos automatizados e ferramentas tradicionais, possibilitam atuações que vão muito além da criatividade, da imaginação. Esses espaços e suas atividades, por sua diversidade de conhecimento e oportunidades, agregam 1) a colaboração entre os envolvidos, 2) a versatilidade com que enfrentam problemas de projeto, 3) a eficiência inerente às atividades corriqueiras e 4) a criatividade com que resolvem os problemas pontuais de projeto (PUPO, 2020).

A lógica, a criatividade e a inventividade são premissas que fundamentam e embasam a realização de eventos desta natureza. Em atividades com brinquedos, jogos e materiais pedagógicos não trazem somente em seu contexto um conhecimento pronto e definido; trazem, ao contrário, um conhecimento potencial que pode ou não ser descoberto pelo estudante. Todo o material pedagógico não deve ser contemplado como algo igual para todos. É, na verdade, um recurso dinâmico que se altera em função do simbolismo e da imaginação de quem o utiliza.

Neste sentido, é importante a realização de propostas de atividades coletivas com convite aberto aos estudantes e profissionais da escola, de modo a disseminar conhecimentos sobre materiais, processos e recursos lúdicos acessíveis, visando sensibilizar os alunos para a reflexão e métodos de produção dos materiais. Como resultado dessa colaboração entre escolas e os laboratórios, espera-se definições de propostas para alternativas de aprendizado por meio da incorporação de novos processos e técnicas automatizadas da materialização da forma que contribuam para o ensino fundamental. Portanto, a metodologia e a organização são fundamentais para o desenvolvimento de um projeto, como é o caso a ser relatado neste artigo.

2. Procedimentos Metodológicos

Esse projeto foi desenvolvido de forma colaborativa entre escolas de ensino fundamental e o PRONTO3D – Laboratório de Prototipagem e Novas Tecnologias Orientadas ao 3D, da UFSC. Seguindo diretrizes e objetivos de aprendizagem voltados à biogeografia de Florianópolis, desenvolveu-se algumas atividades, dentro do tema, com a inserção de tecnologias de prototipagem digital.

Para isso, a pesquisa-ação tem sido utilizada com frequência na área das ciências sociais e nas inúmeras atividades. Neste tipo de pesquisa, o importante é observar que a unidade amostral não é estática, e sim, participa várias vezes do processo, interagindo e modificando os resultados ao longo do tempo. De acordo com Grundy e Kemmis (1982), a interação ampla e explícita entre pesquisador e alunos ocorre de forma que a informação da ação que se decide tomar direciona a melhora da prática. A pesquisa não se limita a uma forma de ação,

pretende-se aumentar o conhecimento dos pesquisadores e o conhecimento ou o "nível de consciência" das pessoas e grupos considerados.

Os materiais criados durante o processo tiveram sempre como o tema central a biogeografia de Florianópolis, envolvida com a tecnologia e embutida em sua concepção, buscando uma forma lúdica de ensinar e aprender. Dessa forma, dividiu-se o processo de projeto em 4 etapas, 1) o mapeamento da pesquisa, 2) a criação de figuras ilustrativas dos exemplares a serem estudados e sua localização territorial, 3) o processo criativo de geração de ideias que concilia a informação da biogeografia e a materialização da forma e 4) a aplicação do material desenvolvido em atividades lúdicas (Figura 1).



Figura 1: Etapas do projeto. Fonte: Autores (2022)

3. A biodiversidade de Florianópolis

Tendo em vista a rica e importante biogeografia de Florianópolis, pode-se destacar importantes elementos presentes na sua fauna e flora. Assim, foram listados dezesseis importantes elementos: Árvore Garapuvu, Ostra, Martim-Pescador-Verde, Tainha, Orquídea Lélia Púrpura, Canela-preta, Rã-manezinha, Baleia-franca, Baleia Jubarte, Graxaim, Aracua, Coruja Buraqueira, Tartaruga-Verde, Garça-Branca, Jacaré do Papo Amarelo e Lontra. Os elementos foram escolhidos por possuírem relação com a cultura, importância histórica, fazerem parte do cotidiano da cidade, espécies endêmicas, risco de extinção, auxílio na evolução econômica e outras, além de participarem de projetos de preservação instalados na cidade. A definição baseou-se em pesquisas, projetos de leis e a partir da colaboração de integrantes do Projeto “Fauna Floripa”, que indicaram elementos que consideraram importantes.

Assim, buscou-se encontrar as características de cada elemento e mapear geograficamente a localização onde cada um é encontrado na ilha. Além disso, foi necessário compreender a importância das áreas de preservação presentes na cidade, como: Parque Municipal Lagoa do Peri, Parque Estadual do Rio Vermelho, Reserva Biológica Marinha do Arvoredo, Parque Ecológico do Córrego Grande, Estação Ecológica de Carijós, RPPN, Morro das Aranhas e Lagoa Pequena. As áreas de preservação pesquisadas foram definidas por abrigarem os elementos listados no projeto.

3.1. Elementos da biodiversidade

As informações a seguir sintetizam as planilhas criadas durante o projeto. Assim, informam as principais características e locais que os elementos podem ser encontrados em Florianópolis.

- Árvore Garapuvu (*Schizolobium parahyba*)

Árvore símbolo de Florianópolis, que desde 25 de maio de 1992 (Projeto de Lei nº 3771/92), foi assim instituída, devido sua importância na história da cidade. Seu tronco era utilizado para fazer canoas entalhadas de um pau só pelo povo Guarani, que posteriormente ensinou os portugueses. É uma das espécies nativas de mais rápido crescimento e que produz anualmente abundantes frutos e sementes, crescendo preferencialmente nas matas abertas. Quando florida, entre o final de primavera e início do verão, o amarelo da floração se destaca nas encostas dos morros por toda a Ilha. No Guarani, guarapuvu significa canoa que brota do chão.

Pode ser encontrada por toda a cidade, principalmente em encostas de morros. Como no Parques do Córrego Grande, Parque da Luz, Parque Natural da Lagoa do Peri, Costa da Lagoa, Córrego Grande, Pantanal, Morro da Queimada, SC-401, Trindade, Morro do lampião e Campeche.

- Ostra (diversas espécies)

É uma tradição secular em Florianópolis, confirmada em sambaquis com restos de conchas, além de fazer parte da história de ocupação humana na Ilha e também se reflete em manifestações artísticas e gastronômicas. É encontrada no litoral da cidade a partir da maricultura.

- Martim-pescador-verde (*Chloroceryle amazona*)

Ave símbolo de Florianópolis, instituído pelo projeto de lei nº 3887/92, em 1992, é mais uma referência à atividade pesqueira da ilha, uma vez que o animal tem peixes como base de sua alimentação. A ave pode atingir até 29 centímetros e é comum em todo o continente americano. Alimenta-se de peixes e de camarões de água doce, anuros e larvas aquáticas de insetos. É encontrado por toda a ilha, principalmente em águas interiores, rios e lagos grandes.

- Tainha (*Mugil platanus*)

A pesca artesanal da tainha está registrada como patrimônio imaterial de Santa Catarina (2018). As capturas do peixe na Ilha, datam de séculos atrás, sendo registrado em livros de história como uma pesca peculiar, dada a forma como é feita. É encontrada no litoral da cidade a partir de maio e a temporada dura 90 dias.

- Orquídea Lélia púrpura (*Cattleya purpurata*)

Natural do Brasil, nativa da mata atlântica em Santa Catarina, a flor sofreu com a extração contínua. A Lélia foi bastante exportada entre as décadas de 1920 e 1940, o que rendeu a Santa Catarina o título de maior exportadora de orquídeas do país. Em 1983 foi declarada como Flor Símbolo de Santa Catarina e, em 2006, de Florianópolis. Pode ser encontrada no Sul da Ilha, principalmente na floresta do entorno da Lagoa do Peri, Lagoinha do Leste e Parque do Córrego Grande.

- Canela-preta (*Ocotea catharinensis*)

Está presente na ilha de Santa Catarina há mais de 400 anos. Está ameaçada de extinção devido ao seu alto valor comercial. Nos dias atuais, ainda é comum encontrar a dobradinha canela-preta/peroba nos assoalhos das casas construídas na primeira metade do século XX. Há poucos exemplares na cidade, porém há uma que resiste há 400 anos na última área de Mata Atlântica primária de Florianópolis, no Parque Natural da Lagoa do Peri.

- Rã-manezinha (*Ischnocnema manezinho*)

Espécie endêmica da Ilha de Santa Catarina, encontrada principalmente nos núcleos florestais com afloramentos rochosos e em cavernas. O nome popular da espécie é uma homenagem aos moradores da ilha feita pelo pesquisador que a descobriu - Dr. Paulo Garcia, em 1996 – uma vez que “Manezinho” é uma expressão tipicamente regional para designar os nativos de Florianópolis.

- Baleia-franca austral (*Eubalaena australis*)

Faz parte da história da ilha, já que foram muito caçadas até os anos 1970. Essa atividade deu nome às praias como matadouro e armação. O óleo retirado das baleias no período colonial era usado na iluminação pública e na construção de casas. Costuma fazer aparições no litoral da ilha no inverno quando se reproduzem.

- Baleia jubarte (*Megaptera novaeangliae*)

Também faz parte da história da ilha, já que foram muito caçadas até os anos 1970. Também faz aparições no inverno, mas, diferentemente da baleia franca, não é tão frequentemente avistada pois não se reproduz na região seguindo até o Sul do Estado da Bahia.

- Graxaim do mato (*Cerdocyon thous*) e graxaim do campo (*Lycalopex gymnocercus*)

Animais frequentemente avistados no Monumento Natural Municipal da Lagoa do Peri (MONA da Lagoa do Peri), também observado no bairro Campeche, bairro Pantanal e na Lagoa Pequena. O primeiro habita regiões florestadas e o segundo áreas abertas, frequentando campos, capoeiras e bordas de mata.

- Aracuã (*Ortalis guttata*)

Abundante, residente e provável nidificante. Ocupa áreas antrópicas, bordas de florestas e restingas. Apesar de gostar de áreas florestais surgem, eventualmente, em quintais e jardins. Sua presença é mais notável nas primeiras horas da manhã. Apresenta-se geralmente em pequenos grupos. Em bandos fazem-se notar pelo barulho forte que emitem em conjunto. É comum em toda a ilha.

- Coruja buraqueira (*Athene cunicularia*)

Por conta da forte presença, virou nome de trilha na cidade: A Trilha da coruja-buraqueira percorre as áreas de dunas e restingas do Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição. Frequentemente vista em áreas urbanizadas. Espécie fortemente presente no campus da Universidade Federal de Santa Catarina e nas áreas de restinga herbáceas e arbustivas do Parque Estadual do Rio Vermelho

- Tartaruga-Verde (*Chelonia mydas*)

A presença da tartaruga é frequente na cidade, relacionada ao projeto TAMAR. Visitam o litoral da cidade em busca de alimento e, por vezes, aparecem presas em redes de pesca. O projeto TAMAR está presente na ilha e busca a conscientização dos pescadores.

- Garça-Branca-Pequena (*Egretta thula*)

Habita ambientes aquáticos cercados por florestas. Possui a plumagem completamente branca e vive em bandos. Na época da reprodução, aparecem no dorso dos indivíduos – machos e fêmeas - as egretas (penas delicadas que são eriçadas durante a dança nupcial).

- Jacaré do papo amarelo (*Caiman latirostris*)

Animal muito presente no dia a dia da cidade, principalmente nas épocas de chuva. Está presente em rios, manguezais, banhados e restingas da ilha de Santa Catarina.

- Lontra neotropical (*Lontra longicaudis*)

O projeto Lontra atrai turistas para a cidade e possui referência nacional. É encontrada em praias e costões rochosos, Lagoa do Peri, Lagoa Pequena e Estação ecológica de carijós.

4. Fabricação Digital

A Fabricação Digital é um termo que engloba um conjunto de tecnologias que permitem fabricar objetos criados a partir de programas de modelagem 2D ou 3D, transformando uma ideia em algo material. Há laboratórios espalhados por todo o mundo que visam a junção da tecnologia, criatividade e instiga a “mão na massa”.

Também conhecidos como *MakerSpaces*, os ambientes de Fabricação Digital têm se mostrado importantes disseminadores de produtos e atividades lúdicas e criativas que auxiliam na produção de eventos educacionais, trazendo alunos de diversas áreas para participarem de oficinas que envolvem variados tipos de tecnologia de materialização automatizada da forma.

A maneira de se obter estas formas materializadas por meios automatizados, hoje, pode envolver equipamentos de corte laser, impressoras 3D e máquinas de controle numérico (CNC), dentre outros, que se destinam à obtenção de peças físicas produzidas a partir de modelos digitais complexos. Sua utilização, quando empregada de forma coerente, permite retomar a prática de construção de modelos e protótipos desde os primeiros estágios do processo de projeto, em diversos graus de fidelidade (PUPO, 2020).

Em Florianópolis, o PRONTO3D consiste em um espaço de ensino, pesquisa e extensão na área de materialização da forma por meio de técnicas automatizadas, e onde esta pesquisa se desenvolveu. Considerado um “espaço *maker*”, ou seja, onde procedimentos de “mão na massa” ou o “aprender fazendo” lideram os projetos desenvolvidos, as tecnologias ali utilizadas são atualmente conhecidas pelo termo “prototipagem digital” e incluem corte à laser, impressão 3D, usinagem em máquinas CNC e termoformagem.

O laboratório visa, também, a disseminação da tecnologia de prototipagem digital para crianças do ensino fundamental em atividades lúdicas em uma prática já consolidada, intitulada PRONTOKids. É uma prática que visa a capacitação, informação e manuseio da forma que se justificam pelo efeito inusitado, lúdico e informacional de posicionamento de alunos (crianças) no meio criativo.

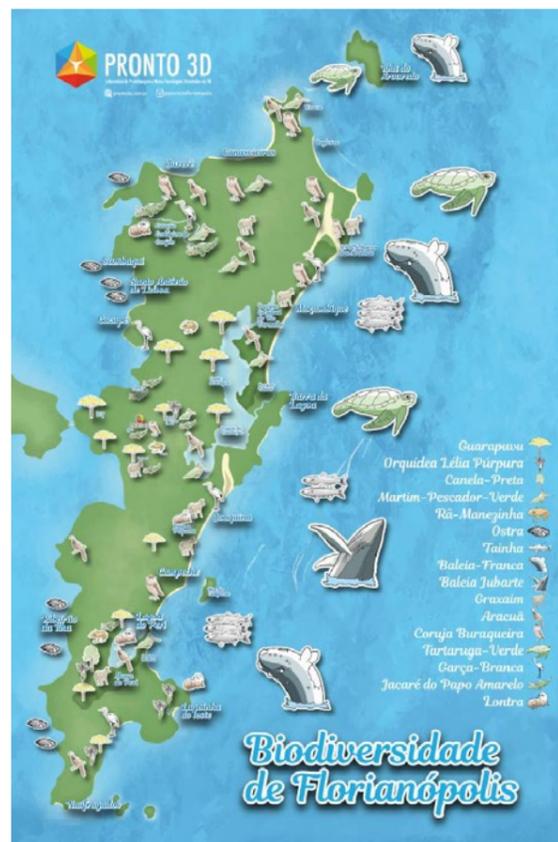


Figura 4: Mapa ilustrado. Fonte: elaborado pelos autores.

5.2. Atividades desenvolvidas

A partir da sintetização da pesquisa e da criação dos materiais gráficos, algumas atividades foram desenvolvidas, tomando como ideia central a materialização via fabricação digital. Desse modo, gerou-se diversas ideias de atividades e oficinas que envolvem o conhecimento da biodiversidade de Florianópolis e a fabricação digital como aliada do processo de aprendizagem. Ademais, é importante destacar que a partir do material produzido de pesquisa e vetorização é possível a criação de diversas atividades diferentes, que poderão ser utilizadas em projetos futuros. Este artigo descreve uma destas atividades, a que envolve o corte laser como base criação e desenvolvimento, para a absorção do conhecimento, de forma lúdica, da biodiversidade de Florianópolis.

5.2.1. Atividade com cards educacionais

Esta atividade envolve a fabricação digital com o corte a laser como tecnologia base. Essa ação tem o objetivo auxiliar o aprendizado dos alunos referente ao tema da biodiversidade de Florianópolis, tornando o ato de aprender mais colaborativo, lúdico e divertido. A atividade pode ser aplicada em uma oficina presencial do PRONTO3D e os alunos conhecerão de perto o laboratório e as tecnologias envolvidas no projeto. O material desenvolvido foi aplicado após uma contextualização da biodiversidade da ilha.

A identificação do material gráfico desenvolvido pode ser utilizada durante a explicação da atividade, com ou sem o mapa, momento no qual a interação com os alunos pode ajudar no engajamento da atividade, podendo realizar perguntas do tipo: “Vocês sabem qual animal é esse? Já viram algum pessoalmente? Quais animais têm perto do local em que você mora.” Além disso, o conteúdo e as interações podem ser adaptados de acordo com o plano de ensino de cada turma.

Todas as figuras foram impressas em adesivo em alta definição e montadas em suportes de MDF cortados a laser, no formato de cada elemento (Figura 5). Esta etapa da atividade já instiga os alunos a conhecerem a tecnologia de corte, com suas vantagens e desvantagens, pelo manuseio de interação, trazendo o “fazer aprendendo” mais real e dinâmico.



Figura 5: Peças de cada elemento montadas com corte a laser. Fonte: elaborado pelos autores.

A atividade consiste em dezesseis cards informativos de elementos da fauna e flora da cidade, contendo todas as características e informações de cada exemplar (Figura 6). O aluno deve, em colaboração com seus colegas, identificar a qual elemento pertence o card, escrever o nome do elemento e fixá-lo em sua figura. A atividade pode ainda ser conduzida em associação com o mapa ilustrado permitindo uma conexão visual das espécies com a geografia da ilha de Santa Catarina.





Figura 6: Card informativo e sua montagem. Fonte: elaborado pelos autores.

6. Considerações Finais

A rica biodiversidade da ilha de Santa Catarina possui um grande número de espécies - animais e vegetais - alguns endêmicos de Florianópolis ou da região. Para esta pesquisa fez-se a seleção com base na sua representatividade na cultura local, sendo selecionados um total de 16 espécies, sendo três representantes da flora e o restante da fauna.

Os representantes selecionados foram o cerne para o desenvolvimento de brinquedos educativos e mapa, ilustrando a dispersão geográfica das plantas e animais selecionados. Tendo por base o aprendizado da biogeografia da ilha, o brinquedo concentra as informações principais de cada espécie como o nome popular, o nome científico e o habitat, que pode ser visualizado no mapa.

Toda a produção física do material foi possível por meio da utilização de tecnologias de prototipagem digital, as quais permitiram que os desenhos elaborados digitalmente fossem adaptados em peças físicas os quais permitem a manipulação pela criança, auxiliando ainda na disseminação da tecnologia de prototipagem digital para crianças do ensino fundamental em uma atividade lúdica.

A utilização das tecnologias digitais para o desenvolvimento e fabricação permitem que seus resultados físicos – o mapa e o brinquedo educativo – possam ser facilmente replicados e empregados no ensino das demais escolas de ensino fundamental da cidade de Florianópolis. Isso agrega a conscientização acerca do cuidado e preservação da natureza local.

Referências

As árvores centenárias da Ilha de Santa Catarina. Disponível em: <<https://ndmais.com.br/noticias/as-arvores-centenarias-da-ilha-de-santa-catarina/>>. Acesso em: 05 jun. 2021.

Conheça a rã-manezinho, moradora exclusiva de Florianópolis. Disponível em: <<https://ndmais.com.br/animais/conheca-a-ra-manezinho-moradora-exclusiva-de-florianopolis/>>. Acesso em: 29 mai. 2021.

DE MOURA-FÉ, Marcelo Martins; DA SILVA, João Victor Mariano; BRASIL, Josielly Gonçalves. Geocultura: proposta de estudo da relação entre geodiversidade e cultura. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, v. 1, p. 3066-3075, 2017.

Garapuvus encantam e colorem a primavera em Florianópolis. Disponível em: <<https://ndmais.com.br/meio-ambiente/garapuvus-encantam-e-colorem-a-primavera-em-florianopolis/>>. Acesso em: 25 mai. 2021.

Garça-branca-pequena (Egretta thula) | WikiAves - **A Enciclopédia das Aves do Brasil.** Disponível em: <<http://www.wikiaves.com.br/wiki/garca-branca-pequena>>. Acesso em: 30 maio 2021.

GRUNDY, S.; KEMMIS, S. **Educational action research in Australia: the state of the art.** Geelong: Deakin University Press, 1982. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=y9hYgG7ym1gC&pg=PA139&lpg=PA139&dq=Educational+action+research+in+Australia:+the+state+of+the+art&source=bl&ots=LP6INce-YP&sig=X7-JR8htCI4zg1RpPch9xashWWS&hl=ptBR&sa=X&ved=0ahUKEwiTzc2_9ZvLAhWDi5AKHffLDMMQ6AEI-MTAB#v=o>.

PALLASMAA, Juhani. **Os olhos da pele: a arquitetura e os sentidos.** Porto Alegre: Bookman, 2011.

PALLASMAA, Juhani. **A imagem corporificada: Imaginação e imaginário na arquitetura.** Porto Alegre: Bookman, 2013.

PUPO, Regiane. Pensar : Projetar : Fabricar. In: **Educação fora da caixa: tendências internacionais e perspectivas sobre a inovação na educação.** Organização Clarissa Stefani Teixeira, Cristiane Dall' Cortivo Lebler, Márcio Vieira de Souza. Editora Edgard Blücher Ltda: Florianópolis, 2020. P. 155-166.

SARDINHA, V. **Lontra: características, alimentação e habitat.** Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/biologia/lontra.htm>>. Acesso em: 30 mai. 2021.

Tartaruga-verde ou Tartaruga-aruanã. Disponível em: <<https://www.tamar.org.br/tartaruga.php?cod=20>>. Acesso em: 29 mai. 2021



Design para Negócios Sociais nos Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável: o caso de Yunus Negócios Sociais como contribuidor para a equidade social

Design for Social Business in the Sustainable Development Goals: the case of Yunus Social Business as a contributor to social equity

Ana Beatriz Avelino Barbosa, mestranda, UFPR

anabeatrizavelinobarbosa@gmail.com

Cláudia Regina Hasegawa Zacar, doutora, UFPR

claudiazacar@ufpr.br

Marta Karina Leite, doutora, UTFPR

martaleite@utfpr.edu.br

Número da sessão temática da submissão – [1]

Resumo

A criação de novos modelos de negócios é um tema emergente dentro de várias áreas de pesquisa, e parte deles tem se direcionado a contextos reais, para resolução de problemas sociais. Como um exemplo de aplicação desse princípio, tem-se a Yunus Social Business, uma instituição que visa ampliar os conceitos de Negócios Sociais. Esse tipo de modelo se baseia em gerar um empreendimento que tenha o propósito de resolver uma problemática social e, muitas vezes, de interesse comunitário. Portanto, neste artigo, caracterizado por uma metodologia de estudo de caso, apresentam-se as bases do Negócio Social e o envolvimento desse empreendimento com o Design Estratégico. Traz-se uma discussão sobre como esses conceitos se relacionam com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas, ambos aplicados no caso da Yunus, no qual se tem o incentivo da equidade social e a busca pelo desenvolvimento de comunidades.

Palavras-chave: Negócios Sociais; Modelo de Negócios; Desenvolvimento Sustentável; Equidade Social; Estudo de Caso.

Abstract

The creation of new business models is an emerging topic within several research areas, and part of them has been directed to real contexts, to solve social problems. As an example of the application of this principle, there is Yunus Social Business, an institution that aims to expand the concepts of Social Business. This type of model is based on generating an enterprise that has the purpose of solving a social problem and, many times, of community interest. Therefore, in this article, characterized by a case study methodology, the bases of Social Business and the involvement of this enterprise with Strategic Design are presented. It brings a discussion about how these concepts relate to the Sustainable Development Goals of the United Nations, both applied in the case of Yunus, in which there is the encouragement of social equity and the search for the development of communities

Keywords: Social Business; Business Model; Sustainable development; Social Equity; Case study.

1. Introdução

O design pode contribuir para sanar um problema social aliando seus saberes aos saberes vernaculares de uma comunidade local criativa (NORONHA, et al, 2022; SANTOS, 2019). Nesse processo, a comunidade pode utilizar o que já faz (NORONHA, et al, 2022), sem necessidade de aprender um novo meio de produção, mas sim aprimorando o que já sabe fazer, trocando experiências entre os interessados e trazendo essas vantagens para que se gere um empreendimento rentável a longo prazo.

Essa demanda de utilizar propostas de junção de temas para o bem-estar social também está presente nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, ODS, da Organização das Nações Unidas, ONU, que propõem ações e estratégias para a melhora da relação entre os seres humanos e todo o ecossistema em que estão inseridos (ONU MULHERES, 2016). Para este artigo, relacionam-se os seguintes objetivos: ODS 8 – Trabalho decente e crescimento econômico, sendo um objetivo voltado ao progresso financeiro por meio de empregos decentes e que não gerem prejuízo ao meio ambiente, defendendo também os direitos trabalhistas e expandindo os benefícios do empreendedorismo e da inovação; e ODS 10 – Redução das desigualdades, com maneiras de se inserir a prosperidade por meio da autonomia dos indivíduos, diminuindo a discriminação financeira e social, e incentivando a igualdade independente de gênero, etnia, crenças, status, entre outros elementos comumente utilizados para segregação humana (ONU MULHERES, 2016).

Uma das formas de se buscar o empoderamento comunitário com a participação social do coletivo (KLEBA; WENDAUSEN, 2009) em prol de seu sustento é por meio do empreendedorismo social, o qual oferece suporte para que atuem com autonomia para sua geração de renda (MARINS, 2018). Esse termo traz um envolvimento direto com a cultura e propagação de conhecimento, onde a comunidade identifica a sua identidade e a utiliza como tecnologia para novos modelos de negócios.

1. o empreendedorismo social reconhece a existência de grande contingente de agentes econômicos moralmente orientados; 2. diante disso, descreve empiricamente esse importante agente econômico que é o empreendedor social; 3. o empreendedorismo social ressignifica o empreendedorismo schumpeteriano, qualificando-o moralmente; 4. o empreendedorismo social enuncia normativamente a função do empreendedor em suas relações com a sociedade, com o objetivo de aprimorar o funcionamento do mercado (MARINS, 2018).

Portanto, estimula-se que se tenha empreendimentos voltados à transformação da comunidade e ao respeito à cultura já existente na comunidade (MARINS, 2018). Incentiva-se, deste modo, a equidade social por meio de geração de renda no setor profissional (SANTOS, 2019), com foco em trazer tanto a ascensão social, quanto o sustento familiar. A realização de projetos nesse sentido, que abordem o setor trabalhista, traz oportunidades no campo científico, com contribuição de conhecimento a partir do cruzamento de referenciais teóricos, bem como no campo prático, devido à atuação direta em co-autoria com a comunidade enfocada. Mais especificamente para este artigo, destaca-se a relevância em abordar o design no processo, com a visão sistêmica que pode trazer a comunidade mais próxima de seus saberes e inovações possíveis (NORONHA, et al, 2022).

Alinhado a isso, abordando diretamente o conteúdo dessa pesquisa, que tem foco em empreendimentos focados em resolver problemas sociais, tem-se a utilização dos conceitos de Negócios Sociais (YUNUS, 2010). Este considera unir o coletivo em prol do que a comunidade precisa, aproveitando também o que os membros desse grupo já fazem para que tenham sucesso no modelo de negócio que escolherem, trazendo o planejamento organizacional como forma de apoiar suas ações. A atuação do Design em Negócios Sociais propõe-se como um grande motivador para que esses empreendimentos com abordagem sustentável se mostrem com um impacto social eficiente e eficaz (SANTOS, 2019). Isso se insere no âmbito da Dimensão Social no Design para a Sustentabilidade (SANTOS, 2019), pois visa trazer a equidade social por meio de ações em prol do que a comunidade identifica como necessário. Além disso, o design estratégico associado à inovação social pode gerar transformações voltadas ao atendimento das necessidades locais e aproveitar oportunidades para a evolução social (FRANZATO, 2021).

Enquanto esses conceitos apresentados se relacionam entre si, designers buscam trazer estratégias, aplicações, projetos e pesquisas que direcionam a sociedade para uma abordagem mais sustentável em seu sistemas de produção e consumo. Dessa forma, contribui-se para o conhecimento de pesquisadores e empresas, que pode ser utilizado para que empreendimentos que tiverem conhecimento deste conteúdo, consigam trazer mais crescimento em potencial (CHOO, 2003).

2. O Negócio Social como uma nova proposta de modelo de empreendimento

Negócios sociais são parte de mecanismos estratégicos atuantes na realidade na qual diversos países se encontram atualmente, a desigualdade social (YUNUS, 2010). Parte de uma série de planejamentos e ações voltados ao desenvolvimento social, esse tipo de empreendimento se diferencia dos negócios tradicionais principalmente no foco em ser direcionado para resolver um problema social, aproveitando-se dos métodos e modelos de negócios. Ele une as estratégias desses modelos convencionais, com a premissa de que gerem lucro e tenham um ciclo ativo na economia, enquanto tem como sua atuação principal o cunho de impactar a vida de uma comunidade e melhorá-la (YUNUS, 2010). No referencial teórico, abordam-se dois tipos centrais desse tipo de modelo de empreendimento (YUNUS, 2010). O primeiro sendo empresas que possuem receitas equilibradas, sem perdas e dividendos, com o foco em resolver algum problema social, tendo como proprietários pessoas que reinvestem os

lucros da empresa para expansão e melhoria dela. Enquanto o segundo aborda aquelas empresas com finalidade de geração de lucros para pessoas pobres, o que diretamente faz com que tenha um foco na resolução de problema social (YUNUS, 2010). Como parte de mecanismos estratégicos, na busca de soluções para realidades de desigualdade social, os negócios sociais atuam em prol da equidade (SANTOS, 2019).

Esse conceito foi criado por Muhammad Yunus, ganhador do Nobel da Paz em 2016 e professor de economia, e faz parte de uma série de planejamentos, projetos e ações voltados ao desenvolvimento comunitário (YUNUS, 2010). É um formato de empreendimento, no qual se busca a solidariedade entre as pessoas, atuando na solução de problemas sociais, econômicos e ambientais (FÉRES; SOUZA, 2014), o que o faz ter uma relação direta com os conceitos do Design para a Sustentabilidade e, por consequência, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas. Esse conceito de negócios sociais se baseou na história de Bangladesh, onde Muhammad Yunus iniciou um trabalho que chamou de Grameen Bank, conforme citado anteriormente. “Foi criada assim uma rede de microcrédito, ganhando proporção mundial conforme foi se tornando efetiva e autossuficiente para os que precisavam de renda” (YUNUS, 2010, p. 5).

Pelo criador do Grameen Bank ser o mesmo que criou o conceito de Negócios Sociais, e também a Yunus Social Business, e este ser um professor de economia, a construção prática se deu enquanto também seguia a construção teórica desses movimentos. Portanto, um envolvimento direto com estudos aprofundados e aplicação de termos no contexto social, ocorria enquanto era difundida essa ideia de novo modelo de negócio. E, também, para trazer ainda mais a universidade para dentro desses debates sobre modelos de negócios, criou-se o Movimento CHOICE, cujo foco é “mostrar às novas gerações que estão entrando no mercado de trabalho que é possível montar um negócio financeiramente sustentável, que ao mesmo tempo contribua para o desenvolvimento social da região em que está situado” (FÉRES; SOUZA, 2014). O movimento foi criado pela Artemisia, uma das maiores redes de jovens universitários engajados no assunto no Brasil (FÉRES; SOUZA, 2014). Esses movimentos incentivam a geração de construções sociais com base nesses conceitos, os quais não são trabalhados pelos modelos de empreendimentos tradicionais (CICCARINO; MALPELLI; MORAES; NASCIMENTO, 2019).

Alinhado a isso, criaram-se sete princípios básicos que regem esse tipo de iniciativa, definidos pelo próprio Yunus e que se apresentam a seguir (YUNUS NEGÓCIOS SOCIAIS, 2022):



Figura 1: Sete princípios do Negócio Social. Fonte: Yunus (2010) adaptado pelas autoras.

Esses princípios são relevantes para servir como norteadores para os tipos de ações e execuções a serem realizadas com os coletivos com os quais se pretende trabalhar (YUNUS NEGÓCIOS SOCIAIS, 2022) para que os projetos aconteçam e façam a diferença para a vida nas comunidades (KLEBA; WENDAUSEN, 2009). Assim, cabe destacar que o impulsionamento dos empreendimentos ocorre de maneira mais eficaz quando feito em colaboração.

3. Procedimentos Metodológicos

A estratégia de pesquisa adotada para este artigo é o estudo de caso, que possui postura fenomenológica (SANTOS, 2018), pois consiste em um método de pesquisa empírica, que investiga os fenômenos sociais (YIN, 2015). Neste método, ocorre uma compreensão direcionada com fins exploratórios sobre alguma problemática. Portanto, o pesquisador busca contribuir com o entendimento sobre o que está sendo estudado, no aspecto de caracterização (YIN, 2015). Diversas pesquisas sociais (GIL, 2009) estão fundamentadas no estudo detalhado de casos particulares, ou seja, numa análise intensiva em algumas organizações reais (YIN, 2015), que explora uma ou poucas entidades por uma atividade definida (CRESWELL, 1994). Esse tipo de método é uma das formas de organizar os dados, mantendo a característica unitária do objeto social (MITCHELL, 1983). A unidade de estudo neste artigo é a Yunus Social Business, que foi fundada em 2011 pelo próprio Muhammad Yunus, economista e ganhador do Nobel da Paz em 2006, e também por Saskia Bruysten (YUNUS NEGÓCIOS SOCIAIS, 2022). Essa iniciativa chegou ao Brasil em 2013, e conta com uma equipe que integra as empresas e os setores filantrópicos, gerando o que chamam de alternativa sustentável para um impacto na sociedade (YUNUS NEGÓCIOS SOCIAIS, 2022).

Neste estudo, a instituição foi selecionada por justamente possuir como fundador a pessoa que criou o conceito “negócios sociais”, então é a materialização do que o próprio

Muhammad Yunus definiu quando cunhou o termo. A coleta de dados ocorreu por meio de triangulação para cruzamento de dados (SANTOS, 2018) entre o que o livro traz como conceito (YUNUS, 2010), os artigos que possuem essa mesma temática e o site da empresa Yunus Social Business, bem como matérias publicadas e dados da própria empresa. Os artigos selecionados foram retirados do banco de dados Google Acadêmico, sem recorte temporal, com strings de “negócio social” OR “social business” AND “design”. Seguiu-se o método SSF de tratamento de dados, compilando-os no Mendeley, por meio de filtro de título, resumo e palavras-chave para seleção do que realmente é pertinente para a confecção do relatório final (FERENHOF; FERNANDES, 2016).

Desse modo, foi possível identificar tanto a base conceitual e histórica dos princípios aplicáveis do termo que define este tipo de modelo de empreendimento, bem como detalhes sobre a empresa que foi fundada a partir desse conceito e até pelos mesmos criadores. No tratamento dos dados, utilizou-se a técnica de análise de conteúdo. Esta técnica visa, por meio de procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo, a geração de indicadores que permitam a inferência de conhecimentos (BARDIN, 1977). A partir dessa triangulação para cruzamento de dados, buscou-se identificar como o Design se insere no conceito de Negócios Sociais, suas intersecções e contribuições para a área.

4. O caso da Yunus Social Business

Para que o conceito de negócio social fosse ainda mais propagado, passou a existir a Yunus Social Business, que foi fundada em 2011 pelo próprio Yunus, e também por Saskia Bruysten (YUNUS NEGÓCIOS SOCIAIS, 2022). Essa iniciativa chegou ao Brasil em 2013, e conta com uma equipe que integra as empresas e os setores filantrópicos, gerando o que chamam de alternativa sustentável para um impacto na sociedade. Contam com 8 negócios sociais investidos, 800 empregos gerados, 120 empreendedores apoiados e 900 mil vidas impactadas (YUNUS NEGÓCIOS SOCIAIS, 2022), o que revela o quanto abordar esse tipo de modelo de negócio, o social, consegue ser eficaz para reunir projetos e possibilidades de investimentos, com possibilidades de gerar empreendimentos sustentáveis e melhorar a qualidade de vida das pessoas que se inserem em seu desenvolvimento. O grande diferencial deste caso apresentado se trata de o sucesso do empreendimento não ser medido com base no lucro obtido pelo proprietário ou por acionistas, devido a não ter distribuição de dividendos. Logo, o sucesso é definido com base no impacto positivo que é gerado nos atores que são envolvidos na comunidade abordada. Portanto, é uma iniciativa que está presente em vários locais, devido ao sucesso de realização tanto no sentido teórico quanto prático, para a contribuição na redução de pobreza (YUNUS, 2010) por meio da Yunus Social Business (YUNUS NEGÓCIOS SOCIAIS, 2022).

A ideia de negócios sociais propagou-se, também, nas pesquisas multidisciplinares realizadas em diferentes áreas do conhecimento, notadamente no ano de 2017 (BEDIN; VIANNA, 2020). Uma dessas áreas de pesquisa estuda a relação direta entre negócio social e empreendimento social, visando o uso de recursos de maneira inovadora para perseguir oportunidades economicamente rentáveis, para promover mudanças sociais (CICCARINO; MALPELLI; MORAES; NASCIMENTO, 2019). Mudanças essas que dentro do conceito de



negócios sociais, dividem-se em três perspectivas, a da Europa, da América do Norte e a de países emergentes (FÉRES; SOUZA, 2014).

Isso demonstra fatores que influenciam em como nesses últimos anos a questão social tem sido vista pela comunidade acadêmica e pela sociedade em geral. Nota-se a relevância principalmente por ser um problema complexo dentro dos estudos nas áreas sociais, incluindo abordagens diretas em prol a igualdade de gênero e equidade social defendidos pelas instituições (SANTOS, 2019). O próprio exemplo da Yunus Negócios Sociais mostra como a abordagem em conjunto consegue impactar mais vidas e tornar o negócio mais rentável. Dessa forma, pode-se ocorrer a troca de serviços e compartilhamento de experiências, onde os conhecimentos se unem em um objetivo comum e solidário (SOUZA, 2020).

5. Como o design se insere no contexto de Negócios Sociais

O design possui aplicações dentro do contexto da sociedade, abordando reflexões sobre como intervir e atuar nos diversos cenários da sociedade, levando em conta as suas complexidades e a partir de uma visão sistêmica (KRUCKEN, 2009). A definição de cenário é “o local onde ocorrem os fatos, o espaço para a representação de uma história constituída de vários elementos e atores no seu desempenho narrativo” (MORAES, 2008), portanto são por meio das observações desses cenários que podem ser introduzidos os estudos em design para aplicações. O papel do designer, nessa questão de pesquisa, é a tradução e interpretação desse cenário (MORAES, 2008). Portanto, neste artigo, propõe-se inovação social (MANZINI, 2008) como um promissor campo de abordagem das estratégias sustentáveis e da inserção de efetivas mudanças sistêmicas, sendo mais especificamente o campo das estratégias as quais o design pode contribuir (FREIRE, 2021). Para que se utilize o design em prol de ações mais direcionadas ao impacto social da comunidade em que estiver sendo utilizado é possível inspirar-se nos modelos apresentados em negócios sociais (YUNUS, 2010), com foco em gerar um negócio rentável de maneira colaborativa em comunidades.

Os planejamentos e ações de design podem ser sobre produtos mais eficientes e sustentáveis (MANZINI, 2008), voltados para a produção que valorize a comunidade local, que utilize recursos renováveis e de fácil obtenção, que possam trazer um mapeamento de produção e mão de obra em harmonia (KRUCKEN, 2009; SANTOS, 2019). Traz-se também serviços mais colaborativos e suficientes, com a troca de saberes vernaculares entre a comunidade, e a capacitação para um negócio que prospecte a colaboração e solidariedade entre os atores envolvidos (NORONHA, et al, 2022). Ainda, o design pode trazer estratégias para aplicação nos contextos de organização do trabalho e métodos aplicados na produção, bem como nas definições de produção e venda (FREIRE, 2021), valorizando a cultura e criando formas de se estruturar os empreendimentos locais do tipo negócio social. E, principalmente, em novos sistemas de abordagem, trazendo um olhar mais relacionado à como essas integrações são efetuadas de maneira simultânea, levando em consideração os atores e suas realizações (MANZINI, 2008).

Essa visão de organização da estrutura do negócio social, deve-se ao fato de que esses fatores também influenciam em aspectos como objetivos, disponibilidade, rendimento, desempenho, o que afeta diretamente na boa efetividade do empreendimento (FREIRE, 2021).

O que justifica a formação de coletivos, unir recursos e saberes locais, para se criar empreendimentos comunitários e que possam ser efetivos a longo prazo (NORONHA, et al, 2022). Sendo uma dessas vertentes do design as pesquisas e projetos orientados aos negócios sociais, podendo permitir a orientação sobre como essas estratégias, conexões e ações podem ser aplicadas à comunidade, envolvendo os atores (MANZINI, 2008), a fim de identificar os problemas existentes e atuar neles com soluções para o bem-estar dos envolvidos. É relevante ressaltar que, com a ampliação desse conceito, muitos estudos se direcionam recentemente para esta temática de modelos de gestão para a proposição em temas sociais, tendo o ano de 2017 como um período relevante no qual havia um número considerável de pesquisas sendo feitas nesse assunto (BEDIN; VIANNA 2020).

No Brasil, têm se estabelecido pesquisas para se ter uma visão de como design está se envolvendo com negócios sociais (VICTORIA, et al, 2022), principalmente quanto ao cumprimento e expansão de seu papel social. O envolvimento desses dois termos, design e negócios sociais, permite que sejam utilizadas as táticas de atuação do design, no seu planejamento e execução de estratégias que visem a colaboração dos atores (FREIRE, 2021). Assim, viabiliza-se o estudo de um sistema que organize os produtos e serviços, de forma a gerar lucro e trazer inovações para um desenvolvimento sustentável (MANZINI, 2008).

6. Conclusão ou Considerações Finais

Esse artigo trouxe o estudo de caso de modo a mostrar a relação de negócios sociais, sua aplicação e como o design pode contribuir com isso. Tem uma relação direta com a dissertação feita pela autora no mestrado em Design pelo Programa de Pós-Graduação em Design, o que se relaciona com essas construções conceituais que embasam o trabalho em questão. A visão sistêmica que o design possibilita, tem propósitos muito similares ao que os negócios sociais se propõem, que é essa observação minuciosa sobre o contexto social para que se possa atuar de maneira assertiva em prol da comunidade. Inclui-se, ainda, que essa atuação também está em consonância com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, justamente pelo mesmo motivo de se chegar à redução de desigualdades e também de se trazer trabalho decente e digno para as pessoas menos favorecidas.

É notável que essa abordagem visa atingir pessoas que estão às margens, que necessitam de apoio e ações para que possam ascender tanto em suas vidas profissionais quanto pessoais. Devido a isso, surge essa noção comunitária, pois como na dissertação que está vinculada a este estudo, nota-se que quando a comunidade se une, esse compartilhamento de recursos pode contribuir para que juntos atinjam melhorias coletivas que façam a diferença também na vida individual de cada um. Portanto, relacionar o conceito de coletividade, negócios sociais, design estratégico e design para a sustentabilidade com as ODS, preenche algumas lacunas que podem ser observadas em outros estudos de caso e até mesmo revisões bibliográficas que apresentam algumas brechas de estudo. Como o fato da organização de trabalho, a qual é aproveitada pelo design estratégico e que pode ser uma forma de valorizar a identidade da comunidade em prol da coletividade e de que eles tenham o diferencial para inovar em seus empreendimentos. A abordagem do design estratégico se soma aos empreendimentos do tipo negócios sociais justamente por terem esse mesmo fim de resolver um problema social.



Essas são as aplicações conclusivas que este artigo traz, sendo que uma das limitações identificadas também é a restrição de como cada tema pode contribuir, por terem significados e atuações muito próximas. O que faz necessário que haja mais estudos sobre outros casos e as comparações dos mesmos, de forma que cada vez seja possível otimizar e aprimorar os princípios desse modelo. Principalmente, estudos estes que sejam na área também do Co-design, uma abordagem possível e sendo inserida em alguns estudos, por trazer a visão da comunidade sobre seus próprios problemas e soluções, não sendo apenas a visão limitante que o designer possa ser influenciado a ter. Isso, pois, a comunidade sempre terá uma identidade que pode usar para valorizar suas realizações e unir aos saberes vernaculares em prol ao negócio social em desenvolvimento. Portanto, recomenda-se a continuação de estudos futuros nesta área.

7. Agradecimentos

Este artigo é parte integrante da pesquisa de dissertação realizada pela autora, a qual recebe aporte financeiro da agência de fomento Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, Brasil (CAPES), com código de financiamento 001, por Demanda Social.

Referências

- _____. Construindo negócios que fazem a diferença. **Yunus Negócios Sociais**, 2022. Disponível em: <<https://www.yunusnegociossociais.com.br/quem-somos>>. Acesso em: 04 out 2022.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.
- BEDIN, Jéssica; VIANNA, William Barbosa. Negócios sociais e inovação: panorama das teses e dissertações no cenário nacional. **Rev. Tecnol. Soc.**, Curitiba, v. 16, n. 45, p. 371-386, out./dez., 2020. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/12131>. Acesso em: 01 out 2022.
- CHOO, Chun Wei. **Gestão de informação para a organização inteligente: a arte de explorar o meio ambiente**. Porto: Caminho, 2003.
- CICCARINO, I. D. M.; MALPELLI, D. C.; MORAES, A. B. G. D. M.; NASCIMENTO, E. S. D. Inovação social e processo empreendedor: aplicação de tipologia em start-ups da Yunus Negócios Sociais Brasil. DOI: 10.1590/1679-395174335 **Cadernos EBAPE.BR**, vol. 17 n. 4. 2019.
- CRESWELL, J. Research design: qualitative e quantitative approaches. **Thousand Oaks: Sage**, 1994.
- FERENHOF, H. A.; FERNANDES, R. F. Desmistificando a revisão da literatura como base para redação científica: **Método SSF**. n. 3, p. 550-563, 2016. Disponível em: <<https://revista.acbsc.org.br/racb/article/view/1194>>. Acesso em: 15 fev 2023.

FÉRES, N. C.; SOUZA, H. P. O Movimento CHOICE e a criação de negócios de impacto no Brasil. **Cadernos de Gestão e Empreendedorismo**, v. 2., n.1, jan./abr., 2014.

FRANZATO, Carlo; et al. Transformando necessidades em oportunidades de negócio por meio de processos de codesign: o caso Dream:in™. In: FREIRE, Karine de Mello. **Design Estratégico para a Inovação Cultural e Social**. Porto Alegre: Ed. dos Autores, 2021.

FREIRE, Karine de Mello. Design Estratégico para a Inovação Social. In: FREIRE, Karine de Mello. **Design Estratégico para a Inovação Cultural e Social**. Porto Alegre: Ed. dos Autores, 2021.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2009.

KLEBA, Maria Elisabeth; WENDAUSEN, Agueda. Empoderamento: processo de fortalecimento dos sujeitos nos espaços de participação social e democratização política. **Saúde Soc**: São Paulo, v.18, n.4, p.733-743, 2009.

KRUCKEN, Lia. **Design e Território: valorização de identidades e produtos locais**. São Paulo: Studio Nobel, 2009.

MANZINI, Ezio. **Design para inovação social e sustentabilidade: Comunidades criativas, organizações colaborativas e novas redes projetuais**. Rio de Janeiro: E- papers, 2008.

MARINS, J. O empreendedorismo social como movimento transformador massivo. In; ANASTACIO, M. R.; FILHO, P. R. A. C.; MARINS, J. **Empreendedorismo social e inovação no contexto brasileiro**. Curitiba: PUCPRESS, 2018. 290 p.

MITCHELL, J.C. Case and situation analysis. *The Sociological Review*, 33, p 187-211, 1983.

MORAES, Dijon de. Design e complexidade. In: MORAES, Dijon de; KRUCKEN, Lia. **Design e transversalidade - Cadernos de Estudos Avançados em Design**. Belo Horizonte: Santa Clara: Centro de Estudos Teoria, Cultura e Pesquisa em Design. UEMG, 2008.

NORONHA, Raquel Gomes, et al. **Comunidades criativas e saberes locais: design no contexto social e cultural de baixa renda**. Curitiba, PR: Insight, 2022.

ONU MULHERES. **Empoderamento Econômico: Igualdade de remuneração e corresponsabilidade de cuidados**. Brasil: 2016. Disponível em: <<http://www.onumulheres.org.br/areas-tematicas/empoderamento-economico/acoes-com-governos/>>. Acesso em: 23 jan 2023.

SANTOS, Aguinaldo dos. et al. **Design para a sustentabilidade: dimensão social**. Curitiba: Insight, 2019.

SANTOS, Aguinaldo dos. et al. **Seleção do método de pesquisa: guia para pós-graduando em design e áreas afins**. Curitiba: Insight, 2018.

SOUZA, Maria dos Reis Araújo. **MULHERES NO CONTEXTO DA ECONOMIA SOLIDÁRIA NA COMUNIDADE DE ITAMATATIUA – ALCÂNTARA/MA: lutas e resistências**. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2020.

VICTORIA, Isabel Cristina Moreira; MERINO, Giselle Schmidt Alves Díaz; MERINO, Eugenio Andrés Díaz; FIGUEIREDO, Luiz Fernando Gonçalves de. A Pesquisa Acadêmica



Brasileira na Área de Design Referente a Negócios Sociais. **10º Plural Design**, Joinville, SC: Editora UNIVILLE, 2022.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 5ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

YUNUS, Muhammad. **Criando um negócio social: como iniciativas economicamente viáveis podem solucionar os grandes problemas da sociedade**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

Planejamento da materioteca do Instituto de Artes e Design: proposição de diretrizes e estruturação da catalogação das amostras

Planning of the Institute of Arts and Design's material library: proposition of guidelines and structuring of sample cataloging

Sílvia Resende Xavier, mestra, UFJF.

silvia.xavier@ufjf.br

Andre Mol, doutorando, UEMG.

andre.mol@ufjf.br

Danielle Carvalho Stutz, graduanda, UFJF.

stutz.danielle@estudante.ufjf.br

Número da sessão temática da submissão – [14]

Resumo

Este trabalho aborda aspectos que definem a criação de materiotecas e apresenta o processo de implementação de uma materioteca acadêmica do Instituto de Artes e Design na Universidade Federal de Juiz de Fora. A metodologia contempla uma etapa de revisão de literatura acerca da estruturação e do funcionamento de materiotecas e da relevância destes acervos no ensino e prática de design; uma etapa de relato de caso, com apresentação do processo de criação da materioteca acadêmica; e etapas de análise e síntese dos resultados. A discussão dos resultados evidencia a efetividade das diretrizes definidas para a catalogação, a qual organiza e diferencia as amostras, além de possibilitar a ampliação e a diversificação do acervo. Finalmente, entende-se que o acesso à materioteca pode contribuir para a formação acadêmica de forma flexível, experimental e intuitiva, considerando o uso didático e a possibilidade de contato sensorial com os materiais.

Palavras-chave: Materioteca; Seleção de materiais; Ensino de design; Catalogação

Abstract

This research addresses the aspects that define the creation of material libraries and presents the process for implementing an academic material library in the Institute of Arts and Design at the Federal University of Juiz de Fora. The methodology includes a literature review stage about the structuring and functioning of material libraries and the relevance of these collections in the teaching and practice of design; a case report stage, presenting the process of creating the academic material library; and stages of analysis and synthesis of results. The results discussion shows the effectiveness of the guidelines defined for cataloging, which organizes and differentiates the samples, in addition to enabling the expansion and diversification of the collection. Finally, it is evidenced that the access to the material library can contribute to academic training in a flexible, experimental and intuitive way,

considering the didactic use and the possibility of sensorial contact with the materials.

Keywords: *Material library; Materials selection; Design teaching; Cataloging*

1. Introdução

Ponto crucial do projeto de design, o processo de seleção de materiais exige que “o designer seja capacitado com critérios para interpretar e métodos para avaliar o desempenho sensorial e ambiental dos materiais, para que possa ser guiado em sua escolha” (GIORGI, 2012, p. 39). As sensações e interpretações dos usuários em relação aos materiais são resultado direto do planejamento do designer, cabendo a ele a "responsabilidade sobre os fatores humanos em relação à seleção dos materiais" (PAGNAN, 2018, p. 41). No projeto essa seleção de materiais é complexa, já que as variáveis consideradas (objetivas como cor e disponibilidade, ou subjetivas como associação a determinada cultura) e a gama de opções disponíveis (mais de 160.000 materiais) demandam contínua pesquisa dos profissionais (XAVIER; SILVA, 2021). Neste contexto Giorgi (2012, p. 41) propõe as materiotecas como estruturas relevantes onde os designers podem “localizar materiais e tecnologias inovadores para incrementar seus projetos e processos industriais”, enquanto Xavier e Silva (2021, p. 679) apontam que “no campo educacional, as materiotecas contribuem para a formação e prática profissional em design, permitindo que estudantes e jovens profissionais tenham acesso a informações para ampliar seu repertório e seu conhecimento”.

Há diferentes possibilidades para a configuração de uma materioteca. Ao se pensar na criação de um acervo de materiais, é necessário considerar o perfil operacional (comercial, privada ou acadêmica); o propósito e o público que se espera alcançar; o conteúdo que será escolhido para compor o acervo (pode haver foco em uma ou mais áreas do design, pode-se ter amostras de materiais ou materiais aplicados em produtos); a maneira como o acervo será apresentado (em meio físico e/ou virtual, com diferentes abordagens para exibição); o sistema de catalogação e busca no acervo, além da curadoria de informações que são relevantes para exibição juntamente com o exemplar (AKIN; PEDGLEY, 2015; DANTAS; CAMPOS, 2008). Assim, para a criação de uma materioteca, é necessário que estas variáveis sejam consideradas em contexto, para guiar a tomada de decisões e pautar o planejamento das ações.

Inicialmente proposta como um projeto de Treinamento Profissional da Universidade Federal de Juiz de Fora junto ao Bacharelado em Design, em 2019, a criação da materioteca do Instituto de Artes e Design (IAD) teve por objetivo a estruturação de um acervo que permitisse acesso a materiais no contexto do design gráfico e do design de produto. Com o intuito de capacitar os alunos na identificação prática das diferentes famílias de materiais e processos, permitindo desenvolver seu pensamento crítico, dada a relação direta entre os materiais e a sustentabilidade, e ampliando sua rede de contatos com os fornecedores, aumentando assim suas chances de ingresso profissional. Para a estruturação desta materioteca foi realizada uma pesquisa sobre as definições necessárias para sua criação, e determinados os critérios para catalogação das amostras do seu acervo.

O objetivo geral deste estudo é apresentar os principais pontos levantados para a criação de uma materioteca, descrevendo e discutindo o caminho definido para o planejamento da materioteca do IAD. Os objetivos específicos são: (i) apontar o papel das materiotecas na formação discente e no contexto projetual de design; (ii) identificar os principais aspectos que definem as características e o funcionamento das materiotecas; e (iii) descrever e discutir as diretrizes determinadas para a criação da materioteca no IAD.

2. Procedimentos Metodológicos

Os métodos utilizados para realização deste estudo foram organizados em quatro fases. A fase inicial consiste na revisão da literatura para construção da base teórica relacionada ao tema. É realizada por meio de pesquisa bibliográfica sobre a relevância da escolha de materiais no contexto de um projeto de design e sobre as ferramentas normalmente utilizadas por designers para a escolha de materiais, com foco em materiotecas. Na segunda etapa, também realizada por meio de pesquisa bibliográfica, é feito o levantamento dos principais aspectos de definição para estruturação de uma materioteca, evidenciando as decisões que são necessárias para planejamento de um acervo. A terceira fase deste estudo consiste em um relato de caso, com apresentação do caminho que foi trilhado para criação da materioteca no IAD, abordando a maneira como foram definidos cada um dos aspectos principais. Por fim, na fase final da pesquisa, são traçadas as conclusões gerais, com base nas informações encontradas e sistematizadas, sobre os diferentes modelos de funcionamento das materiotecas e sobre a maneira como a materioteca do IAD foi estruturada.

3. Apresentação dos resultados

Nesta seção são apresentados os resultados deste estudo, contemplando a base teórica construída a partir de pesquisa bibliográfica, e o relato de caso prático, que trata da descrição do processo de implementação da materioteca do IAD.

3.1. Escolha de materiais em um projeto de design

Considerando-se variados métodos projetuais e diferentes áreas de atuação em design, percebe-se que a definição dos materiais no projeto pode ser organizada em três perspectivas diferentes. A primeira advém da necessidade de se trabalhar com um processo produtivo específico (e.g. impressão flexográfica, injeção ou usinagem) e a partir da análise dos materiais compatíveis será feita a escolha daqueles que melhor se aplicam ao projeto. De forma oposta, a seleção pode se iniciar com a análise de materiais que se adequem a um propósito comum (e.g. laminado flexível, cartonado multicamada, vidro ou polietileno para embalar suco de fruta), seguida da comparação dos processos produtivos apropriados para, então, ser feita a escolha final, adaptando assim os processos aos materiais (ASHBY; JOHNSON, 2011). Por fim, o designer pode trabalhar com um material já determinado, não cabendo a ele a escolha deste, então o conhecimento dos materiais será útil para definição de

processos, proposição de associação com outros materiais e para o planejamento do ciclo de vida do produto a ser desenvolvido.

Assim, se destaca a necessidade de articulação entre informações sobre materiais e processos produtivos para que os designers desenvolvam seus projetos. Este ponto apresenta diferentes desafios, entre eles a falta de experiência é ponto crítico já que o conhecimento acumulado amplia a possibilidade de melhores resultados e acelera o desenvolvimento projetual do profissional. Por isso, o contato com informações sobre os materiais, suas características e aplicações produtivas durante o período acadêmico é relevante na formação em design. Ashby e Johnson (2011) e Pedgley et al. (2015) destacam a distância entre a disponibilidade de informações e pesquisas relacionadas aos aspectos estritamente técnicos dos materiais (característicos das engenharias) frente aos aspectos ligados à percepção e sustentabilidade, apontando a necessidade de ampliação do tema nos cursos superiores.

Para além das características técnicas dos materiais, cuja seleção se dá por critérios objetivos, a escolha dos materiais em projetos de design considera fatores subjetivos ligados à percepção humana, que demandam métodos específicos que auxiliem os designers na definição das melhores opções. Influenciada por fatores sociais, econômicos e culturais, a percepção dos materiais requer análise constante, já que a fluidez destes fatores modifica sua relação com as pessoas ao longo do tempo. Assim, um material bem aceito comercialmente num momento pode se tornar indesejado em alguns anos por ser associado à falta de sustentabilidade ou apenas por ser percebido como algo ultrapassado. Dias (2009), Karana (2009) e Pagnan (2018) analisam e comparam diferentes métodos utilizados por designers para realização de testes de percepção e escolha de materiais com a participação de usuários, apresentando maneiras diversificadas para contextos que exijam maior ou menor complexidade projetual. Estas ferramentas constituem formas de apresentar os materiais aos usuários em diferentes formas, aplicações e situações, buscando compreender suas percepções e relações sinestésicas, oferecendo ao designer maior assertividade para suas decisões.

Enquanto Kindlein Junior e Cândido (2009) e também Pedgley et al. (2015) descrevem a importância de se conhecer e pesquisar os diferentes materiais, os processos produtivos e sua relação direta com aspectos da sustentabilidade para atuação em design de produto, Ambrose e Harris (2008), Barbosa (2009) e Collaro (2007) tratam o tema no contexto do design gráfico, porém de forma muito menos abrangente, com destaque para os diferentes processos de impressão mas entre os materiais apenas o papel é analisado, com breves considerações sobre sustentabilidade. Já em áreas de atuação conjunta entre design gráfico e de produto, como no caso das embalagens ou do design gráfico ambiental (sinalização), o tema da sustentabilidade é ponto central das pesquisas e referência para o desenvolvimento projetual, como é possível observar em Mol et al. (2022) e também em Pereira e Vieira (2009), que destacam o impacto da seleção dos materiais em todo o ciclo de vida dos produtos projetados.

3.2. Principais aspectos para planejamento de uma materioteca

Para a construção de uma materioteca é necessário que sejam definidos aspectos básicos que guiam o perfil do acervo e o seu planejamento. Diversos pesquisadores apresentam estudos sobre a criação de materiotecas, discutindo temas como, por exemplo, os sistemas de catalogação e busca (DANTAS; BERTOLDI, 2016; FERROLI et al., 2017; LIBRELOTTO et al., 2018) ou a escolha das amostras (NEVES; PAGNAN, 2017; VIRTANEN et al., 2017;

WILKES; MIODOWNIK, 2018). Ao avaliar a diversidade de aspectos que definem uma materioteca, Akin e Pedgley (2015) estabelecem alguns pontos principais: (i) perfil operacional; (ii) propósito e público; (iii) conteúdo; (iv) estrutura e forma de exibição; (v) sistema de catalogação, busca no acervo e fornecimento de informações sobre os materiais. Em cada um destes pontos há diferentes caminhos que podem ser tomados e o conjunto destas decisões define as características e o funcionamento da materioteca.

Tratando do perfil operacional, pode-se considerar três tipos: comerciais, privadas e acadêmicas (VIRTANEN et al., 2017). As materiotecas comerciais normalmente têm acesso restrito aos associados, sendo mantidas pelo pagamento de mensalidades ou pelo patrocínio de fabricantes e fornecedores de materiais. As coleções privadas ou profissionais são, geralmente, montadas e mantidas por escritórios ou empresas, também tendo acesso restrito, direcionado aos funcionários. Já as materiotecas institucionais ou acadêmicas, normalmente, têm perfil educacional. Procuram atender às necessidades de docentes e discentes e são, muitas vezes, abertas ao público em geral (DANTAS; CAMPOS, 2008). Em relação à definição do propósito do acervo e do público esperado, Akin e Pedgley (2015) identificaram que as principais razões declaradas para a criação de materiotecas são: (i) dar suporte ao ensino de design e materiais; (ii) dar suporte a atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D) e (iii) estabelecer uma ponte entre os desenvolvedores-produtores de materiais, e os profissionais que podem usar ou especificar esses materiais em projetos. Os autores apontam ainda que os principais usuários identificados pelas materiotecas pesquisadas são estudantes, professores, profissionais trabalhando em atividades relacionadas a design e outras áreas criativas, além de representantes de empresas (AKIN; PEDGLEY, 2015).

A definição do conteúdo da materioteca é decorrente da definição do propósito, já que "o objetivo da construção do acervo determina seu modo de organização e critérios de seleção dos materiais que comporão o espaço" (DANTAS; CAMPOS, 2008, p. 58). Dada a amplitude do campo e a quantidade de materiais disponíveis, é comum que as materiotecas tenham ênfase em um campo específico do design, apresentando uma seleção de materiais relacionados àquela área (VIRTANEN et al., 2017). Com relação ao tipo de amostras, pode-se optar por apresentar 'amostras de material' obtidas de produtores ou fornecedores deste material, mostrando suas características básicas, ou 'amostras de produto', obtidas de fabricantes, mostrando um exemplo de aplicação daquele material (AKIN; PEDGLEY, 2015).

Em relação às instalações e à estrutura, observa-se que algumas materiotecas existem exclusivamente em meio físico ou exclusivamente em meio virtual, enquanto outras têm espaço físico e apresentação do acervo em meio virtual. Akin e Pedgley (2015) descrevem a diversidade dos espaços físicos, do tamanho dos acervos e da estrutura para armazenamento e exibição das materiotecas. Ao analisar a organização em meio físico, os autores apontam que materiotecas "densamente preenchidas propiciam experiências interativas onde as amostras podem ser agrupadas, combinadas e comparadas por visitantes que usam a biblioteca mais como espaço de trabalho do que como um centro de referência" (AKIN; PEDGLEY, 2015, p. 1209-1210, tradução nossa).

Para organizar a busca no acervo das materiotecas é importante definir um sistema de classificação e catalogação. Dantas e Campos (2008) destacam que não foi encontrado nenhum sistema internacional padronizado para esta organização, enquanto Akin e Pedgley (2015) indicam que a maioria organiza o acervo de acordo com as famílias de materiais. Nas

materiotecas em meio físico, as amostras costumam ser apresentadas juntamente com catálogos impressos, tabelas de características, etiquetas ou adesivos (AKIN; PEDGLEY, 2015). Dantas e Campos (2008) ressaltam que, dado o enorme volume de informações, é comum a criação de bases de dados em meio virtual sendo “necessária a sistematização das informações através da criação de filtros de conteúdo sobre os materiais” (DANTAS; CAMPOS, 2008, p. 67). Neste caso, é importante considerar a implementação de “um sistema informacional composto de um sistema digital de informações (SDI) e uma coleção ordenada de amostras” (WATER, 2006, p. 87) possibilitando que as amostras físicas sejam associadas a um banco de dados com informações sobre o material.

Quanto ao tipo de informação apresentada, Akin e Pedgley (2015) indicam a predominância de informações sobre propriedades mecânicas e possíveis aplicações, com menor destaque para propriedades ambientais e sensoriais. Os autores ponderam que, considerando a existência de amostras físicas, é possível experimentar diretamente as qualidades sensoriais, havendo pouco ganho em tentar codificar essas qualidades (AKIN; PEDGLEY, 2015). Por outro lado, no acesso a acervos virtuais, há o desafio de se traduzir adequadamente estas informações para linguagem verbal e visual (XAVIER; SILVA, 2021). Apresentada a importância da seleção dos materiais no design e das materiotecas como ferramentas didáticas, além de revisadas as principais definições necessárias para estruturação de um acervo, buscou-se dentre as diferentes abordagens dessas coleções de materiais, aquela que ofereceria a melhor oportunidade no contexto de um bacharelado em Design com formação ampla (gráfico e produto). Giorgi (2012, p. 41) aponta que “cada materioteca está caracterizada por seu próprio método de catalogação”, assim, a criação da materioteca partiu da forma de seleção dos materiais para então desenvolver a catalogação das amostras.

3.3. Implantação da materioteca

Além de iniciar o contato com fornecedores de materiais para solicitar amostras, Xavier e Silva (2021, p. 679) apontam que, no começo do projeto, também “foram realizadas pesquisas relacionadas a aspectos da atividade de SM [seleção de materiais] e da construção de materiotecas, além da identificação e análise de materiotecas existentes”. A conclusão dessa primeira etapa em 2020, em meio aos desafios apresentados pela pandemia de COVID-19, resultou em definições para o projeto que guiaram a retomada das atividades presenciais em 2022. Assim, ficaram estabelecidos como marcos para a criação da materioteca: (i) perfil acadêmico: voltada ao ensino e à pesquisa, e por estar em uma universidade pública, ser gratuita e aberta ao público através de projetos de extensão; (ii) constituição do acervo: formado por amostras de produtos que evidenciam a aplicação prática dos materiais e processos; (iii) aquisição das amostras: obtidas a partir da solicitação aos fornecedores; da coleta de produtos pós-consumo; e da troca de amostras com outras materiotecas (com estas abordagens, diminuem-se os custos, evitando-se o gasto para aquisição do acervo); (iv) abordagem temática: promover o conhecimento dos materiais e processos tanto no contexto do design de produto quanto do design gráfico, da aquisição de amostras representativas para as duas áreas e, principalmente, pela valorização de um acervo de embalagens que evidenciem a integração projetual destas disciplinas.

No período entre o encerramento da primeira etapa do projeto e a sua retomada pós pandemia, houve a proposição de uma nova diretriz: (v) natureza física e virtual: oferecer amostras físicas que permitam uma experiência sensorial ampla ao mesmo tempo que sejam

disponibilizadas o máximo de informações através de acesso virtual. Essa nova orientação surgiu após constatados fatores locais como: a queda de frequentadores da biblioteca, evidenciando a necessidade de renovação do espaço; e a curricularização da extensão iniciada em 2020, que possibilitou a apresentação de um projeto de extensão como acontece na materioteca Materialize da Universidade de São Paulo. Contudo, a nova proposição exigiu também que o projeto passasse a contar com o planejamento da organização para acesso e consulta às amostras físicas, não mais apenas para seu arquivamento. A interrupção das atividades devido à pandemia prejudicou o contato com os fornecedores, já que muitas empresas paralisaram suas atividades, como também a universidade, mas o ponto mais crítico, deixado em aberto ao final da primeira etapa, foi a indefinição do sistema de catalogação das amostras. Então, com o retorno das atividades presenciais e reinício do projeto, foram retomados os contatos com fornecedores, iniciaram-se a proposição para catalogação e organização das amostras e o planejamento para acesso e consulta ao acervo.

Como primeiro passo, foi realizada uma análise das amostras já existentes, obtidas pela coleta de embalagens pós-consumo e pelo recebimento de amostras de fornecedores, a partir de uma separação em grupos de materiais. Em seguida, foi feito o levantamento de déficits, ausências ou excessos de amostras, que facilitou a projeção de ações futuras, assim como de definições do que seria essencial para o acervo. Depois da análise, iniciou-se a catalogação e, para isso, foi necessário considerar os propósitos da materioteca, o seu público-alvo principal, a sua mobilidade e a possibilidade de incorporar tanto amostras idênticas ou similares em características, como também anexar futuramente novas categorias e exemplares.

Para uso no contexto acadêmico, considerou-se fundamental a mobilidade do acervo, possibilita-se o auxílio e complemento do aprendizado não só no espaço físico da materioteca, mas também nas salas de aulas. A fim de efetivar essa locomoção do acervo, foi definida a organização das amostras em caixas temáticas organizadas em grandes categorias, descritas no Quadro 1. Esta apresentação propicia o uso dinâmico e direcionado do acervo.

Quadro 1: Grandes categorias e caixas temáticas

| Grandes categorias | | | | |
|--------------------|--------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| 1. Materiais | 2. Aplicações | 3. Componentes | 4. Processos | 5. Cartonagem |
| Caixas temáticas | | | | |
| 1 Polímero | 1 Alimentos-supermercado | 1 Rótulo | 1 Vacuum Forming | 1 Fechamento |
| 2 Metal | 2 Alimentos-entrega | 2 Tampa | 2 Injeção | 2 Acabamento |
| 3 Cerâmico | 3 Cuidados Pessoais | 3 Bicos e válvulas | 3 Injeção e sopro | 3 Visor |
| 4 Papel | 4 Saúde | | 4 Extrusão | 4 Display/Dispenser |
| 5 Natural | 5 Luxo | | 5 Extrusão e sopro | 5 Pendurador |
| 6 Laminados | | | | 6 Berços |

Fonte: Autores.

Essa lógica de categorização também permitiu que amostras iguais, as quais foram identificadas durante a análise inicial citada anteriormente, coexistissem no acervo e fossem úteis na medida em que pudessem estar: (i) dentro de uma mesma grande categoria, mas em caixas temáticas diferentes ou (ii) apenas em categorias distintas. Com essa alternativa, apesar de idênticos, os exemplares poderiam ser diferenciados em seus códigos de chamadas, além

de facilitar consultas com focos diferentes, o uso das amostras em aulas, além de propiciar a adição de novas grandes categorias ou de novas caixas temáticas em categorias já existentes.

Após essa determinação de como seriam classificadas, iniciou-se o desafio de criar um código identificador que garantisse efetivamente a diferenciação das amostras. Para isso, a variedade de tipos de amostras, a possibilidade de acrescentar novos elementos no acervo e a existência de uma grande quantidade de embalagens foram observações que nortearam esse processo. Por conseguinte, partiu-se do estudo da estrutura do Sistema de Catalogação de Amostras de Materiais por Configuração (SCAMC) desenvolvida por Dantas e Bertoldi (2016), adaptando-a conforme os objetivos e as problemáticas analisadas da materioteca do IAD. A partir dessa estrutura, determinou-se que, apesar da necessidade de configuração de um código próprio, a divisão em áreas e as informações presentes no SCAMC, como classificação dos materiais, dos fabricantes e códigos de especificação, seriam essenciais à diferenciação das amostras. Além disso, a escolha em utilizar esse sistema como referência para a catalogação deveu-se ao fato dele ser aberto e flexível para que, a longo prazo, o código seja adequado à inserção de novas e diferentes amostras.

Após considerações, chegou-se a um código de seis campos numéricos divididos por hífen "-", onde de cada um deles tem a descrição dos seus temas separadas por pontos ".". Além disso, há a possibilidade de dividir mais de um elemento do mesmo tema, com uso de barras "/". A Figura 1 apresenta uma visão esquemática dos campos e conteúdos que compõem o código.

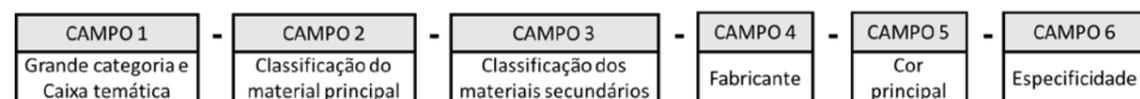


Figura 1: Conteúdos que compõem o código de chamada das amostras. Fonte: elaborado pelos autores

Para o preenchimento de cada campo, os conteúdos foram relacionados a números, levando à construção de uma tabela para registro desta relação. Assim, o código de chamada é constituído exclusivamente por números, sendo cada dígito referente a uma informação da amostra. A Figura 2 apresenta a decodificação do código de chamada de uma das amostras. Neste caso, a amostra é uma garrafa PET que está na caixa temática "Polímero", na grande categoria "Materiais" e tem, além do corpo principal, dois componentes secundários - tampa e rótulo. O campo 3 apresenta estas duas informações, separadas por barra. Este código não apresenta o campo 6 pois não foi necessária nenhuma especificidade da amostra para diferenciá-la das demais, gerando um código único com as informações apresentadas até o campo 5.

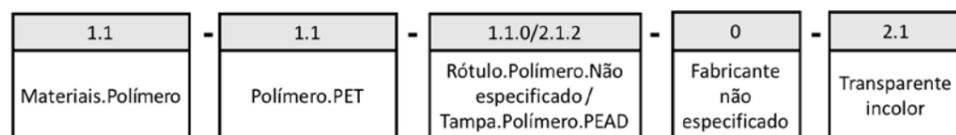


Figura 2: Decodificação do código da amostra 1.1-1.1-1.1.0/2.1.2-0-2.1. Fonte: elaborado pelos autores

Para situações de similaridade entre os códigos das amostras, foi necessário utilizar o campo final para registrar informações que tornem inequívoca a sua identificação. Diferentes informações podem ser apresentadas, sendo definido um grau de prioridade de aparecimento no código, como volume e peso declarados para o conteúdo, dimensões externas da embalagem, processo de transformação do material, ano de aquisição e cor secundária predominante na amostra. A Figura 3 apresenta o código de uma embalagem plástica que utiliza o sexto campo para diferenciação, onde tem-se seu material, polímero do tipo "7 - Outros", na caixa temática "Alimentício-Entrega", pertencente à grande categoria "Aplicações". Utilizou-se a informação de volume declarado na embalagem para tornar único o código de chamada.

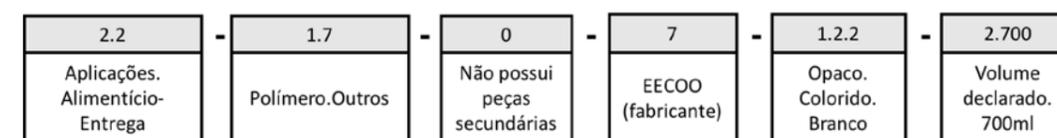


Figura 3: Decodificação do código da amostra 2.2-1.7-0-7-1.2.2-2.700. Fonte: elaborado pelos autores

À medida que a catalogação e o código de chamada foram delineados, era elementar à materioteca uma tabela que concentrasse as informações relevantes do acervo, juntamente a um sistema de busca. Atualmente esse procedimento existe em uma tabela de Excel, o que não é tão prático para as necessidades observadas já que, às vezes, mais de uma linha é utilizada para registro dos componentes secundários de uma amostra. Como exemplificado na Figura 4, a solução, até então, é repetir o código de chamada conforme a quantidade de linhas acrescentadas para classificação desses componentes, para que seja possível realizar buscas dentro da lógica do aplicativo. No entanto, há a pretensão de se desenvolver um banco de dados de busca interativa, bem como uma interface *on-line* de pesquisa facilitada com páginas para cada material, contendo imagens e demais informações.

| Código | Caixa | MB | Classe MB | Componentes Secundários (CS) |
|---------------------------|---------|----------|-----------|------------------------------|
| 3.1-1.5-1.0/2.1.5-0-1.2.2 | Injeção | Polímero | PP 5 | Rótulo |
| 3.1-1.5-1.0/2.1.5-0-1.2.2 | | | | Tampa |

Figura 4: Parte da planilha de registro de informações das amostras. Fonte: elaborado pelos autores

Nesta planilha, também são detalhadas informações complementares, como os processos de transformação dos materiais e os processos gráficos, o fabricante dos componentes secundários, o tipo de amostra (se é virgem ou pós-consumo), a sua descrição (o que facilita encontrar visualmente a amostra física) e detalhes fornecidos pelo fabricante. Juntamente a isso, criou-se um sistema de *hashtags* que, apesar de não contribuir diretamente para construção do código, registra informações extras e importantes sobre uma determinada amostra. Até agora, este sistema de *hashtags* descreve informações referentes a cartonagem, como acabamento gráfico, fechamento e rotulagem; a questões temáticas, especificando a

qual outra caixa temática aquela amostra poderia ser relacionada; e a componentes, como tipos de tampa, presença de bico, de válvula e de zíper.

Além do preenchimento da planilha, a organização das amostras físicas foi realizada, com a colocação dos exemplares em caixas, de acordo com as categorias e temáticas definidas. Quanto ao espaço físico da materioteca, ainda está improvisado, aguardando sua implementação em um espaço dedicado na biblioteca do IAD, com a previsão de que alunos monitores, vinculados a projetos de extensão, fiquem responsáveis pela manutenção e apresentação do acervo ao público, facilitando a realização de buscas *in loco*.

4. Análises dos Resultados

Nota-se, considerados os resultados alcançados, que construiu-se um acervo diversificado obtido por aquisições de baixo custo a partir da coleta de embalagens pós-consumo e das doações feitas por fornecedores de materiais, e consolidou-se uma estrutura voltada à atividade acadêmica, com um sistema de catalogação de amostras que as organiza e as diferencia a partir de um código de chamada único. Devido a sua característica flexível e aberta, a organização da materioteca garante a possibilidade futura de ampliação e de diversificação do acervo, além de facilitar a mobilidade do acervo para uso no contexto acadêmico. As amostras físicas foram organizadas em caixas e as informações sobre cada exemplar estão registradas de maneira padronizada em uma planilha de Excel. Apesar da necessidade de modificações para facilitar buscas e consulta ao acervo, este registro em planilha é uma base para a criação de um banco de dados com interface mais interativa. Entende-se ainda que a materioteca do IAD desempenha o papel de valorizar e de evidenciar a integração projetual das disciplinas de design de produto e design gráfico, já que, por conter amostras representativas das duas áreas, possibilita a promoção do conhecimento integrado de materiais e processos produtivos.

Em relação às pretensões futuras, no que diz respeito ao planejamento de acesso à materioteca do IAD, urge a necessidade de um espaço físico dedicado, bem como a criação de uma plataforma *on-line*, para possibilitar outras formas de interação com o acervo. Já em consideração ao planejamento de consulta física ao acervo, organizado o espaço físico para as amostras, serão desenvolvidos projetos de extensão com criação de vagas para alunos que sejam responsáveis pela manutenção e acesso ao conteúdo da materioteca. Além disso, julga-se essencial a estruturação de uma busca mais interativa e facilitada, o que torna fundamental a criação de uma apresentação virtual do acervo.

Por fim, com o objetivo de avaliar futuramente o impacto da implantação da materioteca no aprendizado dos alunos, sugerem-se as seguintes diretrizes: (i) avaliar do número de consultas e empréstimos feitos; (ii) realizar pesquisa qualitativa com alunos e professores; (iii) buscar referências à materioteca, e seu acervo, na produção acadêmica dos pesquisadores do IAD. Com base na avaliação dos resultados, poderão ser implementadas melhorias no projeto além de compartilhadas as experiências através de publicações.

5. Considerações Finais

Este estudo apresentou uma revisão do papel das materiotecas na seleção de materiais em projetos de design e sua relevância para formação em design. Foram levantados aspectos que definem o funcionamento de uma materioteca e que devem ser considerados ao se planejar um acervo de materiais e foi proposta uma reflexão sobre a criação de uma materioteca acadêmica. A discussão de resultados evidencia a materioteca do IAD enquanto ferramenta que possibilita uma complementação ao ensino e uma integração projetual, considerando seu acervo diversificado, representativo para as áreas de design gráfico e de produto. Considera-se bem sucedida a estrutura proposta para catalogação das amostras, desenvolvida a partir de uma metodologia de referência, que possibilita a identificação de cada exemplar, permitindo a ampliação contínua e uso flexível do acervo. Por fim, como sugestão de estudos futuros, destacam-se as possibilidades de: analisar os resultados do uso da materioteca como recurso didático; apontar estratégias de organização para alinhamento de dados entre a catalogação física e virtual das amostras; estudar a viabilidade de ampliação do acervo com amostras de interesse de outros cursos da unidade acadêmica; e sugerir modelos para inserção de características subjetivas na codificação das amostras.

Referências

- AKIN, Fazil; PEDGLEY, Owain. Sample libraries to expedite materials experience for design: A survey of global provision. **Materials & Design**, v. 90, p. 1207-1217, 2016. DOI: 10.1016/j.matdes.2015.04.045
- AMBROSE, Gavin; HARRIS, Paul. **The production manual: a graphic design handbook**. _____: Ava Academia, 2008.
- ASHBY, Michael; JOHNSON, Kara. **Materiais e design: arte e ciência da seleção de materiais no design de produto**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.
- BARBOSA, Conceição. **Manual prático de produção gráfica: para produtores gráficos, designers e directores de arte**. Parede: Príncipia, 2009.
- COLLARO, Antônio Celso. **Produção gráfica: arte e técnica da mídia impressa**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.
- DANTAS, Denise; BERTOLDI, Cristiane Aun. **Sistema de catalogação e indexação de amostras de materiais orientado a projetos de design para uso em materiotecas**. In: DATJournal, [s. l.], v. 1, ed. 2, 2016.
- DANTAS, Denise; CAMPOS, Ana Paula de. Análise Comparativa de Materiotecas: recomendações para a construção de modelos acadêmicos, p. 56-72. In: **Anais do Oitavo Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design / P&D 2008**. São Paulo: Aend Brasil, 2008.
- DIAS, Maria Regina Álvares Correia. **Percepção dos materiais pelos usuários: modelo de avaliação Permatius**. 2009, 291 f. Tese (Doutorado em Engenharia e Gestão do Conhecimento) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.



FERROLI, Paulo C. M.; LIBRELOTTO, Lisiane I.; VIDIGAL, Maria Fernanda; SETTER, Diogo Alessandro. Sistema de leitura integrada amostras - site para classificação dos materiais em uma materioteca multidisciplinar, p. 318-327. *In: Anais ENSUS 2017 - V "Encontro de Sustentabilidade em Projeto"*. Florianópolis : UFSC/VIRTUHAB, 2017.

GIORGI, Claudia De. Materiais para design. Inovação em pesquisa e didática no Politecnico di Torino. *In: DE MORAES, D.; IIDA, I.; DIAS, R. A. (Org.). Cadernos de Estudos Avançados: inovação*. Barbacena: EdUEMG, 2012, p. 37-51.

KARANA, Elvin. **Meaning of materials**, 2009, 272 f. Tese (Doutorado) – Technische Universiteit Delft, Delft, 2009.

KINDLEIN JÚNIOR, Wilson; CÂNDIDO, Luis Henrique A. Design de produto e seleção de materiais com foco nos 3R's. *In: De Moraes, D.; KRUCKEN, L. (Org.). In: Cadernos de Estudos Avançados: sustentabilidade I*. Barbacena: EdUEMG, 2009, p. 85-107.

LIBRELOTTO, Lisiane I.; FERROLI, Paulo C. M.; CARBONARI, Luana T. Integrate system for materials classification in a multidisciplinary materials library. *In: Strategic Design Research Journal*, v. 11, n. 1, p. 34-41, 2018. DOI: 10.4013/sdrj.2018.111.06

MOL, Andre; BENATTI, Lia P.; DIAS, Maria Regina A. C. Fatores de sustentabilidade no mercado brasileiro de café: referências para projetos de design de embalagens, p. 7716-7733. *In: Anais do 14º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design*. São Paulo: Blucher, 2022. ISSN 2318-6968, DOI 10.5151/ped2022-9359117

NEVES, Hemili. L.; PAGNAN, Andreia. S. A importância da materioteca como apoio ao ensino de design, p. 16-28. *In: Colóquio Internacional de Design 2017*. São Paulo: Blucher, 2018. DOI: 10.5151/cid2017-02

PAGNAN, Caroline S. **Percepção dos usuários frente a produtos fabricados via impressão 3D em PLA colorido com masterbatch de urucum**. 2018, 157 f. Tese (Doutorado em Design) – Universidade do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.

PEDGLEY, Owain; ROGNOLI, Valentina; KARANA, Elvin. Materials experience as a foundation for materials and design education. *In: International Journal of Technology and Design Education*, v. 26, n. 4, p. 613–630, 2015. DOI: 10.1007/s10798-015-9327-y

PEREIRA, Clauciane Vivian; VIEIRA, Milton Luiz Horn. Design gráfico ambiental para a sustentabilidade. *In: Anais do 2º Simpósio Brasileiro de Design Sustentável*. São Paulo: Rede Brasil de Design Sustentável, 2009. ISSN 21762384.

VIRTANEN, Maarit; MANSKINEN, Kati; EEROLA, Sauli. Circular Material Library. An Innovative Tool to Design Circular Economy. *In: The Design Journal*, v. 20, n.1, p. 1611-1619, 2017). DOI: 10.1080/14606925.2017.1352685

XAVIER, Silvia R.; SILVA, André C. M. Comunicação de aspectos subjetivos e intangíveis dos materiais: análise de recursos para apresentação de informações em materiotecas virtuais, p. 678-691. *In: Anais do 10º Congresso Internacional de Design da Informação*. Curitiba, Sociedade Brasileira de Design da Informação, 2021.

WALTER, Yuri. **O Conteúdo da Forma: Subsídios para Seleção de Materiais e Design**. 2006, 106f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2006.

WILKES, Sarah. E.; MIODOWNIK, Mark. A. Materials library collections as tools for interdisciplinary research. *In: Interdisciplinary Science Reviews*, v. 43, n. 1, p. 3-23, 2018. DOI: 10.1080/03080188.2018.1435450



Desenvolvimento de Órtese Pediátrica do Tipo Tornozelo-Pé com uso de Impressão 3D

Development of Ankle-foot Type Pediatric Orthosis by using 3D Printing

Herbert Renato Coelho Gomes, Universidade Estadual de Londrina

herbert.renato@uel.br

Cláudio Pereira de Sampaio, Universidade Estadual de Londrina

claudiopereira@uel.br

Sônia Maria Fabris, Universidade Estadual de Londrina

sofabris@uel.br

José Antonio Vicentin, Universidade Estadual de Londrina

zevicentin@gmail.com

Resumo

Embora a impressão 3D apresente benefícios para a produção de órteses, trata-se de uma tecnologia que ainda não está difundida no âmbito do Sistema Único de Saúde (SUS). Considerando aspectos como a alta demanda para a população pediátrica, a demora da entrega de órteses no serviço público, e a o alto custo de novas tecnologias para este tipo de aplicação, o trabalho teve por objetivo descrever um método de confecção de órtese tornozelo-pé por meio de manufatura aditiva e analisar suas vantagens e desvantagens, visando a uma possível implementação na prática clínica. O estudo é do tipo descritivo experimental, e seguiu um processo de desenvolvimento que incluiu a impressão 3D de duas versões experimentais de uma órtese, realizadas a partir de um modelo pediátrico. Os resultados preliminares em relação aos custos e tempo de produção indicaram benefícios, mas também a necessidade de se aprimorar o processo de modelagem virtual e de impressão, que deverão ser explorados com maior profundidade pelos autores.

Palavras-chave: Impressão 3D; Órteses; Órtese Tornozelo-Pé.

9

Abstract

Although 3D printing has benefits to produce orthoses, it is a technology that is not yet widespread within the Unified Health System (SUS). Considering aspects such as the high demand for the pediatric population, the delay in the delivery of orthoses in the public service, and the high cost of new technologies for this application, the aim of this study was to describe a method of making an ankle-foot orthosis using additive manufacturing, and to analyze its advantages and disadvantages, aiming at a possible implementation in clinical practice. This experimental descriptive study followed a development process that included the 3D printing of two experimental versions of an orthosis, made from a pediatric model. Preliminary results in relation to costs and production time indicated benefits, but also the need to improve the virtual modeling and printing process, which should be explored in greater depth by the authors.

Keywords: 3D Printing; Additive Manufacturing; Orthoses.

1. Introdução

A impressão 3D ou Manufatura Aditiva é um processo de fabricação por meio da adição sucessiva de material em camadas seguindo a geometria da peça, a partir de uma representação geométrica computacional 3D, comumente na forma de um modelo produzido em sistema CAD (*computer-aided design*) (VOLPATO et al., 2017). Esse processo permite fabricar componentes físicos mais complexos e em diferentes materiais, como polímeros, cerâmicas, metais e até biológicos.(NETO et al., 2018).

O crescimento dessa técnica possibilitou avanços no campo da saúde, e diversos estudos já foram realizados mostrando a sua aplicabilidade principalmente no desenvolvimento de tecnologias assistivas como próteses e órteses, sejam elas completas, híbridas ou peças complementares (NETO et al., 2018). Embora seja um método relativamente novo nessa área, já demonstra benefícios como maior detalhamento e precisão, baixo custo, produção e entrega mais rápida, além de uma maior preferência do usuário em relação aos métodos convencionais (ARCE; FOGGIATTO, 2017; NETO et al., 2018; ROBERTS et al., 2016; TZENG; HSU; CHANG, 2015).

As órteses se destacam entre as tecnologias assistivas e podem ser definidas como dispositivos externos que, aplicados a um segmento corpóreo, visam modificar a estrutura e/ou função do sistema esquelético e neuromuscular (BRASIL, 2019; CARVALHO, 2013). Podem ser indicadas tanto para repouso, imobilização, proteção, propriocepção ou correção (CARVALHO, 2013). Dentre os diversos materiais empregados na confecção de órteses, o termoplástico Polipropileno (PP) e o gesso são os mais utilizados, visto que materiais como a fibra de carbono, embora mais leves e resistentes, apresentam ainda um custo elevado (CARVALHO, 2013; SHAHAR et al., 2019). Tais materiais são modelados diretamente sobre o segmento corpóreo, e os processos de fabricação são, em sua maioria, artesanais, portanto

relacionados diretamente com as habilidades do profissional para a obtenção de um produto de qualidade (BARRIOS-MURIEL et al., 2020).

Houve uma evolução na produção de órteses, e seus designs estão se tornando mais funcionais e fáceis de usar, além de mais ecoeficientes. Além disso, com o desenvolvimento da ciência de materiais novos compostos poliméricos têm surgido e elementos plásticos têm sido cada vez mais utilizados devido à impressão 3D. Mas, ao contrário da termomoldagem, que é um processo utilizado há várias décadas, a técnica de impressão 3D ainda é relativamente nova no campo da produção de órteses e a disponibilidade de materiais adequados é ainda limitada (SHAHAR et al., 2019).

No que tange à fabricação de órteses por meio do sistema CAD e impressão 3D, pode-se utilizar a digitalização 3D por contato ou por luz estruturada (laser ou infravermelho) para a captura da imagem do formato do membro. Neste último, o escâner 3D possui sensores eletrônicos que fazem a leitura do segmento corpóreo sem contato direto. As imagens obtidas são enviadas para um *software* que acompanha o escâner, que permite correções e ajustes no modelo digitalizado, e a partir este é então gerada uma malha tridimensional. Posteriormente, a malha é editada em outro software de modelagem 3D, podendo servir de referência para a modelagem de outro objeto, neste caso uma órtese. O modelo 3D resultante é salvo em um formato específico (stl, obj, ply ou outros) e enviado para o software de fatiamento da impressora 3D, que o converte em uma sequência de instruções (gcode) que podem ser lidas pela impressora 3D, a fim de orientar a impressão camada a camada com adequada deposição e quantidade de material, a fim de reduzir o desperdício (CARVALHO, 2013; MORANDINI; DEL VECHIO, 2020).

As órteses tornozelo-pé ou *ankle-foot orthosis* (AFO's) ou suropodálicas são comumente utilizadas para condições neurológicas crônicas durante a infância, como a mielomeningocele, paralisia cerebral, doenças neuromusculares, entre outras. Elas favorecem um melhor alinhamento e funcionalidade em ortostatismo e marcha dessa população (CAMARGOS, et al. 2019). O Sistema Único de Saúde (SUS) fornece gratuitamente as órteses para a população brasileira, mas na sua concessão existem filas e muita demora no recebimento, por vezes acima de 12 meses. Segundo o relatório do Grupo de Trabalho sobre Órteses e Próteses (CNS, 2010), os diversos motivos para isso incluem: fluxo de referência e contra referência altamente burocratizado; falta de recursos; problemas relacionados com a lei de licitações, como demora na compra, custo e qualidade.

Dessa forma, considerando os desafios do acesso rápido a órteses via SUS e sua importância para a população pediátrica, bem como os crescentes benefícios apresentados pela fabricação em impressão 3D, este estudo teve por objetivo descrever um modelo de confecção de órtese em caráter experimental e analisar seus custos, benefícios, vantagens e desvantagens, visando a uma possível implementação na prática clínica deste recurso.

1. Metodologia

O presente estudo faz parte do Projeto integrado (PES/EXT) - Pesquisa, Design e Fabricação Digital para inovação em produtos e serviços para saúde pública - Nº 12565

realizado no Hospital Universitário da Universidade Estadual de Londrina. Trata-se de um projeto interdisciplinar entre as áreas de Fisioterapia e Design. O método de pesquisa definido para nortear este estudo refere-se a um estudo descritivo do tipo experimental. Tendo como referência os estudos de Arce e Foggiatto (2017) e Fernandes; Foggiatto e Poier (2015), o processo de desenvolvimento do trabalho (Figura 1) incluiu seis etapas principais: seleção do modelo, escaneamento 3D do modelo, modelagem 3D, impressão 3D, acabamento da peça e avaliação com o usuário.

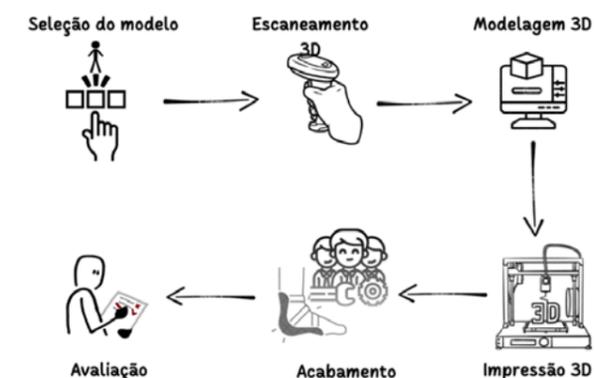


Figura 1: Processo de desenvolvimento do trabalho. Fonte: Acervo pessoal

Na seleção do modelo, os dois fisioterapeutas envolvidos no estudo escolheram de forma aleatória um paciente pediátrico que já fazia o uso de órtese tornozelo-pé em decorrência de mielomeningocele, e apresentava como morbidade paralisia dos pés e tornozelos. A criança era atendida no Hospital Universitário da Universidade Estadual de Londrina. Após a seleção e explicado o procedimento experimental para a responsável legal (neste caso a mãe), esta concordou voluntariamente com o estudo assinando termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE).

A digitalização foi realizada por uma equipe de dois fisioterapeutas e um *designer* do Núcleo de Fabricação Digital e Inovação do HU (Fab.i HU) (Figura 2). Utilizou-se um escâner modelo Sense@3D de primeira geração da 3D Systems®. Trata-se de um equipamento simples, portátil, que digitaliza objetos reais e transfere os dados da imagem obtida para um programa de modelagem 3D. Pode ser acoplado diretamente a um notebook ou tablet com sistema *Windows*, por meio de porta USB. Ele dispõe de uma tecnologia de luz estruturada que faz uma varredura sobre a área superficial a ser digitalizada, sem contato direto com o objeto digitalizado. Em seguida, obtém-se uma imagem em um *software* próprio instalado no notebook, que permite a edição para que possa ser impressa posteriormente.



Figura 2: Digitalização 3D com Scanner 3D Sense®. Fonte: Acervo pessoal.

Nessa etapa é importante que o membro permaneça imóvel para assegurar a qualidade da imagem; por isso, um profissional estabilizou o pé na posição neutra, enquanto outro realizou a digitalização. Foram necessárias duas tentativas para realizar a varredura completa de todo o seguimento do membro e, assim, obter uma imagem mais adequada. O modelo 3D digital capturado foi editado no software Rhinoceros® 5 (Figura 3), e a partir de discussões interprofissionais entre o *designer* e os fisioterapeutas foram realizados ajustes no modelo 3D, de forma a buscar o alinhamento da órtese em relação à anatomia do pé da criança.

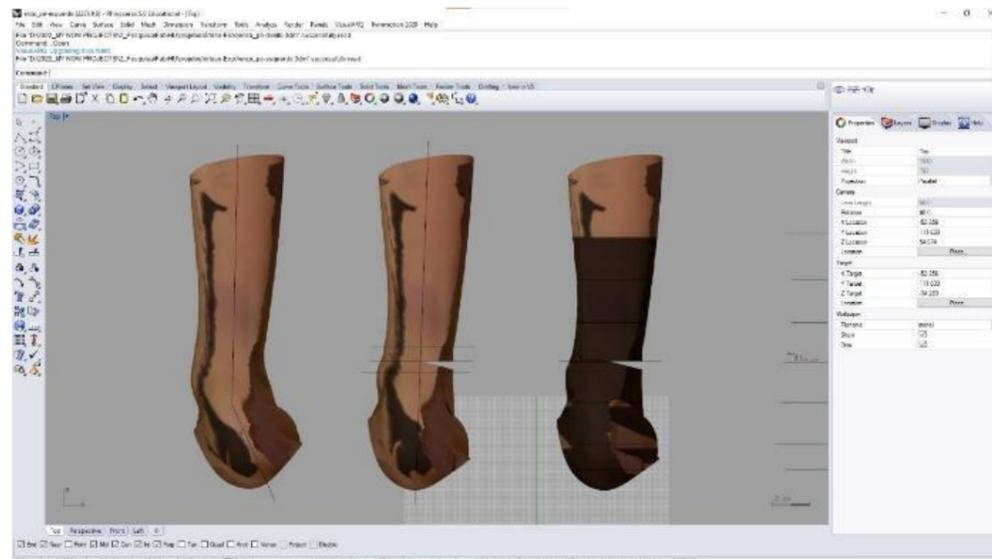


Figura 3: Modelagem 3D no software Rhinoceros®. Fonte: Acervo pessoal.

O membro do modelo apresentava alterações prévias na sua estrutura e função, decorrentes da patologia de base, com pé plano e em eversão, além de uma proeminência decorrente de calo, na porção lateral do dorso do pé. Outro ponto considerado foi em relação ao espaçamento para o acolchoamento interno da órtese. Este processo foi realizado duas vezes para a modelagem da primeira versão e ajuste para a segunda versão. A modelagem final podia ser espelhada para a confecção do par de órteses, uma vez que os pés do modelo não apresentavam assimetria significativa, mas há situações em que isso não é possível.

O próximo passo foi a exportação para um software de fatiamento digital (Cura® 3D), que possibilitou a geração e envio de informações do modelo para impressão 3D. A primeira versão foi produzida em uma impressora 3D Prusa® i3 com tecnologia por deposição de material (*fused filament fabrication*, ou FFM), que utiliza um filamento termoplástico extrudado por meio de um bico aquecido, depositando-o sobre uma plataforma aquecida. Trata-se da mais popular de todas as tecnologias de impressão 3D, e que permite criar produtos de alta qualidade e de baixo custo (DUDEK, 2013). O material utilizado foi o filamento termoplástico PETG (Politereftalato de Etileno Glicol) 1.75mm cristal (Figura 4). Esse material foi escolhido por apresentar melhor resistência mecânica (SANTANA, 2018) para suportar o peso da criança sem quebrar.

Nesta etapa do estudo, optou-se por imprimir somente uma peça (órtese esquerda), uma vez que se tratava de um procedimento experimental, deixando a impressão final das duas órteses apenas para a etapa final. A segunda versão foi realizada em uma impressora FFM de outro modelo (Ender® 5 Plus Creality), que apresenta melhor qualidade de impressão, utilizando o mesmo tipo de filamento. Na etapa de acabamento, após a peça impressa, a órtese foi testada para realização dos ajustes necessários. Na primeira versão (V1), observou-se uma fragilidade da peça ao manuseio, com risco de descolamento de camadas, por isso optou-se por aplicar uma camada de resina de poliéster de forma a aumentar a resistência mecânica da peça. Na segunda versão (V2), não foi utilizada esta resina, mas em contrapartida, aumentou-se sua espessura de 4mm para 6mm. Para o acabamento final, as proeminências foram lixadas com lixa d'água nº 200, e a peça foi revestida internamente com um material macio e flexível chamado *Soft Neoprene*. Este procedimento foi realizado para evitar pontos de pressão que pudessem machucar a criança, visto que ela não possuía sensibilidade nos pés. E para a fixação da órtese ao membro, foram utilizadas presilhas com velcro.

Após instalado o protótipo no pé da criança, foi realizada uma avaliação subjetiva que consistiu em observar o alinhamento adequado no modelo, buscando corrigir imperfeições, a fim de garantir uma melhor adequação ao pé da criança. Esta adaptação incluiu aspectos do posicionamento estático, com ou sem apoio em ortostatismo, e também o posicionamento dinâmico da marcha. Além disso, verificou-se a presença ou não de pontos de pressão, que poderiam ocasionar lesões no membro com o uso prolongado. Destaca-se que o paciente modelo apresenta alterações na sensibilidade, deixando a região corporal de intervenção suscetível a tais lesões. Outro ponto importante foi a observação do encaixe adequado da órtese no calçado do paciente, além dos aspectos estéticos, visando à satisfação do usuário final.

2. Resultados

A primeira versão da órtese (V1, Figura 4), foi testada e verificou-se que ela não ficou adequada ao modelo, pois suas dimensões internas ficaram pequenas. Isso ocorreu porque não foi dado um espaçamento adequado entre a parte digitalizada e o produto modelado. A cobertura com resina, embora tenha aumentado a sua resistência a distorções e possível quebra, tornou a peça excessivamente rígida, o que dificultou o encaixe no pé. Em decorrência dessa rigidez pode-se inferir que isso aumentou a tendência a lesões por pressão.



Figura 4. Primeira versão da órtese (V1).
Fonte: Acervo pessoal



Figura 5. Segunda versão da órtese (V2).
Fonte: Acervo pessoal.

Na segunda versão (V2, Figura 5), procedeu-se o aumento das dimensões internas em relação à primeira, assim como a espessura da peça (de 4 para 6mm), e optou-se por não aplicar a resina. Dessa forma, a impressão do material ficou adequada, mais maleável, embora a peça tenha ficado superdimensionada por um erro de modelagem. Com isso, foi realizado o preenchimento com algodão ortopédico, o qual se mostrou eficaz para preencher a diferença de tamanho. Mas, mesmo com o aumento da espessura, o protótipo ainda se mostrou frágil a esforços mecânicos mais intensos no sentido vertical, uma vez que a deposição de material foi realizada apenas no sentido horizontal, chegando a ocasionar uma fissura na lateral da peça. Essa impressão foi realizada em duas impressoras de modelos diferentes (Prusa i3 e Ender 5 Plus), com objetivo de comparar a eficiência estrutural e funcional das duas versões. Neste aspecto as duas impressoras se mostraram eficientes para a produção do modelo desenvolvido, mas em ambas também foi percebida a mesma tendência ao descolamento de camadas.

O tempo aproximado para produção da órtese em cada etapa é apresentado na Tabela 1. A digitalização foi realizada duas vezes por cerca de 10 minutos cada, demandando 20 minutos totais nessa etapa para se obter o modelo digitalizado. Na primeira versão (V1), a etapa de modelagem durou cerca de 9 horas, e na segunda versão (V2) foram gastas cerca de

24 horas, sendo que a maior parte deste tempo foi gasto com tentativas de ajustes de tamanho. A impressão foi mais rápida na versão 1 (V1) do que na versão 2 (V2) devido ao menor tamanho da peça e menor espessura das paredes em relação à versão 2 (V2). O acabamento na versão 1 (V1) incluiu a aplicação da resina, o tempo de secagem e o teste no modelo. Na segunda versão (V2) o acabamento durou menos tempo porque não houve aplicação de resina.

Para complementar os ajustes, foi realizada a medição do membro do paciente (circunferência do terço proximal da perna; tamanho da superfície da planta do pé e circunferência de tornozelo). Além disso, nessa etapa, foi realizado o teste no modelo com o paciente, com aplicação de preenchimento em *Soft Neoprene* e colocação das presilhas de velcro.

Tabela 1: Tempo aproximado para produção da órtese em cada etapa

| Etapas | Tempo gasto | |
|---|----------------|----------------|
| | 1 ^a | 2 ^a |
| Digitalização | 20min | - |
| Modelagem | 9h | 24h |
| Impressão | 3h | 11:30h |
| Acabamento | 6:30h | 1h |
| Tempo total gasto na produção dos dois modelos | 55:20h | - |

Fonte: elaborado pelos autores.

A Tabela 2 apresenta os custos dos materiais utilizados considerando que o preço do quilograma (Kg) do filamento à época foi de R\$ 104,00. A primeira e a segunda versão apresentaram peso final de 115g e 238g, respectivamente. O valor utilizado para o cálculo da resina levou em consideração o valor pago de R\$40,00 o frasco de 900g. O preço do metro de *Soft Neoprene* foi de R\$60,00 e foi utilizado cerca de 1/6 deste material.

Tabela 2: Relação dos custos dos materiais

| Materiais | Valor |
|--------------------------|-------|
| Filamento versão 1 (R\$) | 11,96 |
| Filamento versão 2 (R\$) | 24,90 |
| Soft Neoprene (R\$) | 10,00 |
| Velcro (R\$) | 5,00 |
| Resina (R\$) | 1,78 |

| | |
|-------------------|-------|
| Valor Final (R\$) | 53,64 |
|-------------------|-------|

Fonte: elaborado pelos autores.

O Quadro 1 apresenta a síntese das principais dificuldades encontradas durante o processo de desenvolvimento dos protótipos e o aprendizado da equipe na resolução dos problemas, com sugestões para futuros projetos.

Quadro 1: Síntese das principais dificuldades, aprendizados e sugestões do processo.

| Principais dificuldades | Aprendizado | Sugestões |
|--|---|---|
| Dificuldade na digitalização do membro e obtenção de uma imagem de qualidade. | Digitalização com membro imóvel e bem-posicionado é imprescindível para uma imagem de qualidade. | Pelo menos dois profissionais para esta atividade, sendo um fisioterapeuta, de forma que um imobilize o membro na posição alinhada com o objetivo terapêutico e o outro faça a varredura completa de toda a área, de preferência com o membro em suspensão. |
| Dificuldade e maior tempo gasto na modelagem de uma imagem adequada ao tornozelo-pé. | A etapa de modelagem requer experiência, com trabalho multidisciplinar. Realizar a modelagem sem medidas do membro aumentou as chances de criar uma órtese com tamanho e forma inadequados. | Realizar a medição do comprimento, circunferência de tornozelo, pé e perna auxiliam nos ajustes realizados no <i>software</i> . Utilizar uma imagem de modelo como referência para acelerar esta etapa. |
| Tempo gasto na impressão muito grande. | Órteses mais espessas e maiores levam mais tempo de produção. Porém a impressão em 3D não demanda tempo do profissional de forma ativa nessa etapa, liberando-o para outras atividades. | Impressão do par de órteses em duas impressoras de forma simultânea. |
| Pouca maleabilidade da primeira versão (V1) | Aplicação de resina de poliéster aumentou a resistência da órtese, porém tornou-a muito rígida, dificultando o encaixe no membro e favorecendo áreas de lesão. | Não realizar cobertura com resina ou outros materiais que aumentem a rigidez do material. Pensar na questão do conforto e na prevenção de lesões. |

| | | |
|---|--|--|
| Fragilidade do material no sentido vertical. | Impressão com deposição em um único sentido, sem cobertura do material, tornou a órtese muito frágil ao esforço de tração. | A aplicação do material em diferentes sentidos pode aumentar a resistência da órtese a trações, pois dessa forma é criada uma trama que ajuda a reforçar a peça. |
| Espessura excessiva da parede na segunda versão (V2). | Impressão 3D da parede da órtese com 60mm tornou a impressão mais demorada e dificultou o encaixe em calçados. | Reduzir a espessura da parede da órtese para cerca de 4mm, como na versão 1 (V1). |

3. Discussão

Embora já existam estudos sugerindo que o processo de impressão de órteses em manufatura aditiva acelere o processo de desenvolvimento, a inserção prática depende de experiência dos profissionais envolvidos, principalmente no que diz respeito à modelagem, maior dificuldade encontrada para a entrega de uma órtese adequada ao modelo (ARCE; FOGGIATTO, 2017; FERNANDES; FOGGIATTO; POIER, 2015; TZENG; HSU; CHANG, 2015). Mas, quando se compara a manufatura aditiva com os métodos convencionais de criação de órteses, como gesso ou placa termoplástica (PP), estes últimos demandam mais tempo para a produção, além de também exigir capacitação adequada dos profissionais. Entretanto, o que diferencia as duas é que os modelos convencionais são elaborados de forma totalmente artesanal. No processo proposto neste artigo entende-se que, após a capacitação da equipe e sistematização de um processo de desenvolvimento adequado, seja possível eliminar ou ao menos minimizar o erro humano no momento da produção da órtese em impressão 3D (CHOO; BOUDIER-REVÉRET; CHANG, 2020). Neste sentido, será realizado um aprofundamento na coleta de dados para a continuidade deste projeto, buscando-se identificar as melhores práticas que já são realizadas em outros centros de estudo nacionais e internacionais.

Em relação ao filamento plástico utilizado, estudos têm sugerido a realização de testes experimentais com outros materiais (CHOO; BOUDIER-REVÉRET; CHANG, 2020; GÓRSKI ET AL., 2020) que podem melhorar a resistência da órtese mesmo com uma espessura menor e custo acessível. Isto aponta um caminho promissor para a impressão 3D, um fator positivo em relação aos materiais e processos convencionais. Um dos aspectos positivos mais importantes está relacionado ao menor custo dos materiais para a produção de órteses. Por exemplo, quando se compara o custo dos materiais utilizados na impressão 3D de uma órtese com a que foi desenvolvida neste estudo (ex. 1kg de filamento PETG) com os materiais convencionais (ex. chapa de termoplástico 46 x 81cm), verificamos que esta última tem um custo de R\$ 375,00, cerca de sete vezes maior do que o valor do PETG utilizado para a impressão de uma órtese. Esta discrepância é ainda maior quando comparamos um valor



médio do par de órteses pediátricas pré-fabricadas do tipo tornozelo-pé disponível no mercado, que custa em torno de R\$600,00. Com o valor da impressão 3D do par da 2ª versão (R\$79,80), esta diferença foi de cerca de sete vezes. Tais achados vão de encontro com outros estudos, tanto para outros segmentos corporais quanto para diferentes materiais para impressão 3D (ARCE; FOGGIATTO, 2017; BARRIOS-MURIEL et al., 2020; FERNANDES; FOGGIATTO; POIER, 2015).

Dois importantes fatores a serem destacados são a forma de cálculo dos custos do tempo de trabalho profissional ou hora técnica, assim como o da hora-máquina no caso da impressora, e que já estão embutidos no custo final das órteses pré-fabricadas. No presente estudo, tais custos são de difícil mensuração, uma vez que a equipe profissional é composta por três docentes, um residente em fisioterapia pediátrica, dois acadêmicos de iniciação tecnológica e um operador técnico, além dos custos das máquinas de diferentes modelos já existentes no laboratório. O estudo de Arce e Foggiatto (2017) utiliza o valor de R\$20,00 a hora-máquina como base de cálculo, que se adicionado a este estudo aumentaria o valor em R\$230,00, o que ainda assim, manteria o custo da órtese num valor bem abaixo do mercado. Além disso, o fato de ser um laboratório já em funcionamento, com objetivos acadêmico-científicos e parte dos equipamentos advindos por edital de fomento, elimina o custo adicional exclusivo para a criação das órteses.

Quando levamos em consideração a necessidade de remodelação e reimpressão, os custos tendem a aumentar, todavia, ainda se apresentaram menores que as órteses pré-fabricadas. Assim, tal processo experimental é fundamental para o aprendizado da equipe e redução de gastos na sua produção. O tempo de produção da órtese pode variar de acordo com o tamanho, mas em pediatria, com necessidade de impressões menores, isso se torna um ponto favorável. O tempo gasto na impressão da segunda versão para o par, somado à digitalização dos dois membros, mais o modelamento da primeira e segunda versão e acabamento sem aplicação da resina, levaria cerca de 56 horas. Quando comparamos com outros estudos, podemos observar que é possível produzir órteses de forma mais rápida por meio da impressão simultânea em duas impressoras diferentes, quando o laboratório tem essa disponibilidade, como era o caso do laboratório no qual este estudo foi realizado.

Além do mais, o que demandou mais tempo foi a etapa de modelagem, que depende entre outras coisas da expertise do profissional, a qual pode ser aprimorada pela experiência prática adquirida em cada protótipo desenvolvido pela equipe (ARCE; FOGGIATTO, 2017; FERNANDES; FOGGIATTO; POIER, 2015), sendo este um dos objetivos desse projeto. Outro ponto a se considerar, em casos de assimetrias significantes dos membros do paciente, é que o tempo gasto para produção do par de órteses será maior, uma vez que é necessário o escaneamento dos dois membros e a etapa de modelamento irá requerer maiores ajustes, o que inviabiliza o espelhamento da imagem.

4. Considerações Finais

Com base nos resultados preliminares desse projeto, podemos concluir que a produção de órteses em impressão 3D é viável e apresenta um bom custo-benefício, comparado aos

métodos convencionais, embora ainda demande um tempo significativo para sua produção. Parte do trabalho é realizado de forma automatizada pela máquina, não necessitando do profissional na etapa de impressão, o que favorece a adoção deste recurso. Importante destacar que, este projeto visa à implementação futura da manufatura aditiva em um hospital público, no qual o recebimento das órteses convencionais delonga um tempo ainda maior; busca-se, assim proporcionar a entrega de órteses de qualidade, em menor tempo e redução dos custos para o SUS.

Trata-se da primeira experiência da equipe com essa nova tecnologia, e que trouxe um aprendizado valioso decorrente da resolução dos problemas ocorridos ao longo das etapas, e que pode agora ser compartilhado com outros profissionais que realizem pesquisa e desenvolvimento nesta área. As etapas futuras incluem a conclusão de uma órtese totalmente funcional e adequada ao paciente, bem como de um processo de desenvolvimento reprodutível para outros pacientes com necessidades semelhantes, e que possa resultar em redução de custos para o SUS e melhoria nos serviços oferecidos à população, em especial aqueles que mais precisam do sistema público.

Referências

- ARCE, R.; FOGGIATTO, J. **Modelagem de órteses para fabricação por manufatura aditiva**. 9º Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação. **Anais...**Joinville: 2017
- BARRIOS-MURIEL, J. et al. Advances in orthotic and prosthetic manufacturing: A technology review. **Materials**, v. 13, n. 2, 2020.
- BRASIL. **Guia para prescrição, concessão, adaptação e manutenção de órteses, próteses e meios auxiliares de locomoção**. 1ª ed. Brasília - DF: [s.n.], 2019.
- CAMARGOS, A, C, R. et al. **Fisioterapia em pediatria - Da evidência à prática clínica**. MEDBOOK, 2019.
- CARVALHO, J. A. **Órteses: um recurso terapêutico complementar**. 2ª ed. Barueri, SP: Manole, 2013.
- CHOO, Y. J.; BOUDIER-REVÉRET, M.; CHANG, M. C. 3D printing technology applied to orthosis manufacturing: Narrative review. **Annals of Palliative Medicine**, v. 9, n. 6, p. 4262–4270, 2020.
- CNS. **Conselho Nacional de Saúde. Relatório Final Grupo de Trabalho sobre Órteses e Próteses**. Grupo de Trabalho sobre Órteses e Próteses Relatório Final. **Anais...**Brasília: 191ª Centésima Nonagésima Primeira Reunião Ordinária do Conselho Nacional de Saúde, 2010. Disponível em: <http://conselho.saude.gov.br/ultimas_noticias/2011/relatorio/GT_orteseprtese.pdf>
- DUDEK, P. FDM 3D Printing Technology in Manufacturing Composite Elements. **Archives of Metallurgy and Materials**. 58. 10.2478/amm-2013-0186, 2013.



FERNANDES, B. O.; FOGGIATTO, J. A.; POIER, P. H. **Uso da impressão 3D na fabricação de órteses- Um estudo de caso.** Idemi. *Anais...* Florianópolis, SC, Brasil: 2015.

GÓRSKI, F. et al. Experimental studies on 3D printing of automatically designed customized wrist-hand orthoses. *Materials*, v. 13, n. 18, 2020.

MORANDINI, M. M.; DEL VECHIO, G. H. Impressão 3D, Tipos E Possibilidades. *Revista Interface Tecnológica*, v. 17, n. 2, p. 67–77, 2020.

NETO, C. et al. **Tecnologia 3D na saúde: uma visão sobre Órteses e Próteses, Tecnologias Assistivas e Modelagem 3D.** 1ª ed. Natal: SEDIS-UFRN, 2018.

ROBERTS, A. et al. A randomized controlled trial of laser scanning and casting for the construction of ankle-foot orthoses. *Prosthetics and Orthotics International*, v. 40, n. 2, p. 253–261, 2016.

SANTANA, L. et al. Estudo comparativo entre PETG e PLA para Impressão 3D através de caracterização térmica, química e mecânica. *Matéria* (Rio de Janeiro), v. 23, 2018.

SHAHAR, F. S. et al. A review on the orthotics and prosthetics and the potential of kenaf composites as alternative materials for ankle-foot orthosis. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, v. 99, n. June, p. 169–185, 2019.

TZENG, M. J.; HSU, L. H.; CHANG, S. H. **Development and Evaluation of a CAD/3DP Process for Transtibial Socket Fabrication.** *Biomedical Engineering - Applications, Basis and Communications*, v. 27, n. 5, p. 1–9, 2015.

VOLPATO, N. et al. MANUFATURA ADITIVA. Tecnologias e aplicações da impressão 3D. Org. Neri Volpato. In: *Editora Blücher*. São Paulo: [s.n.]. p. 400.

Simulação numérica do desempenho término de alvenaria construída com blocos de concreto

Numerical simulation of the finished masonry performance with concrete blocks

Marília Guimarães Rodrigues, Mestre em Arquitetura e Urbanismo (UFG)

mariliagr.arq@gmail.com

Pedro Henrique Gonçalves, Doutor em Construção Civil (UFG)

pedrogoncalves@ufg.br

Janes Cleiton Alves de Oliveira, Doutor em Estruturas e Construção Civil (UNB)

estjan123@gmail.com

Resumo

A sustentabilidade ambiental na construção civil exige eficiência energética e preservação dos recursos naturais. O desempenho térmico das edificações é fundamental para atender a essas exigências, e a nova revisão da norma NBR 15575 estabelece critérios à sua avaliação. A pesquisa exploratória avaliou o desenvolvimento e o desempenho térmico do Bloco DT 39 através do cálculo da transmitância térmica e da capacidade térmica da envoltória da edificação e dos ensaios de compressão da unidade. O programa EnergyPlus foi usado para simular o comportamento térmico com inserção do novo bloco em diferentes configurações. Os resultados mostraram que a modificação na geometria do bloco aprimorou o desempenho térmico, e a inserção do bloco em uma ou em todas as paredes da edificação aumentou o conforto e reduziu a carga térmica. Em síntese, o desenvolvimento de novos materiais de construção é uma das estratégias necessárias para atingir a sustentabilidade ambiental na construção civil.

Palavras-chave: Desempenho Térmico; Simulação Térmica; Norma de Desempenho; Programa EnergyPlus.

Abstract

Environmental sustainability in civil construction requires energy efficiency and the preservation of natural resources. The thermal performance of buildings is essential to meet these requirements, and the new revision of the NBR 15575 standard establishes criteria for its evaluation. The exploratory research evaluated the development and thermal performance of Block DT 39 by calculating the thermal transmittance and the thermal capacity of the building envelope and the unit's compression tests. The EnergyPlus program was used to simulate the thermal behavior with

the insertion of the new block in different configurations. The results showed that the modification in the geometry of the block improved the thermal performance, and the insertion of the block in one or all the walls of the building increased the comfort and reduced the thermal load. In summary, the development of new building materials is one of the necessary strategies to achieve environmental sustainability in civil construction.

Keywords: *Thermal Performance; Thermal Simulation; Performance Standard; EnergyPlus program.*

1. Introdução

Por séculos, a arquitetura tem evoluído para combinar forma, função e estrutura com tecnologias inovadoras, permitindo a construção de edifícios mais contemporâneos e funcionais. Desde a antiguidade, o conforto ambiental tem sido uma preocupação para os seres humanos, que usavam os recursos disponíveis no ambiente para se proteger das intempéries. Com base nessas experiências, os seres humanos aprenderam a adaptar as edificações ao clima e desenvolveram novas técnicas construtivas.

Estima-se que, entre 2005 e 2017, o consumo de energia elétrica mais que triplicou devido à utilização de aparelhos que promovem a climatização artificial (EPE, 2018). Consequentemente tal aumento no consumo energético exige que as fontes que suprem essa demanda sejam mais requisitadas, ao mesmo tempo em que é lançada maior quantidade de gases poluentes na atmosfera. Davis & Gertler (2015) obtiveram projeções indicando que 70% dos lares terão refrigeradores de ar até o final do século, o que representa um aumento anual de 23 milhões de toneladas em emissões de gases poluentes. Dessa maneira, é importante especificar materiais que contribuam a um melhor desempenho a fim de se evitar o consumo energético.

Muitos são os sistemas construtivos existentes. Nesse âmbito, esta pesquisa focou-se no sistema de alvenaria estrutural. Segundo Tauil & Nese (2010), o processo construtivo de alvenaria estrutural proporciona vantagens expressivas no processo de racionalização da construção comparado com outros processos. O potencial de racionalização construtiva de um empreendimento está ligado aos projetos que irão determinar maior ou menor eficiência de um determinado sistema construtivo, tudo isso relacionado à eficiência na forma de construir (THOMAZ, 2001).

Em alvenaria estrutural, quando se trata de conforto térmico ao usuário, a especificação em primeira mão seria o bloco cerâmico, pois é um material que possui um índice de transmitância menor se confrontado ao bloco de concreto. Esse índice explica-se pelo maior número de espaços de ar no interior do bloco, pelo menor nível de condutividade térmica do material e pelo seu peso. Como o bloco cerâmico possui esses valores reduzidos, a proposta foi trabalhar o bloco de concreto com a finalidade de melhorar os valores de transmitância, uma vez que eles são maiores, além de o material ser cada vez mais especificado nos projetos.

Em virtude da potencialidade desse sistema construtivo, cujas qualificações foram mencionadas anteriormente, cabe uma avaliação do desempenho térmico do sistema de alvenaria estrutural para que, além do potencial racional, ele possa atuar como elemento construtivo, colaborando ao desempenho térmico da edificação. Esses quesitos visam a melhoria na edificação, reduzindo, de forma sustentável, o uso de energia no interior das edificações.

2. Materiais e Métodos

2.1 A proposta: características físicas e dimensões do protótipo

A proposta teve início através do bloco cerâmico com função termodissipadora e sem função estrutural, desenvolvido por Miguel Niño e Johanna Navarro, por intermédio do escritório Sumart Diseño y Arquitectura SAS. O bloco de vedação proposto pelo escritório possui uma secção transversal irregular que permite que a ventilação passe entre os blocos, dissipando rapidamente a temperatura acumulada e reduzindo a quantidade de calor emitido no interior do edifício (FRANCO, 2016) (Figura 1a).

Para a criação do novo bloco, Bloco DT 39, foi proposta uma nova camada de ar e a adição de mais uma espessura no bloco, formando um triângulo escaleno para que o bloco continuasse com sua função estrutural, porém possibilitando outras formas de assentamento, além de viabilizar novas possibilidades de forma à edificação, alinhando, assim, forma e função. Com essa nova geometria, espera-se que o bloco proporcione uma resistência térmica maior, reduzindo sua transmitância e aumentando a sua capacidade térmica (Figura 1b).

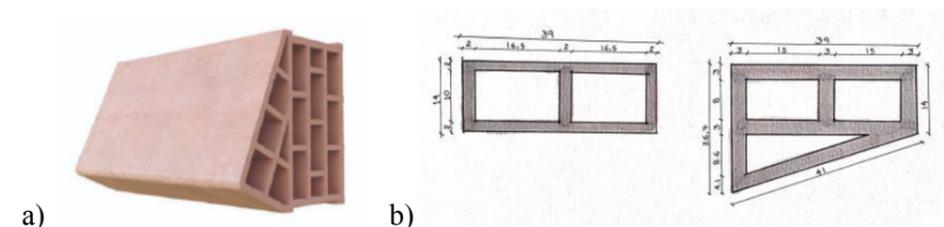


Figura 1a: Bloco termodissipador. Fonte: archdaily.com.br

Figura 1b: Croqui das dimensões do Bloco Padrão Família 39 e do novo bloco (Bloco DT 39) Fonte: Rodrigues (2022).

Para a concepção inicial, foi primordial pensar na modulação do bloco e manter suas características estruturais com o intuito de melhorar o desempenho térmico sem perder a função estrutural. Nesse sentido, estudos foram feitos para concluir a melhor forma a esse processo evolutivo.

2.1.1 Forma

A forma, como relatado no item anterior, foi concretizada priorizando a sua função estrutural, a sua função térmica e a estética, de modo a agregá-la na arquitetura quando especificada. O material utilizado para a sua produção foi chapa de aço, conforme consta na Figura 2a. Depois da forma viabilizada, foi realizada a execução das unidades do Bloco DT 39 (Figura 2b).

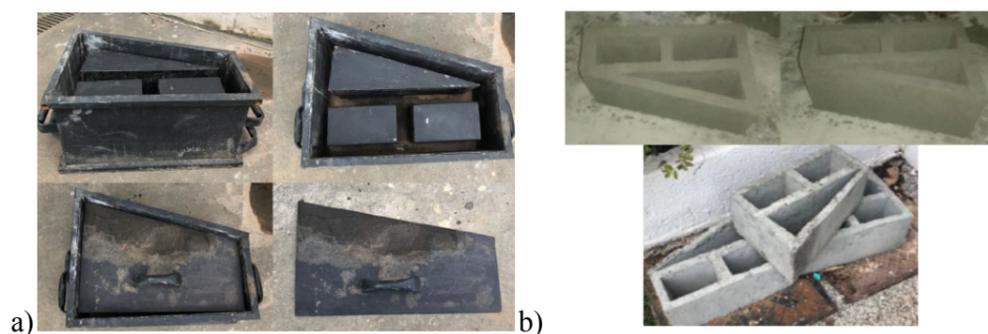


Figura 2a: Forma do bloco. Fonte: Rodrigues (2022).

Figura 2b: Bloco DT 39. Fonte: Rodrigues (2022).

2.1.2 Especificações dos materiais

Neste trabalho, o traço do concreto utilizado foi o comercial (utilizado no mercado): dez latas de agregados (30% de pó de pedra com 30% de areia e 40% de pedrisco) mais um saco de cimento de 50 Kg.

2.1.3 Possibilidades de assentamento

A arquitetura deve ser considerada como um todo, de forma que o projeto ou material desenvolvido cumpra a sua função sem negligenciar as possibilidades formais. Em relação ao Bloco DT 39, foi verificada novas formas de assentamento, acrescentando outras funções ao bloco. Por exemplo, quando instalado na vertical, o Bloco DT 39 pode funcionar como uma fachada ventilada, proporcionando movimento à fachada (Figura 3).

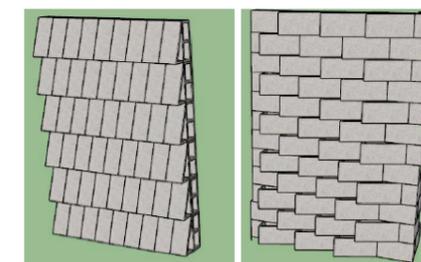


Figura 3: Possibilidades de assentamento. Fonte: Rodrigues (2022).

2.2 O teste: avaliação do protótipo

Os ensaios do protótipo foram realizados na empresa Concrefato, empresa que possui laboratório preparado para os ensaios. Para a execução dos ensaios, foi recebido um lote de 50 Blocos de concreto DT39, como especifica a norma NBR 6136 (ABNT, 2016), com o mesmo tamanho e traço de concreto.

2.2.1 Ensaio de compressão unidade

Para a realização dos ensaios à compressão, foi utilizada uma prensa hidráulica para a aplicação de cargas nos blocos, observando a sua tensão de ruptura e as suas dimensões, seguindo as seguintes etapas:

- Regularização dos corpos de prova, consoante a norma NBR 12118, “todos os corpos de prova devem ser ensaiados de modo que a carga seja aplicada na direção do esforço que o bloco deve suportar” (ABNT, 2013).
- Para verificar a carga máxima de ruptura suportada, foram aplicadas forças em direção ao eixo do bloco para rompê-lo.
- Análise dos blocos para verificação de atendimento à norma.

2.2.2 Ensaio de prisma

O ensaio à compressão do prisma foi efetuado de acordo com a norma NBR 15961-2 (ABNT, 2011), a qual estabelece a altura mínima útil superior ao dobro da altura dos blocos, espessura da argamassa de assentamento e o capeamento dos dois lados acrescido de 1 cm.

Para a organização dos prismas, foi usado nível, prumo e colher de pedreiro. Foi realizado sobre uma base plana, limpa e sem deformações. O capeamento foi feito com argamassa possuindo resistência superior à resistência dos blocos na área líquida.

Sobre os procedimentos do ensaio, a carga foi aplicada na direção do esforço que o bloco deve suportar durante o seu emprego na alvenaria. O centro de gravidade do prisma estava no eixo de carga dos pratos da prensa.

2.3 A aplicação: simulação computacional no EnergyPlus

Após os testes do bloco seguindo as normativas da NBR 6136 (ABNT, 2016), foi adotado o método de análise de desempenho térmico por meio de simulação computacional. Utilizou-se o software EnergyPlus (versão 9.3.0) e a edificação modelada por meio do SketchUp Pro (versão 2016) através do plug-in Euclid (versão 9.4.3) que faz a conexão com o EnergyPlus. A simulação buscou prever o comportamento térmico da edificação com a variação do componente bloco de concreto em determinadas paredes da edificação e analisou o desempenho do novo bloco desenvolvido neste estudo. Para viabilizar a coleta de dados, como a temperatura, foram realizadas simulações computacionais aplicando diferentes configurações do emprego do bloco na edificação.

2.3.1 Projeto

Para a simulação, três projetos foram desenvolvidos com configurações de parede diferentes (Figura 4).

- Simulação 1 – Quatro paredes compostas pelo Bloco Padrão da Família 39 concreto convencional;
- Simulação 2 – Três paredes compostas pelo Bloco Padrão da Família 39 concreto convencional e uma parede composta pelo Bloco DT39;
- Simulação 3 – Quatro paredes compostas pelo Bloco DT39.

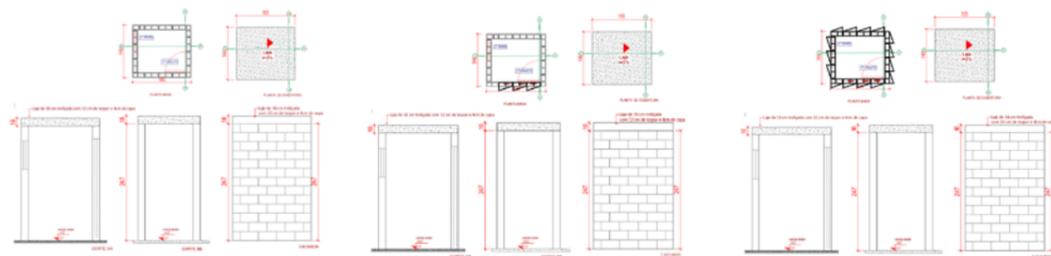


Figura 4: Projeto e volumetria células teste. Fonte: Rodrigues (2022).

2.3.2 Arquivo climático e localização

A simulação foi realizada considerando a construção da edificação na fábrica de Concrefato, localizada em Aparecida de Goiânia-GO. Como não há arquivo climático disponível para a cidade, foi seguida a norma NBR 15575-1 (ABNT, 2021), a qual indica o uso do arquivo climático de uma cidade próxima com clima semelhante, tendo sido escolhido o arquivo climático de Goiânia.

A classificação de Köppen revela que o clima de Aparecida de Goiânia é do tipo tropical, com um regime de chuvas bem definido. Há uma estação quente-seca (maio a outubro) e uma estação quente-úmida (novembro a janeiro), enquanto os meses de fevereiro, março e abril têm chuvas moderadas e marcam a transição entre as estações quente-seca e quente-úmida. Setembro é o mês mais quente do ano, com temperatura média de 25,9°C, enquanto junho registra a temperatura mais baixa, com média de 19,9°C (CLIMA-DATE, 2019).

A Figura 5 indica a orientação geográfica dos protótipos das edificações, tendo as paredes com os Blocos DT39 voltadas ao oeste.



Figura 5: Localização das células teste. Fonte: Google adaptado por Rodrigues (2022).

2.3.3 Planejamento de ocupação

De acordo com a norma NBR 15575-1 (ABNT, 2021), o padrão de ocupação é o número de horas em que determinado ambiente é ocupado, levando em consideração a dinâmica do imóvel para dias e finais de semana. A correta configuração desse item no EnergyPlus é de extrema importância e interfere diretamente nas cargas térmicas oriundas de pessoas, iluminação e equipamentos elétricos. Para a simulação, a edificação foi considerada como dormitório, ou seja, o seu período de uso segue a taxa metabólica e padrões de ocupação diários dos Ambientes de Permanência Prolongada (APP) presentes na norma.

2.3.4 Elementos construtivos das superfícies

Para a construção do Modelo Referência, os seguintes materiais foram configurados: piso – concreto 10 cm; parede – concreto 10 cm; cobertura – fibrocimento 6mm; porta de ferro – 2,10x0,60; janela de vidro – 0,60x0,60.

Após a inserção dos dados do Modelo Referência, foi ajustada a construção do Modelo Real: piso – solo radier 5 cm; parede – Bloco de concreto da família 39 (19x39x14); bloco de concreto – DT39; cobertura – laje de 16 cm treliçada com 12 cm de isopor e 4 cm de capa; porta de ferro – 2,10x0,60; janela de vidro – 0,60x0,60.

O *software* reconhece apenas camadas homogêneas dispostas transversalmente ao sentido do fluxo de calor, não reconhecendo blocos devido à sua geometria vazada. Assim foi necessário realizar, na aba *construction* (na qual são definidos os componentes construtivos), a composição dos materiais para a construção dos blocos de concreto, construindo-os por camada.

Porém, antes dessa configuração de camadas, foi preciso colocar as propriedades térmicas de cada material. Todos os valores foram retirados da norma NBR 15220-2 (ABNT, 2003).

Para a concepção da câmara de ar, foi necessário também consultar os valores recomendados pela norma, tanto para o Bloco de concreto convencional da família 39, como para no novo Bloco DT39. O concreto é uma superfície de alta emissividade, por isso se utiliza os valores da primeira linha e coluna; no caso do bloco de concreto, o seu fluxo de calor é na horizontal. Para isso, configurou-se uma câmara de ar de 2,0 a 5,0 de espessura e outra para câmara de ar maior que 5 cm.

O vidro foi um elemento importante a ser configurado, pois, no novo texto da nova norma de desempenho, a principal inovação foi a implementação do critério elementos transparentes na Parte 4 da normativa. Isso limitou a área de superfície de elementos transparentes nos Ambientes de Permanência Prolongada (APP) – salas e dormitórios – em proporção à área de piso. No caso da simulação em questão, a janela é de 60x60, o que não compromete estes fatores. No entanto, a nova revisão exige a configuração de todas as suas propriedades, o que foi realizada na configuração da simulação.

Foram simuladas duas condições de uso: com ventilação natural e sem ventilação natural. Nas simulações, foram modeladas janelas operáveis, com trocas de ar obtidas a partir da velocidade e da direção do vento fornecidas pelo arquivo climático, ao invés de uma taxa de renovação de ar fixa sem abertura das janelas, como era realizado anteriormente e com controle de aberturas por horas de ventilação. Foi ajustado também o ar-condicionado com portas e janelas sem passagens de ventilação, com o ar em funcionamento nas horas de uso da edificação.

3. Programa Experimental e Análise dos Resultados

3.1 Resultados das características físicas

Após os resultados dos ensaios de compressão e prisma, concluiu-se que esses elementos obedeciam às condições mínimas que a norma NBR 6136 (ABNT, 2016) exige para o uso de blocos de concreto classe “A” (Tabelas 1a e 1b), apresentando maior resistência devido à sua área ser maior.

Tabelas 1a e 1b: Resultado resistência à compressão e ensaio prisma

| fbk – bloco tradicional (MPa) | fbk – bloco adaptado (MPa) | fpk – bloco tradicional (MPa) | fpk – bloco adaptado (MPa) |
|-------------------------------|----------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| 3,6 | 5,3 | 2,5 | 4,9 |
| 3,8 | 6,1 | 2,8 | 5,1 |
| 3,6 | 6,2 | 2,7 | 5,2 |
| 3,8 | 6,3 | 2,8 | 5,5 |
| 3,9 | 5,8 | 2,6 | 4,5 |
| Média= 3,7 MPa | Média= 94 Mpa | Média= 2,68 Mpa (71,7%) | Média= 04 Mpa (84,8%) |

Fonte: Rodrigues (2022).

Outro ponto positivo do bloco é a sua esbeltez, de modo que o índice limite sobe de 24 para 48, ou seja, o bloco tradicional permite um pé direito de 336 cm não armado e 420 cm com armação; o Bloco DT 39, com adaptação da seção, permite dobrar o pé direito.

De acordo com a ABNT NBR 15220-3 (2003), o novo bloco demonstrou uma significativa melhora no critério resistência térmica (37,2%) e capacidade térmica (122%). O bloco convencional apresenta sua transmitância acima do que a norma recomenda; por sua vez, o novo Bloco DT 39 apresenta o valor de transmitância exigido na norma (paredes pesadas U menor ou igual a 2,20). Sendo assim, as melhorias realizadas na geometria favorecem o desempenho térmico do bloco (Tabela 2).

Tabela 2 – Resultado dos cálculos segundo a norma NBR 15220-3

| Especificação Bloco | Resistência Térmica Total (m ² .k)/W | Transmitância Térmica w/(m ² .k) | Capacidade Térmica Total da parede (m ² .k)/w |
|------------------------|---|---|--|
| Bloco Convencional | 0,328 | 3,04 | 113,43 |
| Bloco DT 39 | 0,455 | 2,20 | 252,04 |
| Percentual de melhoria | 37,2% | 38% | 122% |

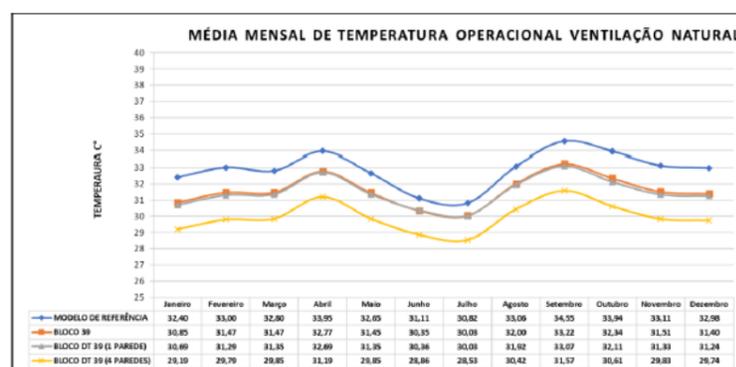
Fonte: Rodrigues (2022).

3.2 Resultados da simulação da edificação

Os resultados das simulações são mostrados sempre em comparação: Modelo Referência – com materiais específicos (parede de concreto 10 cm); Bloco 39 – edificação com as quatro paredes compostas pelo Bloco Padrão da Família 39 concreto convencional; Bloco DT 39 (uma parede) – edificação com as três paredes compostas pelo Bloco Padrão

da Família 39 concreto convencional e uma parede composta pelo Bloco DT39 concreto convencional; Bloco DT 39 (quatro paredes) – edificação com as quatro paredes compostas pelo Bloco DT39 concreto convencional. Foram exportadas as temperaturas de hora em hora ao longo do ano. Os gráficos ilustram que, ao longo do ano, a utilização do Bloco DT 39 proporciona temperaturas mais baixas, o que melhora o desempenho térmico da edificação. Quando utilizada apenas uma parede do novo bloco, as temperaturas diminuem ao longo de todo o ano, mas de uma forma menos expressiva. Na simulação com todas as paredes do Bloco DT39, há um aumento na eficiência da média mensal de temperatura ao longo de todos os meses do ano (Gráfico 1).

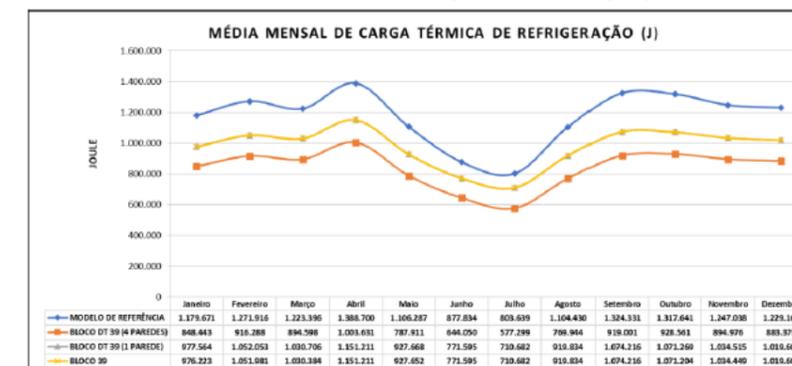
Gráfico 1: Média mensal de temperatura operativa ventilação natural



Fonte: Rodrigues (2022).

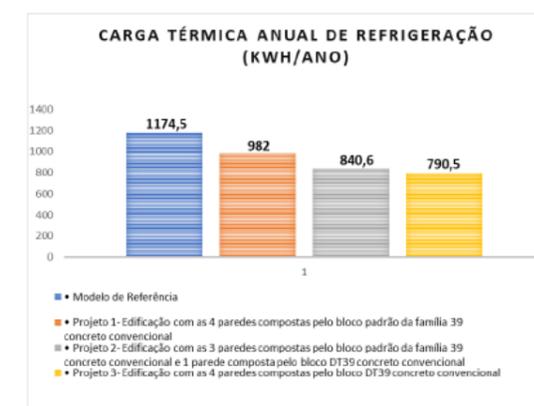
Como foi utilizado o arquivo climático de Goiânia, e esta apresenta uma temperatura média de 25,9, ela se enquadra no intervalo 1 (um) da norma, sendo necessário simular a carga térmica de refrigeração total do Ambiente de Permanência Prolongada. A simulação gera os dados de carga térmica da unidade habitacional de hora em hora, sem o uso da ventilação natural, e com temperaturas operativas dentro dos limites determinados pela norma. No gráfico da média mensal de carga de refrigeração (Gráfico 2) e no gráfico de valores da carga térmica anual (Gráfico 3), é permitido avaliar que, quando se utiliza o bloco de concreto nas quatro paredes na edificação, tem-se uma redução de carga térmica relevante.

Gráfico 2: Média mensal de carga térmica de refrigeração



Fonte: Rodrigues (2022).

Gráfico 3: Carga térmica anual de refrigeração



Fonte: Rodrigues (2022).

Comparando os gráficos das médias mensais de temperatura operacional com ventilação natural e o gráfico de média mensal de carga térmica, observa-se o impacto que os padrões de ocupação associados a fatores como ventilação, especificações de materiais e localização geográfica exercem na temperatura interna dos ambientes. Os resultados indicam que o novo bloco contribui para um melhor desempenho térmico das edificações simuladas.

3.2.1 Comparações das simulações de acordo com a norma

A partir dos resultados gerados pela simulação e dos cálculos alcançados por meio de planilhas automatizadas, foi feito o diagnóstico de desempenho térmico da unidade habitacional de acordo com o procedimento de simulação computacional e preenchimento da tabela de diagnóstico disponibilizada pela norma NBR 15575-1(ABNT, 2021), de

maneira que é sempre recomendado preencher os valores de referência, que são aqueles valores obtidos na simulação e ao lado dos valores do Modelo Real (recomendado pela norma).

Para atendimento dos níveis intermediário e superior, foram seguidos os critérios da Tabela 3, presente na norma NBR 15575-1 (ABNT, 2021), em que a avaliação desse nível se baseia no percentual de horas de ocupação dentro de uma faixa de temperatura operativa (PHFTUH) e de redução da carga térmica total (RedCgTT) do Modelo Real em relação ao Modelo Referência. Ambos são analisados em comparação aos valores mínimos estabelecidos.

Tabela 3: Critérios para o atendimento dos níveis de desempenho térmico intermediário e superior

| Nível de desempenho | Critérios |
|---------------------|--|
| Intermediário (I) | $\Delta PHFT_{real} \geq \Delta PHFT_{ref}^a$, $Tom_{\Delta T_{ref,real}} \leq Tom_{\Delta T_{ref,ref}} + \Delta Tom_{\Delta T}$, $Tom_{\Delta T_{ref,real}} \geq Tom_{\Delta T_{ref,ref}} - \Delta Tom_{\Delta T}$ e $RedCgTT_{real} \geq RedCgTT_{ref}^b$ |
| Superior (S) | $\Delta PHFT_{real} \geq \Delta PHFT_{ref}$, $Tom_{\Delta T_{ref,real}} \leq Tom_{\Delta T_{ref,ref}} + \Delta Tom_{\Delta T}$, $Tom_{\Delta T_{ref,real}} \geq Tom_{\Delta T_{ref,ref}} - \Delta Tom_{\Delta T}$ e $RedCgTT_{real} \geq RedCgTT_{ref}$ |

^a $\Delta PHFT_{ref}$ é obtido pela Tabela 20, para o nível intermediário, e pela Tabela 21, para o nível superior.
^b $RedCgTT_{ref}$ é obtido pela Tabela 20, para o nível intermediário, e pela Tabela 21, para o nível superior.
Deve-se adotar $\Delta Tom_{\Delta T}$ igual a 2 °C para as UH unifamiliares e UH em edificações multifamiliares localizadas no pavimento de cobertura. Para as UH em edificações multifamiliares localizadas nos pavimentos térreo ou tipo, deve-se adotar $\Delta Tom_{\Delta T}$ igual a 1 °C.
Deve-se adotar $\Delta Tom_{\Delta T}$ igual a 1 °C para todas as UH avaliadas.

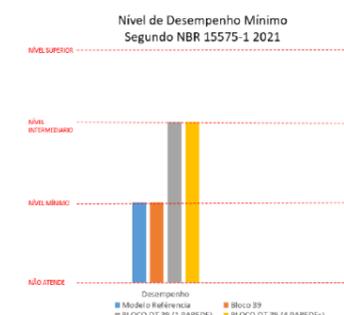
Fonte: NBR 15575-1 (ABNT, 2021).

- Projeto 1 – Edificação com as quatro paredes compostas pelo Bloco Padrão da Família 39 concreto convencional. O Bloco 39 atende ao nível mínimo de desempenho em todos os parâmetros. Apesar de os seus valores estarem melhor do que os do Modelo Referência, ele não obedece ao critério de horas de conforto necessário para satisfazer o indicador do nível intermediário, ou seja, o seu percentual de conforto é menor do que o mínimo exigido, sendo 2,4 %, sabendo-se que, para adequar-se a esse percentual, deveria ser maior do que 18,5 %, que é a porcentagem de referência.
- Projeto 2 – Edificação com as três paredes compostas pelo Bloco Padrão da Família 39 concreto convencional e uma parede composta pelo Bloco DT39 concreto convencional. O projeto obtém o nível intermediário de desempenho térmico pela unidade habitacional, tanto em relação ao percentual de horas de ocupação dentro de uma faixa de temperatura operativa (PHFTUH), quanto à redução da carga térmica total (RedCgTT), indo para a análise de atendimento ao nível superior que só não atende devido à redução de carga térmica ser menor do que 55 %, apresentando um valor de 28,4%.

- Projeto 3 – Edificação com as quatro paredes compostas pelo Bloco DT39 concreto convencional. O projeto atende ao nível de desempenho intermediário. Só não cumpre o nível de desempenho superior por conta de a porcentagem de redução de carga térmica ser menor. Mesmo apresentando valores melhores, ele ainda mostra uma porcentagem de 32,7%, o que é menor do que o exigido para satisfazer o nível superior.

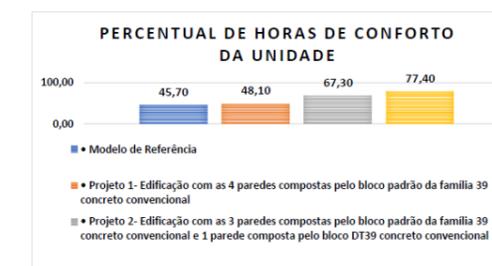
Portanto, constata-se que a modificação do elemento construtivo da parede, seja em uma parede ou em todas as paredes da edificação, resultou em uma mudança no nível de desempenho da edificação, elevando-a do nível mínimo para o nível intermediário. Esse aumento de desempenho traduziu-se em um aumento significativo no percentual de conforto das edificações simuladas. Ao se utilizar apenas uma parede com o novo bloco de concreto, foi observado um ganho de conforto de 39,9% em comparação com o Bloco de concreto 39. Já no projeto em que foi utilizado o novo bloco em todas as paredes, houve um aumento de conforto de 60% em relação ao Bloco 39 (conforme ilustrado nos Gráficos 4 e 5).

Gráfico 4: Nível de desempenho mínimo



Fonte: Rodrigues (2022).

Gráfico 5: Percentual de horas de conforto da unidade



Fonte: Rodrigues (2022).

4. Considerações Finais

Adaptando a geometria do bloco de concreto, foi observado um ganho significativo na transmitância térmica, capacidade térmica e resistência térmica, melhorando o desempenho térmico da edificação. A simulação numérica é importante para comparar diferentes componentes construtivos do sistema de alvenaria e analisar o desempenho térmico da edificação em relação às suas alterações.

Esperava-se que a nova geometria da edificação resultasse em um desempenho térmico mais significativo. No entanto, mesmo com um ganho modesto, a utilização do Bloco DT 39 pode elevar o nível de desempenho de mínimo para intermediário. Conseqüentemente, o Bloco DT 39 é um elemento construtivo relevante a ser especificado em edificações, especialmente na habitação de interesse social. A pesquisa demonstrou que a utilização do



bloco em apenas uma parede pode melhorar o percentual de conforto dentro da unidade e alterar o seu nível de desempenho.

Além de proporcionar melhorias no quesito desempenho térmico, o bloco apresenta novas possibilidades formais para a edificação por meio de suas diferentes possibilidades de assentamento. Nesse sentido, o bloco pode funcionar como uma fachada ventilada quando instalado na vertical, proporcionando movimento à fachada independentemente da posição do assentamento.

Portanto, muitas outras possibilidades estão disponíveis e ainda podem ser estudadas, pois, apesar de o Bloco de concreto DT 39 ter desempenho aceitável, ele ficou pesado. Enquanto o bloco de concreto convencional pesa 11kg, o novo bloco pesa 13,6kg, sendo uma desvantagem ao objeto de estudo, desvantagem que pode ser aprimorada.

Para trabalhos futuros, o Bloco DT 39 pode ser avaliado com outros materiais, utilizando-se, assim, a mesma geometria, entretanto com materiais diferentes, como o concreto celular, posto que, além de possuir um peso menor, ainda traz índices de condutividade abaixo do concreto convencional. Logo pode gerar resultados ainda melhores no quesito desempenho térmico.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-2**: desempenho térmico de edificações: Parte 2: métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3**: desempenho térmico de edificações: Parte 3: zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15961-2**: execução e controle de obras – alvenaria estrutural – blocos de concreto. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12118**: blocos vazados de concreto simples para alvenaria – métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136**: blocos vazados de concreto simples para alvenaria — requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1**: edificações habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

CLIMA-DATE. **Clima Goiânia**. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/americas-do-sul/brasil/goias/goiania-2191/>. Acesso em: 14 out. 2021.

DAVIS, L. W.; GERTLER, Paul J. Contribution of air conditioning adoption to future energy use under global warming. **PNAS**, v. 112, n. 19, p. 5962-5967, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1073/pnas.1423558112>. Acesso em: 15 fev. 2021.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética (Brasil). **Projeção da demanda de energia elétrica para os próximos 10 anos (2015-2025)**. Rio de Janeiro: EPE, 2018. p. 1-5.

FRANCO, J. T. Em detalhe: bloco cerâmico dissipador de calor. Tradução de Gabriel Pedrotti. **ArchDaily Brasil**, 14 jan. 2016. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/780208/em-detalhe-bloco-ceramico-termodissipadorde-senvolvido-na-colombia>. Acesso em: 15 jun. 2018.

RODRIGUES, M. G. **Simulação numérica do desempenho término de alvenaria construída com blocos de concreto**. 2022. 93 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Artes Visuais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2022.

TAUIL, C. A.; NESE, F. J. M. **Alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2010.

THOMAZ, E. **Tecnologia, gerenciamento e qualidade na construção**. São Paulo: Pini, 2001.



Pesquisa, Desenvolvimento & Fabricação Digital com uso da Impressão 3D: desafios para o desenvolvimento e regulamentação de dispositivos na área da saúde

Research, Development & Digital Manufacturing using 3D Printing: challenges for the development and regulation of devices in the health area

Sonia Maria Fabris Luiz, Doutora, Universidade Estadual de Londrina (UEL)

sofabris@uel.br

José Antônio Vicentin, Mestre, Universidade Estadual de Londrina (UEL)

zevicentin@gmail.com

Cláudio Pereira de Sampaio, Doutor, Universidade Estadual de Londrina (UEL)

claudiopereira@uel.br

Resumo

Este artigo apresenta e discute o uso da impressão 3D para o desenvolvimento e produção de equipamentos médico-hospitalares (EMH) em termos das implicações legais, sanitárias e de desempenho. Em especial, são discutidos os aspectos de propriedade intelectual e de atendimento de exigências sanitárias constantes da RDC Nº 751/2022 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Os resultados da pesquisa bibliográfico-documental apontaram que há lacunas de compreensão em relação aos três aspectos supracitados, os quais incluem dúvidas sobre os limites legais de uso da Engenharia Reversa (ER) no desenvolvimento e produção de EMH, bem como o alcance e abrangência da RDC Nº 751/2022, mas também a possibilidade de enquadramento da impressão 3D nos hospitais sob a forma de investigação e estudo sistemático, que é contemplada nesta resolução.

Palavras-chave: Equipamentos médico-hospitalares; Impressão 3D; Aspectos legais.

Abstract

This article presents and discusses the use of 3D printing for the development and production of medical equipment (EMH) in terms of legal, health and performance implications. Aspects of intellectual property and compliance with health requirements contained in Anvisa's RDC No. 751/2022 are discussed. The results of the bibliographic-documentary research indicated that there are gaps in understanding in relation to the three aspects mentioned above, which include doubts about the legal limits of using Reverse Engineering (RE) in the development and production of EMH, as well as the reach and scope of the RDC Nº 751/2022, but also the possibility of framing 3D printing in hospitals in the form of research and systematic study, which is contemplated in this resolution.

Keywords: Medical-hospital equipment; 3D printing; Legal aspects.

1. Introdução

A pandemia da Sars-CoV-2 que atingiu o mundo em 2020 sobrecarregou os sistemas de saúde e desencadeou uma grave crise de saúde pública, com reflexos econômicos, sociais, ambientais e políticos, muitos destes presentes até os dias atuais. À época, impactou principalmente na falta de equipamentos essenciais para a prevenção da propagação do vírus e no tratamento dos pacientes com COVID-19 (FILLAT-GOMÀ et al., 2020).

A maioria dos produtos em escassez eram de uso rotineiro na área da saúde, como ventiladores e conectores para ventilação mecânica invasiva e não invasiva, equipamentos de proteção individual (EPI's), circuitos, válvulas, conectores de sistemas respiratórios, sistema fechado de aspiração traqueal, entre outros (FILLAT-GOMÀ et al., 2020). As empresas que forneciam estes produtos não conseguiam entregar em função da alta demanda mundial, escassez de matéria prima, limitações de transporte e logística e paralisação das atividades industriais, consequências estas que refletiram em produtos inacessíveis mesmo a preços elevados de comercialização (ALBURQUERQUE, 2020; FILLAT-GOMÀ et al., 2020). Estratégias e soluções imediatas e inovadoras foram necessárias para solucionar este problema emergente. Devido à crise de saúde pública, diversos fabricantes e indivíduos (os chamados *makers*) começaram prototipar e produzir localmente peças para ajudar os hospitais (RICHTERICH, A., 2020) e laboratórios de fabricação digital (KIESLINGER et al., 2021; DIEZ e BAECK, 2020).

No Brasil, isso só foi possível porque, durante a pandemia, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), por meio da RDC Nº 379, dispôs de forma extraordinária e temporária os requisitos para a fabricação, importação e aquisição de dispositivos médicos prioritários para uso em serviços de saúde, em virtude da emergência internacional relacionada ao SARS-CoV-2 (ANVISA, 2020). Diante desta situação, a impressão 3D mostrou-se uma estratégia tecnológica viável e célere para a produção de dispositivos essenciais à área da saúde (DA COSTA et al., 2021; FILLAT-GOMÀ et al., 2020). Sua crescente expansão e efetividade despertou a atenção do mundo e está agora revolucionando a área médica (AIMAR, A; PALERMO, A; INNOCENTI, B., 2019), e a criação de laboratórios 3D especializados internamente nos hospitais favoreceu esta expansão (MATSUMOTO JS; MORRIS JM; ROSE OS, 2016).

De acordo com SCARMONCIN et al. (2022), embora os hospitais públicos não sejam referências de inovação na pesquisa devido à sua estrutura organizacional e complexidade, têm-se presenciado o surgimento destes laboratórios como ferramentas adicionais para a melhora da assistência nestes locais. Discordamos da primeira afirmação, e consideramos que o papel de laboratórios 3D vai além da simples melhora da assistência, podendo funcionar como espaços indutores de inovação nos hospitais públicos. Acreditamos que a existência de uma infraestrutura de pesquisa adequada, comum em hospitais públicos universitários como o Hospital Universitário da UEL (HU/UEL) em Londrina, é requisito fundamental para o desenvolvimento da Ciência e Tecnologia (C&T) na geração de produtos e processos inovadores e sustentáveis na área da saúde. Isso em função dos diversos impactos sociais, ambientais, econômicos, políticos e educacionais extensíveis à sociedade (RUIZ FREIRE et al., 2019), contribuindo com o aumento do potencial para a melhora do desempenho do sistema hospitalar (SCARMONCIN et al., 2022). Um bom gerenciamento e desempenho hospitalar, principalmente em se tratando de peças e equipamentos hospitalares, afeta

diretamente a prática clínica, a eficiência e qualidade dos serviços de saúde em todos os níveis de atenção. Temple-Bird (2005) sustenta que além do gerenciamento e desempenho, é de vital importância ter recursos acessíveis, equipamentos funcionantes e utilizados por profissionais capacitados.

Couto, Pedrosa e Rosa (2016) consideram a aplicação de tecnologias na área hospitalar como parte resolutiva de um problema que afeta o Sistema Único de Saúde: a escassez de equipamentos e a falta de peças substitutivas essenciais para o tratamento de saúde. Os autores acreditam que as tecnologias de fabricação digital apresentam possibilidade para criação e distribuição de peças, com custo reduzido, realizados em menor espaço de tempo e de fácil acessibilidade para os potenciais usuários, em especial os da saúde pública. O Brasil, assim como vários países, está à procura de formas de atuação estratégica no fomento à inovação, visando ao desenvolvimento econômico, social e industrial. Por conseguinte, o Ministério da Saúde (MS) e as instituições científicas e tecnológicas têm firmado parcerias por meio de projetos de pesquisa e extensão para alcançar o desenvolvimento profícuo em saúde (TOSCAS et al., 2018).

Atualmente a Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos (SCTIE) e seus departamentos e programas, como o Departamento do Complexo Industrial e Inovação em Saúde (DECIIS), Coordenação Geral de Equipamentos de Uso em Saúde (CGEMS) e o Programa para o Desenvolvimento do Complexo Industrial da Saúde (PROCIS) estão empenhados no desafio nacional da inovação em saúde por meio de fomentos a projetos de desenvolvimento tecnológico em saúde, seja no Estado, em instituições de ensino superior (IES) e iniciativa privada. Entretanto, a integração entre pesquisa e inovação em saúde com objetivo de transformar a tecnologia da saúde em um serviço acessível a toda população ainda é um grande desafio no Brasil, e necessita ser amplamente discutida e difundida, preenchendo lacunas existentes em relação a regulação de tais tecnologias, principalmente no âmbito hospitalar (DE OLIVEIRA FORNASIER, 2021); (BRASIL, 2017).

Frente a isso, a inclusão de novas tecnologias na área da saúde são demandas importantes na busca de melhorias na assistência em saúde, e isto requer das instituições de ensino e pesquisa propostas de ideias inovadoras no ensino de desenvolvimento e processos, além da concepção de produtos para o incremento na qualidade das práticas de atenção em saúde no Brasil (OLIVEIRA e RODAS, 2017).

Neste contexto, foi criado em 2020 o Fab.i HU – Núcleo de Tecnologia Digital e Inovação vinculado ao projeto vinculado ao projeto integrado N° 12565/2020 (PES/EXT) e institucionalizado pelo Hospital Universitário de Londrina (HU/UEL) em abril de 2021, a fim de atuar como uma estrutura de suporte que proporcione mais resiliência e autonomia ao hospital em futuras situações - pandêmicas ou não - que impossibilitem o acesso aos dispositivos padronizados e reposição de peças de equipamentos médicos. O Hospital Universitário de Londrina (HU) é um Órgão Suplementar da Universidade Estadual de Londrina (UEL), sendo reconhecido pelo Ministério da Educação e Ministério da Saúde, nos termos da Portaria Interministerial MEC/MS N° 1.213 de 30.05.2014, assim como, Licença Sanitária (código verificador N° 8264312). Quanto a relevância do HU/UEL, é o segundo maior hospital público do Paraná, sendo considerado um estratégico e tradicional centro de referência em média e alta complexidade, 100% SUS (Sistema Único de Saúde). Vale ressaltar que o HU_UEL foi uma das referências e retaguarda na epidemia de Covid_19 do Estado do Paraná.

Portanto, este estudo se destina a analisar a importância da utilização da impressão 3D no Processo de Desenvolvimento de Produtos (P&D) na área hospitalar, assim como as implicações legais e sanitárias do uso desta tecnologia na área da saúde. De forma especial, busca-se também evidenciar neste artigo a necessidade do Estado, e em especial da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), de se adaptar às transformações digitais emergentes, mediante a criação e/ou revisão de normas regulamentadoras para o uso de tais tecnologias na saúde pública. Tal estudo se mostra essencial para a continuidade das atividades desenvolvidas no Fab.i HU – Núcleo de Tecnologia Digital e Inovação HU-UEL, que tem no desenvolvimento e produção de equipamentos hospitalares por meio de impressão 3D uma de suas atividades mais importantes.

1. Procedimentos Metodológicos

Metodologicamente, este estudo teve natureza teórica e exploratória, sendo seu método de procedimento o hipotético-dedutivo, sua abordagem qualitativa, e sua técnica de pesquisa, bibliográfico-documental.

2. Resultados e Discussão

Os principais resultados do levantamento bibliográfico-documental quanto aos aspectos legais do uso da impressão 3D para a produção de equipamentos médico-hospitalares (EMH) são apontados e discutidos a seguir, em termos de dois aspectos principais: questões de propriedade intelectual e questões sanitárias.

2.1 Questões de propriedade intelectual: a Engenharia Reversa

A Engenharia Reversa (ER) permite a fabricação de peças com características técnicas de elevada complexidade e sua utilização se faz necessária quando se pretende obter modelos que não possuam documentação técnica, nem física ou digital completas (MASSINI, 2018), com objetivo de desenvolver melhorias das formas de um objeto, corrigir uma peça danificada, registrar dados sobre um modelo existente ou elaborar documentação técnica de um modelo físico ultrapassado (ALMEIDA; ALVES, 2020).

O uso dos métodos de ER vinculados à manufatura aditiva (MA) pode ser utilizado também para serviços de manutenção. A aplicação destas tecnologias na manutenção de equipamentos médico-hospitalares (EMH) para fabricação de peças de reposição podem trazer uma nova perspectiva de fornecimento e distribuição dessas peças, com menor tempo de fabricação, menor custo e maior facilidade de acesso por parte dos usuários, como instituições de ensino na área da saúde (ALMEIDA e ALVES, 2020). De acordo com Almeida e Alves (2020), com a ER seria possível resolver um problema frequente que ocorre no Sistema Único de Saúde (SUS): a não utilização de equipamentos médicos por falta de peças de substituição, o que afeta a gestão hospitalar. Alguns autores afirmam que o gerenciamento eficiente dos EMH, é parte integrante dos cuidados aos pacientes e está diretamente relacionada à qualidade da assistência (AMORIM e PINTO JUNIOR e SHIMIZU, 2015).

Vale ressaltar que as peças que compõem um equipamento médico formam os elementos que constituem fisicamente o equipamento, e que estas peças, isoladamente, não são consideradas produtos médicos, não sendo sujeitas a registros ou cadastro próprio na

ANVISA, o que assegura a partir do emprego da ER e de técnicas de MA, a fabricação de peças de EMH (ALMEIDA e ALVES, 2020).

Além disso, é importante ressaltar que, perante o Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), não há proteção legal para desenho industrial que decorra da forma comum ou que seja determinado essencialmente por considerações técnicas ou funcionais (BRASIL, 1996). Para o INPI os objetos detêm tanto características técnicas quanto ornamentais e, em muitas situações, a forma plástica acaba sendo ditada essencialmente pela função, ou seja, a aparência final de um produto resulta mais de suas necessidades técnicas do que de preocupações estéticas ou de aspecto visual.

Nessas situações em que as características técnicas necessárias ao funcionamento do produto ditam sua forma final, o registro de propriedade industrial é vedado pelo INPI. Assim, o pedido de registro que se basear em objeto cuja forma plástica seja determinada essencialmente por considerações técnicas ou funcionais será indeferido com base no § 4º do art. 106 da Lei da Propriedade Industrial (LPI), ainda que a configuração em tela seja nova e original.

Apesar do crescimento da ER pós-pandemia, a utilização desta prática ainda não é um consenso. Algumas empresas acreditam que a ER é apenas uma “arte de copiar” um produto já existente (VIEIRA, 2005). Stefanelli et al (2010), afirmam que a ER acelera o processo de desenvolvimento e favorece a popularização de tecnologias, em vista da redução de custos e do preço final do produto desenvolvido. Reforçam ainda a necessidade de se refletir se o custo social, ético e moral que está oculto na adoção desta prática justifica a economia obtida. Entretanto, quando se respeitam as patentes e direitos de propriedade, a ER pode ser utilizada como a observação de uma melhor prática da concorrência.

De acordo com Sharples (2010), quando se realiza a ER de um item que apresenta uma patente, a duplicação deste produto por meio desta técnica violaria esta patente. No entanto, se apenas uma parte do componente é patenteado, a duplicação do componente é aceitável perante estas leis. Segundo Samuelson e Scotchmer (2001), justifica-se o uso da ER pois esta técnica pode ser utilizada para a descoberta e aprendizagem, fazendo com que os profissionais e acadêmicos aprendam não apenas por meio de leitura de publicações científicas, mas também na prática, muitas vezes levando a novos produtos e avanços de conhecimento.

2.2 Questões sanitárias: Agência Nacional de Vigilância Sanitária

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) é um órgão federal responsável por regular e fiscalizar a fabricação, importação, exportação e comercialização de produtos médicos no Brasil, dentre outras atribuições. A ANVISA tem como objetivo garantir que esses produtos sejam seguros e eficazes para o uso humano, além de proteger a saúde da população. Em princípio, para que um produto médico possa ser fabricado e/ou comercializado no país, é necessário que ele seja registrado na ANVISA.

A agência regulamenta a produção e registro de produtos e equipamentos sanitários através de normas chamadas RDC (Resolução da Diretoria Colegiada), que são um tipo de regulamentação técnica para estabelecer processos, práticas e padrões de qualidade para produtos e serviços. Uma destas normas é a RDC nº 379 que durante a pandemia de SARS-CoV-2 dispôs, de forma temporária, “sobre os requisitos para a fabricação, importação e aquisição de dispositivos médicos identificados como prioritários para uso em serviços de saúde, em virtude da emergência de saúde pública internacional relacionada ao SARS-CoV-2” (BRASIL, 2020). Tal norma foi de extrema importância no período pandêmico pois permitiu a

fabricação de produtos para diagnóstico *in vitro* (IVD), equipamentos para proteção individual (EPIs), ventiladores e outros relacionados ao tratamento do COVID-19. Contudo, com o fim da pandemia a RDC nº 379 não foi prorrogada e, dessa forma, esses produtos passam a seguir novamente a rota padrão de regularização, com toda a documentação exigida normalmente.

A norma citada abriu portas para a inclusão de novas tecnologias na área da saúde, e acabou por evidenciar demandas importantes na busca de melhorias na assistência em saúde. Ocorre que, ainda que a tecnologia da manufatura aditiva esteja em alta, não há normas e regulamentação específica para balizar o uso da impressão 3D em ambiente médico hospitalar. Tal lacuna acaba por desencorajar esforços nesse sentido.

Não existindo nenhuma RDC específica para nortear o uso de tecnologias de fabricação digital na área médica e hospitalar, o que se faz é considerar o produto oriundo destas formas de fabricação como se fossem quaisquer outros, gerando ainda mais dúvidas sobre a questão. Tratando da situação particular desta pesquisa temos a RDC Nº 751/2022, que versa sobre os Registros e Notificações de Dispositivos Médicos, que entrará em vigência a partir de março de 2023, e atualizou e compilou diversos regulamentos da RDC Nº 185/2001 (revogada). A RDC Nº 751/2022 regulamenta na Seção II, § 8º que:

“Estão isentos de notificação ou registro os dispositivos médicos destinados a investigações clínicas, cumpridas as disposições legais da autoridade sanitária competente para realização desta atividade, estando proibidos a comercialização e o uso para outros fins”. Estabelece ainda que todos os produtos médicos não invasivos estão na classe I - baixo risco.

E define na Seção III, Art. 4º, item X

“dispositivo médico (produto médico); qualquer instrumento, aparelho, equipamento, implante, dispositivo médico para diagnóstico in vitro, software, material ou outro artigo, destinado pelo fabricante a ser usado, isolado ou conjuntamente, em seres humanos, para algum dos seguintes propósitos médicos específicos, e cuja principal ação pretendida não seja alcançada por meios farmacológicos, imunológicos ou metabólicos no corpo humano, mas que podem ser auxiliados na sua ação pretendida por tais meios”: diagnóstico, prevenção, monitoramento, tratamento, suporte ou manutenção da vida, entre outros. Assim como estabelece no item “XXV - investigação clínica: qualquer investigação ou estudo sistemático em um ou mais seres humanos, realizado para avaliar a segurança, desempenho clínico e/ou eficácia de um dispositivo médico”.

Com base nos artigos citados e considerando que as produções do Fab.i HU – Núcleo de Tecnologia Digital e Inovação são investigações e estudos sistemáticos, podemos considerar que estes estão em conformidade com as normas regulamentadoras da ANVISA. Tal argumento, como dito, é específico para o projeto em tela, uma vez que o laboratório de impressão 3D se encontra vinculado ao HU-UFLA que possui as licenças sanitárias necessárias, bem como, pelo fato de os dispositivos produzidos serem no momento unicamente destinados a investigações clínicas, sem fins comerciais e considerados de baixo risco (não invasivos). Tal observação é imprescindível, pois uma manufatura independente,

não vinculada a um hospital, ainda que produzindo dispositivos para estudos clínicos e sem fins comerciais, deverá ter licença sanitária e autorização de funcionamento emitida pela ANVISA.

Importante observar que, conforme exposto anteriormente, peças de um equipamento médico consideradas isoladamente não são classificadas como produtos médicos, não sendo objeto de registro na ANVISA. Tal entendimento reforça o argumento de que peças de reposição produzidas via impressão 3D, atendidas as licenças sanitárias e confeccionadas com materiais compatíveis com o destino da peça e permitidos pela Agência, são legítimas. Mais que isso, representam uma importante alternativa para reposição e manutenção do funcionamento de equipamentos médicos essenciais para a prestação do atendimento à população, já que é comum no atendimento público realizado pelo SUS a escassez de materiais de consumo e situações de equipamentos sem uso, por falta de peças de reposição, que podem ser resolvidos com o uso da impressão 3D.

É importante salientar que não são todos os produtos que precisam de registro na ANVISA, apenas aqueles que detêm algum grau de risco a saúde ou integridade física dos pacientes e não estão isentos de regulamentação. Materiais e dispositivos que não representem risco para a saúde precisam apenas de uma notificação à Agência, em caso de produção para uso corriqueiro. Como já adiantado, existem produtos dispensados até mesmo de notificação, chamados de Produtos Não Regulados pela GGTPS/ANVISA. Uma lista destes produtos é disponibilizada pela própria agência em seu site institucional. Se o produto ou tipo de produto estiver incluso nesta listagem, é um indicativo de que ele não é regulado pela ANVISA.

Caso se vá produzir dispositivos para a saúde fora dos limites adotados no Fabi. HU, uma forma de verificar a necessidade de registro ou notificação na ANVISA é consultar a existência de produto similar na base de dados da Agência. É possível pesquisar pelo nome do produto ou mesmo o nome técnico, caso se tenha essa informação. Se existe produto similar registrado, existe grande probabilidade de ser necessário o registro ou notificação. A forma mais segura de proceder, no entanto, considerando as lacunas legais e dúvidas que vão surgindo sobre o assunto, é consultar a própria ANVISA sobre a necessidade de regularização do produto. Isso é feito enviando uma consulta formal com a descrição e o maior detalhamento possível sobre a peça/produto, incluindo o princípio de funcionamento, indicação, precauções, modos de uso entre outras informações.

3. Conclusão ou Considerações Finais

Diante do exposto neste artigo, pode-se concluir que o uso da impressão 3D para a pesquisa, desenvolvimento e fabricação digital de dispositivos na área da saúde apresenta muitas vantagens, mas também desafios importantes para a sua implantação. As vantagens da adoção da MA na produção de dispositivos para a saúde são evidentes: permite maior acesso a peças que em geral podem ter custos elevados, serem de difícil aquisição, estarem escassas no mercado ou fora de linha; traz uma nova possibilidade de obtenção de produtos com redução de custos e tempo para produção; facilita o acesso para os usuários e, com isso, melhora a qualidade de serviço e atendimento nos hospitais e instituições de ensino na área da saúde.

Mas há também limitações: as propriedades dos materiais obtidos são diferentes dos materiais processados de forma tradicional; a precisão e o acabamento são inferiores aos das peças em relação aos processos convencionais (por exemplo aqueles obtidos por usinagem de precisão); pode haver distorções e deformações do material, e a fabricação de grandes lotes é

lenta e mais dispendiosa do que nos processos convencionais. No entanto, para utilização de peças de baixa produção e altamente personalizadas como na área da saúde, estes processos têm se tornado cada vez mais uma opção de manufatura e produção final de componentes.

Mas, para além das limitações tecnológicas, evidenciamos neste artigo as limitações de caráter normativo: por um lado a questão da ER, suas possibilidades e limites para esse tipo de aplicação ainda não é plenamente compreendida e, por outro, a insegurança jurídica decorrente de uma regulamentação ainda deficiente tende a dificultar ainda mais a situação. Diante do exposto, pode-se concluir que ainda persiste certa insegurança jurídica para o uso das tecnologias abordadas para a produção de equipamentos médico-hospitalares, pois ainda temos vacância na lei e carência de uma regulamentação específica, pontual e clara sobre as tecnologias de fabricação emergentes, como a impressão 3D. A tecnologia, que poderia ser grande aliada da saúde pública, acaba esbarrando em processos burocráticos e obscuros. Com isso, fica evidente a necessidade da criação ou revisão de normas regulamentadoras específicas para o uso de tais tecnologias na saúde pública.

Referências

AIMAR, A., PALERMO, A., INNOCENTI, B. The role of 3D printing in medical applications: a state of the art. **Journal of healthcare engineering**. 2019.

ALBUQUERQUE, A.L. Universidades e sociedade civil articulam impressão 3D de máscaras contra coronavírus. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 2020. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/equilibrioesaude/2020/03/universidades-e-sociedade-civil-articulam-impressao-3d-de-mascaras-contra-coronavirus.shtml>.

ALMEIDA, A. G. S.; ALVES, T. P. Utilização da engenharia reversa e da manufatura aditiva na fabricação de peças de reposição: uma alternativa para manutenção de equipamentos médico-hospitalares. **Revista de engenharia e tecnologia**, v. 12, n. 3, 2020.

AMORIM, A.S.; PINTO JUNIOR, V. L.; SHIMIZU, H.E. O desafio da gestão de equipamentos médico-hospitalares no Sistema Único de Saúde. **Saúde em Debate**, v. 39, p. 350-362, 2015.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. ANVISA. Resolução RDC nº. 379, de 30 de abril de 2020. Requisitos para a fabricação, importação e aquisição de dispositivos médicos identificados como prioritários para uso em serviços de saúde, em virtude da emergência de saúde pública internacional relacionada ao SARS-CoV-2. **Diário Oficial da União**: seção 1, ed. 82-B, Brasília, DF, p. 90, 30 abr. 2020.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. ANVISA. Resolução da Diretoria Colegiada – RDC nº 379 de 30 de abril de 2020 dispõe, de forma extraordinária e temporária, sobre os requisitos para a fabricação, importação e aquisição de dispositivos médicos identificados como prioritários para uso em serviços de saúde, em virtude da emergência de saúde pública internacional relacionada ao SARS-CoV-2. **Diário Oficial da União**: seção 1, ed. 82-B, Brasília, DF, p. 90, 30 abr. 2020.



BRASIL. Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996. Regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, 15 maio 1996. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9279.htm>. Acesso em: 24 fev. 2023.

COUTO, R.C; PEDROSA, T.M.G; ROSA, M.B. Erros acontecem: a força da transparência no enfrentamento dos eventos adversos assistenciais em pacientes hospitalizados - Construindo um Sistema de Saúde mais seguro. Belo Horizonte: **Instituto de Estudos de Saúde Suplementar (IESS)**, 2016.

DA COSTA, J. M. R.; BRANCO, R. R. C.; SALES, L. V. A.; FILGUEIRA, A. K. L.; GALLARDO, I. D.; DOS SANTOS FILHO, C. A. M.; MARTINS, K. Y. N. Aplicabilidade da Impressão 3D como tecnologia em saúde e soluções inovadoras durante a pandemia. **Brazilian Journal of Development**, v. 7(5), p. 49120-30. 2021.

DIEZ, T.; BAECK, P. The DIY and open hardware response to the COVID-19 crisis. In: **Design viral: the COVID-19 crisis as a global test bed for distributed design**. Barcelona: Editora Distributed Design Platform, 2020. p. 14-21.

FILLAT-GOMÀ F, CODERCH-NAVARRO S, MARTÍNEZ-CARRERES L, MONILL-RAYA N, NADAL-MIR T, LALMOLDA C, LUJÁN M, DE HARO C, BLANCH L. Integrated 3D printing solution to mitigate shortages of airway consumables and personal protective equipment during the COVID-19 pandemic. **BMC Health Services Research**, v. 20, p. 1-8, 2020.

KIESLINGER, B. et al. Covid-19 Response from Global Makers: The Careables Cases of Global Design and Local Production. **Frontiers in Sociology**, v. 6, p.629587, 2021.

MATSUMOTO, J.S.; MORRIS, J.M.; ROSE, P.S. 3-Dimensional Printed Anatomic Models as Planning Aids in Complex Oncology Surgery. **JAMA Oncology**, v. 2, n. 9, p. 1121-2, 2016.

OLIVEIRA, C. G.; RODAS, A. C. D. Tecnovigilância no Brasil: panorama das notificações de eventos adversos e queixas técnicas de cateteres vasculares. **Ciência e Saúde Coletiva** [Internet], v. 22, n. 10, p. 3247-57, 2017.

RICHTERICH, A. When open-source design is vital: critical making of DIY healthcare equipment during the COVID-19 pandemic. **Health Sociology Review**, v. 29, n. 2, p. 158-167, 2020.

RUIZ FREIRE et al. A dialectic on innovation and sustainability. **International Journal of Innovation and Sustainable Development**, v. 13, n. 3-4, p. 246-58, 2019.

SAMUELSON, P.; SCOTCHMER, S. The law and economics of reverse engineering. **Yale Law Journal**, v. 111, p. 1575, 2001.

SCARMONCIN, A.; PORTELLI, C.; OSORIO, F.; ECKERLEIN, G. Unfolding innovation lab services in public hospitals: a hospital FabLab case study. In: **28th International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC) and 31st International Association For Management of Technology (IAMOT)**, 2022.

SHARPLES, R. E. **The efficiency of reverse engineering in the design of the ORCA XI autonomous underwater vehicle by Rachel E. Sharples**. 2010. Tese de Doutorado. Massachusetts Institute of Technology.

STEFANELI, E. J. Engenharia Reversa: Discussão a respeito de sua validade e legalidade. Disponível em: <https://www.stefanelli.eng.br/enharia-reversa-validade-legalidade>. Acesso em: 03 fev, 2023.

TEMPLE-BIRD, CAROLINE et al. TEMPLE-BIRD, C. L.; PARSONS, R. **'How to manage series for healthcare technology**. 2005.. Lewes: Health Books International, 2005.

TOSCAS, F. S. et al. Ministério da saúde e o fomento de PD&I e produção no complexo industrial da saúde. Inovação em saúde: desafios para países em desenvolvimento. **2ª Conferência internacional de inovação em saúde**. SEDIS/UFRN, Natal, p. 585-596, 2018.

VIEIRA, S. Engenharia reversa: criação de produtos e melhoria do processo. **Revista Mecatrônica Atual**, 2005.



Sustentabilidade e inclusão social em atividades de ensino e extensão na Univille

Sustainability and social inclusion as university teaching and extension activities in Univille

Adriane Shibata Santos, PhD, Univille.

adriane.shibata@univille.br

Isadora Dickie, PhD, UFS.

isadora.dickie@academico.ufs.br

Anna Luiza Cavalcanti, Msc, Univille.

anna.cavalcanti08@gmail.com

Karla Pfeiffer, Msc, Univille.

karla.pfeiffer@univille.br

Resumo

Neste artigo são apresentados o relato e os resultados de atividades de ensino e extensão do Projeto Brinequo, vigente desde 2018, e que integra as atividades de Ensino, Pesquisa e Extensão da Univille. O projeto tem como objetivo desenvolver brinquedos lúdico-educativos que possam ser utilizados no tratamento e reabilitação de pessoas com deficiência (PCD) e como estímulos para idosos. Utilizou-se a abordagem participativa, envolvendo acadêmicos de duas turmas do curso de Design na disciplina Design, Ética e Sustentabilidade. Para alcançar o objetivo do projeto, foi utilizada a metodologia de aprendizagem ativa "Crowd-Design" em um processo participativo realizado de maneira assíncrona por meio de uma plataforma on-line denominada "Cria Junto". A plataforma permite que estudantes socializem suas ideias e, em um processo interativo, otimizem suas propostas gradativamente com base nas sugestões e contribuições de colegas, professores e profissionais que atuam nas entidades parceiras do projeto. Como resultado das atividades de ensino e extensão foram criados vinte jogos, sendo nove jogos para o público de pessoas com deficiência e onze para o público idoso.

Palavras-chave: Crowd-Design; Atividades de Ensino-Aprendizagem; Curricularização da Extensão

Abstract

This paper presents the report and results of teaching and extension activities of the Brinequo Project, developed since 2018 and which integrates the Teaching, Research and Extension activities of Univille. The project aims to develop recreational and educational toys that can be used in the treatment and rehabilitation of people with disabilities and as stimuli for the elderly. A participatory approach was used, involving academics from two classes of the Design course in the discipline Design, Ethics and Sustainability. To achieve the project's objective, the active learning methodology "Crowd-Design" was used in a participatory process carried out asynchronously through an online platform called "Cria Junto", that allows students to share their ideas and, in an interactive process, gradually optimize their proposals based on suggestions and contributions from colleagues, professors and professionals who work in the project's partner entities. As a result of teaching and extension activities, twenty games were created, nine games for people with disabilities and eleven for elderly people.

Keywords: Crowd-Design; Teaching-Learning Activities; Curricularization of University Extension

1. Introdução

O Projeto Integrado Brinequo da Univille tem sua proposta baseada no tema inclusão social, a fim de promover a aproximação, integração e colaboração entre as comunidades interna e externa por meio de ações de Ensino, de Pesquisa e de Extensão. É possível compreender a inclusão social como a participação ativa de um indivíduo nos vários grupos de convivência social. Sendo um direito fundamental do indivíduo, Jucá *et al.* (2018, p. 479) enfatizam que a inclusão social também é "pressuposto material para o exercício e fruição de todos os outros direitos". Tais direitos se referem aos direitos humanos - aqueles que o ser humano possui por sua própria natureza humana e pela dignidade que lhe é inerente. Nesse sentido, pode-se afirmar que a inclusão social, como direito fundamental de todos os indivíduos, aplica-se às pessoas idosas e às pessoas com deficiência. Apesar disso, pessoas idosas e pessoas com deficiência são consideradas vulneráveis (BRASIL, 2019), pois são grupos de pessoas que mais facilmente têm seus direitos violados (TRINDADE, 1996).

Segundo Ploner *et al.* (2016), o processo de envelhecimento é um marco importante do desenvolvimento humano que afeta as estruturas físicas, cognitivas e a percepção subjetiva do indivíduo. O envelhecimento social é um dos fatores que interferem no processo de envelhecimento, referindo-se aos papéis sociais adequados às expectativas da sociedade (PAÚL, 2005). Neste contexto, a falta de produtividade da pessoa idosa pode levá-la a ser tratada de forma diferente, prejudicando sua integração social e levando-a à marginalização.

Por outro lado, o envelhecimento saudável é considerado um processo de adaptações às mudanças que ocorrem ao longo da vida. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS, 2005), o envelhecimento deve ser vivido de uma forma ativa, com saúde, segurança e

participação; a saúde é entendida como o bem-estar físico, mental e social; a segurança relacionada às necessidades e aos direitos das pessoas idosas à segurança social, física e financeira; e a participação relacionada à educação, às políticas sociais de saúde e aos programas que apoiam a participação na íntegra em atividades sociais, culturais e espirituais.

Considerando o segundo público, o Brasil possui 45,6 milhões de pessoas com alguma deficiência, o que representa 23,91% da população nacional (IBGE, 2012). É considerada deficiência qualquer perda ou anormalidade de uma estrutura ou função corporal (ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA..., 2003), incluindo a função psicológica. A Lei nº 13.146/2015 - Estatuto da Pessoa com Deficiência (BRASIL, 2019), considera a pessoa com deficiência aquela que tem impedimento de longo prazo de natureza física, mental, intelectual ou sensorial, o qual, em interação com uma ou mais barreiras, pode obstruir sua participação plena e efetiva na sociedade em igualdade de condições com as demais pessoas.

Considerando que cada pessoa é única em seu universo, o grau de autonomia e necessidade individual varia, principalmente considerando pessoas com deficiência. Em alguns casos, o fato de a pessoa conseguir comer sozinha já representa uma grande autonomia, em outros, a conquista é poder ir sozinho para o trabalho. No entanto, a falta de incentivo à autonomia pode ser um empecilho para o desenvolvimento das pessoas com deficiência.

Visto que a inclusão social é um direito inerente a todos os seres humanos, a consonância do projeto com a Sustentabilidade é dada por meio da sua aderência aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). O escopo do Projeto Integrado está alinhado aos ODS 3 - Saúde e Bem-estar; ODS 4 - Educação de Qualidade; ODS 10 - Redução das Desigualdades; e ODS 17 - Parcerias de Implementação.

É neste contexto que o Projeto Integrado Brinequo atua e tem como objetivos de ensino e extensão: (a) relacionar a teoria com a prática das abordagens do Design para a Sustentabilidade; (b) integrar atividades de Pesquisa e Ensino por meio da metodologia de aprendizagem ativa 'Estudo de Caso'; (c) sensibilizar estudantes de graduação e pós-graduação *stricto sensu* para o desenvolvimento de competências pessoais e profissionais associadas ao desenvolvimento e implementação de um projeto cuja demanda é real e social; (d) promover a integração de estudantes de graduação, da pós-graduação *stricto sensu* e bolsistas do projeto entre si e com atores sociais, a partir das ações de cocriação de brinquedos e atividades lúdicas e terapêuticas; (e) integrar atividades de Ensino e Extensão por meio da metodologia de aprendizagem ativa "Crowd-Design" (*crowdsourcing* + Design), caracterizando a Curricularização da Extensão.

Este artigo apresenta o relato e os resultados desta aplicação e integração de atividades de ensino e extensão envolvendo estudantes de duas turmas do curso de Design na disciplina Design, Ética e Sustentabilidade da Univille.

2. Inclusão social de pessoas idosas e com deficiência por meio do Design

Em 1948, a Organização das Nações Unidas (ONU) proclamou a Declaração Universal dos Direitos Humanos, cujo primeiro artigo diz que "Todos os seres humanos nascem livres e iguais em dignidade e direitos. São dotados de razão e consciência e devem agir em relação uns aos outros com espírito de fraternidade." (ONU, 1948, p. 01). Nesse sentido, a inclusão social é entendida, primeiro, pela existência de uma sociedade da qual os seres humanos fazem parte. Nem sempre, no entanto, a sociedade entende a diversidade inerente aos seres humanos e acaba por excluir indivíduos considerados 'diferentes'. A exclusão social, aqui, pode ser considerada uma violação dos direitos humanos, pois, "[...] é direito fundamental pertencer, sentir-se integrado, incorporado, efetivamente participe do processo social em níveis mínimos para a composição da dignidade inerente à condição humana." (JUCÁ *et al.*, 2018, 480).

A cidadania permite que o indivíduo sinta-se participante da sociedade na medida em que esta sociedade se preocupa ativamente com sua sobrevivência digna. Assim, verifica-se que a cidadania é uma relação de mão dupla: dirige-se da comunidade para o cidadão e também do cidadão para a comunidade. Nesse sentido, pode-se dizer que ser cidadão é inerente à condição humana, especialmente na dimensão social da vida, pois "[...] o cidadão deve ser o participe integral e na vida da sociedade a que pertence, [...]" (JUCÁ *et al.*, 2018, 480).

Considera-se, assim, o tema da inclusão social uma das pautas primordiais que deve ser debatida pela sociedade. É parte do processo democrático assegurar os direitos humanos, incluindo as pessoas idosas e pessoas com deficiência, na construção de uma sociedade que realmente valorize a diversidade humana, entendendo que nela reside nossa principal riqueza.

A dimensão social da sustentabilidade trata, fundamentalmente, de um processo social de transformação. Como destacam Santos *et al.* (2019), as estratégias para ampliar a inclusão social das pessoas têm relação direta com o viés filosófico e cultural dos envolvidos no desenvolvimento de soluções, como também dependem das características morais e éticas da sociedade em seu entorno. Os autores ainda destacam que

A intrincada tarefa de integração da dimensão social no processo de Design representa uma excelente oportunidade para aplicação das competências específicas desta área do conhecimento, já que as novas soluções para este cenário precisam ser criativas e inovadoras para gerar impactos positivos no mundo real. Para tanto, deve-se atentar para o fato de que questões sociais tendem a ter características específicas e únicas entre locais, comunidades e culturas. [...] Por isso mesmo, sob o ponto de vista do Design, este processo demanda, necessariamente, a participação de todos os envolvidos em um determinado problema (SANTOS *et al.* 2019, p. 19).

Segundo World Design Organization, o Design é uma profissão transdisciplinar que utiliza a criatividade para resolver problemas complexos e cocriar soluções com o intuito de melhorar um produto, sistema, serviço ou experiência (WDO, 2021). Assim, o entendimento

da contribuição do Design para as estratégias de envelhecimento ativo pode ser evidenciado por Souza (2013), Damázio (2013), Rosa, Jordão e Damázio (2014), Costa, Arigoni e Damázio (2016), Mariz e Damázio (2016), Souza (2019) e Damázio e Quezada (2020). Estes estudos focam no desenvolvimento de artefatos e iniciativas voltados ao estímulo cognitivo e emocional, mobilidade e interação social e familiar. Importante destacar que tais estudos foram encontrados em uma busca assistemática, porém, já é possível inferir que Damázio é uma das principais referências no desenvolvimento de estudos que envolvem Design e o público idoso, aparecendo como autora de cinco, dos sete trabalhos listados.

O entendimento da contribuição do Design para as estratégias de inclusão social de pessoas com deficiência pode ser encontrado em abordagens da Ergonomia, do Design Universal e do Design de Interfaces para a inclusão digital. Dentre os autores estão: Teixeira *et al.* (2015), Gomes *et al.* (2015), Melezinski e Wiggers (2015), Johan (2016), Pita (2016), Dutra (2016), Heidrich e Radai (2018) e Faccio (2019). Tais estudos abordam desde o desenvolvimento de artefatos físicos à comunicação e interfaces para auxiliar na execução de tarefas diárias e na socialização. Considerando a dimensão social da sustentabilidade, Santos *et al.* (2019, p.18) destacam que,

[...] a integração/inclusão e a segregação/exclusão se opõem dentro do processo de desenvolvimento. O princípio da “promoção da integração do fraco e marginalizado”, por exemplo, é subjacente aos esforços para inserção na sociedade das pessoas com necessidades especiais. Neste caso, no âmbito do sistema busca-se mecanismos de adaptação da sociedade e não de ignorância das limitações do outro. Esta integração pode evoluir a ponto de se obter a efetiva “inclusão social”, caracterizada por um movimento duplo, onde tanto a pessoa com necessidades especiais quanto a sociedade fazem um movimento para que haja adequação e legitimação (física, material, humana, social, etc.).

A partir da verificação dos estudos destacados, pode-se inferir que a contribuição do Design para a inclusão social de pessoas com deficiência passa, também, pelas abordagens do Design Centrado no Humano. Portanto, considera-se esta abordagem como base para os procedimentos metodológicos adotados pelo Projeto Integrado.

3. Procedimentos Metodológicos

O Projeto Integrado Brinequo adota a abordagem do Design Centrado no Humano (DCH), que busca aumentar as habilidades humanas, auxiliar na superação de limitações humanas e considerar as preferências e preocupações dos usuários e partes interessadas no processo de desenvolvimento de soluções a problemas comuns (ROUSE, 1991). Essa abordagem se caracteriza como *bottom-up* (de baixo para cima) e envolve a participação de usuários e partes interessadas no desenvolvimento de soluções, o que contribui para uma maior assertividade e para a promoção de equidade e coesão social (SANTOS *et al.*, 2019). Para promover a participação e colaboração nas atividades de ensino e extensão aqui relatadas, optou-se pelo processo de Crowd-Design executado por meio da Plataforma Cria Junto. Essa plataforma

on-line permite a integração, a participação e a colaboração de diversos públicos no desenvolvimento de soluções para problemas comuns a eles.

Na Plataforma Cria Junto as etapas do processo de Crowd-Design são denominadas 'Inspiração', 'Ideação' e 'Implementação'. Durante cada uma dessas etapas, estudantes podem enviar propostas de soluções e interagir com os demais participantes por meio de comentários, sugestões e votação. As atividades foram conduzidas no componente curricular Design, Ética e Sustentabilidade do curso de Design da Univille, em duas turmas, abrangendo o total de 58 estudantes, divididos em equipes de até três integrantes, durante dois bimestres. O projeto dividiu-se em quatro etapas, conforme ilustrado no Quadro 1, a seguir:

Quadro 1: Abordagem metodológica aplicada.

| Etapas | Qtde. de aulas | Conteúdos | Materiais e métodos | Entregas |
|--------------------------|----------------|--|--|---|
| Conhecer | 4 | Apresentação dos temas dos desafios; apresentação dos dados de pesquisa levantados pelos bolsistas do projeto; definição do problema de projeto. Oficinas junto às instituições parceiras para acesso e interação na plataforma. | Aulas expositivas e dialogadas; aulas práticas; pesquisa no Site do projeto; matriz CSD. | Mapa mental do tema; problema de projeto definido. |
| Inspiração | 3 | Apresentação do cronograma e objetivo da etapa; apresentação da plataforma e passo-a-passo para acesso e preenchimento. | Aulas expositivas e dialogadas; aulas práticas; pesquisa desk; pesquisa de similares; plataforma Cria Junto. | Pesquisa realizada; publicação e interação na plataforma Cria Junto. |
| Ideação | 4 | Apresentação do cronograma e objetivo da etapa; necessidades dos usuários; conceituação; apresentação do passo-a-passo para disponibilização do conteúdo. | Aulas práticas; conversa com especialistas; workshop de criatividade; criação. | Desenvolvimento da ideia do produto; publicação e interação na plataforma Cria Junto. |
| Implementação | 4 | Apresentação do cronograma e objetivo da etapa; detalhamento e prototipação. | Aulas práticas; detalhamento e prototipação da ideia selecionada. | Prototipação da solução gerada; publicação e interação na plataforma Cria Junto. |
| Apresentação e exposição | 1 | Apresentação do resultado final e entrega. | | Protótipos de brinquedos e atividades lúdico-terapêuticas; manual de instruções/uso; vídeo explicativo. |

Fonte: Elaborado pelas autoras (2023).

As atividades previstas para a execução do projeto foram contempladas no Plano de Ensino Aprendizagem - PEA do componente mencionado, bem como as atividades do projeto no relatório de atividades anuais do curso. A aplicação da Metodologia de Aprendizagem Ativa

Crowd-Design (*crowdsourcing* + Design) ocorreu com os estudantes do 4º ano de graduação em Design, sendo que a interação na Plataforma Cria Junto ocorreu entre estudantes, docentes do componente curricular, docentes e bolsistas do Projeto Integrado e especialistas das entidades parceiras ao projeto.

4. Resultados

Como proposta de atividade de ensino e extensão vinculada ao Projeto Integrado Brinequo, foram definidos dois desafios, aplicados em duas turmas no componente curricular Design, Ética e Sustentabilidade. As equipes de projeto puderam escolher, dentre os dois desafios, qual seria adotado por cada grupo.

O Desafio 60+ apresentou o seguinte problema de projeto: Como manter a mente e corpo saudáveis depois dos 60 anos? O objetivo deste desafio foi, então, desenvolver brinquedos ou atividades que estimulam a prática de exercícios físicos, cuidados com o corpo, socialização, cognição e memorização e/ou a inclusão social de pessoas idosas.

Já o Desafio PCD foi direcionado ao público de pessoas com deficiência e apresentou o seguinte problema de projeto: como brinquedos e atividades lúdico-educativas podem auxiliar na inclusão social de pessoas com deficiência? Assim, o objetivo foi desenvolver brinquedos ou atividades que propiciam o desenvolvimento e a inclusão social de pessoas com deficiência.

Como parceiros e público dos desafios, encontram-se diversas instituições da cidade de Joinville, considerando a reabilitação de pessoas com deficiência física, cognitiva e intelectual, como também de acolhimento e atividades voltadas ao público idoso, sendo ao todo seis instituições parceiras.

4.1. Etapa 1 - Conhecer

Para que a atividade pudesse ser aplicada em sala de aula, inicialmente foi realizado o compartilhamento dos dados levantados pelos bolsistas do Projeto Integrado. O material elaborado contém dados referentes à caracterização dos públicos, ou seja, pessoas idosas e pessoas com deficiência pertencentes às entidades parceiras. A partir destes conteúdos, cada equipe definiu o público a ser trabalhado e realizou pesquisas complementares. A apresentação dos objetivos, etapas e relevância do projeto ocorreu durante a aula. Os principais resultados estão apontados no Quadro 2. Importante destacar que as necessidades levantadas são referentes ao público das instituições parceiras ao Projeto Integrado.

Quadro 2: Dados derivados de pesquisa com o público nas instituições parceiras.

| Público | Principais necessidades levantadas |
|----------------------------------|--|
| Pessoas cegas ou com baixa visão | Contribuir para o ensino de Matemática na instituição parceira. Melhorar a autonomia destas pessoas em suas residências Melhorar a socialização e inclusão destas pessoas. |

| | |
|-------------------------------------|--|
| Pessoas com deficiência física | Atividades e brinquedos que promovam a educação financeira de forma lúdica. Atividades e brinquedos que contribuam com o desenvolvimento físico e motor. Atividades e brinquedos que contribuam com a socialização e desenvolvimento cognitivo. |
| Pessoas com deficiência intelectual | Atividades e brinquedos que promovam a educação financeira. Atividades e brinquedos que desenvolvam independência. Jogos e brinquedos com níveis de dificuldade diferentes, do mais básico ao mais complexo, para atender aos diferentes níveis de deficiência. Jogos e brinquedos que estimulem atividades sensoriais. |
| Pessoas idosas | Atividades e brinquedos que auxiliem na manutenção de posturas e estimulem movimentos. Atividades e brinquedos que estimulem o cérebro e a cognição. Atividades que possam ser feitas à mão e que se relacionam com saúde e música. Atividades e brinquedos que possam ser executados em grupos. Atividades e brinquedos que estimulem competitividade e criatividade. |

Fonte: Elaborado pelas autoras (2023).

A partir da apresentação destes dados, as equipes levantaram informações complementares que auxiliaram na definição de público. Foram elaborados mapas mentais sobre os temas de projeto e matrizes CSD (Certezas, Suposições e Dúvidas). Com o desafio escolhido, as pesquisas foram direcionadas, ponderando necessidades e requisitos a serem considerados em posterior aplicação nas soluções.

4.2. Etapa 2 - Inspiração

Na etapa Inspiração, o objetivo foi compartilhar soluções existentes. Assim, os estudantes realizaram uma pesquisa *desk* relacionada ao desafio selecionado para levantar soluções já aplicadas que estimulam a prática de exercícios, os cuidados com o corpo, a sociabilização, a memória ou a inclusão de pessoas idosas ou com deficiência. A partir da análise dos achados na pesquisa, foram selecionadas as propostas mais interessantes e aderentes aos problemas das instituições parceiras. Apesar da pesquisa ter sido feita em equipe, a postagem da solução foi feita individualmente. Assim, cada estudante elaborou um painel com imagens e explicações de funcionamento da solução, para posterior postagem na Plataforma Cria Junto, onde os participantes e as partes interessadas puderam interagir comentando, dando sugestões, votando e contribuindo para a realização da próxima etapa.

Foram disponibilizados painéis de 18 brinquedos já existentes no Desafio PCD e 36 no Desafio 60+. As soluções encontradas foram diversas: jogos de memória, jogos de tabuleiro, bingo, palavras-cruzadas, livros de pintura e atividades manuais como crochê e jardinagem. Estudantes, **professores** e demais participantes puderam fazer comentários, apontando quais os pontos positivos ou que poderiam ser melhorados/adaptados para cada público, de acordo com as necessidades da entidade parceira.

4.3. Etapa 3 - Ideação

Nesta etapa o objetivo foi gerar propostas de soluções relacionadas ao problema definido por cada equipe, ou seja, ideias que auxiliem pessoas idosas ou com deficiência a socializar

mais, a exercitarem mais o corpo (movimentos) ou a mente (memória), ou que estejam relacionadas a algum aspecto diferente, encontrado nas pesquisas *desk*.

Foram utilizadas algumas ferramentas de Design para o desenvolvimento desta etapa: (a) 'Persona', para apresentar o público para quem é destinada a solução; (b) 'Brainstorming' para a geração de alternativas; e (c) 'Matriz de Decisão' para escolha da melhor alternativa dentre as geradas. Novamente, cada ideia selecionada foi colocada em um painel com os resultados obtidos. Em seguida, os painéis foram postados pelas equipes na Plataforma Cria Junto para que os demais públicos pudessem interagir, comentando e votando nas propostas.

4.4. Etapa 4 - Implementação

Nesta etapa, o objetivo foi desenvolver e produzir as soluções geradas, considerando os apontamentos feitos na plataforma. As soluções resultaram em produtos físicos e/ou peças gráficas. Assim, inicialmente, foram realizados protótipos de baixa fidelidade para testar tamanhos, formatos, usabilidade, interações etc. Os estudantes também fizeram o registro do processo de confecção dos protótipos e/ou layouts, importantes para auxiliar no entendimento da solução. Após os testes e ajustes, foram confeccionados os protótipos finais, bem como elaborado o manual de instruções e gravado vídeo explicativo de confecção e utilização das soluções. Por fim, mais um painel foi elaborado por cada equipe, referente à proposta final e processo construtivo (Figura 1) e disponibilizado juntamente com o vídeo final.



Figura 1: Exemplos de painel de Implementação. Fonte: Adaptado da Plataforma Cria Junto (2023).

5. Discussões

O Projeto Integrado Brinquedo proporcionou uma experiência real para estudantes do 4º ano do curso de Design da Univille no contexto da disciplina de Design, Ética e Sustentabilidade. Portanto, os desafios foram oportunos por trazerem questões relevantes a serem tratadas por meio do Design para a inclusão social.

Na etapa 1 - Conhecer, os estudantes puderam ter conhecimento sobre o projeto e sua abrangência, tendo acesso a dados levantados pelos bolsistas. Isso possibilitou o entendimento sobre as principais necessidades de cada público, mas levantou dúvidas e suposições que

foram exploradas em pesquisas complementares. De posse dessas informações, cada equipe definiu em qual desafio iria trabalhar.

Na etapa 2 - Inspiração, cada equipe pesquisou soluções já existentes ligadas às demandas do público escolhido ou que poderiam ser aplicadas a elas; foram identificadas as características dos jogos/brinquedos e o que ele poderia estimular nas pessoas. Apesar do projeto ser em equipe, esta foi uma atividade individual e alguns estudantes acabaram não publicando as soluções encontradas na plataforma. Para estimular a interação na Plataforma, foi atribuída uma avaliação pela participação em todas as etapas. Assim, os estudantes tiveram acesso às outras pesquisas e puderam observar possíveis soluções também em suas propostas.

A etapa 3 - Ideação, iniciou com a visita dos especialistas/parceiros. As equipes foram dispostas em duas salas, de acordo com o desafio escolhido e os especialistas das instituições parceiras expuseram suas experiências, atividades desenvolvidas atualmente nas instituições, os jogos/brinquedos que utilizam, as dificuldades e características do público, além de questões a serem consideradas no desenvolvimento das propostas. Esta atividade foi bastante produtiva e trouxe informações importantes às equipes. No entanto, observou-se que esta conversa poderia ter ocorrido na fase de Inspiração, pois auxiliaria na pesquisa *desk* e na escolha de soluções mais direcionadas e assertivas. Porém, a dificuldade encontrada foi conciliar as agendas do componente curricular com a disponibilidade de todos os especialistas das entidades parceiras. Observou-se, também, que a maioria das ideias partiram diretamente das soluções existentes, sendo propostas apenas melhorias ou adaptações para o público. Ideias originais também surgiram, mas para que tivessem um aprimoramento, seria necessário dispor de mais tempo. Verifica-se, portanto, necessidade de uma adequação no cronograma de execução para a prototipagem rápida e testes, considerando que os estudantes estão no último ano do curso, envolvidos com seus projetos de conclusão.

Da mesma forma, na etapa 4 - Implementação, sugere-se a revisão do cronograma, pois a etapa envolve o desenvolvimento final da proposta, quando são importantes os ajustes a partir dos comentários provenientes da interação na plataforma. Nesta etapa ocorre a prototipação final, exigindo tempo de refinamento e finalização em meios digitais e também na oficina, dependendo da proposta. São necessários também recursos financeiros para viabilização, que neste caso, foram oriundos do Projeto Integrado e dos próprios estudantes, porém poderia haver recursos provenientes dos parceiros ou de novas parcerias.

Para dar visibilidade à iniciativa, na conclusão do projeto de ensino foi realizada uma exposição dos trabalhos no *hall* de exposições da coordenação do curso de Design. Nessa oportunidade, tanto a comunidade acadêmica, as instituições parceiras e comunidade em geral puderam interagir com as soluções desenvolvidas, observando-se que muitas propostas são estimulantes também para outros públicos, despertando o interesse de diversas faixas etárias e condição física/cognitiva. Na figura 2 são apresentadas algumas das soluções desenvolvidas na atividade e exposição realizada.



Figura 2: Exposição e soluções desenvolvidas na atividade de ensino do projeto Brinequo. Fonte: Elaborado pelas autoras.

6. Considerações Finais

A atividade de ensino e extensão proposta pelo Projeto Integrado Brinequo e aplicada no componente curricular Design, Ética e Sustentabilidade possibilitou atingir os objetivos definidos para as atividades de Ensino e Extensão, com destaque para a sensibilização dos estudantes para uma demanda real e a integração de diferentes atores na cocriação de brinquedos e atividades lúdicas e terapêuticas por meio do Crowd-Design (*crowdsourcing* + Design), caracterizando a Curricularização da Extensão.

Os brinquedos gerados como resultado das atividades de Ensino e Extensão serão doados às entidades parceiras para utilização em seus espaços, servindo como fonte de dados para novas ações de pesquisa do Projeto Integrado. Estas ações consistem no acompanhamento da utilização, na observação de satisfação dos usuários e na alimentação de novos dados para geração de mais propostas de soluções.

Referências

- BRASIL. **Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004**. Brasília, 2004. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5296.htm. Acesso em: 26 out. 2021.
- BRASIL. Ministério da Educação (MEC). **Política de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva**. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/arquivos/pdf/politicaeducspecial.pdf>. Acesso em: 26 out. 2021.
- BRASIL. Ministério dos Direitos Humanos. **A Declaração Universal dos Direitos Humanos e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: avanços e desafios**. 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/mdh/pt-br/centrais-de-conteudo/declaracao-universal-dudh/cartilha-dudh-e-ods.pdf>. Acesso em 24 out. 2021.



BRASIL. Senado Federal. Estatuto da Pessoa com Deficiência. Brasília: Senado Federal, **Coordenação de Edições Técnicas**, 2019. Disponível em: https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/554329/estatuto_da_pessoa_com_deficiencia_3ed.pdf. Acesso em 26 out. 2021.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Brasileiro de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Agenda 2030 e os ODS**. Disponível em: <http://www.agenda2030.org.br/> Acesso em 24 out. 2021.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE (OMS) - **Envelhecimento Ativo**: Uma política de Saúde. Brasília: OMS, 2005. Disponível em: <https://www.nescon.medicina.ufmg.br/biblioteca/imagem/4478.pdf>. Acesso em: 26 out. 2021.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE; ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE; UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Faculdade de Saúde Pública. **Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde – CIF**. São Paulo: EDUSP, 2003.

PÁUL, C. **Envelhecimento activo e redes de suporte social**. Faculdade de letras. 2005. Disponível em: <https://ler.letras.up.pt/uploads/ficheiros/3732.pdf>. Acesso em 26 out. 2021.

PLONER, K. S.; GOMES, M. C.; SANTOS, S. T. Metamemória no envelhecimento e os impactos promovidos pela Oficina de Memória. In: **RBCEH**, Passo Fundo, v. 13, n. 2, p. 197-218, maio/ago. 2016.

ROUSE, W. B. **Design for success**: a human-centered approach to designing successful products and systems. New York: Wiley-Interscience, 1991.

SANTOS, A. dos.; et al. (orgs). **Design para a Sustentabilidade**: dimensão social. Curitiba: Insight, 2019.

TRINDADE, A. C. **A incorporação das normas internacionais de proteção dos direitos humanos no direito brasileiro**. San José: 1996.

VALER, D. B.; BIERHALS, C. C. B. K.; AIRES, M.; PASKULIN, L. M. G. O significado de envelhecimento saudável para pessoas idosas vinculadas a grupos educativos. In: **Revista brasileira de geriatria gerontologia**, vol. 18, no 4, Rio de Janeiro, Oct./Dec. 2015.

WORLD DESIGN ORGANIZATION (WDO). **Definition of industrial design**. Quebec: WDO, 2021. Disponível em: <https://wdo.org/about/definition/> Acesso em: 25 out. 2021.

Eficiência Energética em edificações comerciais: análise sistemática da conexão com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável e mudanças climáticas

Energy efficiency in commercial buildings: systematic analysis of the connection with Sustainable Development Goals and Climate Change

Bianca Rebelatto, Me. Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Passo Fundo.

E-mail: biancagrebelatto@gmail.com

Amanda Salvia, Dra. em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Passo Fundo.

E-mail: amandasalvia@gmail.com

Pietra Taize Bueno, Engenheira Ambiental e de Segurança do Trabalho, Universidade de Passo Fundo.

E-mail: pietrataize@hotmail.com

Luciana Brandli, PHD em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Passo Fundo.

E-mail: brandli@upf.br

Gabriela Rodrigues, estudante de Ciências Biológicas, Universidade de Passo Fundo.

E-mail: gabiirodrigues14@gmail.com

Resumo

Os edifícios têm um enorme papel no aumento do consumo de energia e nas emissões de CO₂. As edificações também são importantes para a transição da sociedade para uma economia de baixo carbono, com maior eficiência energética e menores impactos ambientais. Esta pesquisa teve como objetivo identificar por meio de uma revisão sistemática da literatura estudos relevantes existentes sobre o tema eficiência energética em edifícios comerciais e analisar sua conexão com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e as Mudanças Climáticas. As bases de dados *Web of Science* e *Scopus* foram utilizadas com critérios de busca específicos e resultaram em 227 artigos publicados na última década. Esta pesquisa ilustra uma abordagem abrangente relacionada ao panorama da relação entre artigos com os ODS e as mudanças climáticas. Além disso, a discussão da revisão da literatura destaca exemplos que mostram benefícios e barreiras para a implementação da eficiência energética em edifícios comerciais, mostrando suas características relevantes.

Palavras-chave: Eficiência energética; Edificações comerciais; ODS; Mudanças climáticas.

Abstract

Buildings have a huge role in the increase of energy consumption and in the energy-related CO2 emissions. Buildings are also important to the society transition to a low-carbon economy, with increased energy efficiency and lower environmental impacts. This research aimed to identify through a systematic review of the literature relevant existing studies on the theme of energy efficiency in commercial buildings and analyze their connection with Sustainable Development Goals (SDG) and Climate Mitigation. The databases Web of Science and Scopus were used with specific search criteria and resulted in 227 articles published in the last decade. This research illustrates a comprehensive approach related to the panorama of the relation between articles and SDGs and climate mitigation. In addition, the discussion of the literature review highlights examples with benefits and barriers for the implementation of energy efficiency in commercial buildings, showing its relevant features.

Keywords: Energy efficiency; Commercial buildings; SDG; Climate change.

1. Introdução

O setor da construção é um componente vital para o crescimento econômico de países em desenvolvimento e desenvolvidos. De acordo com Dixit (2017), aproximadamente 48% do consumo de energia global é atribuído à construção e operação de edifícios. A energia é consumida em todas as etapas do ciclo de vida dos materiais de construção, desde a extração das matérias-primas até a fabricação, transporte, instalação, manutenção, demolição e reciclagem no final da vida útil do edifício (Huberman e Pearlmutter, 2008).

Entretanto, a utilização de materiais de construção locais, verdes, ecológicos, alternativos, energeticamente eficientes, duráveis e de baixo consumo de energia pode reduzir o consumo de energia nos edifícios e melhorar a eficiência energética geral, o que contribui para alcançar as 169 metas dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecidos em 2015 pela Agenda 2030. A sustentabilidade energética é um objetivo fundamental a ser atingido, que está diretamente ligado aos ODS 7, 9 e 13. O sétimo ODS visa assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e acessível à energia para todos, incentivando a diversificação da matriz energética por meio de fontes alternativas, renováveis e limpas. O nono ODS dedica-se à "Indústria, inovação e infraestrutura", promovendo a construção de infraestruturas resilientes que possam impulsionar uma industrialização inclusiva e sustentável, estimulando a inovação. O ODS 13, por sua vez, enfoca a ação climática, buscando adotar medidas urgentes para combater as mudanças climáticas e seus efeitos globais. Devido à ampla gama de metas estabelecidas pela Agenda 2030, formuladores de políticas e líderes comunitários em nível regional e local precisarão avaliar facilmente as implicações econômicas, sociais e ambientais de suas estratégias, de forma integrada a médio e longo prazo.

Segundo o último relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2022), a construção de edifícios é fundamental para a transição para uma economia de baixo carbono e focada em eficiência energética. A categoria de construção conhecida como *Zero Energy Buildings* (ZEB) é composta por edifícios que geram energia renovável suficiente para compensar suas emissões de gases de efeito estufa durante toda a sua vida útil (US DEPARTMENT OF ENERGY, 2022). Para obter essa qualificação, é necessário levar em consideração fatores como projeto, materiais, sistemas de aquecimento, refrigeração, iluminação e eletrodomésticos (ALTAN *et al.*, 2013), não apenas na fase de projeto, mas também durante a construção e operação do edifício. De acordo com a Agência Internacional

de Energia (2021), os edifícios são responsáveis por 37% das emissões globais de CO2 ao longo de seu ciclo de vida, destacando a necessidade de melhorar a intensidade energética dos edifícios e fazer a transição para fontes de energia com emissões zero para enfrentar as mudanças climáticas.

Ao adotar estratégias de conservação e eficiência energética, novas edificações têm o potencial de reduzir a demanda de energia em 50% em relação às tradicionais (ASHRAE, 2011) e ainda contribuir para diversos aspectos da sustentabilidade e dos ODS. Portanto, é essencial que as infraestruturas urbanas sejam planejadas tendo como base os pilares do desenvolvimento sustentável. Logo, a seguinte pesquisa teve como objetivo verificar estudos de implementações de eficiência energética em edificações comerciais a fim de estabelecer relação com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e as mudanças climáticas.

2. Procedimentos Metodológicos

Uma revisão sistemática foi realizada a fim de obter respostas ao objetivo proposto. Conforme indicado por Camarasa *et al.* (2019), uma revisão sistemática responde a um propósito claro e a uma questão de pesquisa baseada em uma abordagem de busca com critérios para incluir/excluir artigos e caracterizá-los (Camarasa *et al.*, 2019). Seguindo os passos sugeridos por Levy *et al.* (2022), a revisão sistemática começa com a busca dos artigos por meio de um banco de dados, seguida da triagem e filtragem dos artigos encontrados e, em seguida, avaliação dos mesmos quanto à elegibilidade, para assim proceder à análise dos dados e conclusões.

Portanto, para aprofundar o conhecimento sobre o tema abordado, esse estudo delineou como questão de pesquisa: "Qual é o estado da literatura científica internacional sobre o tema de eficiência energética em edifícios comerciais?". Segundo Caiado *et al.* (2017), esta pesquisa pode ser descrita como exploratória e descritiva, envolvendo coleta de dados de duas fontes, e tem abordagem qualitativa, mapeando as principais áreas da análise de síntese temática. As bases de dados utilizadas para identificar as publicações mais relevantes sobre este tema específico foram *Scopus* e *Web of Science*, devido às extensas áreas que ambas cobrem.

A combinação de palavras-chave utilizada para identificar os artigos nas bases de dados foi: ("*commercial building**" AND "*energy efficiency*") aplicada ao título, resumo e palavras-chave. A busca foi limitada a alguns critérios de inclusão/exclusão, e a seleção centrou-se em artigos de acesso aberto em inglês, publicados entre os anos de 2012 a 2022, nas áreas de pesquisa de engenharia, energia, ciência ambiental, ciência da computação, ciências sociais, ciências da terra e planetárias.

Para a análise, os trabalhos duplicados (coletados em ambas as bases de dados) foram excluídos. Em seguida, foram verificados título e resumo, a fim de eliminar estudos não alinhados com o objetivo da pesquisa. Por fim, foi realizada uma análise do texto completo dos artigos do Porfólio Bibliográfico, para que cada artigo pudesse ser analisado em termos da conexão do estudo com os ODS e as mudanças climáticas (Viegas *et al.*, 2016).

O estudo iniciou com um banco de dados de 2.735 artigos (1.797 da *Scopus* e 938 da *Web of Science*). Aplicando os critérios de filtragem nas bases de dados (ano de publicação,

idioma, tipos de documentos e áreas de busca), o número foi reduzido para 415 artigos (255 da Scopus e 160 da Web of Science). Excluindo os artigos duplicados, restaram 294 artigos. Após análise de título e resumo, e selecionando-se apenas artigos de estudo de caso (ou seja, implementação prática/análise de casos reais em edifícios comerciais), 88 artigos compuseram a amostra do Portfólio Bibliográfico. Esse processo é ilustrado na Figura 1.

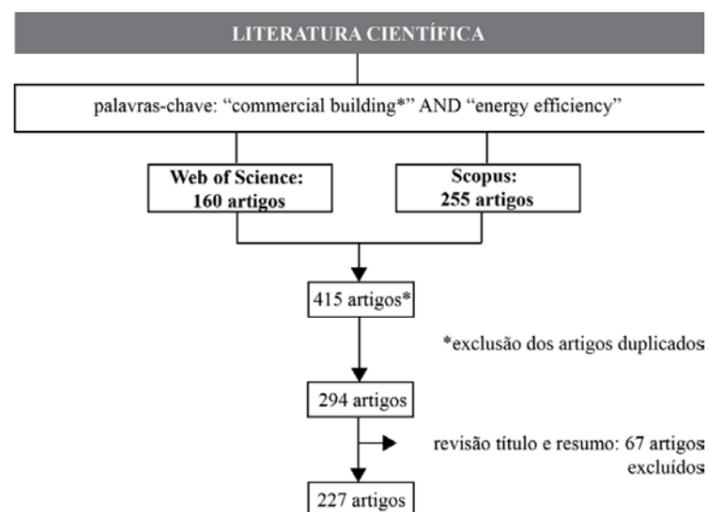


Figura 1. Mapeamento da busca sistemática de artigos.

3. Aplicações e/ou Resultados

Dos 88 artigos analisados, 27 artigos mencionaram a conexão de seu conteúdo com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. Em relação às mudanças climáticas, 43 artigos mencionaram sua contribuição em relação ao tema. A Figura 2 apresenta a análise SWOT dos artigos e os principais pontos relevantes das discussões dos artigos sobre a temática estudada.

Nota-se que a maioria dos artigos com conexão com os ODS foram publicados a partir do ano 2017 e ao longo dos anos houve maior aprofundamento à temática e suas interrelações. Entre os anos de 2020 e 2021 houve maior adesão à temática estudada, 51,11% dos artigos utilizados neste estudo estão relacionados com a Agenda 2030 e/ou mudanças climáticas no intervalo de tempo de dois anos. Além disso, os resultados da análise dos artigos acima e suas conexões com a temática das mudanças climáticas, indicaram que apenas dois deles (4,44%) não abordaram o tema de mudanças climáticas e a contribuição do estudo para a ação climática) os outros quarenta e três (95,56%) mencionaram ou abordaram o termo de forma geral. Em relação ao ODS 7, 60% dos artigos mencionaram-no direta ou indiretamente em suas discussões e conclusões. Contudo, quanto aos ODS 9 e 11, apenas um artigo relaciona de forma mais direta as metas relacionadas a estes objetivos. Observa-se que apesar da temática “Eficiência Energética” estar atrelada a mais de um dos ODS, o sétimo objetivo ainda é o mais representativo nas análises e menções nos trabalhos.



Figura 2. Análise SWOT dos Resultados do Levantamento

4. Discussões

As mudanças climáticas são consideradas um dos maiores desafios enfrentados pela humanidade atualmente. Existe uma mobilização global para reduzir as emissões de gases de efeito estufa em todos os setores, e a construção é responsável por aproximadamente 40% do consumo de energia e um terço das emissões de gases de efeito estufa em todo o mundo. Portanto, é essencial que o setor da construção desempenhe um papel de liderança na luta contra o aquecimento global e as mudanças climáticas (ALAZAZMEH E ASIF, 2021; LI *et al.*, 2021; MAFIMISEBI *et al.*, 2020). É importante destacar que a sustentabilidade a longo prazo dos edifícios, especialmente aqueles com fachadas de vidro, é fortemente influenciada pelos efeitos das alterações climáticas e pela disponibilidade de recursos (WU E FLEMMER, 2020). Nos Estados Unidos, os edifícios comerciais são responsáveis por uma parcela significativa da emissão de dióxido de carbono (TOUZANI *et al.*, 2018). Além disso, para combater os efeitos de longo prazo da urbanização e das mudanças climáticas, é fundamental que os edifícios, infraestrutura e espaços abertos sejam adequadamente preparados para enfrentar esses desafios (RAJAPAKSHA, 2019).

Com o objetivo de mitigar as alterações climáticas, é necessário implementar melhorias ambiciosas na intensidade energética dos edifícios, como os NZEB, em conjunto com a transição energética para a eletrificação livre de emissões (ZHONG *et al.*, 2021; SHUJA *et al.*, 2021). Para alcançar a neutralidade energética, é essencial maximizar o uso de energia

renovável produzida localmente e atingir o nível ideal de desempenho energético em edifícios, o que requer previsões confiáveis da demanda de energia de curto prazo (com resolução inferior a um dia), de acordo com Walker *et al.* (2020). Mukhtar *et al.* (2021) destacam que, para contribuir para a reversão das mudanças climáticas, é importante projetar edifícios energeticamente eficientes considerando todas as fases, uma vez que a edificação afeta significativamente o consumo de energia, as emissões de carbono e a adaptação e resiliência ao clima (WANG *et al.*, 2019). Além disso, os edifícios com altos padrões de economia de energia não apenas consomem menos energia, mas também são menos sensíveis às mudanças climáticas, especialmente o aquecimento global. Portanto, o desenvolvimento de edifícios com alto padrão de economia de energia será benéfico para melhorar o conforto humano e reduzir as emissões de CO₂ (LI *et al.*, 2018).

De acordo com Alwan *et al.* (2021), o setor da construção civil está enfrentando a pressão de adotar medidas globais de sustentabilidade para atender aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS). No entanto, um dos desafios que ainda existem é a limitação do uso do sistema BIM para melhorar a qualidade do design, aumentar a produtividade e permitir uma melhor colaboração. Na realidade, para alcançar as metas de sustentabilidade, o BIM também deve ser adotado como uma estrutura na análise da redução de energia e pode ser aplicado em diferentes etapas de projetos.

De acordo com Thyer *et al.* (2018), as análises de *retrofit* indicam que a adoção de medidas simples para tornar um modelo de negócio mais sustentável, como ações de *retrofit* em eficiência energética, pode resultar em impactos positivos na diminuição de gases do efeito estufa. Além disso, a adoção de sistemas combinados de geração de calor e energia (CHP), fotovoltaicos (PV) e refrigeradores de absorção (ABCs) em edifícios NZEB pode maximizar a eficiência energética elétrica e térmica, reutilizando o calor desperdiçado de sistemas CHP com ABCs e energia renovável de sistemas fotovoltaicos (Kim *et al.*, 2017). De fato, adotar uma abordagem integrada para *retrofits* de energia aumenta a eficiência energética, bem como a economia de carbono, e é fundamental para atingir as metas urgentes de ação climática. Segundo Sherman *et al.* (2021), essa abordagem tem o potencial de aumentar a taxa de *retrofit* para mais de 1%, o que é necessário para atender às metas de redução de energia e carbono. Reduzir o consumo de energia de aquecimento é um passo importante para atingir as metas de economia de energia e combater as mudanças climáticas, especialmente em áreas com frio severo (Song *et al.*, 2020).

O papel dos edifícios verdes e com rótulo ecológico na redução do risco de mudança climática é reforçado pela implementação de políticas e divulgações ambientais mais rigorosas, conforme destacado por Lee *et al.* (2022). O governo do Reino Unido é um exemplo de esforço governamental que estabeleceu requisitos mais rigorosos de eficiência energética para edifícios novos e existentes, com o objetivo de enfrentar a crise climática (AMIRKHANI *et al.*, 2020). Além disso, há diversas iniciativas de sustentabilidade comunitária em Cambridge, Massachusetts, como metas climáticas locais, distritos ecológicos e esforços para alcançar emissões líquidas zero, como mencionado por Meng *et al.* (2017). Já o governo municipal de Pequim tem incentivado amplamente o uso de energia limpa para substituir o consumo de carvão, conforme apontado por Liu *et al.* (2019). Tais ações são importantes para promover práticas mais sustentáveis na construção, reduzir o impacto ambiental dos edifícios e mitigar os efeitos das mudanças climáticas.

Conforme os autores Carlson e Pressnail (2018), a mudança climática é amplamente percebida como uma questão importante pelo público canadense, com 91% da população preocupada com o aquecimento global e 89% apoiando ações imediatas para lidar com o problema. No entanto, a projeção para 2030 indica que o Canadá provavelmente não alcançará sua meta de reduzir as emissões de gases de efeito estufa, mesmo no cenário mais otimista, que prevê uma redução de 6,7% em relação aos níveis de 2005. Enquanto isso, a Dinamarca está liderando o caminho na transição para uma economia de baixo carbono, com o plano nacional de energia dinamarquês estabelecendo a meta de que o setor de eletricidade e aquecimento seja 100% baseado em energia renovável até 2035 (CAI *et al.*, 2018). Mortazavigazar *et al.* (2021) destacam a Lei de Mudanças Climáticas de Victoria de 201, que tem como objetivo alcançar emissões líquidas zero de gases de efeito estufa até 2050, incluindo a transformação do setor de construção comercial para atender a pressão de uma população em rápido crescimento para aumentar as emissões. Além disso, em setembro de 2020, o governo chinês anunciou sua meta de atingir pico de emissão de CO₂ até 2030 e neutralidade de carbono até 2060, seguindo as metas estabelecidas pelo Acordo de Paris, com outros países também propondo metas semelhantes para reduzir as emissões de CO₂ (CHEN *et al.*, 2022).

5. Considerações Finais

Este estudo focou na revisão sistemática da literatura sobre edifícios comerciais e eficiência energética, com objetivo de verificar como os estudos publicados vêm abordando os ODS e as mudanças climáticas.

A amostra de publicações analisadas evidencia a importância do tema das mudanças climáticas e aspectos relacionados, como economia de baixo carbono e a pressão internacional por limitar as emissões de gases de efeito estufa. De modo geral, os estudos analisados apontam a conexão dos estudos de caso aplicados com o apoio à ação climática, e principalmente com o potencial de redução de emissões. Além das ações de eficiência energética (abordados nos estudos de caso), os artigos também dedicam atenção a outros aspectos importantes de mitigação da mudança do clima, como a utilização de energias renováveis.

Por outro lado, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável são abordados em menor intensidade. Dos artigos que incluíram a conexão entre o estudo de caso e os ODS, a maioria focou no ODS 7 e suas metas. Há potencial para explorar mais a fundo a contribuição da eficiência energética em edificações comerciais com a Agenda 2030, e ao quanto os ODS estão atrelados diretamente com as transformações a longo prazo nos padrões de temperatura, clima e comportamento humano.

As edificações possuem um alto impacto nas emissões de carbono, por isso os edifícios precisam ser projetados com maior eficiência energética para diminuir seu consumo de energia, emissões de carbono e também sua adaptação e resiliência ao clima. Para as edificações já existentes, existem ações de *retrofit* que podem auxiliar a diminuição do



consumo de energia da construção, assim como contribuir para combater as mudanças climáticas.

Referências

AGENDA 2030. **A Agenda 2030 e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)**. 2017. Disponível em: <http://www.agenda2030.com.br>.

ALAZAZMEH, A; ASIF, M. *Commercial building retrofitting: Assessment of improvements in energy performance and indoor air quality*. **Case Studies in Thermal Engineering**, v. 26, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.csite.2021.100946>.

ALWAN, Z; NAWARATHNA, A; AYMAN, R; ZHU, M; ELGHAZI, Y. *Framework for parametric assessment of operational and embodied energy impacts utilising BIM*. **Journal of Building Engineering**, v. 42, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.job.2021.102768>.

AMIRKHANI, S; BAHADORI-JAHROMI, A; MYLONA, A; GODFREY, P; COOK, D; TAHAYORI, H; ZHANG, H. *Uncertainties in Non-Domestic Energy Performance Certificate Generating in the UK*. **Sustainability**, v. 13, 2021. <https://doi.org/10.3390/su13147607>.

ASHRAE HANDBOOK. *HVAC Applications*. SI Edition, 2011.

CAI, H; ZIRAS, C; YOU S; LI, R; HONORÉ, K; BINDNER, H. *Demand side management in urban district heating networks*. **Applied Energy**, v. 230, p. 506-518, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.08.105>.

CAIADO et al. *Towards sustainable development through the perspective of eco-efficiency - A systematic literature review*. **Journal of Cleaner Production**, v. 165, p. 890-904, 2017

CAMARASA et al. *Diffusion of energy efficiency technologies in European residential buildings: A bibliometric analysis*. **Energy & Buildings**, v. 202, 2019.

CARLSON, K; PRESSNAIL, K. D. *Value impacts of energy efficiency retrofits on commercial office buildings in Toronto*. **Canada Energy and Buildings**, v. 162, p. 154-162. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.12.013>.

CHEN et al. *Optimal Control Strategies for Demand Response in Buildings under Penetration of Renewable*. **Energy Buildings**, v. 12, p. 371, 2022.

DIXIT, M.K. *Life cycle embodied energy analysis of residential buildings: a review of literature to investigate embodied energy parameters*. *Renew. Sustain. Energy Rev*, v. 79, p. 390-413, 2017.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Tracking Buildings**, 2021. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/tracking-buildings-2021>.

IRIBARREN et al. *Life cycle assessment and data envelopment analysis approach for the selection of building components according to their environmental impact efficiency: a case study for external walls*. **Journal of Cleaner Production**, v. 7, p. 707-716, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.10.073>

KIM et al. *Evaluation of energy savings potential of variable refrigerant flow (VRF) from variable air volume (VAV) in the U.S. climate locations*. **Energy Reports**, v. 3, p. 85-93, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.egy.2017.05.002>.

LEE, C. L.; GUMULYA, N.; BANGURA, M. *The Role of Mandatory Building Efficiency Disclosure on Green Building Price Premium: Evidence from Australia Buildings*, v. 12, 2022. <https://doi.org/10.3390/buildings12030297>.

LEVY, Y; ELLIS, T. J. **Informing science journal a systems approach to conduct an effective literature review in support of information systems research**. 2006. Disponível em: <http://www.scs.ryerson.ca/aferworn/courses/CP8101/CLASSES/ConductingLiteratureReview.pdf>.

LI et al. *How Climate Change Impacts Energy Load Demand for Commercial and Residential Buildings in a Large City in Northern China*. **Polish Journal of Environmental Studies**, v. 27(5), p. 2133-2141, 2018. Disponível: <https://doi.org/10.15244/pjoes/79439>

LI, M.; GUI, G.; LIN, Z.; JIANG, L.; PAN, H.; WANG, X. *Numerical Thermal Characterization and Performance Metrics of Building Envelopes Containing Phase Change Materials for Energy-Efficient Buildings*. **Sustainability**, v. 10, 2018.

LIU, Y; LIU T; WANG, B; XU, M. *Developing a methodology for the ex-post assessment of Building Energy Efficiency Special Planning in Beijing during the 12th Five-Year Plan" period*. **Journal of Cleaner Production**, v. 216, p. 552-569, 2019.

MAFIMISEBI, B. I; JONES, K; NWAUBANI, S; SENNAROGLU, B. *Procedural tool for analysing building energy performance: structural equation modelling protocol*. **International Journal of Environmental Science and Technology**, v. 17 p. 2875-2888, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13762-020-02708-x>.

MENG, T; HSU, D; HAN, A. T. *Estimating Energy Savings from Benchmarking Policies in New York City*. *Proceedings of the ICE - Energy*, v. 133, 2017. DOI: 10.1016/j.energy.2017.05.148



MORTAZAVIGAZAR, A; WAHBA, N; NEWSHAM, P; TRIHARTA, M; ZHENG, P; CHEN, T; RISMANCHI, B. *Application of Artificial Neural Networks for Virtual Energy Assessment*. **Energies**, v. 14, 2021. <https://doi.org/10.3390/en14248330>.

MUKHTAR, M.; AMEYAW, B.; YIMEN, N.; ZHANG, Q.; BAMISILE, O.; ADUN, H.; DAGBASI, M. *Building Retrofit and Energy Conservation/ Efficiency Review: A Techno-Environ- Economic Assessment of Heat Pump System Retrofit in Housing Stock*. **Sustainability** 2021, 13, 983. <https://doi.org/10.3390/su13020983>

PAINEL INTERNACIONAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS – IPCC. **Relatório especial**. 48a Sessão. Incheon, 2018. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/07/SPM-Portuguese-version.pdf>.

RAJAPAKSHA, U. *Heat Stress Pattern in Conditioned Office Buildings with Shallow Plan Forms in Metropolitan Colombo*. **Buildings**, v. 9, p. 35, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/buildings9020035>

SHERMAN, R.; NAGANATHAN, H.; PARRISH, K. *Energy Savings Results from Small Commercial Building Retrofits in the US*. **Energies**, v. 14, 2021 Disponível em: <https://doi.org/10.3390/en14196207>.

SONG, S; LENG, H; XU, H; GUO, R; ZHAO, Y. *Impact of Urban Morphology and Climate on Heating Energy Consumption of Buildings in Severe Cold Regions*. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, 2020. doi:10.3390/ijerph17228354.

THYER, S; THOMAS, S; MCCLINTOCK, C; RIDD, M. *Optimising energy use in an existing commercial building: a case study of Australia's Reef HQ Aquarium*. **Energy Efficiency**, v. 11, p.147–168, 2018. 10.1007/s12053-017-9556-x.

TOUZANI, S; GRANDERSON, J; FERNANDES, S. *Gradient boosting machine for modeling the energy consumption of commercial buildings*. **Energy and Buildings**, v. 158, p. 1533-1543, 2018. DOI: 10.1016/j.enbuild.2017.11.039.

US Department of energy. **Energy efficiency and renewable energy. Zero Energy Buildings**. Disponível em: <https://www.energy.gov/eere/buildings/zero-energy-buildings>.

VIEGAS et al. **Critical attributes of Sustainability in Higher Education: a categorization**, 2016.

WALKER et al. *Accuracy of different machine learning algorithms and added-value of predicting aggregated-level energy performance of commercial buildings*. **Energy & Buildings**, 2020.

WANG et al. *Occupancy prediction through Markov based feedback recurrent neural network (M-FRNN) algorithm with WiFi probe technology*. **Building and Environment**, v.138, p. 160-170, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.04.034>.

WU, Y; FLEMMER, C. *Glass Curtain Wall Technology and Sustainability in Commercial Buildings in Auckland, New Zealand*. **International Journal of Built Environment and Sustainability**, v. 7, p. 57-65, 2020.

ZHONG et al. *The evolution and future perspectives of energy intensity in the global building sector 1971 e 2060*. **Journal of Cleaner Production**, v. 305, 2021.



Projeto para utilização de tubos de papelão como material construtivo em eventos temporários

Project for the use of cardboard tubes as building material in temporary events

Nathalia Schimidt Dias, Engenheira civil, Universidade Estadual de Campinas

nathalia.schimidt@hotmail.com

Gerusa de Cássia Salado, Docente, Universidade Estadual de Campinas

salado@unicamp.br

Resumo

Anualmente ocorrem diversos eventos, feiras e exposições, tanto nacionais quanto internacionais. Para que estes eventos ocorram é necessário que haja o planejamento e elaboração da infraestrutura para o público. Dessa forma, o papelão pode representar uma possibilidade de material construtivo para a utilização em eventos e feiras. O objetivo deste trabalho é propor a utilização de tubos de papelão para a construção da estrutura e dos quiosques utilizados para a realização de uma feira na cidade de Limeira, São Paulo, visando a sustentabilidade e a conscientização ambiental do público visitante. Metodologicamente, fez-se o estudo de alguns eventos tradicionais que acontecem na cidade e, posteriormente, foi realizado o projeto da estrutura e dos quiosques através do AutoCAD e *SketchUp*. Como resultado tem-se o projeto das estruturas e quiosques utilizados na feira vegana. Este estudo permite concluir que os tubos de papelão podem compor construções diversas na engenharia e arquitetura com durabilidade e resistência satisfatórias.

Palavras-chave: Tubos de papelão; Materiais de construção não-convencionais; Sustentabilidade

Abstract

Several events, fairs and exhibitions take place annually, both national and international. For these events to take place, it is necessary to plan and prepare the infrastructure for the public. Thus, cardboard can represent a possibility of constructive material for use in events and fairs. The objective of this work is to propose the use of cardboard tubes for the construction of the structure and kiosks used to hold a fair in the city of Limeira, São Paulo, aiming at sustainability and environmental awareness of the visiting public. Methodologically, a study was made of some traditional events that take place in the city, and then the structure and kiosks were designed using AutoCAD and SketchUp. As a result, there is a detailed design of the structures and kiosks used in the vegan fair. This study allows concluding that cardboard tubes can compose different constructions in engineering and architecture with satisfactory durability and resistance

Keywords: Cardboard tubes; Non-conventional building materials; Sustainability

1. Introdução

Todos os anos acontecem diversos eventos, feiras e exposições nacionais e internacionais. Para a composição destes eventos faz-se necessário executar o planejamento e também analisar as questões da infraestrutura utilizada para atender o público visitante. Segundo Paiva (2015), a proposição de eventos pode gerar benefícios voltados para o lazer da população e também estimular o comércio local, além de colocar a arquitetura e o município como agentes principais no desenvolvimento urbano contemporâneo.

Abordando as questões sobre a concepção de eventos, feiras ou exposições, tem-se atrelado o conceito de arquitetura efêmera. De acordo com Monasterio (2006), a arquitetura efêmera caracteriza-se por ser uma construção com curto período de vida e utilização, contudo exige a elaboração de um projeto flexível que possibilite a facilidade de construção e desmontagem dos elementos construtivos utilizados.

Para Monasterio (2006), uma parte essencial da arquitetura efêmera em eventos e exposições relaciona-se diretamente ao projeto dos quiosques ou estandes, os quais devem considerar a modularidade e a utilização de materiais e estruturas leves, fáceis de transportar e montar. Para Marquine e Macedo (2016), os quiosques ou estandes utilizados em eventos são, normalmente, confeccionados com estruturas leves feitas em metal.

Dessa forma, como uma possibilidade de material para a construção e uma opção para a substituição dos elementos metálicos, tem-se a utilização de elementos tubulares de papelão, que acordo com McQuaid (2003) e Cripps (2004), apresentam vantagens quando comparado aos materiais convencionais, como custo reduzido, geram obras sustentáveis e com menores danos ao meio ambiente, uma vez que utiliza-se um material de origem natural, reciclado e reciclável. Em adição, os tubos de papelão quando dimensionados corretamente apresentam resistência a compressão satisfatória para suportar aos principais esforços atuantes nas estruturas.

Por tratar-se de um recurso abundante no contexto brasileiro e mundial, o papelão utilizado na construção civil, além de promover a sustentabilidade, contribui para a redução dos resíduos sólidos e diminuição do desperdício (ASSIS; SALADO, 2019). Entretanto, para que o material possa de fato ser utilizado de forma satisfatória e com durabilidade, faz-se necessário o tratamento para evitar a deterioração por umidade e intempéries (MCQUAID, 2003).

De acordo com o exposto anteriormente, o objetivo deste trabalho é a utilização de tubos de papelão como material de construção para uma estrutura de pergolado e quiosques utilizados para a realização de uma feira vegana na cidade de Limeira, São Paulo, visando a utilização de uma material natural, reciclado e sustentável, bem como a conscientização ambiental do público visitante; além da quebra de paradigmas em relação a utilização do papelão como material construtivo.

No mais, este trabalho visa, futuramente, propor um projeto de extensão realizado em parceria com a Prefeitura Municipal de Limeira, com o intuito de realizar a construção da infraestrutura necessária para a realização da feira vegana que ocorre anualmente no mesmo local. Destaca-se ainda que este estudo é importante por propor a utilização de um material

proveniente de reciclagem, proporcionando à população a visualização e o contato com uma construção que emprega um material não-convencional, ou seja, distinto dos materiais construtivos comumente utilizados com madeira, aço ou concreto.

2. Procedimentos Metodológicos

Nesta etapa, inicialmente foi necessário o estudo dos principais eventos que ocorrem anualmente na cidade de Limeira, São Paulo, bem como os respectivos locais de implantação e o público alvo.

Após a análise e estudo dos principais eventos, foi escolhida a feira vegana que ocorre anualmente na cidade e que apresenta uma opção interessante, não somente pela gastronomia, mas também pela área cultural como *shows*, palestras, espaço para atividades como ioga, reiki e tai chi, áreas para *picnic* e, ainda, ambiente *pet friendly*.

Este evento é considerado uma das maiores feiras veganas do Brasil e atrai pessoas locais e de toda a região, tornando-se uma opção atrativa para a realização de uma proposta de construção com a utilização de um material de origem natural, sustentável e reciclado, como os tubos de papelão.

Posteriormente, para a realização do projeto da melhor forma possível, foram avaliadas as imagens aéreas através do Google Maps e dos arquivos DWG fornecidos pela Prefeitura Municipal de Limeira. Sequencialmente foi realizada a visita *in loco* para averiguar a real situação do espaço utilizado para a feira e posteriormente foi feita a elaboração do projeto com todos os elementos construtivos, como disposição dos quiosques utilizados, palcos para *shows*, mesas, estruturas de pergolados etc.

Nas figuras 1 e 2 apresenta-se a vista aérea e a planta baixa do local em frente ao edifício Prada, em Limeira, onde ocorre anualmente a feira vegana.

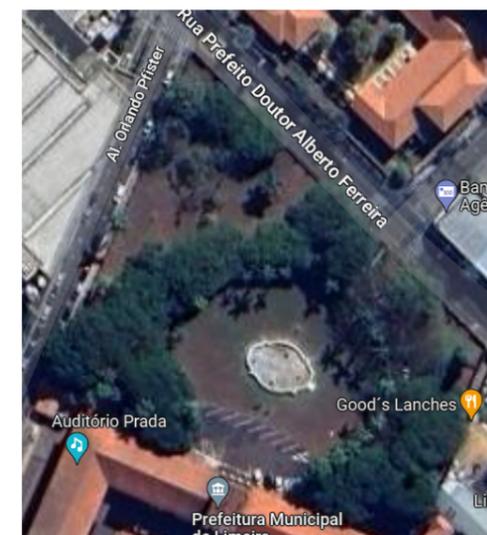


Figura 1 e 2: Vista aérea do local utilizado na feira vegana. Fontes: Google Maps e elaborado pelos autores.

Nas figuras 3 a 6 tem-se as imagens da visita feita ao local para verificar a situação atual, bem como a disposição do espaço.



Figura 3 e 4: Vistas na entrada e no estacionamento do local da feira. Fonte: elaborado pelos autores.



Figura 5 e 6: Vistas lateral direita e esquerda do local da feira. Fonte: elaborado pelos autores.

Para a elaboração do projeto foi realizada uma solicitação à Prefeitura Municipal de Limeira para o fornecimento do arquivo em DWG da área demonstrada anteriormente na figura 2 e assim foi realizado todo o projeto com as dimensões reais, visando a construção da infraestrutura e dos quiosques com tubos de papelão para realização do evento.

Por fim, após a visita ao local e com os arquivos fornecidos em DWG pela Prefeitura, foram utilizados programas computacionais como AutoCAD e *SketchUp* para a elaboração de todos os elementos projetuais e também para o projeto tridimensional com as renderizações.

3. Resultados e Discussão

Para a elaboração do projeto optou-se pela utilização natural do espaço levando-se em consideração os elementos já existentes como: fonte, as entradas e delimitação das vias de passeio, local de estacionamento etc. Sendo assim, foi elaborada uma estrutura elíptica de pergolado contornando toda a fonte, bem como um local para a colocação de mesas e cadeiras, além da disposição dos quiosques ao redor.

Na figura 7 apresenta-se um croqui inicial demonstrando a disposição dos elementos como: o pergolado ao redor da fonte, o espaço para colocação de mesas e cadeiras, e também, a disposição dos quiosques ao redor do pergolado e próximo as vias de circulação.

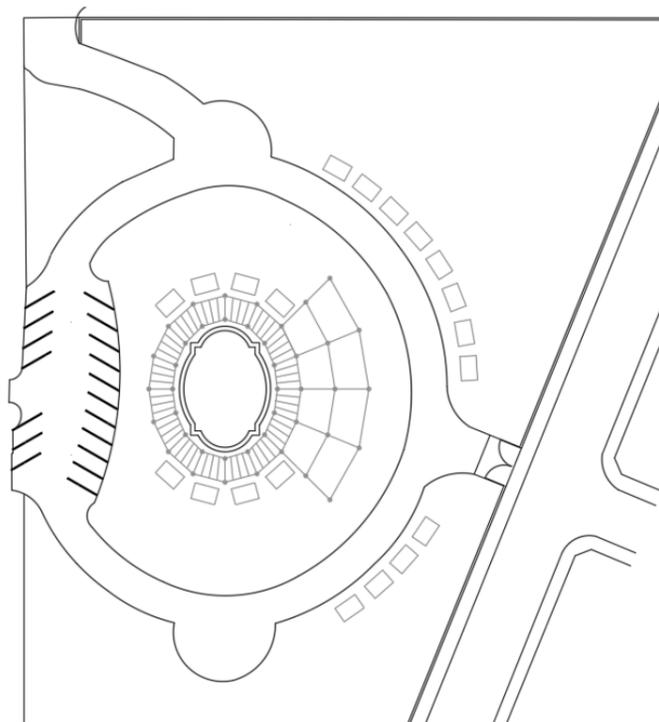


Figura 7: Croqui inicial para a elaboração do projeto. Fonte: elaborado pelos autores.

Para a estrutura do pergolado disposta ao redor da fonte e também para a parte coberta que acomodará as mesas e cadeiras, tem-se tubos de papelão dimensionados com os diâmetros internos e externos e espessuras descrito no quadro 1.

Quadro 1: Dimensões dos tubos de papelão utilizados para a estrutura do pergolado

| Tubos de Papelão – Pérgola | Diâmetro interno (mm) | Diâmetro externo (mm) | Espessura (mm) |
|----------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------|
| Pilares | 300 | 340 | 20 |
| Vigas primárias | 180 | 200 | 10 |
| Vigas secundárias | 80 | 100 | 10 |

Fonte: Autores.

Na figura 8 apresenta-se o projeto tridimensional do pergolado construído ao redor da fonte e também da área utilizada para a colocação de mesas e cadeiras.



Figura 8: Projeto tridimensional da estrutura do pergolado e da área para as mesas e cadeiras. Fonte: elaborado pelos autores.

As dimensões de tubos de papelão apresentadas no quadro 1 foram utilizadas para suprir as necessidades de projeto, visando utilizar elementos que pudessem ser perfurados e transpassados, sem a necessidade de utilização de elementos de ligação para situações específicas, assim como acontecem em algumas obras do arquiteto japonês Shigeru Ban. No mais, de acordo com os ensaios realizados por Salado (2006), tubos de papelão produzidos no Brasil foram submetidos à resistência à compressão axial simples e apresentaram resultados satisfatórios considerando o material e sua densidade.

Salado (2006), realizou o ensaio de compressão axial simples para nove tubos de papelão com diâmetro interno de 150 mm, sendo três amostras com 4 mm espessura, três amostras com 11 mm e três com 20 mm. O quadro 2 apresenta os resultados para o carregamento médio obtido para as três espessuras ensaiadas.

Quadro 2: Carregamento médio para tubos de papelão com espessuras de 4, 11 e 20 mm e diâmetro interno de 150 mm.

| Corpos de prova | Diâmetro externo (mm) | Diâmetro interno (mm) | Carregamento médio (kgf) |
|----------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|
| Tubos de papelão com 4 mm | 161,6 | 152,3 | 1252 |
| Tubos de papelão com 11 mm | 173,5 | 151,0 | 4337 |
| Tubos de papelão com 20 mm | 193,3 | 152,6 | 8566 |

Fonte: Salado, 2006, p.129.

Dessa forma, observando-se a proposta de utilização dos tubos de papelão e os resultados obtidos para a resistência à compressão expostos por Salado (2006), nota-se que os elementos tubulares utilizados no projeto para pilares com dimensão interna de 300 mm e 20 mm de espessura, podem suportar com facilidade os elementos de cobertura (acrílico) e também os elementos tubulares utilizados para vigas (primárias e secundárias), uma vez que tubos com 150 mm de diâmetro interno e 20 mm de espessura resistiram em média 8566 kgf.

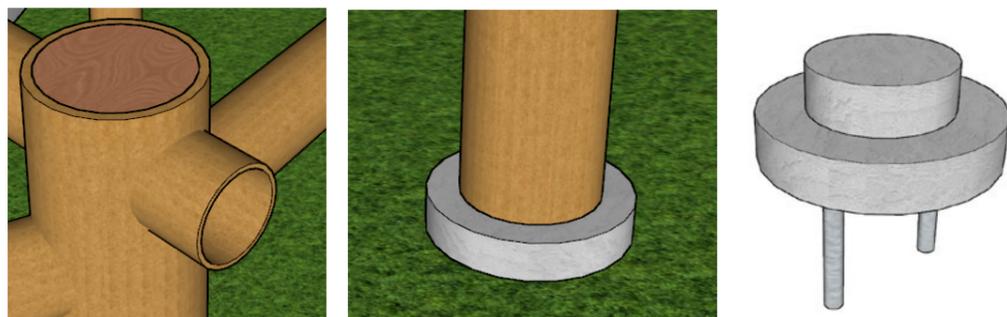
Para a construção da estrutura demonstrada na figura 8, optou-se por realizar a união entre os tubos de papelão por perfuração e transpasse e sobreposição dos elementos, sendo uma solução bastante utilizada em obras com este material, principalmente pelo arquiteto japonês Shigeru Ban. Sendo assim, pensou-se em uma solução que fosse economicamente viável e que também não fosse necessário elaborar diversos elementos de ligação, os quais são específicos para cada situação do projeto.

Em adição, tem-se na estrutura os tubos de papelão que formam as vigas primárias, as quais perfuram e transpassam os pilares, contudo após a instalação destes elementos, sequencialmente os tubos com diâmetros menores (vigas secundárias) são apoiados e amarrados com cordas sobre a estrutura principal. Quanto à cobertura, para esta foram utilizados panos de material transparente (acrílico corrugado), que proporcionam proteção dos elementos (pilares e vigas), mas também permitem manter a iluminação natural do ambiente.

Na parte superior e inferior de cada pilar foram colocados elementos específicos visando a facilidade para construir e prender alguns componentes, além de promover a durabilidade da construção. Na parte superior, fez-se o preenchimento com uma bolacha de madeira com 5 cm de altura, sendo esta parafusada nas laterais do tubo de papelão e posteriormente pode-se realizar a fixação da cobertura de acrílico corrugado.

Quanto a parte inferior dos tubos de papelão, foram projetadas bases em concreto com 50 cm de diâmetro externo e 10 cm de altura, além saliências com 30 cm de diâmetro e 10 cm de altura, para o encaixe dos tubos de papelão. Além da função de fundação superficial através de barras metálicas para ancoragem ao solo, estas bases em concreto também visam elevar os tubos de papelão e impedir o contato direto com o solo, evitando a absorção de umidade pelas extremidades.

Nas figuras 9, 10 e 11 demonstram-se respectivamente o topo dos pilares com a colocação das bolachas de madeira e os elementos inferiores em concreto.



Figuras 9, 10 e 11: Detalhe do topo e da base dos pilares em papelão. Fonte: elaborado pelos autores.

Quanto aos quiosques utilizados no evento, estes foram projetados com dimensões de 3,60 x 2,40 m. Para o espaçamento entre os elementos foram consideradas modulações de 0,60 m, sendo o maior espaçamento de 1,80 m, utilizado para facilitar o acesso de pessoas ao interior do quiosque.

Além disso, o quiosque foi projetado com a cobertura em lona plástica com uma água apenas, atingindo a altura de 3,00 m no ponto mais elevado. Na figura 12 apresenta-se o projeto tridimensional do quiosque com tubos de papelão.

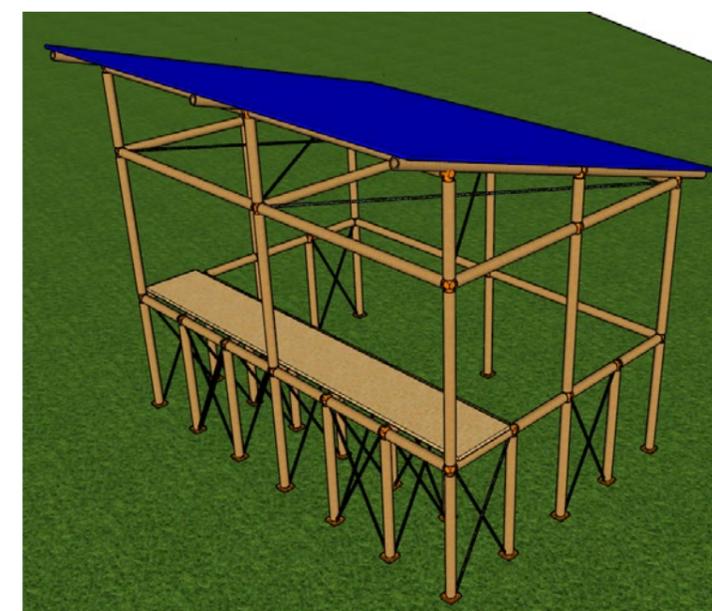


Figura 12: Projeto tridimensional do quiosque com tubos de papelão. Fonte: elaborado pelos autores.

Quanto aos elementos tubulares de papelão utilizados no quiosque, destaca-se que todos estes foram dimensionados com diâmetro interno de 5 cm e espessura de 1 cm, sendo assim todos os tubos de papelão possuem dimensão externa de 7 cm.

Para a conexão entre os tubos de papelão foram desenvolvidos elementos de ligação para situações específicas, como as extremidades, cantos etc. Para o acoplamento dos tubos de papelão ao elemento de ligação, utiliza-se apenas o encaixe sob pressão, visando assim a facilidade de montagem e desmontagem da estrutura após a utilização no evento. No mais, as peças de ligação também visam a colocação de elementos para o contraventamento da estrutura, aumentando assim a estabilidade da construção.

Na figura 13 apresentam-se alguns modelos de conexão que podem ser confeccionados industrialmente em polímero ou com o auxílio de uma impressora 3D.

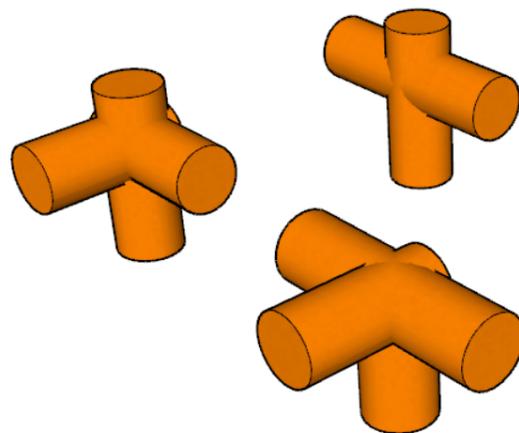


Figura 13: Elementos de ligação entre os tubos de papelão do quiosque. Fonte: elaborado pelos autores.

Além dos elementos de ligação para a conexão entre os tubos de papelão, também foram projetadas peças utilizadas nas bases dos quiosques. Assim como no pergolado, estas peças de ligação também possuem duas barras de aço utilizadas para a ancoragem ao solo e também possuem a finalidade de elevar os tubos de papelão e evitar o contato direto com o solo e a absorção de umidade, conforme visto na figura 14.

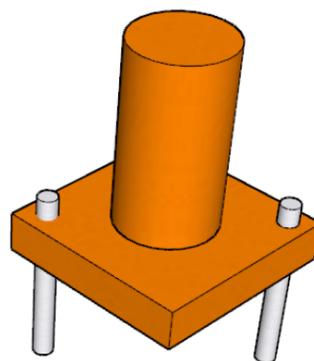


Figura 14: Elemento de base para tubos de papelão do quiosque. Fonte: elaborado pelos autores.

Após a demonstração de todos os elementos construtivos utilizados no projeto, sejam estes pergolados, área para mesas, quiosques etc, na figura 15 mostra-se o projeto completo com todos os elementos renderizados e humanizado.



Figura 15: Projeto completo renderizado e humanizado da estrutura da feira vegana e dos quiosques. Fonte: elaborado pelos autores.

4. Conclusão

O emprego de tubos de papelão como material construtivo para a concepção de uma estrutura temporária para a realização de uma feira, remete às questões de sustentabilidade ambiental, propondo uma construção mais sustentável e com danos ao meio ambiente reduzidos, uma vez que se faz uso de um material proveniente de reciclagem e que possibilita ser reciclado após o fim da vida útil. Além disso, a escolha deste tipo de construção em um local público e com grande fluxo de pessoas proporciona uma medida prática para a conscientização ambiental e funciona como quebra de paradigmas em relação à utilização do material escolhido.

A utilização deste tipo de material também remete à evolução das técnicas construtivas e dos materiais utilizados, uma vez que se tem o emprego de materiais distintos aos convencionais, como concreto e aço para a aplicação em obras na engenharia e arquitetura.

A estrutura central utilizada como pergolado e também para a colocação de mesas e cadeiras, apesar de ter sido projetada para o evento, pode ser mantida no local (como uma obra permanente), sendo utilizada para a infraestrutura de outros eventos que possam ocorrer na cidade, promovendo o turismo, lazer e comércio, além da valorização estética do local. Todavia, para que isto ocorra, é imprescindível que seja realizado o tratamento dos elementos de papelão com a aplicação de resinas para evitar a absorção de umidade, os danos causados pela incidência dos raios ultra-violetas e a proliferação de fungos e insetos, promovendo assim o aumento da vida útil da construção.

Sobre os quiosques, destaca-se que a utilização deste material promove uma construção leve, de fácil montagem e desmontagem (com peças de ligação fáceis de encaixar) e com a utilização de um material sustentável, com resistência estrutural satisfatória para a utilização



neste tipo de construção. No mais, os quiosques também podem ser reutilizados em outros eventos (em locais distintos), promovendo assim também a disseminação do uso do material para a população.

Por fim, destaca-se que os tubos de papelão utilizados para a elaboração deste projeto podem compor estruturalmente o pergolado e os quiosques, mantendo características de resistência e durabilidade satisfatórias. Ressalta-se ainda que em qualquer obra de engenharia ou arquitetura é essencial o conhecimento sobre as propriedades dos materiais, sejam estes madeira, aço, concreto, bambu etc, pois um bom projeto depende do dimensionamento correto dos elementos e do conhecimento das propriedades mecânicas dos materiais, bem como suas limitações. No mais, para a durabilidade da construção, faz-se necessária a utilização dos tratamentos corretos como impermeabilizações e aplicações de resinas, além das questões de uso e das manutenções preventivas.

Referências

ASSIS, J. R.; SALADO, G. C. Tubos de Papelão. Santa Catarina: Encontro de Sustentabilidade em Projeto (ENSUS). **Anais do VII Encontro de Sustentabilidade em Projeto**, 2019.

CRIPPS, A. *Cardboard as a construction material: a case study*. **Building Research & Information**, v. 32, n. 3, p. 207-219, maio 2004. Informa UK Limited.

MARQUINE, E.; MACEDO, A. C. Arquitetura dos estandes imobiliários, um estudo de tipos. **Revista Projetar**. Projeto e Percepção do Ambiente, v.1, n.2, p.103-111, 2016.

McQUAID, M. **Shigeru Ban**. Nova York: Phaidon Press, 2003.

MONASTERIO, C. M. C. T. **O processo de projeto da arquitetura efêmera vinculada a feiras** (Dissertação – Mestrado). Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2006.

PAIVA, R. A. Eventos e megaeventos: ócio e negócio no turismo. **Revista Brasileira De Pesquisa Em Turismo**, 9 (3), 479–499, 2015.

SALADO, G. C. **Construindo com tubos de papelão: um estudo da tecnologia desenvolvida por Shigeru Ban**. Dissertação (mestrado). São Carlos: Universidade de São Paulo: Escola de Engenharia de São Carlos, 2006.

PAINEL DE DADOS COMO INSTRUMENTO DE ANÁLISE DE POLÍTICAS/ PROGRAMAS DE PROMOÇÃO DE DIREITOS DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA EM PERNAMBUCO

VISUAL DATA PANEL AS AN ANALYSIS INSTRUMENT OF POLICIES / PROGRAMS TO PROMOTE THE RIGHTS OF PEOPLE WITH DISABILITIES IN PERNAMBUCO

Camila Souza Primo, discente em Engenharia Civil, Instituto Federal de Pernambuco.

csp1@discente.ifpe.edu.br

Bernardo Melo Oliveira, mestrando em Gestão Ambiental, Instituto Federal de Pernambuco.

bernardomoliveira@gmail.com

Ioná Maria Rameh Barbosa, docente em Engenharia Civil, Instituto Federal de Pernambuco.

ionarameh@recife.ifpe.edu.br

Vânia Soares de Carvalho, docente em Engenharia Civil, Instituto Federal de Pernambuco.

vaniacarvalho@recife.ifpe.edu.br

Aida Araújo Ferreira, docente em Engenharia Civil, Instituto Federal de Pernambuco.

aidaferreira@recife.ifpe.edu.br

Resumo

Este artigo objetivou a criação de um painel visual de dados (dashboard), como instrumento de análise das políticas/ programas de promoção de direitos de pessoas com deficiência em municípios pernambucanos. A ferramenta Dashboard da Plataforma ArcGIS foi utilizada para a construção de painel de dados. Para realização da pesquisa foram obtidos e devidamente tratados os dados da “Pesquisa de Informações Básicas Municipais -MUNIC”, realizada em 2019 pelo IBGE, na qual disponibilizou dados referentes à existência de políticas/ programas de promoção de direitos das PCD em todos os municípios do Brasil, Utilizou-se o ArcGIS Pro para manipulação, em ambiente de Sistema de Informações Geográficas, e análise dos dados dos 33 itens ligados à acessibilidade nos municípios pernambucanos retratados na pesquisa. Esses itens forneceram subsídios para o cálculo do indicador de desempenho municipal e vários gráficos, os quais são apresentados no painel de dados criado, retratando de forma clara o nível de desempenho dos municípios em relação ao tema estudado. Concluiu-se que a ferramenta Dashboard da Plataforma ArcGIS mostrou-se uma excelente alternativa para criação de painel visual de dados e este, por sua vez, contribuiu para um melhor entendimento da acessibilidade nos municípios de Pernambuco, podendo ser utilizado como instrumento para indução de políticas públicas inclusivas.

Palavras-chave: Pernambuco; PCD; Painel de dados; Sistema de Informações Geográficas.

Abstract

This article aimed to create a visual data panel (dashboard), as an instrument for analyzing policies/programs to promote the rights of people with disabilities in Pernambuco municipalities. The ArcGIS Platform Dashboard tool was used to build the data panel. In order to carry out the research, data from the "Pesquisa de Informação Básicas Municipais -MUNIC", carried out in 2019 by the IBGE, was obtained and properly processed, in which it made available data regarding the existence of policies/programs to promote the rights of PCD in all municipalities in the country. Brazil, ArcGIS Pro was used for manipulation, in a Geographic Information System environment, and analysis of the data of the 33 items related to accessibility in the municipalities of Pernambuco portrayed in the research. These items provided subsidies for the calculation of the municipal performance indicator and several graphs, which are presented in the data panel created, clearly portraying the level of performance of the municipalities in relation to the subject studied. It was concluded that the ArcGIS Platform Dashboard tool proved to be an excellent alternative for creating a visual data panel and this, in turn, contributed to a better understanding of accessibility in the municipalities of Pernambuco, and can be used as an instrument to induce inclusive public policies.

Keywords: Pernambuco; PCD; Dashboard; Geographic Information System.

1. Introdução

A Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Lei Nº 13.146/2015) define essas pessoas como sendo:

“[...] aquelas que têm impedimento de longo prazo de natureza física, mental, intelectual ou sensorial, o qual, em interação com uma ou mais barreiras, pode obstruir sua participação plena e efetiva na sociedade em igualdade de condições com as demais pessoas” (BRASIL, 2015).

Dessa forma, de acordo com o que se estabelece na Lei, uma pessoa com deficiência (PCD) é caracterizada por dois fatores: um interno, relacionado à limitação funcional do indivíduo e um externo referente aos entraves do ambiente.

De acordo com os dados mais atuais do Brasil, de acordo com a Pesquisa Nacional de Saúde PNS em 2019, 17,3 milhões de pessoas de 2 anos ou mais de idade apresentavam alguma das deficiências em pelo menos uma de suas funções, das quais, 9,9% estavam localizadas no Nordeste do país (IBGE,2019).

Nessa mesma análise, segundo Rueda e Barros (2018), as PCD vêm conquistando cada vez mais espaço na sociedade devido a implementação de leis que garantem direitos e devido a sensibilização da própria sociedade. Porém, a inclusão não é efetiva devido a problemas persistentes no quesito da acessibilidade.

Nos termos do art. 2o da Lei Federal no 10.098/2000, acessibilidade é a possibilidade e condição de alcance para utilização, com segurança e autonomia, dos espaços, mobiliários e equipamentos urbanos, das edificações, dos transportes e dos sistemas e meios de comunicação, por pessoa portadora de deficiência ou com mobilidade reduzida”.

Leis como o Plano de Mobilidade Urbana das cidades, instrumento de efetivação da Política Nacional de Mobilidade Urbana (BRASIL, 2012), também contempla a acessibilidade das pessoas com deficiência e restrição de mobilidade ao transporte público,

assim como a Lei de Prioridade de Atendimento (Lei 10.048/00) (BRASIL, 2000). Contudo, sabe-se que as leis por si só não garantem o efetivo direito do indivíduo. É necessário um conjunto de instrumentos para que as leis tenham sustentação.

De acordo com Lima (2018), a falta de informações sobre as pessoas com deficiência gera uma dificuldade no planejamento e na implementação de políticas públicas destinadas a melhorar sua qualidade de vida. Dessa forma, é necessário um conjunto de instrumentos que auxiliem o poder público a saber onde estão e quem são as PCD.

A Pesquisa de Informações Básicas Municipais- MUNIC do Instituto Brasileiro de Geografia e estatística (IBGE) coleta, periodicamente, um conjunto de dados por meio de um levantamento pormenorizado sobre a estrutura, a dinâmica e o funcionamento das instituições públicas municipais, tendo como informante principal, a prefeitura, por meio dos diversos setores que a compõem. Essa pesquisa fornece informações variadas sobre a gestão pública municipal e também de políticas públicas setoriais no âmbito das áreas pesquisadas, incluindo direitos das pessoas com deficiência (PCD), entre outros aspectos.

Pensando em apresentar de forma clara e objetiva como se encontram os municípios pernambucanos em relação aos direitos das pessoas com deficiência, este artigo objetivou a criação de um painel visual de dados(dashboard), como instrumento de análise das políticas/ programas de promoção de direitos de pessoas com deficiência em municípios pernambucanos. Espera-se com este trabalho mostrar como a ferramenta Dashboard da Plataforma ArcGIS viabiliza a construção de painel de dados, transformando-os em informações úteis à tomada de decisões.

2. Procedimentos Metodológicos

2.1 Obtenção e tratamento dos dados

Para a obtenção dos dados de acessibilidade das PCD nos municípios pernambucanos, foram realizadas diversas consultas em sítios de órgãos municipais e estadual, inclusive ao sítio do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Observou-se que foi divulgada a pesquisa intitulada “Pesquisa de Informações Básicas Municipais -MUNIC” em 2019, pelo IBGE, na qual disponibilizou dados referentes à existência de políticas/ programas de promoção de direitos das PCD em todos os municípios do Brasil, Realizou-se uma seleção pela unidade federativa, obtendo-se os dados pesquisados.

Os dados foram disponibilizados em formato de planilha do Excel, sendo necessário o seu tratamento para a utilização no ArcGIS Pro, software de Sistema de Informações Geográficas (SIG), licenciado para o Laboratório de Geotecnologias e Meio Ambiente (Labgeo) do campus Recife e também disponível no Grendes&Labgeo, localizado no Centro de Pesquisa deste campus, onde a pesquisa se desenvolveu.

Longley et al (2013) define um Sistema de Informações Geográficas (SIG) como uma ferramenta do geoprocessamento, que permite o armazenamento, a manipulação e o compartilhamento de dados de um determinado local tendo como base a escala ou o nível de detalhamento geográfico, de forma que o SIG está atrelado a um Banco de Dados Geográficos (BDG), cujo conteúdo reúne um conjunto de informações que possibilitam consultas, modelagem e análises para tomada de decisão.

Dentre as várias ações de manipulação e tratamento dos dados em ambiente de SIG, uma delas foi a união dos dados da planilha obtida do IBGE e a tabela de atributos da camada vetorial que representa os polígonos dos municípios de Pernambuco (Figura 1). Esta operação foi realizada em função desses dois arquivos possuírem um campo em comum (código municipal do IBGE).

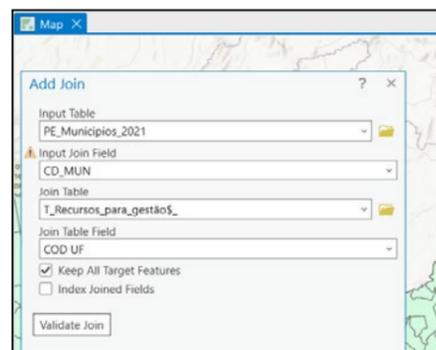


Figura 1-Operação de união da camada de Municípios de PE com os dados obtidos do IBGE.
Fonte: elaborado pelos autores.

2.2 Criação de banco de dados geográficos

Esta etapa consistiu na inserção de camadas de informações no banco de dados geográficos (BDG) no ArcGIS Pro. Após obtenção e o devido tratamento das camadas de informações foi realizada a importação de cada uma delas para o BDG. Nesta etapa definiu-se o Sistema de Referência de Coordenadas a ser adotado, de acordo com a abrangência do projeto. Neste caso, foi adotado o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS2000), em coordenadas geográficas, por se tratar de um projeto cuja abrangência envolve todo o Estado de Pernambuco.

Para cada camada de informação armazenada no BDG, criou-se um padrão de metadados, ao qual descreve a fonte de dados de cada camada trabalhada, seguindo as especificações técnicas do Perfil de Metadados Geoespaciais do Brasil de 2011 (IBGE, 2021). A Figura 2 apresenta, como exemplo, o metadado da camada com informações referentes às condições de acessibilidade das PCD nos municípios de Pernambuco.



Figura 2-Metadados da camada trabalhada. Fonte: elaborado pelos autores.

2.3 Publicação das camadas de informações no ArcGIS Enterprise

A publicação das camadas de informações no Portal Enterprise é uma etapa crucial para o desenvolvimento de aplicações na web. Ela foi realizada após a estruturação do BDG. A publicação das camadas no Portal permite o acesso restrito, a todos da instituição ou ao público em geral. Por enquanto, selecionou-se a opção de deixar o acesso apenas com a equipe relacionada a esse projeto, contudo, o acesso ao público será permitido via *site* do projeto que está em desenvolvimento.

2.4 Criação do Indicador de Desempenho Municipal

Para aferir a acessibilidade nos municípios de Pernambuco, optou-se por criar um indicador dividindo o número de políticas/ programas de promoção de direitos de pessoas com deficiência existentes no município pelo número total de parâmetros estabelecidos na pesquisa. Desta forma, cada município foi avaliado e criou-se um *ranking*, cujo o valor expressa o nível de desempenho municipal quanto às questões que envolvem a acessibilidade de pessoas com deficiência.

A Pesquisa de Informações Básicas Municipais -MUNIC, do IBGE, elencou 33 parâmetros dentre eles a existência de programas e ações para pessoas com deficiência, existência do conselho municipal de direitos de PCD, inclusão no ambiente escolar, turismo acessível, entre outros. Toda a operação de criação do indicador de desempenho municipal foi realizada no ArcGIS Enterprise, adicionando-o na tabela de atributos da camada referente à pesquisa do IBGE que foi unida à tabela de atributos da camada vetorial dos municípios de Pernambuco, intitulada Municípios PE Dados IBGE 2019.

2.5 Desenvolvimento do painel visual de dados

Para a criação do painel foi utilizada a ferramenta Dashboard, disponível na plataforma ArcGIS Enterprise, a fim de apresentar dados da última pesquisa realizada pelo IBGE, em 2019, acerca da existência de política ou programa de promoção de direitos da pessoa com deficiência nos municípios brasileiros, além de contemplar também a acessibilidade na sede do governo municipal.

Segundo Bathia et al. (2019b), esse painel interativo consegue combinar diversos elementos que estão disponíveis no aplicativo e apresentá-los de forma a facilitar sua análise. O dashboard criado permite que o usuário visualize, de forma rápida, os dados referentes às camadas de informações utilizadas, além de analisar, comparar os resultados exibidos, tornando-se, assim, um instrumento valioso para a tomada de decisão.

3. Resultados

3.1 No ArcGIS Pro

Com os dados importados no BDG criado para o projeto no ArcGIS Pro, após seu devido tratamento, foi estabelecida uma completa base de dados, a qual permitiu-se uma melhor visualização das informações que estão sendo estudadas através da visualização em mapa no Sistema de Informações Geográficas. A Figura 3 apresenta como exemplo, a seleção do município de Recife com informações referentes às políticas e programas de acessibilidade para as PCD.

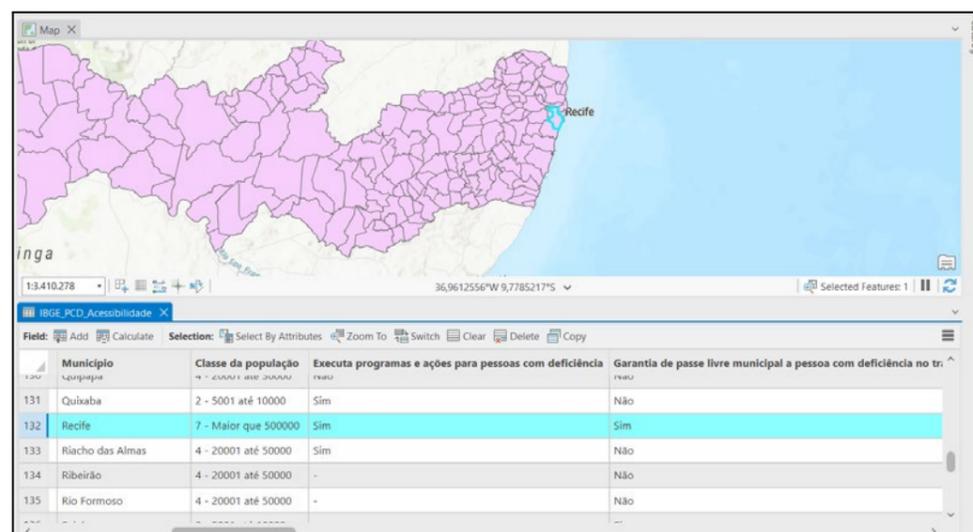


Figura 3- Mapa e tabela de atributos da Municípios PE Dados IBGE 2019 no ArcGISPro. Fonte: elaborado pelos autores.

Para cada município foram analisados 33 parâmetros, dispostos em colunas da tabela de atributos, estabelecidos pela Pesquisa de Informações Básicas Municipais -MUNIC (IBGE,

2019), referente à existência de política ou programa de promoção de direitos da pessoa com deficiência e a acessibilidade na sede do governo municipal dos municípios de PE.

3.2 Painel visual de dados

A partir das camadas de informações publicadas no Portal Enterprise, foi construído o painel visual de dados, o qual foi intitulado “Base de Dados dos Direitos das Pessoas com Deficiência em Pernambuco” por meio da ferramenta Dashboard do ArcGIS Enterprise, conforme citado anteriormente. O painel é composto por 3 abas: apresentação da base de dados (Figura 4), direito das pessoas com deficiência (Figura 5) e acessibilidade na sede do governo municipal (Figura 6).

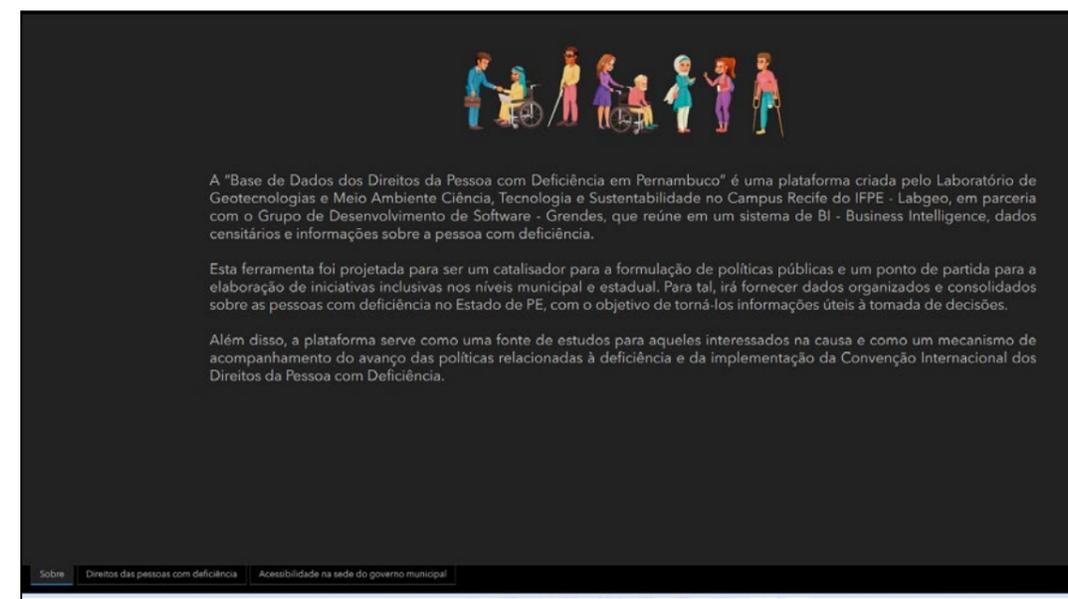


Figura 4- Apresentação do painel visual de dados. Fonte: elaborado pelos autores.

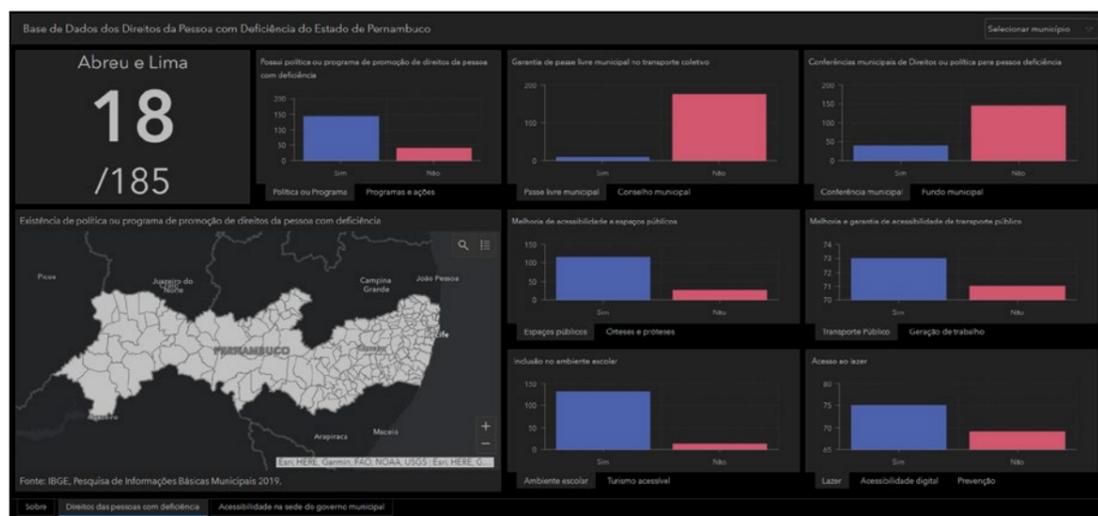


Figura 5- Dados municipais sobre existência de política ou programa de promoção de direitos da pessoa com deficiência. Fonte: elaborado pelos autores.

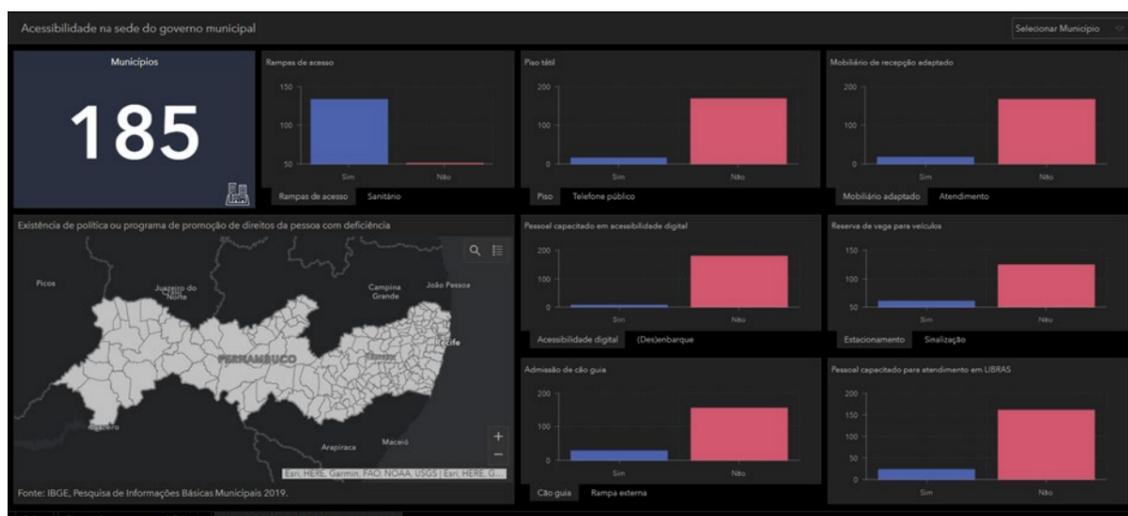


Figura 6- Acessibilidade na sede do governo municipal. Fonte: elaborado pelos autores.

3.3 Indicador de Desempenho Municipal

Este indicador foi construído e disponibilizado no painel permitindo avaliar políticas/ programas de promoção de direitos de pessoas com deficiência existentes nos municípios de Pernambuco. A Figura 7 apresenta esse *ranking* na tabela de atributos na posição de 1 a 21.

| ipacitado p... | Pessoal capac... | Pessoal c... | Pesso... | Field | OBJECTID | OB... | Shape * | CD_MUN | NM_MUN | Contador | SIM | IDM_Acess | RANKING | st_area(shape) | st_length(shape) | shape |
|----------------|------------------|--------------|----------|--------|----------|---------|---------|--------|--------|----------|-----|-----------|----------|----------------|------------------|-------|
| Não | Não | Não | 2600054 | <Null> | 1 | Polygon | <Null> | <Null> | 3 | 0.090909 | 18 | 0.010363 | 0.8215 | Polygon | | |
| Não | Não | Não | 2600104 | <Null> | 2 | Polygon | <Null> | <Null> | 11 | 0.333333 | 10 | 0.030959 | 0.974396 | Polygon | | |
| Não | Não | Não | 2600203 | <Null> | 3 | Polygon | <Null> | <Null> | 6 | 0.181818 | 15 | 0.122443 | 2.130788 | Polygon | | |
| Não | Não | Não | 2600302 | <Null> | 4 | Polygon | <Null> | <Null> | 8 | 0.242424 | 13 | 0.016452 | 0.740043 | Polygon | | |
| Não | Não | Não | 2600401 | <Null> | 5 | Polygon | <Null> | <Null> | 16 | 0.484848 | 5 | 0.036823 | 1.265743 | Polygon | | |
| Não | Não | Não | 2600500 | <Null> | 6 | Polygon | <Null> | <Null> | 11 | 0.333333 | 10 | 0.072869 | 1.445202 | Polygon | | |
| Não | Não | Não | 2600609 | <Null> | 7 | Polygon | <Null> | <Null> | 3 | 0.090909 | 18 | 0.017775 | 0.591534 | Polygon | | |
| Não | Não | Não | 2600708 | <Null> | 8 | Polygon | <Null> | <Null> | 4 | 0.121212 | 17 | 0.022352 | 0.835408 | Polygon | | |
| Não | Não | Sim | 2600807 | <Null> | 9 | Polygon | <Null> | <Null> | 20 | 0.606061 | 2 | 0.036967 | 0.968436 | Polygon | | |
| Não | Não | Não | 2600906 | <Null> | 10 | Polygon | <Null> | <Null> | 1 | 0.090909 | 18 | 0.019288 | 0.647378 | Polygon | | |

Figura 7- Ranking dos municípios com indicador de desempenho. Fonte: elaborado pelos autores.

4. Análises dos Resultados

A Figura 5, apresentada anteriormente, mostra que o município de Abreu e Lima está na 18ª posição no *ranking* de desempenho municipal, ou seja, de acordo com a existência ou não dos 33 itens levantados na pesquisa sobre direitos das pessoas com deficiência implementados nos 185 municípios de Pernambuco. Os gráficos que seguem no painel da Figura 5 expressam, respectivamente, os seguintes itens: Possui política ou programa de promoção de direitos da pessoa com deficiência, Garantia de passe livre municipal no transporte coletivo, Melhoria de acessibilidade nos espaços públicos, Inclusão no ambiente escolar, Conferências municipais de direitos ou política para pessoa deficiência, Melhoria e garantia de acessibilidade de transporte público e Acesso ao lazer. Observa-se que a maioria dos municípios responderam “não” aos 33 itens pesquisados relacionados à acessibilidade.

Ainda avaliando o indicador de desempenho municipal, obtido com esta pesquisa, cabe destacar que o município de Recife obteve maior indicador de desempenho, logo após ele, Altinho, Itapissuma e Caruaru ocupam a segunda posição. Um aspecto importante a ser avaliado é que dentre eles, Altinho (22.996 hab) é o que possui menor população e mesmo assim possui o mesmo indicador de desempenho que o município de Itapissuma (27.144 hab) e Caruaru (369.343 hab). No futuro, pretende-se incluir critérios de desempate, em função da população do município. Por outro lado, os municípios de Palmeirina, Venturosa e Brejo da Madre de Deus não possuem nenhum programa para PCD retratado na pesquisa de Informações Básicas Municipais -MUNIC (IBGE, 2019) ocupando a posição 21º do *ranking*.

O painel retrata muito bem vários aspectos dos direitos das pessoas com deficiência nos municípios, o que, de fato, facilita sua análise e comparação com outras cidades do estado. Barboza et al. (2022) criaram o painel de dados “De olho no ODS 6 -RMR”, com a ferramenta Dashboard disponível na Plataforma ArcGIS, no qual apresenta indicadores para aferir o atendimento ao Objetivo do Desenvolvimento Sustentável (ODS) 6- Água e Saneamento, da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU). Para os pesquisadores, esse painel tornou os indicadores acessíveis para os cidadãos, permitindo acompanhar o atendimento das metas traçadas através da evolução dos indicadores municipais. Eles ressaltam que o painel pode ser atualizado a qualquer tempo e, com isso, aumentar a base de dados disponíveis, inclusive para outros municípios.



A ideia de apresentação dos dados de acessibilidade nos municípios de Pernambuco através de um painel visual se deu com o objetivo de ser um catalisador e um ponto de partida para formulação de políticas públicas e/ou iniciativas inclusivas a nível municipal em Pernambuco. Este painel fornece dados organizados e consolidados sobre as pessoas com deficiência no Estado, obtidos através de pesquisa conduzida pelo IBGE em 2019, tornando-os informações bastante úteis para a tomada de decisão.

5. Considerações Finais

A ferramenta Dashboard da Plataforma ArcGIS mostrou-se uma excelente alternativa para criação de painel visual de dados com exposição de mapas e gráficos capazes de retratar de forma objetiva dados e informações valiosas, muitas vezes não bem apresentadas pelas plataformas institucionais que as disponibilizam. No caso da Pesquisa de Informações Básicas Municipais -MUNIC, do IBGE, a avaliação e análise dos dados apresenta-se de forma complexa, quando se deseja efetuar comparação de resultados com outros municípios.

Dessa forma, o presente estudo contribuiu para um melhor entendimento da acessibilidade nos municípios de Pernambuco através da elaboração de um painel de dados apoiado por um Sistema de Informações Geográficas. Para o poder público e a iniciativa privada, a tomada de decisão embasada em estudos desta natureza resulta em maiores chances de assertividade, principalmente, quando se trata de escolha de locais prioritários para direcionar recursos e investimentos, garantindo, desta forma, maior impacto social.

Em trabalhos futuros, pretende-se atualizar o painel de dados e ampliar o banco de dados de pessoas com deficiência, partindo para implementação do cadastro das pessoas beneficiárias de programas sociais do governo para tentar representar melhor essa parcela da população.

Referências

BARBOSA, F.; MELO, B.; RAMEH, I.; ARAÚJO, A.; CARVALHO, V. **Geoprocessamento aplicado à gestão dos recursos hídricos: aplicação da ferramenta dashboard**. In: XVI SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE 15º SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS DOS PAÍSES DE LÍNGUA PORTUGUESA. Caruaru-PE, 2022.

BRASIL. **Lei nº 13.146**. Estatuto da Pessoa com Deficiência. Brasília: 6 de julho de 2015. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2015-2018/2015/lei/113146.htm#:~:text=Art.%202%C2%BA%20Considera%2Dse%20pessoa,condi%C3%A7%C3%B5es%20com%20as%20demais%20pessoas> Acesso em: 30 jan. 2023.

BRASIL. **Lei nº 12.587**. Instituição das diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana; revogação de dispositivos dos Decretos-Leis nºs 3.326/1941 e 5.405/1943; e consolidação das Leis do Trabalho (CLT) e das Leis nºs 5.917/1973 e 6.261/19975. Brasília: 3 de janeiro de 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12587.htm>. Acesso em: 01 fev. 2023.

BRASIL. **Lei nº 10.048**. Prioridade ao atendimento às pessoas que especifica e outras providências. Brasília: 8 de novembro de 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/110048.htm#:~:text=Art>. Acesso em: 01 fev. 2023.

BRASIL. **Lei nº 10.098**. critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, e dá outras providências. Brasília: 19 de dezembro de 2000. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L10098.htm> Acesso em: 23 de fevereiro de 2023.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **PNS 2019: país tem 17,3 milhões de pessoas com algum tipo de deficiência**. IBGE, 2021. Disponível em: <<https://censos.ibge.gov.br/2013-agencia-de-noticias/releases/31445-pns-2019-pais-tem-17-3-milhoes-de-pessoas-com-algum-tipo-de-deficiencia.html>>. Acesso em: 30 jan. 2023.

LIMA, G. R. V. **Visualização de dados referentes a pessoa com mobilidade reduzida, deficiência ou outras dificuldades**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Matemática e Estatística da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018. Disponível em: <<https://linux.ime.usp.br/~grvl/mac0499/tcc.pdf>> Acesso em: 05 fev. 2023.

LONGLEY, P. A. et al. **Sistemas e Ciência da Informação Geográfica**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

RUEDA, M. F., & Barros, M. V. (2018). Acessibilidade de pessoas com deficiência física: inclusão social e desafios atuais. **Revista Espaço Acadêmico**, 18(208), 75-82. Recuperado de <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/EspacoAcademico/article/view/42758>.



Sustentabilidade e materiais: Viabilidade da produção de filamentos para impressão 3D através da utilização de polipropileno reciclado

Viability production of filaments for 3D printing using recycled polypropylene

Tauana Batistella, bacharel em Engenharia de Materiais, UNISINOS

tausbatistella@hotmail.com

André Canal Marques, Dr., Coordenador Design de Produto, UNISINOS

andrecm@unisinos.br

Resumo

Devido ao alto consumo de materiais poliméricos, ao descarte inadequado e falta de opções após vida útil, a reciclagem se faz necessária. O foco desta pesquisa foi a reciclagem mecânica do polipropileno (PP) oriundo de potes de iogurte. Como alternativa para reutilizar e agregar valor pós consumo a este material, o objetivo foi avaliar o material reciclado para produção de filamentos para impressão 3D. Para isto foram realizadas diversas etapas, tendo nesse artigo o relato destas: análises físico-químicas índice de fluidez (MFI) e análise termogravimétrica (TGA); fabricação dos filamentos por extrusão; avaliação do controle de homogeneidade do filamento; impressão 3D de corpos de prova; ensaio de tração e microscopia ótica. Os resultados foram comparados com a matéria-prima PP comercial e um filamento comercial. Foi possível realizar todas as etapas desta pesquisa apresentando viabilidade de estudos em relação a reciclagem do polipropileno.

Palavras-chave: Polipropileno; reciclagem; filamentos; impressão 3D.

Abstract

Due to the high consumption of polymeric materials, inadequate disposal, and lack of options after their useful life, recycling is necessary. The focus of this research was the mechanical recycling of polypropylene (PP) from yogurt containers. As an alternative to reusing and adding post-consumer value to this material, the objective was to evaluate the recycled material for the production of filaments for 3D printing. Several stages were carried out for this purpose, with this paper reporting on: physical-chemical analysis of melt flow index (MFI) and thermogravimetric analysis (TGA); filament manufacturing by extrusion; evaluation of filament homogeneity control; 3D printing of test specimens; tensile testing, and optical microscopy. The results were compared to the commercial PP raw material and a commercial filament. All stages of this research were successfully completed, demonstrating the feasibility of studies on the recycling of polypropylene.

Keywords: Polypropylene; recycling; filaments; 3D printing.

1. Introdução

Com o crescimento populacional, há também o crescimento do consumo de materiais plásticos, podendo aumentar a geração de lixo e problemas ambientais, assim como redução de recursos naturais. O plástico corresponde a cerca de 80% do resíduo encontrado em ambiente marinho, e suas principais fontes poluentes são os resíduos domésticos, industrial, portuário e agrícola (ISLAM; TANAKA, 2003). Segundo Guimarães, Lugon e Neto (2020), no ano de 2017 foram reciclados cerca de 17% de todo plástico produzido no mundo. O baixo número de reciclagem de materiais plásticos, está ligado ao descarte incorreto destes materiais, e ao fato que os processos de fusão e remoldagem na reciclagem podem diminuir as propriedades mecânicas do material. Desenvolver soluções para este problema se torna essencial, como aumentar o ciclo de vida de um material, retornando-o para o mercado consumidor através da reciclagem, fabricando um novo produto, assim, gerando, criando conscientização de consumo e descarte de materiais, contribuindo para a preservação do meio ambiente. Devido ao alta consumo e geração de resíduos plásticos, alternativas para o reprocessamento destes materiais se tornam atrativas.

A partir deste cenário, de grandes quantidades de plásticos descartados, e a possibilidade de poluição ambiental gerada pelo descarte inadequado, como alternativa para a reduzir o volume destes materiais, a logística reversa apresenta uma forma de devolver estes materiais ao meio industrial, através da reciclagem e aplicação em um novo produto. Existem inúmeras pesquisas para desenvolver produtos plásticos reciclados, e uma delas é o uso de filamentos reciclados, para o uso em impressoras 3D de modelo FDM, que fabricam peças a partir de filamentos poliméricos, e estes podem ser substituídos por filamentos reciclados. Este trabalho teve como objetivo apresentar uma alternativa para o resíduo plástico, com ênfase na reciclagem do polipropileno, oriundo de itens reciclados em geral. O processo de caracterização química e física deste material é de extrema importância, pois assim pode-se identificar propriedades necessárias para a reutilização. Como alternativa para colocar este material reciclado, como aplicação em um produto, este trabalho apresenta a possibilidade de utilização de um filamento de polipropileno reciclado na produção de peças 3D através do uso da tecnologia de impressão 3D, especificamente para impressoras do modelo FDM.

1. Revisão da literatura

Apresenta-se aqui os principais tópicos de revisão de literatura.

1.1 Reciclagem de embalagens de PP

Segundo dados do WWF 2019, o Brasil é o 4º maior produtor de lixo plástico do mundo, gerando 11.355.220 milhões de toneladas por ano, mais de 10,3 milhões foram coletadas (91%), e apenas 145 mil toneladas foram efetivamente recicladas (1,28%). No ano de 2020, 72% da produção de plásticos reciclados no país foram de origem no resíduo pós-consumo, enquanto 28% foram de resíduo pós-industrial. Em 2018, o plástico pós-consumo representava 69% das resinas recicladas. No total, foram fabricadas 1,2 milhão de toneladas de resinas recicladas em 2020. Entre as 884 mil toneladas de resinas pós-consumo recicladas

no ano passado, 41,4% foram de PET, seguidas por PEAD (19%), PP (16,7%) e PEBD/PELBD (16,1%). Em 2019, os índices foram bem parecidos: 42% PET, 18,2% PEAD, 16,5% PEBD/PELBD e 15,8% PP (ABIPLAST, 2020).

A conscientização do consumidor sobre o curto ciclo de vida das embalagens de polímeros está crescendo constantemente. Consequentemente, o interesse na reutilização e reciclagem efetiva dessa fração de resíduos está crescendo. A Comissão Europeia estabeleceu como uma de suas principais metas ambientais reciclar 75% de todas as embalagens e 55% de todos os resíduos de embalagens plásticas até 2030 (EUROPEAN COMMISSION, 2018). Os fluxos de resíduos de polímeros de embalagens geralmente são fluxos mistos, ou seja, podem consistir em diferentes polímeros ou incluir outras impurezas. Por exemplo, um dos plásticos misturados mais onipresentes de bandejas de alimentos multicamadas é tipicamente uma mistura de polipropileno (PP) e poli (tereftalato de etileno) (PET) (KETS; DELVA; RAGAERT, 2019).

As aplicações do polipropileno reciclado, se encontram em várias áreas. Estudos como a utilização de PP reciclado para a produção de para-choques de carros, pelo método de injeção, são satisfatórios, quando utilizado 30% de material reciclado junto com o material virgem (FERNANDES, DOMINGUES, 2007). A utilização de PP reciclado de garrafas de água, foi usado para a elaboração de placas solares juntamente com um aditivo, moldadas por compressão. A utilização de um compósito de PP reciclado mais aditivo, demonstrou bons resultados em relação a absorção de calor nas placas (MASSULO; RODRIGUES; MAHLAMANN, 2016).

1.1 Impressão 3D

Segundo Gibson, Rose e Stucker (2009), a impressão 3D é um processo aditivo, com a criação de modelos partidos diretamente de um projeto desenvolvido em um software por meio de camadas. Fornece uma variedade de aplicações, utilizando diversas tecnologias para desenvolver modelos com polímeros, metais, cerâmicos, nas áreas de engenharia, medicina, arte, etc. Pode ser considerada uma tecnologia dinâmica para o design de peças, uma vez que possibilita a construção de modelos em variadas formas (HOPKINSON; HAGUE; DICKENS, 2006). Conforme Larson (2016) existem muitos tipos de impressoras 3D, porém, todas constroem camadas sólidas de materiais. As principais tecnologias utilizadas para impressão 3D, conforme Araújo (2021), são: Estereolitografia (SLA); Sinterização a Laser (SLS); Multijet; Laminação de folhas; Moldagem por Fusão e Deposição (FDM).

A impressão com a tecnologia de Modelagem por Fusão e Deposição (FDM - *Fused Deposition Modeling*) vem crescendo e se tornando popular, com o mecanismo de funcionamento ocorrendo através da deposição de um filamento termoplástico em camadas, criando uma peça. O mercado deste tipo de impressão apresenta vários tipos de filamentos, como PP, PET, PC, PMMA, filamentos com fibras, e os mais comuns, PLA e ABS (ICHI, 2010; RAYNA; STRIUKOVA, 2016; YANG *et al.*, 2017). Existem alguns parâmetros importantes na impressão por FDM, estudos sugerem que o preenchimento geométrico tem alta influência na resistência mecânica, modo de falha, e aspecto visual dos objetos produzidos por FDM (LI *et al.*, 2002; CROCCOLO *et al.*, 2013).

2. Procedimentos Metodológicos

Para o desenvolver os filamentos de PP reciclado, os procedimentos foram divididos em etapas, as quais incluem a caracterização do material reciclado, fabricação dos filamentos por extrusão, avaliação do filamento produzido e potencial de impressão 3D. A matéria prima utilizada provém de itens reciclados em geral, como potes de produtos alimentícios identificados como PP. Este material foi separado, limpo e triturado em partículas menores.

2.1 Materiais

O material polimérico utilizado nesta pesquisa é o polipropileno reciclado, fornecido pelo Fablab Unisinos POA, já moído, na cor branca com algumas inclusões de pigmentos devido a obtenção desse material (potes de iogurte), figura 1. Como comparativo foi utilizado o filamento comercial de polipropileno para confecção de corpos de prova através da impressão 3D. Para melhor compreensão deste estudo, as amostras de polipropileno reciclado estão identificadas como PPR e as amostras de polipropileno comercial como PPC.



Figura 1: Exemplo de embalagens utilizadas. Fonte: elaborado pelos autores.

2.2 Caracterização físico-química do PP reciclado

Índice de fluidez (MFI)

Para a determinação do índice de fluidez do PP reciclado, o ensaio foi realizado segundo a norma ASTM D1238:2020, em um equipamento plastômetro DSM com temperatura de 230°C e massa de 2,16kg, pelo Instituto Senai de Inovação – Engenharia de Polímeros.

Termogravimetria (TGA)

O estudo foi realizado de acordo a norma a norma ASTM E 1131:2020 no ITT Oceaneon Unisinos Campus São Leopoldo. As curvas foram estabelecidas utilizando um TGA550 (TA Instruments) com atmosfera de nitrogênio de 40 mL/min e uma rampa de aquecimento de 10°C/min, e cerca de 10 mg de amostra.

2.3 Fabricação do PP via extrusão

O polipropileno reciclado foi processado em uma extrusora modelo Felfil EVO desktop, no laboratório de prototipagem FabLab da Unisinos Campus POA, Figura 2. Os parâmetros para a extrusão estão apresentados na Tabela 1. Foi produzido dois metros de filamento para cada corpo de prova utilizado nos ensaios. Para a produção do filamento via extrusão não foi

utilizado um sistema de bobinas para homogeneizar e controlar a espessura do filamento. Utilizou-se a gravidade e ação humana para cortar e enrolar o filamento.



Figura 2: Extrusora utilizada para produção dos filamentos. Fonte: Autores.

Tabela 1: Parâmetros de extrusão.

| | |
|------------------------|--------|
| Temperatura | 200 °C |
| Processamento do motor | 0,5 A |
| Velocidade | 7 RPM |

Fonte: Autores.

2.4 Avaliação do controle de homogeneidade do filamento

Para determinar a homogeneidade do filamento foram feitas medições do diâmetro de dois metros de filamento a cada 10cm. As medidas foram feitas com um paquímetro digital, marca Mitutoyo, com resolução de +/- 0,01 mm. A avaliação visual foi realizada através da cor, textura, surgimento de bolhas e maleabilidade do filamento, a fim de garantir qualidade do filamento através da observação física.

2.5 Impressão 3D de corpos de prova

A partir dos filamentos produzidos e previamente selecionados foram efetuados testes com diferentes parâmetros de configuração nas impressoras 3D baseadas no método FDM, Sethi3D AiP, localizada na Unisinos Campus São Leopoldo. Essa impressora permite um acesso fácil ao sistema de extrusão do filamento, o que se tornou interessante devido as características obtidas do filamento, possibilitando uma melhor maleabilidade para a produção para os corpos de prova. Foram impressos 4 corpos de prova do filamento reciclado e do filamento comercial para comparação. Com isto foi avaliado a qualidade de impressão do filamento reciclado, tanto em termos da viabilidade de impressão quanto da qualidade do modelo impresso. A Tabela 2 apresenta os parâmetros utilizados para impressão dos corpos de prova e a Figura 3 o modelo dos corpos de prova impressos para o ensaio de tração.

Tabela 2: Parâmetros de impressão.

| | |
|----------------------------------|---------|
| Altura da camada | 0,25 mm |
| Densidade do preenchimento | 100 % |
| Padrão de preenchimento | Linhas |
| Temperatura de impressão | 240 °C |
| Temperatura da mesa de impressão | 60 °C |
| Velocidade de impressão | 40 mm/s |

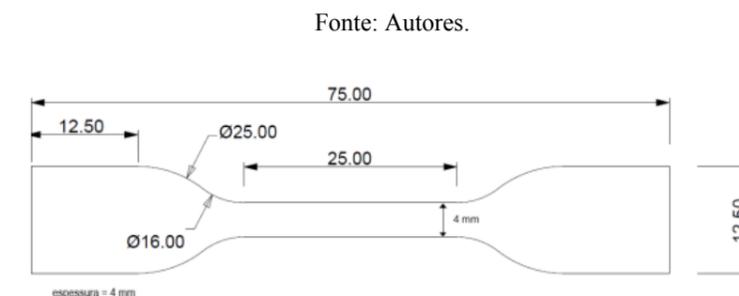


Figura 3 - Desenho do corpo de prova. Fonte: JARDIM (2020).

2.6 Ensaio de tração

Foi utilizado o equipamento marca MTS modelo 370 Load Frame, na temperatura de 25 °C com velocidade constante de 30mm min⁻¹ para os corpos de prova de PP reciclado, e 50 mm min⁻¹ para os corpos de prova de PP comercial, utilizando uma carga de 1.000 N.

2.7 Microscopia ótica

Os corpos de prova impressos foram analisados visualmente para avaliação da homogeneidade da impressão e análise das fraturas dos corpos de prova, quantidade de vazios nas peças, fatores que influenciaram no ensaio de tração. As análises foram realizadas utilizando uma câmera digital acoplada a máquina de medição tridimensional marca Starret, modelo Galileo AV 300+, localizada no Laboratório de Metrologia da UNISINOS Campus São Leopoldo.

3. Análises dos Resultados

3.1 Caracterização físico-química do PP reciclado

Índice de fluidez (MFI)

O objetivo da análise do índice de fluidez foi compreender o processamento de extrusão do filamento reciclado e a degradação dele. Quanto maior o índice de fluidez, menor será sua viscosidade, e assim, melhor o escoamento do material, melhorando o processo de extrusão. A Tabela 3 apresenta os índices de fluidez do PP Reciclado, PP Comercial Homopolímero apresentado no catálogo de poleolefinas da Braskem (2021) e o filamento de PP Comercial.

Tabela 3: Índice de fluidez do PP de acordo a norma ASTM D1238:2020.

| | I.F (g/10 min) |
|---------------------------|----------------|
| PP reciclado | 12,40 |
| PP comercial | 2,10 |
| Filamento de PP comercial | 1,30 |

Fonte: elaborado pelos autores.

Hinsken *et al.* (1991) demonstrou um aumento considerável no índice para o PP após um ciclo de extrusão de 260°C, o qual passou de 3,1 para 13,8 g/10min devido à quebra de cadeias moleculares que ocasionou diminuição de massa molar. Neste trabalho, um comportamento similar para o índice de fluidez foi encontrado, ou seja, sugerindo a ocorrência de degradação do material.

Termogravimetria (TGA)

A amostra de PP reciclado foi analisada para avaliação de perda de massa, degradação térmica, e determinar possíveis efeitos da história térmica do material. Este ensaio foi realizado a fim de conhecer o perfil de degradação do material reciclado, ou seja, avaliar a estabilidade térmica do material por perda de massa em relação a temperatura, determinando assim as temperaturas máximas para os processamentos que o material reciclado poderá ser submetido. A curva TGA do PP reciclado apresentou um estágio de degradação com uma temperatura inicial (Ti) de 350°C e temperatura final (Tf) de 447,41°C. O PP reciclado apresentou de material combustível 98,86% e de resíduos 1,17%.

De acordo com HOLGUIN (2015), o PP virgem começa decomposição aos 450°C. O PP reciclado apresenta início de decomposição a partir dos 350°C e esta diferença pode ser devido à história térmica do PP reciclado, no seu processamento pode ter ocorrido algum rompimento de ligações. O resíduo gerado na decomposição do PP reciclado sugere a presença de cargas, aditivos e / ou impurezas presentes no material reciclado, como também apresentado na análise de densidade.

3.2 Avaliação do controle de homogeneidade do filamento

A Tabela 4 apresenta os dados estatísticos em relação a variação do diâmetro do filamento. Essa variação do diâmetro evidencia a dificuldade do processo de extrusão ser realizado sem o bobinamento, fato que para a impressão 3D torna-se um fator de complicação para seu processo de funcionamento ser correto.

Tabela 4: Dados das medições.

| | Diâmetro Máximo (cm) | Diâmetro Mínimo (cm) | Diâmetro Mediano (cm) | Desvio Padrão |
|--------------|----------------------|----------------------|-----------------------|---------------|
| PP Reciclado | 2,00 | 1,27 | 1,44 | 1,05 |

Fonte: Autores.

3.3 Impressão 3D de corpos de prova

A Figura 5 apresenta os corpos de prova impressos com os filamentos utilizados, tanto o reciclado (figura 5A) e o comercial (figura 5B). Foi realizada a impressão dos corpos de prova com o filamento de PP reciclado, porém foi necessário cautela ao introduzir os filamentos na impressora, pois não apresentaram homogeneidade de diâmetro.



Figura 4: Corpos de prova e filamento de PP reciclado e PP comercial. Fonte: Autores.

Observa-se mudanças físicas no filamento e corpo de prova do PP reciclado (Figura 5A), como mudança de cor, textura e deformidades quando comparado ao filamento do PP comercial apresentado na Figura 5B. Durante a impressão observou-se falta de homogeneidade do filamento reciclado e dificuldade do PP aderir na mesa de impressão, porém não impossibilitando a impressão dos corpos de prova. Essa adesão na mesa foi uma das principais características observadas, tanto no PP reciclado como no comercial, pois houve dificuldade ao aderir na mesa e na formação das camadas de impressão. Fornecedores de filamentos de PP e guias para a impressão de PP destacam a utilização de colas específicas para a adesão na mesa de impressão quando se utiliza filamento de PP, da qual não se teve acesso. A qualidade do filamento, impressão e os parâmetros utilizados podem ser analisados com o ensaio de tração dos corpos de prova impressos.

3.4 Ensaio de tração

Com o ensaio de tração foi possível analisar o comportamento dos filamentos de PP reciclado impressos, em relação a tensão de escoamento, tensão de ruptura, módulo de elasticidade e deformação. Os resultados do PP reciclado foram comparados com os resultados obtidos nos ensaios de tração de corpos de prova impressos com filamento de PP comercial da Braskem. As variações observadas nos ensaios de tração do PP reciclado (sigla PPR) e do PP comercial (sigla PPC) e os resultados obtidos estão apresentados nas Tabela 5. Essas variações indicam a ocorrência de mudanças nas características mecânicas.

Tabela 5: Resultados do ensaio de tração PP Reciclado e de PP Comercial.

| Corpo de prova | Tensão de escoamento (MPa) | | Tensão de ruptura (MPa) | | Módulo de elasticidade (MPa) | | Deformação | |
|----------------|----------------------------|-------|-------------------------|-------|------------------------------|-------|------------|-------|
| | PPR | PPC | PPR | PPC | PPR | PPC | PPR | PPC |
| 1 | 9,69 | 22,95 | 10,71 | - | 95,73 | 13,04 | 0,10 | 1,76 |
| 2 | 16,70 | 23,13 | 17,65 | 17,38 | 96,43 | 7,12 | 0,17 | 3,24 |
| 3 | 12,51 | 26,83 | 14,52 | 18,40 | 111,55 | 71,73 | 0,11 | 0,37 |
| 4 | 16,54 | 25,76 | 16,54 | 19,44 | 47,86 | 94,03 | 0,34 | 0,27 |
| Média | 14,52 | 24,45 | 15,53 | 18,40 | 96,08 | 42,38 | 0,12 | 0,06 |
| Desvio Padrão | 3,39 | 1,93 | 3,05 | 1,03 | 27,68 | 43,08 | 4,16 | 85,97 |

Fonte: Autores.

Os corpos de prova impressos com polipropileno, tanto reciclado como o comercial apresentaram variações, como defeitos nas peças. Foi observado desprendimento de camadas na impressão, empenamento de peças pelas variações de temperaturas e variações de dimensões. Estes defeitos influenciaram no comportamento mecânico e resultados dos ensaios de tração. Observou-se diferença entre os valores do PP reciclado e do PP comercial. A tensão de escoamento sofre uma variação de aproximadamente 68% e a tensão de ruptura aproximadamente 18% quando comparadas com o PP comercial.

De acordo com Canevarolo et al. (2009) em seu estudo da degradação do polipropileno durante a extrusão, apresenta a degradação do PP por cisão de cadeias em temperaturas acima de 200°C. Sendo assim, o aumento da rigidez do PP reciclado pode ser justificada pela degradação dele. A variação na tensão de escoamento tem relação com a presença de vazios nos corpos de prova, que ocorreram durante a impressão são analisados na de microscopia realizada neste trabalho.

3.5 Microscopia ótica

A avaliação microscópica e visual foi realizada com o objetivo de observar as alterações físicas que ocorreram no material e na impressão dos corpos de prova, como presença de falhas, inclusões, degradação e fratura dos CPs. A Figura 6 apresenta as fraturas sofridas pelos corpos de prova identificados como PPR 4 e PPR 1.



Figura 5: Corpos de prova PPR 4 e PPR1 rompidos. Fonte: Autores.

A Figura 7 apresenta as imagens dos corpos de prova impressos com o filamento de PP reciclado. Na imagem A nota-se alguns pontos escuros, característico de degradação térmica no momento da deposição do filamento. É possível observar a presença de falhas na impressão, que ocasionaram imperfeições na sobreposição das camadas, como na imagem B e D.

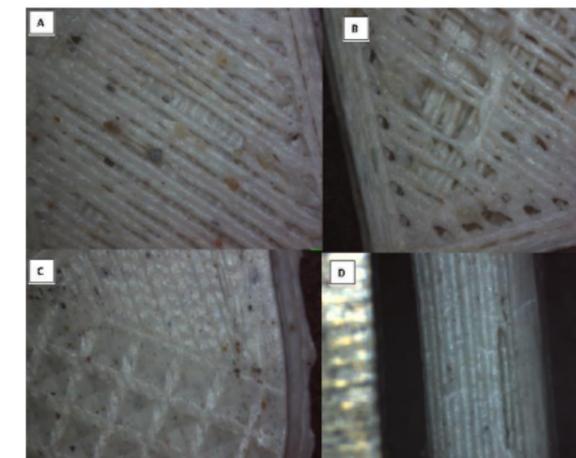


Figura 6: Corpos de prova de PP reciclado. Fonte: Autores.

A imagem B apresenta alguns pontos coloridos, identificando a presença de pigmentos do material reciclado. O filamento apresentou mudança na sua cor quando comparado ao filamento de PP comercial. Essa mudança de cor sugere que houve degradação do material em suas etapas de reciclagem. A imagem C mostra que não foi completa a impressão da camada. Essas observações podem justificar as propriedades mecânicas apresentadas nos ensaios de tração, como a tensão de escoamento e a deformação do material reciclado. No limite de escoamento inicia a deformação plástica do material, devido a degradação do material como apresentado anteriormente, e o preenchimento incompleto das camadas gerando vazios, diminui a tensão de escoamento e deformação do material reciclado quando comparado ao comercial.

A Figura 8 apresenta os corpos de prova de PP reciclado após o ensaio de tração. A impressão com PP comercial apresentou dificuldades na impressão, como a adesão das camadas na mesa, apresentou menos falhas quando comparado ao reciclado.



Figura 7 - Corpos de prova de PP reciclado após ensaio de tração. Fonte: Autores.



4. Considerações Finais

Analisando os resultados obtidos neste trabalho, a reciclagem mecânica do polipropileno foi possível, embora o material tenha sofrido variações térmicas e mecânicas durante o seu reprocessamento, indicando uma probabilidade de ocorrência de degradação do material. Na avaliação do processo de extrusão, embora o material reciclado tenha apresentado um bom escoamento, a homogeneidade dos filamentos sofreu variações. Isto pode ter ocorrido pelo fato de não ter sido utilizado um sistema puxador, como um carretel para homogeneizar o diâmetro do filamento.

Foi possível realizar a impressão dos corpos de prova com filamento de PP reciclado. Os parâmetros de impressão necessitam de melhores ajustes, pois os corpos de prova apresentaram imperfeições que influenciaram nas propriedades mecânicas observadas no ensaio de tração e nas análises microscópicas. As propriedades mecânicas do material sofreram alterações, sendo que foi observado durante o ensaio de tração uma diminuição significativa na rigidez do material reciclado quando comparado com o comercial. Isto pode ter ocorrido não apenas pelas degradações do material reciclado, mas pela qualidade da impressão dos corpos de prova.

As técnicas aplicadas neste trabalho foram possíveis para a caracterização do polipropileno reciclado, apresentando uma possibilidade de reutilização deste material para a produção de filamentos para a impressão 3D. Devido as características de reciclagem mecânica e a possibilidade de contaminações, presença de aditivos e pigmentos nos materiais reciclados, se faz necessário mais estudos em relação as propriedades físico-químicas. Os parâmetros de impressão influenciam na qualidade do material impresso, necessitando também de um estudo mais aprofundado. O assunto abordado no trabalho é muito amplo, possibilitando pesquisas futuras mais direcionadas as diversas e utilizações do propriedades do polipropileno reciclado.

Referências

- ABIPLAST- Agência Brasileira de Transformação e Reciclagem de Material Plástico, 2017 Profile. Acesso em: <http://www.abiplast.org.br/wp-content/uploads/2019/03/Perfil2017.pdf>.
- ARAÚJO, V. **Manufatura aditiva e suas aplicações na indústria**: uma revisão de literatura. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) –Engenharia Mecânica. Universidade Federal do Ceará. Russas, p. 94. 2021.
- CANEVAROLO, S. **Ciência dos polímeros**. Editora Artliber, 2010.
- CROCCOLO, D.; AGOSTINIS, M. DE; OLMI, G. Experimental characterization and analytical modelling of the mechanical behaviour of fused deposition processed parts made of ABSM30. **Computational Materials Science**, v. 79, p. 506–518, 2013. Elsevier B.V. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.commatsci.2013.06.041>>.

EUROPEAN COMMISSION. **Circular Economy: New Rules Will Make EU the Global Front-Runner in Waste Management and Recycling**. 2018. Acesso em: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_18_3846

FERNANDES, L., DOMINGUES, A. Caracterização mecânica do polipropileno reciclado para a indústria automotiva. **Revista Scielo**. 2007. Acesso em: <https://doi.org/10.1590/S0104-14282007000200005>

GIBSON, I; ROSEN, D; STUCKER, B. **Additive Manufacturing Technologies**. New York: Springer, 2009.

GUIMARÃES, R; LUGON, J.; NETO, A. **Revisão sistemática de transporte de microplástico do continente para o oceano**. Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego. 2020. Acesso em: DOI: 10.19180/2177-4560.v12020p18-39.

HINSKEN, H., *et al.* Degradation of polyolefins during melt processing. **Polymer Degradation and Stability**, v. 34, 1–3, 279-293, 1991.

HOPKINSON, N; HAGUE, R; DICKENS, P. **Rapid Manufacturing: An Industrial Revolution for the Digital Age**. John Wiley & Sons, 2006.

ICHI, A. **Análise da viabilidade da aplicação da tecnologia CAD/CAM por prototipagem rápida na confecção de estrutura metálica da prótese parcial removível comparando-a ao método convencional**. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo, 2010.

ISLAM, Md. S.; TANAKA, M. **Impacts of Pollution on Coastal and Marine Ecosystems Including Coastal and Marine Fisheries and Approach for Management: A Review and Synthesis**. 2004. Acesso em: DOI: 10.1016/j.marpolbul.2003.12.004

JARDIM, A. **Efeito do padrão de preenchimento e impressão 3D nos resultados de resistência à tração do polímero acrilonitrila-butadieno-estireno (ABS)**. Trabalho de conclusão de curso. UNISINOS 2020.

KETS, K.V; DELVA, L; RAGAERT, K. **Structural stabilizing effect of SEBSgMAH on a PP-PET blend for multiple mechanical recycling**. 2019.

LARSON, J. **3D Printing Designs: Fun and Functional Projects**. 2016.

LI, L., *et al.* Composite Modeling and Analysis for Fabrication of FDM Prototypes with Locally Controlled Properties. **Journal of Manufacturing Processes**, v. 4, n. 2, p. 129–141, 2002.

MASSULO, L.; RODRIGUEZ, A.; MAHLMANN, C. **Desenvolvimento de compósitos poliméricos baseados em polipropileno reciclado visando o uso como placas absorvedoras de energia solar**. 2016.

RAYNA, T.; STRIUKOVA, L. From rapid prototyping to home fabrication: How 3D printing is changing business model innovation. **Technological Forecasting and Social Change**. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2015.07.023>

WWF - World Wide Fund For Nature. **Solucionar a poluição plástica: transparência e responsabilização**, 2019.



YANG, C. *et al.* Influence of thermal processing conditions in 3D printing on the crystallinity and mechanical properties of PEEK material. **Journal of Materials Processing Technology**, v. 248, n. January, 2017. Elsevier.



Influência da cal na absorção por capilaridade em adobes produzidos com sedimento de RMF

Influence of lime on capillarity absorption of adobes produced with IOT sediment

Jhade Iane Cunha Vimieiro.

jhade@ufmg.br

Larissa Moreira Matias.

arq.larissamatias@gmail.com

Gabriella Eduarda Freitas Batista.

gabieduarda22@hotmail.com

Dayane Felix Andrade.

dayanefelixa@gmail.com

Sofia Araújo Lima Bessa.

salbessa@hotmail.com

Resumo

A absorção por capilaridade é uma das fragilidades em construções em adobe. Para melhora da impermeabilização do adobe, adicionar estabilizantes como rejeito e cal hidratada, é pertinente. Este estudo tem como objetivo produzir adobes com diferentes teores de substituição em massa do solo por sedimento de RMF e analisar a influência da adição de 2% de cal, em massa, na absorção de água por capilaridade (AC) dos adobes. O SRMF foi utilizado nos teores de 50, 60 e 70%. O valor do coeficiente de AC variou entre 1,22 e 2,38 g/cm² (sem adição de cal), enquanto o valor para os adobes com adição de cal variou entre 2,08 e 4,81 g/cm². Nas misturas sem adição de cal a AC aumentou à medida que aumenta o teor de SRMF. Já nas misturas com adição de cal, ocorreu o inverso. Os valores da absorção de água por capilaridade podem ser relacionados à densidade.

Palavras-chave: sedimento de rejeito de minério de ferro; estabilização; método de ensaio.

Abstract

The absorption by capillarity is one of the weaknesses in adobe constructions. Adding stabilizers such as tailings and lime is pertinent to improve adobe's waterproofing. This study aims to produce adobes with different levels of mass replacement of soil by IOT sediment and to analyze the influence of adding 2% lime, by mass, on the capillary water absorption (CWA) of the adobes. IOTS samples were used in the contents of 50, 60, and 70%. The CWA values ranged between 1.22 and 2.38 g/cm² in the adobes without lime addition, while for adobe with lime addition ranged between 2.08 and 4.81 g/cm². In the mixtures without lime addition, the WA increased as the IOTS content increased. In the mixtures with lime addition, occurred the opposite. The values of water absorption by capillarity can be related to the apparent density of the adobes at the test age.

Keywords: iron ore tailings sediment; stabilization; test method.

1. Introdução

A absorção por capilaridade é um fenômeno físico que ocorre como consequência da tensão superficial de um líquido em um sistema capilar, o que permite que o líquido penetre em meio aos poros (OHOFUGI *et al.*, 2021). Assim, a ocorrência deste fenômeno depende das propriedades físicas e granulométricas do material.

O comportamento da absorção por capilaridade (AC) em componentes construtivos com terra é um dos requisitos normativos essenciais para a realização de uma alvenaria durável (RAIMONDO *et al.*, 2009), que se justifica porque a AC pode alterar algumas propriedades mecânicas do componente construtivo. O acúmulo de umidade em componentes construtivos de terra pode causar deterioração devido ao enfraquecimento hidromecânico pelas mudanças de pressões, alterações na carga hidráulica, acúmulo de umidade e consequente erosão. As patologias relacionadas à umidade são as principais causadoras da deterioração das construções (CIRVINI, *et al.*, 2014).

Dentre os componentes construtivos de terra, o adobe é uma técnica milenar de construção que utiliza solo arenoargiloso em estado plástico firme. No processo de produção, o adobe é moldado em formas untadas com areia e desmoldado logo em seguida, para, por fim, ser colocado para secar naturalmente, produzindo blocos maciços (MUNOZ, *et al.*, 2020). Devido ao baixo impacto ambiental agregado ao processo de produção, é uma técnica construtiva importante para diminuir o impacto ambiental negativo da construção civil contemporânea (DEGIRMENCI, 2005).

Uma das vulnerabilidades da técnica do adobe, tal qual outros componentes construtivos de terra, está relacionada aos danos causados pela umidade que podem resultar em uma redução da resistência mecânica. De modo geral, a durabilidade de uma alvenaria de adobe está mais relacionada às características de resistência à água do que à resistência mecânica (BECKETT, *et al.*, 2020). Para melhorar a impermeabilização, e consequentemente, a durabilidade e a resistência mecânica, pode-se realizar a estabilização do solo, que consiste em adicionar materiais como aglomerantes, produtos químicos ou mesmo outros tipos de solo (MACHADO *et al.*, 2020).

O uso de cal hidratada e de resíduos industriais têm sido avaliados e se apresentam como uma possibilidade na estabilização desses componentes de adobe (OLACIA *et al.*, 2020). Alguns autores atestam que a adição da cal pode conferir maior estabilidade dimensional ao

adobe e diminuir a absorção de água (MATTOS *et al.*, 2017), principalmente em solos finos e com elevado teor de argila (MANZOOR, *et al.*, 2020).

Contudo, a influência da adição de cal na capilaridade tem sido bastante discutida. Alguns pesquisadores defendem que, ao contrário, há um aumento desta propriedade ou não há interferência da cal (MACHADO *et al.*, 2020). Estas discordâncias estão relacionadas à heterogeneidade na composição do solo e às diferenças na estrutura e na formação geológica do solo, além das interações químicas e físicas da mistura estabilizadora (LITTLE *et al.*, 2009).

Além do uso da cal, outros estudos obtiveram bons resultados no desempenho físico do adobe estabilizado com rejeito de minério de ferro (RMF) em relação ao adobe sem estabilização (SILVA *et al.*, 2014; LI *et al.*, 2019). O uso de RMF na produção de adobe pode ser justificado pelo fato deste material apresentar características químicas e composição granulométrica semelhante aos solos utilizadas na produção de adobe (LI *et al.*, 2019).

Soma-se a isso o fato do Brasil ser um país com intensa exploração mineral. Em 2021, o minério de ferro foi o mineral com maior extração no Brasil, com cerca de 567 milhões de toneladas do material bruto, o que gerou cerca de 250 bilhões de reais (BRASIL, 2023). Apesar dos altos lucros, uma das principais questões ambientais associadas à extração do ferro é a quantidade de rejeitos gerados durante o processo de beneficiamento e as consequências ambientais ocasionadas por esse procedimento.

Um incidente relacionado à mineração ocorreu no ano de 2015, em que a Barragem de Fundão, que armazenava 55 milhões de metros cúbicos de RMF, colapsou em um subdistrito do município de Mariana, e provocou o deslocamento de rejeito através de rios por 663 km até o litoral do Espírito Santo.

O rejeito despejado no Rio Doce e seus afluentes foi dragado para Áreas de Deposição de Material Excedente (ADME) e encontra-se aguardando uma destinação mais adequada. Uma vez que este material possui semelhança com o solo natural, com o qual foi misturado durante o deslocamento dos rejeitos, passou a ser denominado sedimento de rejeito de minério de ferro (SRMF), que não possui as mesmas características dos rejeitos retirados diretamente das barragens, mas ainda possui uma quantidade considerável de ferro (LAGE *et al.*, 2022a).

Ademais, a escolha do adobe está atrelada ao fato de que, nos municípios atingidos pelos rejeitos de minério de ferro (RMF), constatou-se que a terra é utilizada tradicionalmente nas construções de habitações, onde cerca de 53% dos bens atingidos pelo rompimento da barragem de Fundão eram construídos com terra, nas técnicas da taipa de pilão, adobe e pau-a-pique (LAGE *et al.*, 2022c).

Portanto, considerando a disponibilidade de SRMF e as propriedades da cal, este estudo teve como objetivo produzir adobes com a incorporação de SRMF e cal hidratada, e analisá-los quanto a absorção por capilaridade. Esses componentes podem ser a solução para suprir duas lacunas: uma demanda por técnicas construtivas de menor impacto ambiental e a produção de componentes construtivos que estejam de acordo com a tradição construtiva da região de Mariana/MG.

2. Materiais e Métodos

Para elaboração do ensaio de capilaridade, este estudo foi dividido em quatro etapas: i) coleta dos materiais e caracterização; ii) definição das misturas e produção dos adobes; iii) análise dimensional dos adobes; e iv) análise da absorção por capilaridade.

2.1. Caracterização dos materiais

A amostra de SRMF foi coletada na ADME da cidade de Barra Longa/MG (BL), na qual estava coberta por uma camada de solo para revegetação. Por isso, a amostra de SRMF foi coletada entre 60 e 80 cm de profundidade. O solo para produção dos adobes foi coletado na cidade de Pedro Leopoldo, que faz parte da Região Metropolitana de Belo Horizonte/MG.

As amostras de SRMF e de solo foram caracterizadas por meio de ensaios físicos, a saber: granulometria, de acordo com a NBR 7181 (ABNT, 2016); massa específica, segundo a NBR 16605 (ABNT, 2017); massa unitária e volume de vazios, conforme descrito na NBR 16972 (ABNT, 2021), e absorção de água de acordo com a NBR NM 30 (ABNT, 2000) (Tabela 1).

Pela análise granulométrica, observou-se que o solo apresenta muitas partículas finas e elevado teor de argila, o que indica que a estabilização com cal pode ser adequada (MANZOOR *et al.*, 2020). O SRMF apresentou massa específica próxima à da areia, que é de 2650 kg/cm³, o que corrobora com a possibilidade utilização em misturas, com diferentes teores, para se obter um solo mais adequado, com maior teor de areia, para produção de adobes. O caráter arenoso do SRMF pode estar associado à composição dos rejeitos que estavam depositados na Barragem de Fundão, que era um misto de rejeitos arenosos e lama (FIGUEIREDO *et al.*, 2020).

Tabela 1: Caracterização física das amostras de solo e de SRMF

| Amostra | Granulometria (%) | | Massa específica (kg/m ³) | Massa unitária (kg/m ³) | Índice de vazios (%) | Absorção de água (%) |
|---------|-------------------|-------|---------------------------------------|-------------------------------------|----------------------|----------------------|
| | Argila | Areia | | | | |
| Solo | 54,00 | 9,50 | 2340 | 1012 | 57,50 | 21,28 |
| SRMF | 9,50 | 41,50 | 2790 | 1368 | 64,20 | 7,52 |

Fonte: Autoras.

Em estudo prévio (VIMIEIRO *et al.*, 2022), na análise da composição mineralógica, pôde-se constatar que na amostra de solo não foram encontrados minerais argilosos expansivos - apenas caulinita foi encontrada que é considerada uma argila não expansível. Na amostra de SRMF nota-se a predominância de quartzo (SiO₂) e hematita (Fe₂O₃) e não possui características pozolânicas, uma vez que não se percebe formação de halo amorfo no difratograma (Figura 1).

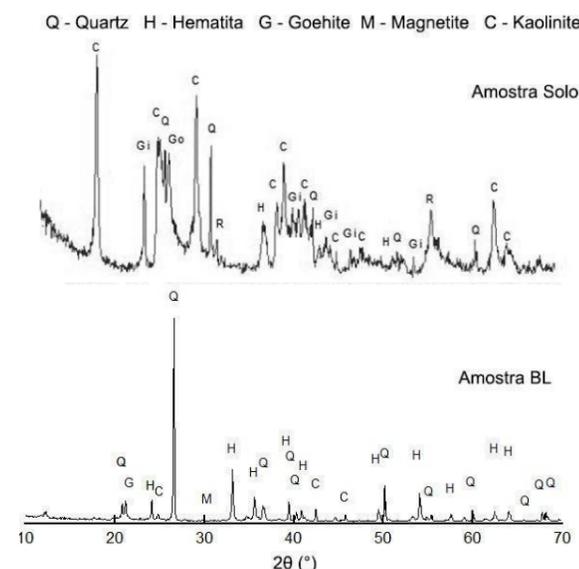


Figura 1: Difratograma das amostras de solo e SRMF de Barra Longa (BL). Fonte: Autoras

A cal hidratada utilizada neste estudo é do tipo CH-I que atende os requisitos técnicos da norma NBR 7175 (ABNT, 2003), e foi escolhida por possuir ampla disponibilidade no mercado regional.

2.2. Definição das misturas, moldagem dos adobes e análise dimensional

Pela norma NBR 16814 (ABNT, 2020), a proporção granulométrica do solo para a produção de adobes é diferente da norma peruana E.080 (NTE, 2000), conforme pode ser observado na Tabela 2. Em trabalhos anteriores, foi utilizada a proporção granulométrica da norma brasileira como referência, porém os adobes não apresentaram valores mínimos no ensaio de resistência à compressão (VIMIEIRO *et al.*, 2022).

Tabela 2: Proporção de areia e argila - normas de adobe brasileira e peruana

| Norma de adobe brasileira | Norma de adobe peruana |
|------------------------------|------------------------------|
| — areia: entre 45 % e 65 %; | — areia: entre 55 % e 70 %; |
| — argila: entre 25 % e 35 %; | — argila: entre 10 % e 20 %; |

Fonte: NBR16814 (ABNT, 2020) e E.080 (NTE, 2000)

A norma peruana é mais antiga e consolidada no meio científico, Sánchez *et al.*, (2022) apresentam que 44% dos artigos analisados usam a norma peruana como referência para produção de adobe. No entanto, não se pode descartar as características do solo, que possui teor elevado de caulinita, uma argila de baixa atividade. Por esses fatores, os valores da norma peruana foram usados como referência para a proporção granulométrica na produção dos adobe na nova etapa de análises.

Por conta do teor elevado de argila do solo, foi necessário acrescentar partículas arenosas à mistura, o solo de referência foi, portanto, misturado ao SRMF e, posteriormente, corrigido

ainda com areia natural para que fossem atingidos os valores de areia e de argila observados na norma peruana. Em paralelo, foram moldados adobes com os mesmos teores de solo, SRMF e areia, e com adição de 2% de cal hidratada tipo CH-I, em massa (Tabela 3).

Tabela 3: Proporção de areia e argila - normas de adobe brasileira e peruana

| Misturas | Proporção dos materiais (%) | | Teor de cal (%) | Granulometria - antes da correção com areia natural (%) | | Areia natural para correção (em relação a 100% de solo) | Granulometria - após a correção com areia natural (%) | |
|----------|-----------------------------|------|-----------------|---|---------|---|---|---------|
| | Solo | SRMF | | % argila | % areia | | % argila | % areia |
| REF | 100 | 0 | 0,00 | 55,50 | 28,00 | 1,40 | 23,13 | 70,00 |
| BL-50 | 50 | 50 | | 32,25 | 40,00 | 0,90 | 16,97 | 68,42 |
| BL-60 | 40 | 60 | | 27,60 | 42,40 | 0,80 | 15,33 | 68,00 |
| BL-70 | 30 | 70 | | 22,95 | 44,80 | 0,70 | 13,50 | 67,53 |
| REF-C | 100 | 0 | 2,00 | 55,50 | 28,00 | 1,40 | 23,13 | 70,00 |
| BL-50-C | 50 | 50 | | 32,25 | 40,00 | 0,90 | 16,97 | 68,42 |
| BL-60-C | 40 | 60 | | 27,60 | 42,40 | 0,80 | 15,33 | 68,00 |
| BL-70-C | 30 | 70 | | 22,95 | 44,80 | 0,70 | 13,50 | 67,53 |

Fonte: Autoras.

Os adobes foram moldados em fôrmas de madeira com dimensões de 10x10x20 cm (altura, largura, comprimento) e permaneceram em ambiente de laboratório por 28 dias para a execução do ensaio. O teor de água variou em função da umidade natural do solo e do SRMF e da consistência ideal de moldagem, que foi aferida em ensaio após a moldagem. Após os 28 dias de cura, foi realizada análise dimensional dos adobes de acordo com a NBR 16814 (ABNT, 2020). Foram aferidas as médias dos valores de altura, largura, comprimento, massa, volume e densidade dos oito adobes moldados para cada mistura.

2.3. Absorção de água por capilaridade

Ainda que a norma NBR 16814 (ABNT, 2020) trate a respeito da importância da proteção da alvenaria de adobe de maneira que não haja erosão e acúmulo de umidade, não há menção sobre o ensaio de capilaridade. Além disto, na literatura, não há consenso do método de ensaio aceito para avaliar a resistência à água do material, através do ensaio de absorção por capilaridade (BECKETT *et al.*, 2020). Assim, o método de ensaio, a formulação e a análise dos resultados obtidos foram definidos em função da especificidade e das características do material e das práticas correntes de ensaio, apoiando os métodos em ensaios adaptados de outras áreas de conhecimento.

Dito isto, optou-se por seguir o método de ensaio da norma NBR 9779 (ABNT, 2012) que normatiza o ensaio de absorção por capilaridade em argamassas e concretos, com algumas adaptações, por estas autoras, por se tratar de componente de terra.

Pela normativa utilizada (ABNT, 2012), deve-se colocar água em um recipiente e apoiar os adobes sobre bases que os mantenham afastados do fundo do recipiente e que permitam um contato efetivo entre sua face inferior e a água. Como base, foi utilizado espuma de baixa densidade em uma bandeja com água constante. Os adobes foram envelopados com filme de

plástico, seguindo recomendação da literatura (TAALLAH, *et al.*, 2016; MACHADO *et al.*, 2020), com exceção da face inferior, para que a absorção ocorresse exclusivamente por esta face, que ficou em contato com a espuma molhada.

Segundo a norma NBR 9779 (ABNT, 2012) após a colocação dos adobes em contato com a água, deve-se aferir a massa saturada de cada adobe em intervalos definidos até que se complete 72 horas. Contudo, por se tratar de um componente de terra, os intervalos foram adaptados e o ensaio foi realizado até que se completassem quatro horas, em concordância com estudo anterior que também utilizaram componentes de terra (INDEKEU *et al.*, 2021). Após a última aferição, foi realizada a medição da altura da camada de água no interior e no exterior do adobe.

3. Análise dos Resultados

Em relação a análise dimensional, na Tabela 4, estão apresentados os valores médios das dimensões relativos à altura, largura e comprimento dos adobes, além dos valores médios de massa, volume e densidade. Os adobes tiveram o desvio das dimensões menor ou igual a 5 mm, como recomenda a NBR 16814 (ABNT, 2020).

Foi possível perceber que a mistura com adição de cal, no geral, apresentou menores valores de densidade aos 28 dias. Em destaque, o valor de densidade obtido pela mistura REF-C que apresentou a menor densidade média. A densidade aparente dos adobes REF-C ficou em 8,05% menor que a média dos adobes REF, que não tem adição de cal.

De acordo com Machado *et al.*, (2020), devido às reações da cal, o tamanho do grão aumenta, levando a um aumento do vazio e uma subsequente diminuição da densidade máxima seca. Este achado corrobora com os resultados obtidos neste estudo, uma vez que as misturas com cal tiveram resultados de densidade menores que as misturas sem cal.

Tabela 4: Análise física e dimensional dos adobes

| Mistura | Altura (cm) | Largura (cm) | Comprimento (cm) | Massa (kg) | Volume (m³) | Densidade (kg/m³) |
|---------|-------------|--------------|------------------|------------|-------------|-------------------|
| REF | 9,60 | 9,58 | 19,78 | 3,296 | 1.819,8 | 1811,42 |
| BL-50 | 9,75 | 9,78 | 19,90 | 3,577 | 1.901,1 | 1881,47 |
| BL-60 | 9,55 | 10,00 | 19,53 | 3,524 | 1.855,8 | 1899,14 |
| BL-70 | 9,55 | 10,00 | 19,53 | 3,645 | 1.855,8 | 1964,34 |
| REF-C | 9,80 | 9,78 | 20,23 | 3,260 | 1.957,3 | 1665,68 |
| BL-50-C | 9,93 | 9,90 | 20,20 | 3,426 | 1.984,4 | 1726,83 |
| BL-60-C | 10,00 | 9,95 | 20,13 | 3,535 | 2.002,2 | 1765,75 |
| BL-70-C | 9,93 | 9,90 | 20,13 | 3,575 | 1.944,5 | 1838,96 |

Fonte: Autoras.

Em relação ao desenvolvimento do ensaio de absorção de água por capilaridade, realizou-se o registro fotográfico de cada intervalo de medição conforme apresentado na Figura 2. Da esquerda para a direita, a primeira imagem é o adobe antes do contato com a água e, na sequência, o mesmo adobe nos intervalos de 10, 20, 40, 80, 120 e 240 minutos após o contato com a água, respectivamente.



Figura 2: Sequência fotográfica do processo de ascensão capilar da água no adobe. Fonte: Autoras

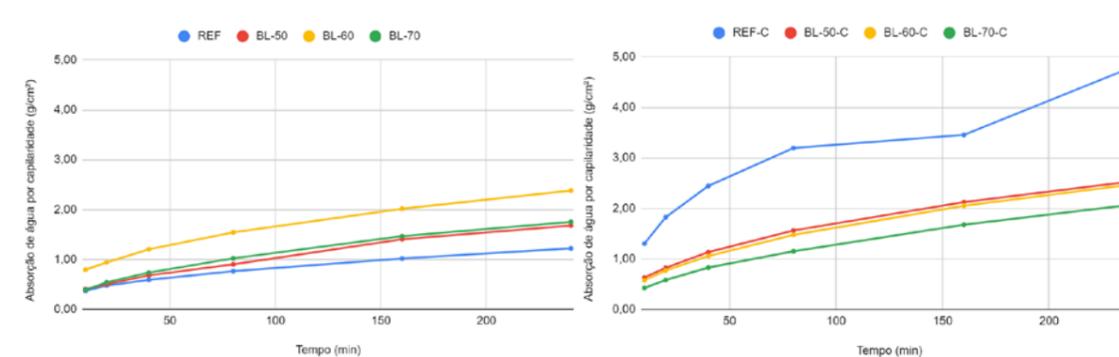
Cada mistura analisada obteve ao menos quatro resultados significativos. Na Figura 3, pode-se verificar os quatro adobes do mesmo traço (BL-70-C). As fotografias foram feitas após o último intervalo de 240 minutos e a altura e o formato da absorção de água, pertinente aos intervalos anteriores foram marcados em cores diferentes. Dessa forma, é possível observar que a ascensão ocorreu de forma homogênea em relação ao tempo dentro de um mesmo grupo, uma vez que as alturas da ascensão se mantiveram similares entre os blocos de adobe.



Figura 3: Sequência fotográfica do processo de ascensão capilar da água no adobe. Fonte: Autoras

Com os Gráficos 1 e 2, é possível analisar comparativamente os resultados da absorção de água por capilaridade nos adobes produzidos sem e com a adição de cal, respectivamente. O valor do coeficiente de AC variou entre 1,22 e 2,38 g/cm² nos adobes sem adição de cal, enquanto o valor para adobe com adição de cal, variou entre 2,08 e 4,81 g/cm², com destaque para os adobes REF-C.

Gráfico 1: Absorção por capilaridade dos adobes sem adição de cal (esq.) e com adição de cal (dir.)



Fonte: Autoras.

Assim, nos adobes sem cal, percebeu-se que o aumento nos teores de SRMF foi diretamente proporcional ao aumento da AC, com exceção da elevada absorção da mistura BL-60. Por outro lado, nas misturas com adição de cal, observou-se justamente o contrário, apresentou diminuição da AC à medida que aumentou os teores de SRMF.

Os valores da AC nos adobes do grupo REF-C estão em acordo com a menor densidade observada nos adobes deste grupo. Por exemplo, a mistura REF-C teve a menor densidade e apresentou a maior absorção por capilaridade. A diminuição da densidade resulta em um aumento de vazios na mistura e pode ser o motivo do aumento da AC. A interação solo-sedimento foi melhor no empacotamento das partículas, melhor na densidade e melhor nos índices de vazios da mistura.

Desta forma, é possível considerar que a adição de cal foi positiva na interação solo-sedimento para diminuir a absorção por capilaridade dos adobes na medida em que aumentou os teores de SRMF na mistura. Esta ocorrência pode estar vinculada ao fato de que o SRMF possui alto teor de quartzo e misturas com maior teor de sílica reagem melhor com a cal (BELL, 1989). Porém, considerando as misturas sem adição de cal que obtiveram resultados de AC menores que as misturas com adição de cal, conclui-se que o teor de 2% na idade analisada, a cal não influenciou de maneira positiva, pois pode ter aumentado os vazios da mistura.

Outro fator significativo é a não identificação de pozolanicidade do SRMF na caracterização, visto que as pozolanas conferem maior impermeabilidade à mistura. Segundo Little, *et al.*, (2009) o processo de estabilização do solo com cal está relacionado, entre outras reações, com a pozolanicidade. Enfatiza-se que uma melhor estabilização com a cal ocorre com proporções de 2 a 10% (MACHADO *et al.*, 2020). Tendo em vista que o presente estudo utilizou 2% de adição de cal em massa, maiores teores de cal podem obter resultados diferentes do que foi encontrado neste estudo.

O ensaio de AC aplicado neste estudo é uma aproximação razoável do que acontece na realidade, em que a umidade advinda da fundação pode ascender por capilaridade na alvenaria, seja esta de adobes ou não. Contudo, o estudo da durabilidade engloba também ensaios de erosão e abrasão dos adobes. Danso *et al.*, (2015) relataram a possibilidade de avaliar a durabilidade de tijolos de adobe com ensaio de abrasão ou erosão. Por estas razões, mostra-se relevante analisar a erosão para entender o comportamento dos adobes frente às chuvas intensas que ocorrem particularmente em Minas Gerais no verão.

4. Considerações Finais

Este estudo foi conduzido para investigar as diferenças na absorção de água por capilaridade entre adobes estabilizados com e sem cal e utilizando o SRMF na mistura para corrigir os teores de areia/argila do solo. O SRMF foi utilizado por sua disponibilidade e por suas características muito semelhantes ao solo da região, uma vez que os rejeitos da Barragem de Fundão foram misturados aos sedimentos do Rio Doce (e de seus afluentes) após o acidente de 2015.

No entanto, algumas conclusões podem ser levantadas:

- As propriedades granulométricas do solo utilizado mostraram grande teor de argila, porém pouco expansiva, o que o torna favorável à correção granulométrica e à estabilização química para a produção de adobes.
- O método de ensaio de absorção de água por capilaridade se mostrou adequado para componentes construtivos de terra, obteve resultados uniformes entre adobes da mesma mistura e valores proporcionais ao tempo de contato com a água.
- Os valores da absorção de água por capilaridade podem ser relacionados à densidade aparente dos adobes, na idade de ensaio.
- Os adobes sem adição de cal, mas com incorporação de SRMF, apresentaram valores menores de absorção em relação aos adobes com cal. No teor de 2% na idade analisada, a cal não influenciou positivamente na absorção de água por capilaridade dos adobes.

Dessa forma, estudos futuros podem ser necessários para analisar a interação mais adequada entre o solo argiloso, a cal e os SRMF.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7175: Cal hidratada para argamassas - Requisitos**. Rio de Janeiro: 2003.

. **NBR 7181: Solo - Análise granulométrica**. Rio de Janeiro: 2016.

. **NBR 9779: Argamassa e concreto endurecidos — Determinação da absorção de água por capilaridade**. Rio de Janeiro: 2012.

. **NBR 16605: Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica**. Rio de Janeiro: 2017.

. **NBR 16814: Adobe - Requisitos e métodos de ensaios**. Rio de Janeiro: 2020.

. **NBR 16972: Agregados - Determinação da massa unitária e do índice de vazios**. Rio de Janeiro: 2021.

. **NBR NM 30: Agregado miúdo- Determinação da absorção de água**. Rio de Janeiro; 2000.

BELL, F. G. Lime stabilisation of clay soils. **Bulletin de l'Association Internationale de Géologie de l'Ingénieur**. Vol. 39, 1989, 6774. DOI: <http://doi.org/10.1007/bf0259257>.

BRASIL. Agência Nacional de Mineração. **Anuário Mineral Brasileiro: principais substâncias metálicas / Agência Nacional de Mineração ; coordenação técnica de Karina Andrade Medeiros**. – Brasília: ANM, 2023. 23 p.; Ano Base 2021

BECKETT, C. T. S.; JAQUIN, P. A.; MOREL, J. C. Weathering the storm: A framework to assess the resistance of earthen structures to water damage. **Construction and Building Materials**. Vol. 242, 10 May 2020, 118098. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118098>.

CIRVINI, S.,A.; VOLTAN, J. A. G. Teste and device to evaluate the capillary absorption in soil specimens of adobe and rammed earth. **Revista Técnica Universidad del Zulia**. Vol. 37, Nº 1, 3 - 10. 2014.

DANSO, H.; MARTINSON, D. B.; ALI M.; WILLIAMS, J. B. **Effect of Sugarcane Bagasse Fibre on the Strength Properties of Soil Blocks**. In: 1st int conf bio-based build mater. 2015.

DEGIRMENCI, N. The use of industrial wastes in adobe stabilization. **Journal of Science**, 505 - 515. ISSN 1303-9709. 2005.

FIGUEIREDO, M.; LAMEIRAS, F.; ARDISSON, J.; ARAÚJO, M. H.; TEIXEIRA, A. P. de C. Tailings from Fundão Tragedy: physical chemical properties of the material that remains by candonga dam. **Integrated Environmental Assessment and Management**, [S.L.], v. 16, n. 5, p. 636-642, 10 jan. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1002/ieam.4227>.

INDEKEU, M. L.; FENG, C.; JANSSEN, H.; WOLOSZYN, M. Experimental study on the capillary absorption characteristics of rammed earth. **Construction and Building Materials**, v. 283, 10 mai. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122689>

LAGE, G. L. T.; MENDONÇA, I. K. NOGUEIRA, J. W. BESSA, S. A. L. **Análise mecânica de solo estabilizado com sedimento da barragem de Fundão**. Rede Terra Brasil. 2022a.

LAGE, G. L. T.; VIMIEIRO, J. I. C.; MATIAS, L. M.; COSTA, J. M.; BATISTA, G. E. F.; BESSA, S. A. L. **Caracterização do sedimento de rejeito de minério de ferro para uso como estabilizante da taipa de pilão**. 4º Congresso Luso-Brasileiro Materiais de Construção Sustentáveis. 2022b.

LAGE, G. T. L.; NOGUEIRA, J. A. W.; SARAIVA, S. H. M.; BESSA, S. A. L. Arquitetura de terra em regiões afetadas pelo rompimento da barragem de Fundão. In: VIII Congresso de



arquitetura e construção com terra no Brasil. Terra Brasil 2022, 2022, Florianópolis/SC. **Anais [...]**. Florianópolis/SC: UFSC, 2022c.

LITTLE, D. N., NAIR, S. **Recommended practice for stabilization of subgrade soils and base materials**. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2009. <https://doi.org/10.17226/22999>

LI, R.; ZHOU, Y.; LI, C.; LI, S.; HUANG, Z.. Recycling of industrial waste iron tailings in porous bricks with low thermal conductivity. **Construction And Building Materials**, [S.L.], v. 213, p. 43-50, jul. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.04.040>

MACHADO, I. C. M; BORGES, A. N.; SOUZA, J. C.; GITIRANA Jr., G. F. N.; REZENDE, L. R. Influência da Cal na Curva Característica Solo-água de um Solo Tropical. In: ANAIS DO XX COBRAMSEG, 2020, Campinas. **Anais eletrônicos...** Campinas, Galoá, 2020.

MANZOOR, S.O.; YOUSUF, A. Stabilisation of Soils with Lime: A Review. **Journal of Materials and Environmental Science**. Volume 11, Issue 9, Page 1538-1551. ISSN: 2028-2508 2020.

MATTOS, F. C; GONÇALVES, M. R. F. Influência do teor de finos das areias no coeficiente de capilaridade das argamassas de cal expostas ao ambiente marinho. **Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão**. Curitiba, PR, v.2, n.1,25, jan. / jun., 2017. DOI: 10.21575/25254782rmetg2017vol2n1333

MUNOZ, P.; LETELIER, V. MUNOZ, L.; BUSTAMANTE. Adobe bricks reinforced with paper e pulp wastes improving thermal and mechanical properties. **Construction and Building Materials**. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119314>

Norma E.080. **Reglamento nacional de construcciones: Adobe**. Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. 2000. Disponível em: <https://www.sencico.gob.pe/descargar.php?idFile=3478>

OHOFUGI, N. G.; GÓIS, M. S.; COSTA, K. R. C. B. da; CAVALCANTE, A. L. B. Instrumentação de Baixo Custo em Coluna de Solo para Monitoramento Time-Lapse da Ascensão Capilar / Low Cost Soil Column Instrumentation for Time-Lapse Monitoring of Rising Damp. **Brazilian Applied Science Review**, [S. l.], v. 5, n. 1, p. 226-240, 2021. DOI: <https://doi.org/10.34115/basrv5n1-014>

OLACIA, E.; PISELLO, A. L.; CHIODO, V.; MAISANO, S.; FRAZZICA, A.; CABEZA, L. F.. Sustainable adobe bricks with seagrass fibres. Mechanical and thermal properties characterization. **Construction And Building Materials**, [S.L.], v. 239, p. 117669, abr. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117669>

RAIMONDO, M.; DONDI, M.; GARDINI, D.; GUARINI, G.; MAZZANTI, R. Predisting the initial rate of water absorption in clay bricks. **Construction and Building Materials**. Volume 23, Issue 7, July 2009, Pages 2623-2630. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2009.01.009>

SÁNCHEZ, A.; VARUM, H.; MARTINS, T.; FERNANDEZ, J. Mechanical properties of adobe masonry for the rehabilitation of buildings. **Construction and Building Materials**. Volume 333, 23 May 2022, 127330. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.127330>

SILVA, F. L. da; ARAÚJO, F. G.; TEIXEIRA, M. P.; GOMES, R. C.; VON KRÜGER, F. L. Study of the recovery and recycling of tailings from the concentration of iron ore for the production of ceramic. **Ceramics International**, [S.L.], v. 40, n. 10, p. 16085-16089, dez. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2014.07.145>

TAALLAH, B.; GUETTALA, A. The mechanical and physical properties of compressed earth block stabilized with lime and filled with untreated and alkali-treated date palm fibers. **Construction and Building Materials**. Volume 104, 1 February 2016, Pages 52-62. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.12.007>

VIMIEIRO, J. I. C.; LAGE, G. T. de L.; MATIAS, L. M.; BATISTA, G. E. F.; COSTA, J. M.; BESSA, S. A. L. **Análises físicas e mecânicas de adobes produzidos com sedimento de rejeito de minério de ferro**. 4º Congresso Luso-Brasileiro Materiais de Construção Sustentáveis Salvador, 9-11 de novembro. 2022.



Aplicação da tecnologia de impressão 3D com materiais cimentícios em projetos residenciais

Application of 3D printing technology with cementitious materials in residential projects

Luana Toralles Carbonari, doutora, Universidade Estadual de Londrina – UEL

luanatcarbonari@gmail.com

Berenice Martins Toralles, doutora, Universidade Estadual de Londrina – UEL

toralles@uel.br

Lívia Fernanda Silva, mestre, Faculdade de Engenharia e Inovação Técnico Profissional – FEITEP

livia_fernanda5@hotmail.com

Lisiane Ilha Librelotto, doutora, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

lisiane.librelotto@gmail.com

Thalita Gorban Ferreira Giglio, doutora, Universidade Estadual de Londrina UEL

thalita@uel.br

Número da sessão temática da submissão – [6]

Resumo

A construção civil tem passado por diversas transformações devido ao emprego da digitalização e automação. Um exemplo atual é a aplicação da impressão 3D com materiais cimentícios, que apresentou crescimento considerável nos últimos anos. Este artigo tem como objetivo analisar residências construídas com o uso dessa tecnologia inovadora e disruptiva. Utilizou-se de pesquisa bibliográfica para identificar conceitos referentes ao uso da impressão 3D com materiais cimentícios na construção civil. Após, foi feita uma análise comparando as residências selecionadas, com relação às categorias: dimensões e forma; fundação; piso; paredes, esquadrias e acabamentos e; cobertura. Os resultados evidenciam que a construção residencial com o uso da tecnologia de impressão 3D é promissora e vantajosa, com maior agilidade construtiva, redução de custos e desperdícios etc. Ademais, possibilita diversas composições formais, o uso de fundações simples e a associação com outros materiais, gerando soluções projetuais que podem se adequar aos aspectos culturais, econômicos e ambientais de cada contexto.

Palavras-chave: Construção Civil; Moradias; Manufatura Aditiva; Material Cimentício; Estudo de caso

Abstract

Civil construction has undergone several transformations due to the use of digitalization and automation. A current example is the application of 3D printing with cementitious materials, which has shown considerable growth in recent years. This paper aims to analyze homes built with the use of this innovative and disruptive technology. Bibliographic research was used to identify concepts related to the use of 3D printing with cementitious materials in civil construction. Then, an analysis was made comparing the selected residences, regarding the categories: dimensions and shape; foundation; floor; walls, frames and finishings; and roof. The results show that residential construction using this technology is promising and advantageous, with greater construction agility, cost and waste reduction, etc. Furthermore, it enables several formal compositions, the use of simple foundations, and the association with other materials, generating design solutions that can be adapted to the cultural, economic, and environmental aspects of each context.

Keywords: Civil Construction; Housing; Additive Manufacturing; Cementitious Material; Case Study

1. Introdução

Arquitetura e construção civil são áreas interdisciplinares que envolvem inúmeros setores da engenharia para produzir edifícios com diferentes níveis de escala e complexidade, sendo cada vez mais desafiadas a otimizar seu desempenho em termos de produtividade e eficiência, reduzindo custos e minimizando o impacto ambiental (CRAVEIRO *et al.*, 2016).

Uma tecnologia que vem sendo cada vez mais explorada na construção civil, que se utiliza de ferramentas que unem a fabricação através da programação digital é a impressão 3D, considerada um exemplo de tecnologia disruptiva, devido à quebra de paradigma subjacente aos processos de manufatura aditiva, em que um objeto sólido pode ser construído pela adição de material elementar, de modo que possa ser automatizada (PRENTICE, 2014).

Essa tecnologia pode trazer inúmeras vantagens quando utilizada para a produção de moradias, como: menores custos, processos de construção ecologicamente corretos e o uso de matérias-primas com baixa energia incorporada (ou seja, resíduos industriais e de construção); e economia de tempo, pois o tempo necessário para concluir a moradia pode ser consideravelmente reduzido (HAGER; GOLONKA; PUTANOWICZ, 2016).

Deste modo, o uso desta tecnologia na construção civil vai ao encontro de temas atuais, como: Cidades Inteligentes; Desenvolvimento Sustentável e Transformação Digital, pois investiga o uso de uma tecnologia construtiva inovadora, que incorpora os conceitos da indústria 4.0 de digitalização, automatização e conectividade. Além disso, engloba os três pilares da Sustentabilidade: Ambiental, na mitigação de CO₂, menor geração de resíduos e possibilidade de reutilização; Econômica, proporcionando maior produtividade, menores custos e desperdícios e inovação e automatização na construção civil; e Social, atendendo a demanda habitacional, com melhores condições de conforto e habitabilidade.

Em 2015 foi estipulada pela ONU a “Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável”, com a definição de 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Estes ODS devem ser implementados por todos os países do mundo durante os próximos 15 anos. Dentre os objetivos desta agenda evidencia-se principalmente a aderência desta pesquisa aos de número 9 “Indústria, inovação e infraestrutura”, 10 “Redução das desigualdades”, 11 “Cidades e comunidades sustentáveis”, 12 “Consumo e produção responsáveis”, 13 “Ação contra a mudança global do clima” e 15 “Vida terrestre”.

Sendo assim, este estudo aborda problemas atuais que afetam o bem-estar social no Brasil e no mundo, principalmente considerando o grande impacto da indústria da construção civil no meio ambiente, sua participação no PIB e o valor expressivo do déficit habitacional, que no ano de 2019 no Brasil foi de 2.840.899 pessoas, incluindo aquelas morando em habitação precária e coabitação (CBIC, 2021). Isso evidencia a urgência na busca por novas soluções de moradia, mais dignas, com condições mínimas de habitabilidade, de baixo custo, rápida execução, utilizando tecnologias inovadoras, que sejam coerentes com os ODS.

Considerando que na última década, o crescente desenvolvimento da tecnologia de impressão 3D e a melhoria do material de impressão tem atraído o interesse de diversas empresas de todos os setores da indústria ao redor do mundo, e tendo em vista o atual contexto de grande preocupação com a preservação do meio ambiente e à demanda habitacional, o objetivo deste artigo é analisar, a partir de estudos de caso, o panorama atual da aplicação da tecnologia de impressão 3D com materiais cimentícios em projetos residenciais, visando destacar os aspectos mais relevantes dos projetos com relação às dimensões e forma; fundação; piso; paredes, esquadrias e acabamentos; e cobertura.

2. Tecnologia de impressão 3D com materiais cimentícios na construção civil

As origens da impressão 3D na construção estão na automação e na robótica. Uma impressora 3D é um sistema móvel ou estacionário, consistindo em vários subsistemas ou componentes robóticos, com materiais que servem como a tinta da impressora (KHAN; SANCHEZ; ZHOU, 2020). Esta tecnologia é considerada um tipo de manufatura aditiva, que pode ser definida como um processo de fabricação automatizado, composto de uma série de operações e subprocessos industriais, que constroem fisicamente objetos tridimensionais com propriedades específicas, por meio da adição e união sucessiva, camada por camada, de um determinado material (ASTM, 2015).

Os processos de fabricação aditiva em larga escala, baseados em cimento, geralmente denominados de impressão 3D de concreto, estão em desenvolvimento crescente nos últimos 10 anos (BUSWELL *et al.*, 2018). Estudos da impressão 3D aplicada na construção civil, iniciaram-se com o pesquisador Joseph Pegna, nos EUA, em 1997, com o artigo intitulado “Investigação exploratória de forma livre aplicada na construção” em que foi desenvolvida a pesquisa para se obter elementos manufaturados com uso de matéria primas comumente empregadas na construção civil, tais como cimento e areia (BUSWELL *et al.*, 2018; PEGNA, 1997). Além dele, o engenheiro civil Enrico Dini, entre 2005 e 2007, iniciou experimentos voltados a impressão de edificações, tornando-o mundialmente famoso como “o homem que imprime casas” (D-SHAPE, 2023; SILVA *et al.*, 2018).

A impressão 3D na construção civil abrange diferentes métodos de aplicação relacionados ao tipo do processo de extrusão. Sua escolha é capaz de promover diferentes características tanto na geometria do objeto a ser desenvolvido quanto nas propriedades do material nos estados fresco e endurecido (BUSWELL *et al.*, 2018). Em relação a característica geométrica das estruturas pode se dizer que as técnicas de impressão 3D comparadas com as tradicionais de construção dos edifícios, são consideradas como ecologicamente corretas, oferecendo possibilidades quase ilimitadas de complexidade geométrica (HAGER; GOLONKA; PUTANOWICZ, 2016). Pode-se citar 3 métodos de extrusão aplicadas à construção civil, a saber: *Contour Crafting*, *D-Shape* e *Concrete Printing* (LIM *et al.*, 2012; MARIJNISSEN; VAN DER ZEE, 2017).

- *Contour Crafting (Freeform Building)*: tecnologia americana que utiliza o controle do computador para explorar a capacidade de formação de superfícies planas e de formas livres precisas (KHOSHNEVIS; DUTTON, 1998). A fabricação do elemento em camadas

através deste método tem um grande potencial na construção automatizada de estruturas inteiras, bem como subcomponentes, com extrusão de forma híbrida, combinando o processo de extrusão para formar as superfícies dos objetos e o processo de enchimento para construir o núcleo (KHOSHNEVIS, 2004). Nesta tecnologia, o material cimentício é extrudado progressivamente camada por camada (HAGER; GOLONKA; PUTANOWICZ, 2016). De acordo com Lim (2012), o *Contour Crafting* caracteriza-se pela extrusão de filamentos de seção oca de argamassa cimentícia a partir de uma cabeça de extrusão, controlada por computador, capaz de movimentar-se tridimensionalmente. Este método permite um acabamento de superfície com qualidade através do acúmulo das camadas subsequentes. Foi desenvolvido de forma a combinar a alta velocidade e a deposição de camadas.

- *D-Shape*: processo em que se tem a deposição de uma camada de pó seco (mistura de agregados, resíduos, fibras, entre outros) de forma homogênea, sendo a camada compactada resultando em uma superfície uniforme. Posteriormente é injetado um aglutinante à base de resinas epóxi (D-SHAPE, 2023). De acordo com (LIM *et al.*, 2012), a penetração do ligante através de cada camada e a pressão que ocorre em torno do ponto de injeção são considerados parâmetros importantes no método D-Shape. Atualmente a D-Shape abrange muitos setores, indo desde o setor ambiental, ao militar, arqueológico, marítimo, artístico e de construção.

- *Concrete Printing*: tecnologia inglesa em que a impressão em concreto também se baseia na extrusão de argamassa de cimento. No entanto, o processo foi desenvolvido para reter a liberdade tridimensional com uma resolução de menor deposição, o que permite controle do formato geométrico. Nos métodos *Concrete Printing* e *D-Shape* são necessários suportes adicionais para criar saliências e outros recursos de forma livre (LIM *et al.*, 2012).

A manufatura aditiva é considerada como uma das tecnologias capazes de impulsionar a indústria 4.0, pois possibilita designs menos densos e complexos, sendo a impressão 3D uma de suas possíveis aplicações. Apesar desta ter se iniciado através da produção de prototipagem de forma individual, com o avanço da tecnologia é possível a produção de lotes de produtos personalizados. A chave para a implementação bem-sucedida da manufatura aditiva é o esforço multidisciplinar em sinergia envolvendo ciência de materiais, arquitetura, design, computação e robótica. A abordagem simples da construção em camadas é um processo que já é praticado no setor da construção, a novidade é a de combinar novos materiais eficientes e sustentáveis com as ferramentas avançadas da era digital, usando software de projeto arquitetônico como interface e diferentes componentes da tecnologia robótica para automatizar e superar os processos que foram comprovados manualmente (GHAFAR; CORKER; FAN, 2018).

3. Procedimentos Metodológicos

A metodologia aplicada parte de revisão exploratória da literatura, identificando conceitos referentes ao uso da tecnologia de impressão 3D com materiais cimentícios na

construção civil. Em seguida, foi utilizada a estratégia de estudos de caso múltiplos (YIN, 2014) com uma abordagem qualitativa, a partir de levantamento bibliográfico, para identificar e analisar projetos residenciais em que foi utilizada essa tecnologia. Em cada caso, o projeto, os materiais e as técnicas construtivas das habitações foram analisados, sendo definidas as seguintes categorias de análise: a) dimensões e forma; b) fundação; c) piso; d) paredes, esquadrias e acabamentos e; e) cobertura. A escolha de mais de um caso permitiu uma análise comparativa, destacando aspectos de convergência e divergência entre eles. A análise qualitativa dos dados foi realizada por meio do processo de análise-reflexão-síntese (PATRICIO-KARNOPP, 2004), sendo utilizada a técnica de análise de conteúdo (BARDIN, 1991) para avaliar a bibliografia encontrada.

4. Resultados e Discussão

Inicialmente são descritas algumas aplicações da tecnologia de impressão 3D em projetos residenciais, seguida de uma análise comparativa dos projetos, materiais e técnicas construtivas, referentes às categorias de análise estabelecidas na pesquisa.

4.1 Aplicações da tecnologia de impressão 3D em projetos residenciais

O primeiro projeto residencial realizado inteiramente utilizando a impressão 3D ocorreu em 2014 na Europa, impressa pela empresa holandesa *Dus Architects*. O projeto, denominado *3D print Canal House Living Lab*, foi feito em Amsterdã e levou cerca de 3 anos para ser finalizado, sendo parte de uma pesquisa sobre novas soluções habitacionais globais e explorações de mercado. O principal objetivo da operação foi investigar e compartilhar com o público o potencial uso da impressão 3D na indústria da construção. A técnica de impressão utilizada é muito semelhante à da maioria das impressoras, tendo início a partir da modelagem 3D em um programa computacional. O material utilizado é um termoplástico biodegradável, que é aquecido pela impressora até atingir o estado líquido apropriado, para que possa ser depositado camada por camada através de um bocal. Segundo a empresa, o mais desafiador foi desenvolver um material que, após a fabricação, seria ao mesmo tempo flexível o suficiente para criar camadas de encaixe, adesivas de modo que a camada subsequente se uniria à anterior e rígida o suficiente para que o componente preservasse a sua forma (HAGER; GOLONKA; PUTANOWICZ, 2016).

Também em 2014, a empresa chinesa *WinSun*, utilizando material cimentício, conseguiu construir casas a partir da produção de componentes impressos como elementos pré-fabricados e montados in loco. Neste artigo foram analisados projetos residenciais feitos com a tecnologia de impressão 3D utilizando materiais cimentícios e aplicando em grande parte o método *Contour Crafting*, apresentados a seguir:

Caso 1: *WinSun Decoration Design Engineering Co*

Em 2014, a *WinSun* construiu na cidade de Suzhou, China, 10 casas de 200 m² em 24 horas a partir da impressão de elementos pré-fabricados e montados in loco (Figura 1a e b) (WALKER, 2014).

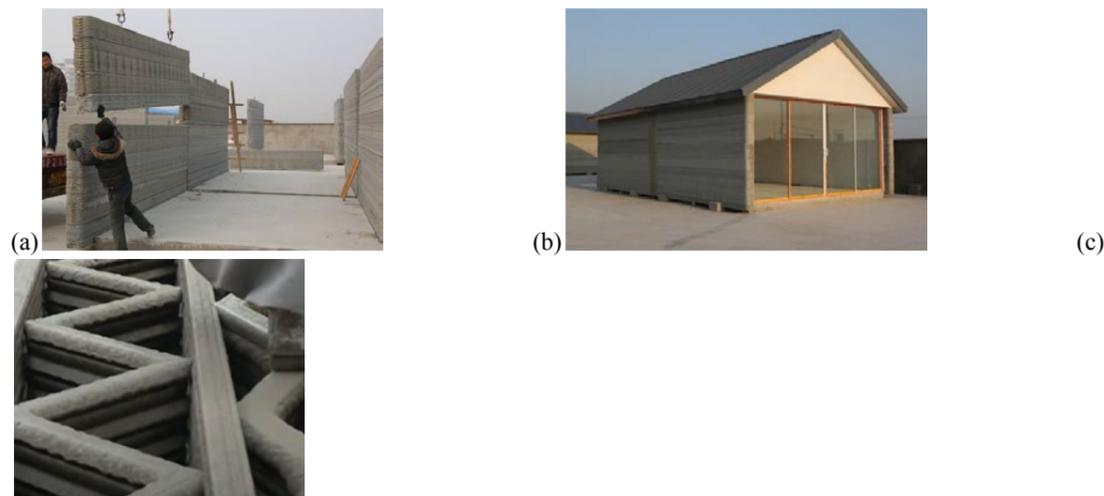


Figura 1: (a) Montagem de parede, (b) casa finalizada e (c) estrutura do elemento pré-fabricado.
Fonte: Walker (2014).

A impressora utilizada tem 6,6 metros de altura e 10 metros de largura. Para a execução das paredes, o material cimentício utilizado, composto por resíduos, fibra de vidro e cimento, é extrusado por meio de um bocal camada por camada. As paredes são reforçadas diagonalmente, ficando com estrutura oca, o que melhora o isolamento térmico (Figura 1c). Os componentes são impressos em uma fábrica e transportados para o canteiro de obras para serem montados. Após, é feita a instalação das janelas e portas e do telhado e, por fim, são realizados os acabamentos. O custo estimado de cada casa era de 4.800 dólares. As casas foram utilizadas como escritórios em um parque industrial de alta tecnologia em Xangai (HAGER; GOLONKA; PUTANOWICZ, 2016; WALKER, 2014).

Caso 2: *Apis Cor*

Em 2017, a empresa russa *Apis Cor*, com sede em São Francisco, construiu em Moscou uma casa de 38 m² em apenas um dia, sendo as paredes construídas inteiramente *in loco*. A impressora utilizada tem uma altura variável de 1,5 a 3,1 m e comprimento variável de 4 a 8,5 m, funcionando por rotação em torno de um eixo (Figura 2a). A casa tem formato curvo e layout aberto, com apenas um banheiro e uma divisória pequena, que separa a cozinha da área de estar (Figura 2b, c e d). O processo construtivo é iniciado pela inserção dos elementos e suas ligações com a rede hidráulica e elétrica, e posteriormente a impressão da edificação. Inicialmente a impressora faz a fundação, com a inserção de fibras de vidro para promover uma maior resistência e, após isso, as paredes são extrudadas. Ao final, são instaladas as janelas e mobiliários e a casa foi pintada externamente de amarelo, sem a necessidade de preparação da superfície. Durante a impressão foi utilizado um reforço horizontal de fibra de vidro para as paredes, gerando vazios internos onde foi pulverizada uma mistura à base de poliuretano para isolamento (Figura 2a). O custo estimado da casa foi 10.000 dólares e, se feita quadrada, com as mesmas características, teria custado cerca de 8.870,00 dólares (GARFIELD, 2017).

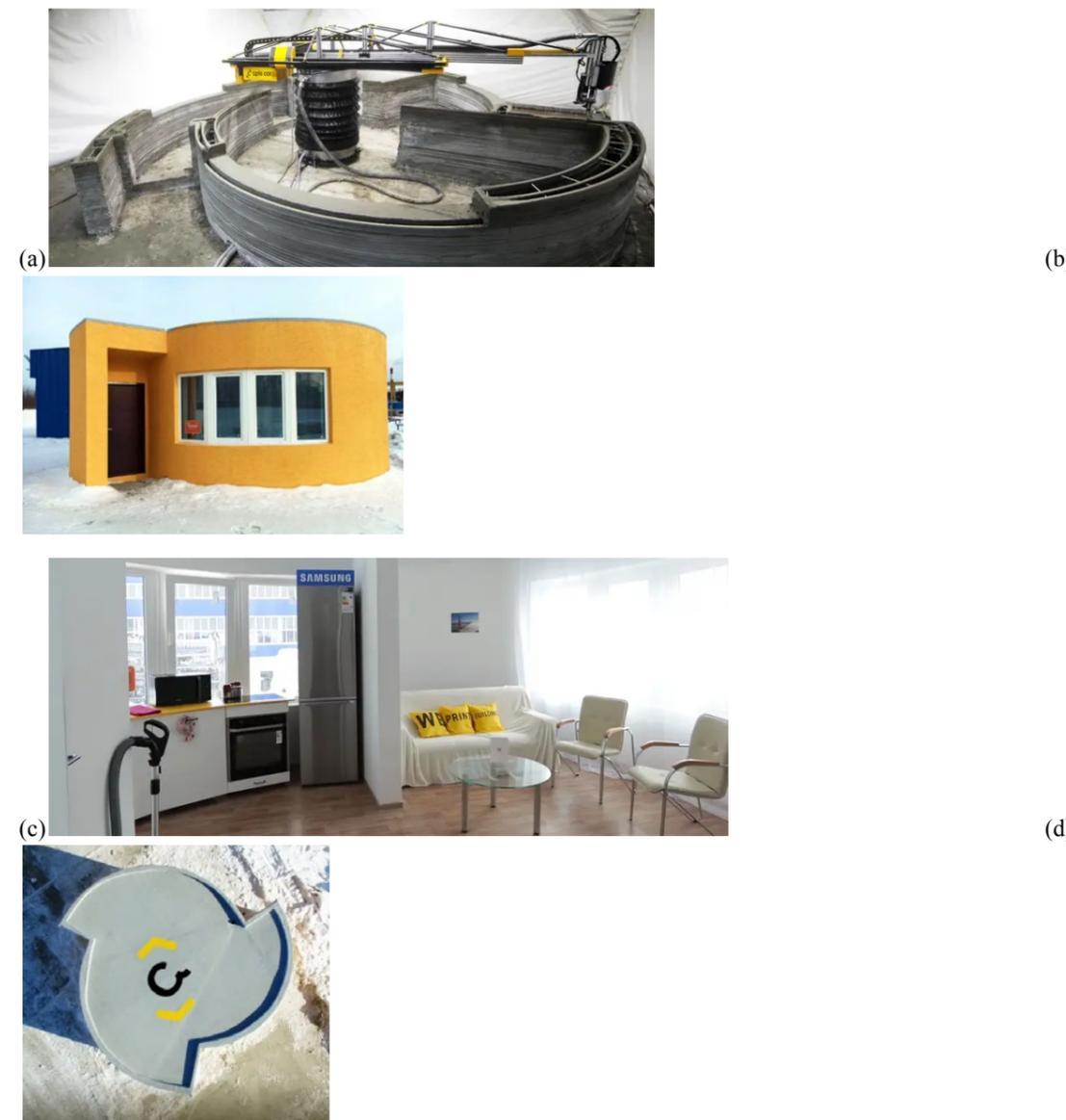


Figura 2: (a) Impressão da casa, vista externa (b), interna (c) e superior (d). Fonte: Garfield (2017).

Caso 3: ICON - *Chicon House*

Em 2018, a empresa de impressão 3D ICON foi a primeira na América a conseguir uma licença para construir uma casa, denominada *Chicon House*, em Austin, Texas nos EUA. A casa tem 32,5 m², 2 quartos, 1 banheiro e uma área de sala com cozinha, sendo rodeada por varanda coberta (Figura 3a). A cobertura foi levemente inclinada, criando um espaço para entrada de iluminação natural (Figura 3b). O tempo de impressão foi cerca de 47 horas e foi feita com a impressora Vulcan I, da 1ª geração da empresa. Desde então a ICON tem investido e desenvolvido muito a tecnologia de impressão 3D e está atualmente na 3ª geração da Vulcan O projeto da *Chicon House* foi feito em parceria com a ONG *New*

Story, sendo um protótipo de casa pensando no mundo em desenvolvimento, onde energia, água e materiais de construção têm fornecimento inconsistente (ICON, 2023).



Figura 3: Vista externa (a) e interna (b) da casa. Fonte: ICON (2023).

Caso 4: ICON - Casas impressas no México

Em 2019, a ICON em parceria com a ONG *New Story* e a empresa mexicana de habitação social desenvolveram um projeto para imprimir 50 casas para famílias em situação de extrema pobreza em Tabasco, México utilizando a impressora Vulcan II. Inicialmente foram impressas 2 casas, para serem testadas e utilizar o feedback dos usuários para imprimir as demais. As casas foram impressas em 24 horas e cada unidade tem cerca de 46 m², com 2 quartos, 1 sala de estar com cozinha e banheiro (Figura 4b). Algumas estratégias de projeto para melhorar o fluxo do ar foram paredes externas com cantos arredondados e aberturas acima das janelas, conforme ilustra a Figura 4a. Além disso, a fundação recebeu um reforço estrutural, pois as casas estão locadas em uma zona sísmica (ICON, 2023).

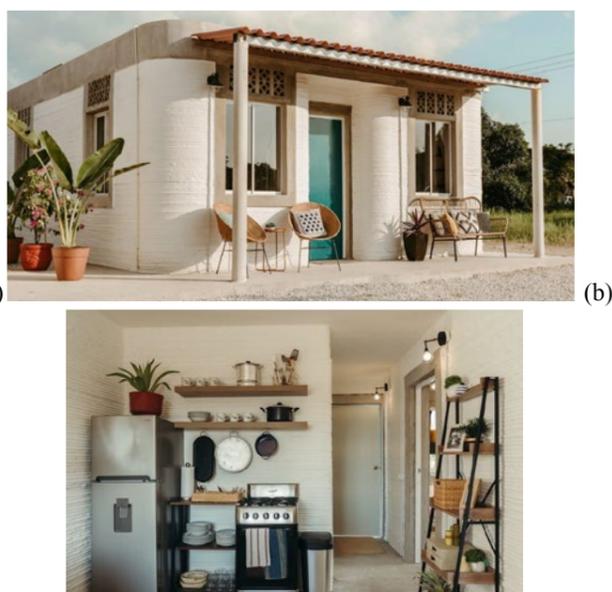


Figura 4: Vista externa (a) e interna (b) de uma das casas. Fonte: ICON (2023).
Caso 5: ICON - *Community First! Village*

Com o objetivo de fornecer moradia acessível e permanente para pessoas desabrigadas, a empresa ICON em parceria com a ONG *Mobile Loaves & Fishes* imprimiu 6 casas (3 de cada vez) para residentes da comunidade *Community First! Village* em Austin, no Texas, em 2018. Cada casa tem um layout diferente, mas todas têm 37 m², 1 quarto, 1 banheiro, sala integrada com cozinha e varanda e foram construídas inteiramente *in loco*. As paredes foram impressas com estruturas diagonais internas, criando vazios que melhoram o seu isolamento térmico (Figura 5c). Aberturas nas paredes e no telhado garantem uma boa iluminação e ventilação natural no interior das residências. A acentuada inclinação do telhado amplia o pé direito interno (Figura 5a e b) (ICON, 2023).



Figura 5: Vista externa (a) e interna (b) das casas e (c) impressão da parede. Fonte: ICON (2023).

Caso 6: ICON - Residências *East 17th Street*

Este empreendimento é composto por 4 casas exclusivas, projetadas em 2021 pela empresa *Logan Architecture*, e localizado na região Oeste de Austin, nos EUA. As casas têm áreas que variam de 83 m² a 185 m², com opções de 2 e 4 quartos. O primeiro andar destas casas de alta eficiência energética foi impresso em 3D usando o sistema de construção Vulcan da empresa ICON. Todas as casas têm varanda e estacionamento cobertos, layout de conceito aberto, design de interiores sob medida, grandes janelas voltadas para o Norte, escritórios / quartos no segundo pavimento e uma estética minimalista. O segundo pavimento é feito com estrutura e vedações leves metálicas (Figura 6) (ICON, 2023).



Figura 6: Vista externa (a) e (b) e interna (c) das casas. Fonte: ICON (2023).

Caso 7: ICON - House Zero

A casa *House Zero* foi projetada em 2022 pela empresa *LakeFlato*, conhecida por seus projetos sustentáveis, e está localizada na região Leste de Austin, nos EUA. A casa tem 185 m², 3 quartos, 2 banheiros e 1 suíte. As paredes foram impressas em menos de duas semanas com um material cimentício da ICON, denominado *Lavacrete*, utilizando o sistema de impressão Vulcan da 3^a geração e receberam um material de isolamento e aço para reforço estrutural. A casa apresenta um projeto arquitetônico com estética contemporânea e eficiência energética, utilizando princípios biofílicos, com formas orgânicas inspiradas na natureza, que são melhor alcançadas usando a tecnologia de impressão 3D. As paredes curvas possibilitam uma auto estabilidade estruturalmente eficiente, enquanto os cantos arredondados permitem rotas de circulação mais suaves e naturalistas em toda a casa (Figura 7). As portas e janelas foram estrategicamente posicionadas para aproveitar as paisagens que as acompanham; as janelas de face leste iluminam a sala com luz solar suave, porém dinâmica, minimizando a necessidade de iluminação artificial ao longo do dia (ICON, 2023).

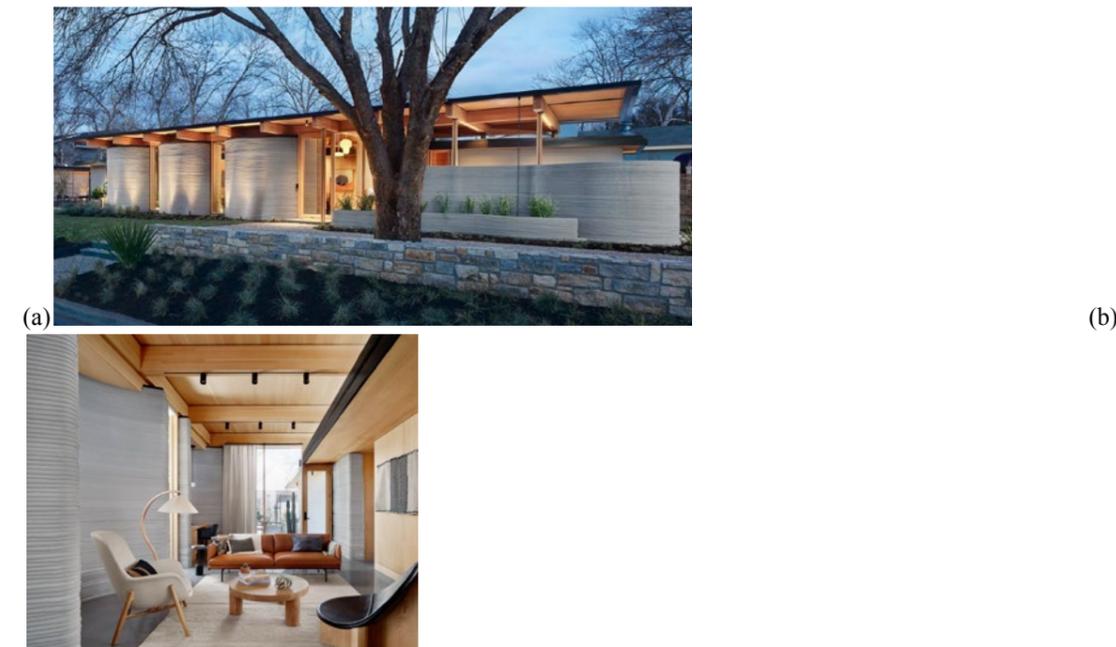


Figura 7: Vista externa (a) e interna (b) da casa *House Zero*. Fonte: ICON (2023).

A *House Zero* ganhou vários prêmios, incluindo ser nomeada uma das *TIME's Best Inventions of 2022*, o Projeto do Ano da Revista *Builder*, entre outros (ICON, 2023).

Caso 8: ICON - Coleção Genesis no Wolf Ranch

Atualmente a ICON, em parceria com a construtora *Lennar*, estão construindo a maior comunidade de casas impressas do mundo, composta por 100 unidades, que foram projetadas pelo escritório de arquitetura *Bjarke Ingels Group*. As casas serão construídas em Georgetown - Austin, nos EUA, na comunidade planejada de *Wolf Ranch*. Os projetos combinam a estética contemporânea do estilo *Ranch* do Texas com estratégias de eficiência energética (Figura 8). As paredes estão sendo impressas utilizando a tecnologia Vulcan da 3^a geração. No total serão oferecidos 8 tipos de plantas e 24 possibilidades de fachada, com áreas variando de 146 m² a 196 m², podendo terem de 3 a 4 quartos e de 2 a 3 banheiros. Todas as casas serão alimentadas com painéis solares e contarão com itens do pacote *Connected Home* da *Lennar*, além de virem equipadas com o pacote de segurança de *Wolf Ranch*. Prevê-se que os preços comecem a partir de 400.000,00 dólares (ICON, 2023).



Figura 8: Vista externa (a) e (b) e interna (c) das casas. Fonte: ICON (2023).

Caso 9: 3D Printed House

Na Holanda, em EindHoven, através do projeto *Milestone* da *3D Printed House*, vão ser feitas 5 casas impressas. A primeira delas, de 94 m², foi finalizada em 2021 (Figura 9a e b). O projeto dos arquitetos Houben e Van Mierlo tem uma estética minimalista, aproveitando a liberdade formal proporcionada pela tecnologia de impressão 3D. Graças ao isolamento extra espesso e uma conexão à rede de aquecimento, a casa é confortável e eficiente energeticamente, com coeficiente de desempenho energético de 0,25. Seu aspecto estético, lembrando uma rocha, foi pensado visando a integração com o contexto. A residência é composta por 1 sala com cozinha integrada, 1 suíte, 1 lavabo e 1 quarto e consiste em 24 elementos de concreto que foram impressos em uma fábrica em Eindhoven (Figura 9c), transportados até o canteiro de obras e colocados sobre uma fundação, sendo instalada *in loco* a cobertura e esquadrias e aplicados os acabamentos (3D PRINTED HOUSE, 2023).

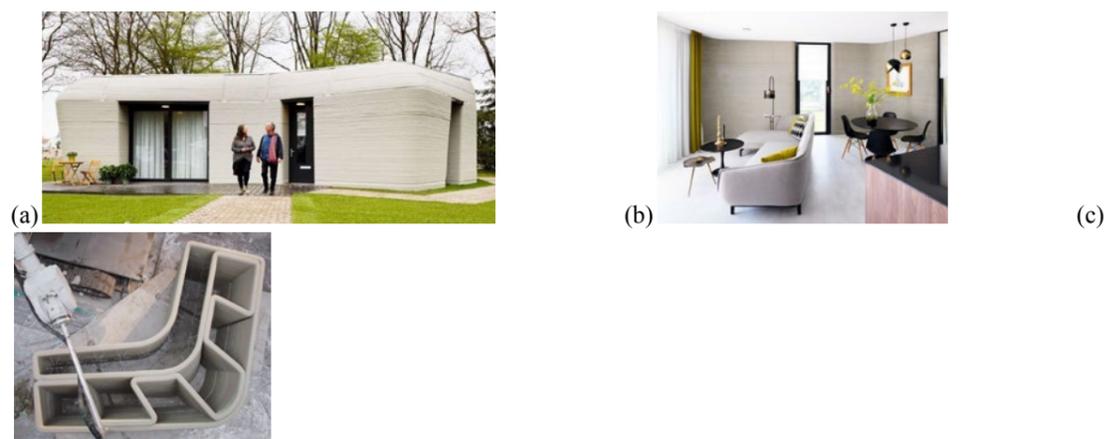


Figura 9: Exterior (a) e interior (b) da casa e (c) parte da parede. Fonte: 3D PRINTED HOUSE (2023).

4.2 Análise comparativa dos projetos residenciais

A seguir é feita uma análise comparativa do projeto, materiais e técnicas construtivas utilizadas nas habitações, referente às categorias de análise estabelecidas, a saber: a) dimensões e forma, b) fundação, c) piso, d) paredes, esquadrias e acabamentos e e) cobertura.

a) Dimensões e forma

Com exceção do caso 1, as primeiras casas impressas (casos 2 a 5) têm dimensões reduzidas, variando entre 32,5 m² e 46 m² e foram feitas em grande parte em parceria com ONGs, como alternativa de moradia digna e acessível para desabrigados, moradores de rua e pessoas em situação de extrema pobreza. A partir do ano de 2021, com o aprimoramento da tecnologia, observa-se o desenvolvimento de projetos mais ousados, em parceria com escritórios de arquitetura e arquitetos renomados (casos 6 a 9). As dimensões das casas também são maiores, variando entre 83 m² e 196 m² e são projetadas para clientes que buscam uma proposta arquitetônica diferenciada.

De modo geral, observa-se a preferência por plantas mais abertas, com poucas divisórias e ambientes mais fluidos, com uso de formas orgânicas, com cantos arredondados e paredes curvas, que são melhor alcançadas usando a tecnologia de impressão 3D. No geral a cozinha é integrada com a sala e o número de quartos e banheiros varia dependendo da área das casas. Especialmente nas casas de menores dimensões, nota-se que o uso de varanda é muito vantajoso, pois amplia a área coberta, além de proteger as vedações das intempéries.

No caso 6 observa-se a adoção de um segundo pavimento, feito com estrutura e vedações leves metálicas, o que demonstra a possibilidade de leiautes variados, combinando outros materiais com a impressão 3D. A bibliografia consultada aponta o interesse em construir casas com mais de um pavimento utilizando a impressão 3D (3D PRINTED HOUSE, 2023; APIS COR, 2023; WALKER, 2014).

Com exceção do caso 1, em todos os outros projetos observa-se uma preocupação arquitetônica com a estética das residências e sua eficiência energética, buscando soluções adequadas aos aspectos culturais e ambientais da região em que serão construídas. Isso fica muito evidente nas casas feitas para o México (caso 4), nos projetos da Coleção Genesis (caso 8) e no caso 9.

b) Fundação

Observou-se na bibliografia consultada que a fundação utilizada em todos os casos é do tipo radier, sendo feita antes da impressão das paredes, de modo convencional. O radier é uma fundação superficial, onde uma espécie de laje em contato direto com a superfície do solo de toda a área da edificação, recebe e descarrega de forma uniforme todos os esforços da superestrutura para o solo.

c) Piso

Os materiais aplicados no piso das residências variam de caso para caso, sendo identificado o uso da madeira laminada, piso vinílico, piso de concreto sem acabamento,

entre outros. O que se observa é que não existe uma limitação quanto ao tipo de piso, podendo ser aplicado qualquer material utilizado em construções convencionais. No geral, nota-se a preferência por cores claras e neutras, especialmente o cinza, dando mais amplitude e fluidez aos ambientes internos.

d) Paredes, esquadrias e acabamentos

Nas residências analisadas observam-se duas situações distintas. Nos casos 1 e 9 os elementos que compõem as paredes das casas foram pré-fabricados (impressos) em uma fábrica e transportados para o canteiro de obras para serem montados. Já nos casos 2 a 8 as paredes foram impressas *in loco*, usando impressoras tipo pórtico ou que funciona por rotação (caso 2), sendo montadas estruturas para proteger as impressoras das intempéries durante a execução das paredes. Nas duas situações a instalação das janelas e portas, a execução da cobertura e os acabamentos e instalações foram feitos depois das paredes serem finalizadas. Nos projetos analisados observa-se uma grande diversidade de soluções de esquadrias, com diferentes materiais, cores e formatos, além de aberturas bastante amplas na maioria dos casos, o que evidencia flexibilidade na escolha das soluções de portas e janelas.

Na maioria dos casos, as camadas resultantes da impressão ficaram aparentes, sem nenhum tipo de acabamento que deixe as superfícies externas lisas, o que demonstra a resistência do material às intempéries e uma vontade estética de deixar visível a solução tecnológica utilizada.

Em todos os casos as camadas das paredes não são monolíticas, sendo reforçadas diagonalmente. Deste modo, ficam com vazios internos, o que melhora seu isolamento térmico e desempenho estrutural. Em alguns casos foi aplicado nesses vazios um material isolante e aço ou fibra de vidro para reforço estrutural.

e) Cobertura

Nos casos analisados identificou-se a adoção de diferentes soluções de cobertura, desde o uso de telhado com 2 águas (casos 1, 5 e 6), coberturas planas tipo laje impermeabilizada com uma pequena platibanda (casos 2, 4 e 9), telhado com uma água (caso 3), coberturas planas com estrutura mais complexa (caso 7), telhados com várias águas (caso 8). Observa-se que a adoção do tipo de cobertura é bastante variada e está muito relacionada com a estética e estilo das casas, sendo utilizados diferentes materiais e cores para sua execução, como estrutura e revestimentos metálicos e de madeira, telhas, vidro etc. Deste modo, o que se nota é que existe muita liberdade para o projeto e execução da cobertura de casas feitas com impressão 3D, possibilitando ao projetista explorar diversas composições, conforme o conceito adotado no projeto.

5. Considerações Finais

Neste artigo foram analisados projetos residenciais cuja construção foi feita utilizando a tecnologia de impressão 3D com materiais cimentícios, visando destacar os aspectos mais

relevantes das residências com relação às dimensões e forma; fundação; piso; paredes, esquadrias e acabamentos; e cobertura.

A aplicação dessa tecnologia em projetos residenciais é recente, com as primeiras casas sendo impressas em 2014. Observou-se que inicialmente os projetos desenvolvidos visavam principalmente explorar novas soluções habitacionais globais, avaliar a aplicabilidade da impressão 3D na construção civil, divulgar e aprimorar a tecnologia. Após isso, a impressão 3D foi utilizada principalmente em soluções emergenciais de interesse social, com projetos de metragem quadrada reduzida e economicamente viáveis. Atualmente se observa uma preocupação com a sustentabilidade e a eficiência energética e projetos arquitetônicos de maior porte e mais ambiciosos esteticamente, desenvolvidos em parceria com escritórios renomados. Esses projetos visam destacar as possibilidades arquitetônicas viabilizadas pela construção aditiva e desenvolver novas linguagens de projeto, com o objetivo de mudar o paradigma da construção de casas. Isso só é possível graças ao crescente investimento que tem sido feito na tecnologia de impressão 3D com materiais cimentícios e ao acelerado desenvolvimento da tecnologia, que têm proporcionado soluções mais ousadas, como a impressão de comunidades inteiras, a exemplo da Coleção Genesis no Wolf Ranch, EUA.

Por fim, pode-se concluir que a tecnologia de impressão 3D aplicada a projetos residenciais é promissora e pode trazer inúmeros benefícios, como agilidade construtiva, redução de custos e desperdícios, menor impacto ambiental, maior eficiência energética, dentre outros. Além disso, possibilita diversas composições formais, com a exploração de formas orgânicas e princípios biofílicos, o uso de fundações mais simples e econômicas e a associação com outros materiais e sistemas construtivos, gerando soluções projetuais que podem se adequar aos aspectos culturais, econômicos e ambientais de cada contexto. Deste modo, vai ao encontro de um importante conceito de sustentabilidade: soluções globais considerando as condições locais.

Agradecimentos

Agradecemos a bolsa de pós-doutorado concedida pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (168166/2022-4) a um dos autores desta pesquisa.

Referências

ASTM 52900: Standard terminology for additive manufacturing - General principles. Part 1: Terminology. West Conshohocken: p. 2015.

3D PRINTED HOUSE. **Project Milestone**. 2023. Disponível em: <https://www.3dprintedhouse.nl>. Acesso em: 17 fev. 2023.

APIS COR. 2023. Disponível em: <https://apis-cor.com/>. Acesso em: 20 fev. 2023.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Rio de Janeiro: Edições 70, 1991.



BUSWELL, R. A. *et al.* 3D printing using concrete extrusion: A roadmap for research. **Cement and Concrete Research**, v. 112, p. 37–49, 2018.

CBIC. **Informativo econômico**. 2021. Disponível em: <https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2021/03/informativo-economico-04-marcio-2021-de-ficit-habitacional.pdf>. Acesso em: 17 fev. 2023.

CRAVEIRO, F. *et al.* A strategy to locally optimize the material composition of AM construction elements. *In:* 2016, **Proceedings of the 2nd International Conference on Progress in Additive Manufacturing**. p. 188–193.

D-SHAPE. **Company – History**. 2023. Disponível em: <https://dshape.wordpress.com/company/company-history/>. Acesso em: 17 fev. 2023.

GARFIELD, L. **A startup invented this \$10,000 house that can be built in one day**. 2017. Disponível em: <https://www.businessinsider.com/house-built-one-day-apis-cor-2017-3>. Acesso em: 17 fev. 2023.

GHAFFAR, S. H.; CORKER, J.; FAN, M. Additive manufacturing technology and its implementation in construction as an eco-innovative solution. **Automation in Construction**, v. 93, p. 1–11, 2018.

HAGER, I.; GOLONKA, A.; PUTANOWICZ, R. 3D Printing of Buildings and Building Components as the Future of Sustainable Construction? **Procedia Engineering**, v. 151, p. 292–299, 2016.

ICON. **Our Projects**. 2023. Disponível em: <https://www.iconbuild.com/projects>. Acesso em: 17 fev. 2023.

KHAN, M. S.; SANCHEZ, F.; ZHOU, H. 3-D printing of concrete: Beyond horizons. **Cement and Concrete Research**, v. 133, 2020.

KHOSHNEVIS, B. Automated construction by contour crafting—related robotics and information technologies. **Automation in Construction**, v. 13, n. 1, p. 5–19, 2004.

KHOSHNEVIS, B.; DUTTON, R. Innovative Rapid Prototyping Process Makes Large Sized, Smooth Surfaced Complex Shapes in a Wide Variety of Materials. **Materials Technology**, v. 13, n. 2, p. 53–56, 1998.

LIM, S. *et al.* Developments in construction-scale additive manufacturing processes. **Automation in Construction**, v. 21, p. 262–268, 2012.

MARIJNISSEN, M. P. A. M.; VAN DER ZEE, A. 3D Concrete Printing in Architecture - A research on the potential benefits of 3D Concrete Printing in Architecture. *In:* 2017, **Proceedings of the 35th International Conference on Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe**. p. 299–308.

PATRICIO-KARNOPP, Z. M. **O processo ético e estético de pesquisar: um movimento qualitativo transformando conhecimentos e a qualidade da vida individual-coletiva**. Florianópolis: Núcleo de Estudos das Águas/UFSC/CNPq, 2004.

PEGNA, J. Exploratory investigation of solid freeform construction. **Automation in**

Construction, v. 5, n. 5, p. 427–437, 1997.

PRENTICE, S. **The five SMART technologies to Watch**. 2014. Disponível em: <https://www.gartner.com/doc/2669320?ref=unauthreader>. Acesso em: 17 fev. 2023.

SILVA, G. C. *et al.* Estudo sobre o uso da impressão 3D na construção civil. *In:* **VI Semana da engenharia do maranhão**. UFMA, 2018.

WALKER, C. **Empresa chinesa produz 10 casas em 24 horas através de impressão 3D**. 2014. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/601266/empresa-chinesa-produz-10-casas-em-24-horas-at-raves-de-impressao-3d>. Acesso em: 17 fev. 2023.

YIN, R. K. **Case Study Research: Design and Methods**. 5. ed. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, 2014.



Uma Visão Geral sobre a Avaliação do Ciclo de Vida do Hidrogênio Renovável

An Overview of Life Cycle Assessment of Renewable Hydrogen

Victor Hugo Souza de Abreu, Doutorando em Engenharia de Transportes do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro

victor@pet.coppe.ufrj.br

Alberto Coralli, Pós-Doutorando em Engenharia de Transportes do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro

alberto.coralli@coppe.ufrj.br

Laís Ferreira Crispino Proença, Pós-Doutoranda em Engenharia de Elétrica do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro

laiscrispino@poli.ufrj.br

Andrea Souza Santos, Professora de Engenharia de Transportes do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro

andrea.santos@pet.coppe.ufrj.br

Resumo

O hidrogênio renovável tem apresentado posição de destaque no atual quadro de transição energética global porque tem o potencial para ser usado como matéria-prima, combustível ou transportador e armazenador de energia limpa para equilibrar a oferta e demanda de eletricidade. Entretanto, faz-se necessária a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) do hidrogênio renovável de modo a mensurar as possíveis reduções dos impactos ambientais da implementação em larga escala, inclusive em comparação às tecnologias já existentes. Dessa forma, este estudo aplica uma revisão sistemática com abordagem bibliométrica de estudos sobre a ACV aplicada ao hidrogênio renovável. Os resultados mostram que os estudos sobre a temática são bem atuais e apresentam diversas aplicações práticas, que são limitadas por disponibilidade de dados e generalizações de informação.

Palavras-chave: Hidrogênio Renovável; Avaliação do Ciclo de Vida; Revisão Sistemática; Abordagem Bibliométrica.

Abstract

Green hydrogen has presented a prominent position in the current global energy transition framework because it has the potential to be used as a feedstock, a fuel or a carrier and storage of clean energy to

balance electricity supply and demand. However, a Life Cycle Assessment (LCA) of green hydrogen is needed in order to measure the potential reductions in environmental impacts of large-scale implementation compared to existing technologies. Thus, this paper applies a systematic review with a bibliometric approach of studies on LCA applied to green hydrogen. The results show that studies on the subject are very current and present several practical applications, which are limited by data availability and information generalizations.

Keywords: Renewable Hydrogen; Life Cycle Assessment; Systematic Review; Bibliometric Approach.

1. Introdução

A proposta de metas de carbono neutro em vários países, o aprofundamento da ação global sobre a mudança climática e a aceleração da recuperação da economia verde na era pós-covid tem impulsionado a implantação em larga escala de fontes de energia renováveis (SANTOS *et al.*, 2021; LIU *et al.*, 2022; ZHANG *et al.*, 2022). Entretanto, um dos principais obstáculos que têm impedido a ampla aplicação das fontes renováveis de energia tais como a solar fotovoltaica e eólica é sua natureza intermitente (GULOTTA *et al.*, 2022). Além disso, o transporte de energia de longa distância doméstico e/ou internacional é outra barreira importante que deve ser enfrentada ao optar por uma fonte de energia mais econômica e ambientalmente correta (AKHTAR, DICKSON & LIU, 2021). Tudo isso exige sistemas de armazenamento e transporte de energia de alta eficiência acoplados às fontes renováveis (WANG *et al.*, 2016; ZHAO *et al.*, 2019). Vale ainda ressaltar que os setores da economia que mais contribuem para as emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE), transporte e indústria, usam majoritariamente combustíveis fósseis ou são não eletrificáveis (IEA, 2021; EPE, 2022). Nesse sentido, o uso do hidrogênio como vetor energético permite a renovabilidade desses setores por meio do conceito *Power-to-X* (CHEHADE *et al.*, 2019).

A construção de um sistema de produção e distribuição de hidrogênio, que apresenta maior poder calorífico e menores emissões de carbono do que os combustíveis fósseis (CHANBURANASIRI *et al.*, 2011; CHU *et al.*, 2015; LAL & YOU, 2023), tornou-se gradualmente um consenso global (SANTOS *et al.*, 2021; LIU *et al.*, 2022; WEIDNER, TULUS & GUILLÉN-GOSÁLBEZ, 2022; CAPURSO *et al.*, 2022; OLIVEIRA, 2022). O hidrogênio pode ser usado como matéria-prima, combustível ou transportador e armazenador de energia para equilibrar a oferta e demanda de eletricidade (EUROPEAN COMMISSION, 2019; PROENÇA *et al.*, 2023), fazendo com que, globalmente, a demanda de H₂ possa ultrapassar US\$ 12 trilhões - equivalente a R\$ 62,56 trilhões - em 2050 (ONI *et al.*, 2022). Cabe destacar, entretanto, que a energia do hidrogênio geralmente é uma energia secundária, que precisa consumir energia primária para sua preparação, ou seja, o hidrogênio usualmente não é uma fonte de energia, mas um vetor energético (transportador de energia química) (BHANDARI, TRUDEWIND & ZAPP, 2014; OKONKWO *et al.*, 2021).

Atualmente, a maior parte da produção atual de hidrogênio está dividida principalmente em três categorias, que são: (i) de origem renovável (denominado em muitos casos hidrogênio verde); (ii) de origem fóssil com *Carbon capture and storage* - CCS/ *Carbon capture, utilisation and storage* - CCUS; e (iii) de origem fóssil. A fim de promover o desenvolvimento do mercado de hidrogênio limpo, os padrões de hidrogênio renovável têm sido discutidos em nível global (BHANDARI, TRUDEWIND & ZAPP, 2014; LIU *et al.*, 2022). O hidrogênio renovável não é produzido por combustíveis fósseis, representando uma

melhor resolução a longo prazo para a economia descarbonizadora em diferentes setores (GULOTTA *et al.*, 2022).

Entretanto, embora o hidrogênio seja geralmente considerado como um combustível limpo durante sua fase de uso (combustão direta ou uso em células de combustível), sua produção tem impactos negativos sobre o meio ambiente. (BHANDARI, TRUDEWIND & ZAPP, 2014). Dessa maneira, a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) para quantificação da carga ambiental é gradualmente reconhecida pela indústria e academia para avaliar a tecnologia do hidrogênio e apoiar a tomada de decisões (LIU *et al.*, 2022). Neste sentido, este artigo tem como objetivo realizar uma revisão sistemática com abordagem bibliométrica sobre estudos que tratam da ACV do hidrogênio renovável, coletados por meio de buscas diretas na base de dados do *Web of Science*, que apresenta alcance e cobertura satisfatórios.

2. Procedimento Metodológico

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

Nesse sentido, os termos utilizados, os critérios de inclusão e qualificação, bem como os detalhes para a busca e extração do banco de dados, são apresentados na Tabela 1, em que a abreviação TS corresponde à Tópico e significa as palavras que são pesquisadas nos títulos, resumos e palavras-chave dos estudos incluídos na base de dados.

Tabela 1: Descrição das Estratégias de Buscas.

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

Fonte: elaborado pelos autores.

Para escolha do tópico de pesquisa, considerou-se adequado utilizar os termos as variações do termo em inglês '*Life cycle*' (ou seja, este *booleano* permite que tenham incluídas

palavras-chave como *Life Cycle Assessment*, *Life Cycle Cost* e *Life Cycle Impact*) e os termos "*Renewable Hydrogen*" e "*Green Hydrogen*", que apesar de simples e intuitivo, fornece bons resultados para a coleta de dados. Cabe mencionar que a escolha do termo em inglês, em detrimento a outras línguas, como o próprio português, origina-se do fato de que a maioria dos estudos de prestígio publicados internacionalmente são desenvolvidos em inglês. Além disso, na maior parte das vezes, mesmo os estudos publicados em outras línguas possuem o Abstract em língua inglesa.

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

Outro aspecto que precisa ser mencionado é que, enquanto os critérios de inclusão servem principalmente para uma triagem mais superficial do estudo, até mesmo porque consideram aspectos relacionados ao ano, tipo de estudo e revista de publicação, os critérios de qualificação são utilizados para uma triagem mais profunda dos estudos, analisando aspectos de aplicabilidade e qualidade, os quais só são possíveis de determinar por meio de análise e leitura mais específica dos estudos. Com o tratamento da base de dados, foram incluídos 158 estudos.

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

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

3. Resultados Bibliométricos

A partir da busca realizada na base *Web of Science*, foi possível verificar que 158 publicações estavam aptas a serem incluídas no repositório de pesquisa, ou seja, atendiam aos critérios de inclusão e de qualificação (qualidade e aplicabilidade). Nesse sentido, a Figura 1

apresenta a evolução das publicações sobre o tema ao longo dos anos. Essa análise é fundamental para avaliar o nível de expansão da temática, bem como as novas oportunidades de estudos.

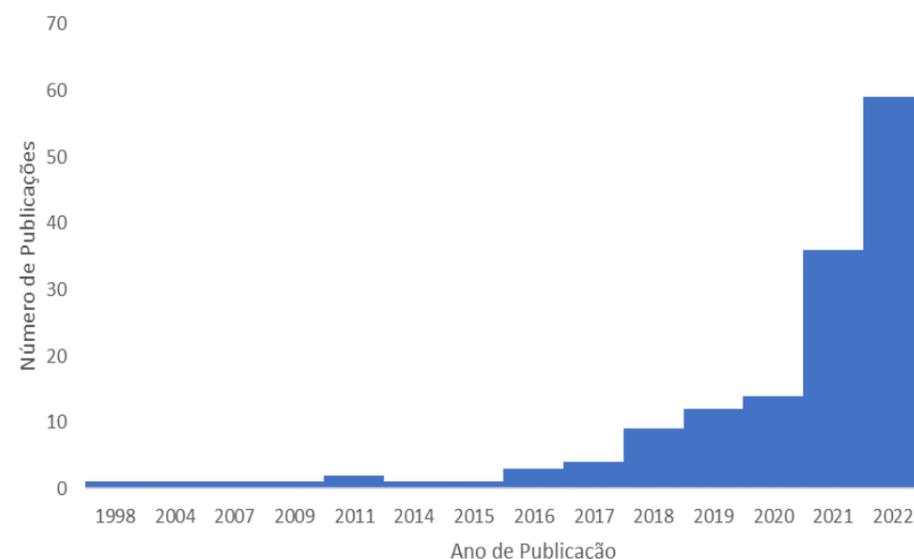


Figura 1: Evolução das publicações por ano. Fonte: elaborado pelos autores.

Na Figura 1, verifica-se que a primeira publicação foi registrada em 1998; entretanto, apenas a partir de 2014, foram registradas publicações consecutivas, ou seja, existiram publicações para todos os anos após esta data. Além disso, cabe destacar que os 5 últimos anos correspondem a 85% das publicações com destaque para o ano de 2022, com 59 publicações.

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

Nesse sentido, a Tabela 2 apresenta os periódicos com volume de publicações maior que 3, em que P (Publicações) refere-se à quantidade de artigos publicados no periódico sobre a área de interesse investigada e FI (Fator de Impacto) avalia a importância de periódicos científicos em suas respectivas áreas. É importante destacar que os valores apresentados na Coluna FI correspondem ao ano de 2021 e FI média a média dos últimos 5 FI de cada periódico.

Tabela 2: Principais periódicos.

| Periódico | P | FI | FI média |
|---|----|-------|----------|
| <i>International Journal of Hydrogen Energy</i> | 33 | 7,139 | 6,2 |

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

Fonte: elaborado pelos autores.

Na Tabela 2, nota-se que os periódicos que mais abordam sobre o assunto são: o *International Journal of Hydrogen Energy*, com 33 publicações, o *Journal of Cleaner Production*, com 14 publicações, e o *Energies* e o *Sustainability*, com 8 publicações cada. Cabe destacar ainda que ao todo foram constatadas 32 fontes de pesquisa. Além disso, nota-se que ao ordenar os periódicos por fator de impacto, foi possível identificar que os mais relevantes são: o *Energy & Environmental Science*, o *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, e o *Energy Conversion and Management*, com FI maior que 11 (o que representa uma excelente pontuação).

Observa-se a importância de avaliar as principais palavras-chave encontradas nos artigos incluídos no repositório de pesquisa, conforme identificado na rede de interligação apresentada na Figura 2, desenvolvida com auxílio do Software VOSviewer. Ao avaliar as principais palavras-chave encontradas nos artigos incluídos no repositório de pesquisa, é possível identificar as tendências e os temas mais relevantes no campo de estudo.

fontes energéticas, em comparação a outras opções de combustíveis, incluindo hidrogênio produzido a partir de fontes puramente fósseis, conforme exemplos destacados na Tabela 3.

Os resultados dos estudos considerados mostram que, com relação às questões técnicas, há uma variabilidade significativa nos impactos ambientais e econômicos, dada pelos limites do sistema selecionado, pelos usuários finais e pelo combustível utilizado pelos sistemas e, com relação às questões metodológicas, não há consenso sobre como modelar os estudos de ACV de acordo com unidades funcionais, limites do sistema, tipo de dados selecionados, ou externalidades ambientais modelo.

Tabela 3: Resultados encontrados em estudos sobre a ACR do hidrogênio renovável.

| Referência | Objetivo | Resultados |
|---|---|--|
| AKHTAR, DICKSON & LIU (2021) | Realizou-se uma avaliação abrangente do ciclo de vida do berço ao portão para sete vias de fornecimento de hidrogênio: (i) gás comprimido via gasoduto (CGH2-PL), (ii) gás comprimido via reboque tubular (CGH2-TT), (iii) hidrogênio líquido (LH2), (iv) portador de hidrogênio orgânico líquido com gás natural como fonte de aquecimento (LOHC), (v) amônia líquida (LNH3), (vi) portador de hidrogênio orgânico líquido com hidrogênio como fonte de aquecimento (LOHC-Own), e (vii) a utilização direta do NH3 em veículo de célula combustível de amônia direta (LNH3-DAFCV). | Os resultados da ACV mostraram que o CGH2-PL é a opção mais sustentável entre todos os caminhos averiguados, pois mostrou ter o menor potencial de aquecimento global (GWP) (1,57 kgCO2-eq/kgH2). Pelo contrário, a entrega via LOHC teve os piores resultados e teria as maiores emissões (3,58 kgCO2-eq/kgH2). |
| WEIDNER, TULUS & GUILLÉN-G OSÁLBEZ (2022) | Desenvolveu-se uma análise prospectiva do ciclo de vida para comparar diferentes opções para produzir 500 Mt/ano de hidrogênio, incluindo cenários que consideram prováveis mudanças nas futuras cadeias de suprimento. Os impactos ambientais e na saúde humana resultantes de tais níveis de produção são ainda mais contextualizados com a estrutura dos Limites Planetários - definem até onde o desenvolvimento humano pode chegar sem afetar de forma irreversível a capacidade regenerativa da Terra -, os conhecidos encargos com a saúde humana, os impactos da economia mundial e os custos de produção a preços externos que incorporam o impacto ambiental. | Os resultados indicam que os impactos da mudança climática dos níveis de produção projetados são 3,3-5,4 vezes maiores do que os limites planetários alocados, com apenas o hidrogênio renovável da energia eólica permanecendo abaixo dos limites. Os impactos na saúde humana e outros impactos ambientais são menos severos em comparação, mas o esgotamento de metais e os impactos da ecotoxicidade do hidrogênio renovável merecem mais atenção. Os danos ambientais causados pelos preços aumentam mais fortemente o custo do hidrogênio azul (de ~2 a ~5 USD/kg de hidrogênio), enquanto tais custos reais caem mais fortemente para o hidrogênio renovável da energia solar fotovoltaica (de ~7 a ~3 USD/kg de hidrogênio) quando se aplica uma análise prospectiva do ciclo de vida. |

| Referência | Objetivo | Resultados |
|------------------------------|---|--|
| CHIRONE <i>et al.</i> (2022) | Neste artigo, um novo layout de sistema para a produção catalítica de metano foi combinado com uma unidade de <i>looping</i> de cálcio para a captura de CO2 dos gases de combustão de uma usina elétrica alimentada a carvão, e com um eletrolítico de água sustentado por energia renovável. | Os resultados da análise tecno-econômica indicaram que o custo de produção do metano é superior ao do gás natural (0,66 vs 0,17 euros/Nm3), mas inferior ao do biometano (1 euro/Nm3). O maior impacto sobre tais custos vem do eletrolítico PEM. A análise da LCA mostrou que o desempenho ambiental é melhor em algumas categorias e pior em outras com relação aos cenários tradicionais. Novamente, o eletrolisador PEM parece ser responsável pela maior parte dos impactos ambientais do processo. |
| CHEN & LAM (2022) | Aplicou-se uma ACV para avaliar o impacto ambiental de dois sistemas de energia em rebocadores. Nesse sentido, compara-se: (i) células a combustível de hidrogênio - combinação de hidrogênio produzido de diferentes fontes, que contém 96,5% de hidrogênio cinza da reforma do gás natural e 3,5% de hidrogênio renovável da eletrólise da água; e (ii) motores a diesel. | Os resultados indicam um potencial evidente de redução no aquecimento global (83,9-85%), acidificação (45%), eutrofização (54%) e oxidação fotoquímica (50%) ao adotar o hidrogênio. Especificamente, o rebocador movido a hidrogênio pode reduzir até 48.552.160 kg CO2 equivalente ao aquecimento global, 51.930 kg SO2 equivalente à acidificação, 11.476 kg PO4- equivalente à eutrofização, e 2.629 kg C2H4 equivalente à oxidação fotoquímica em comparação com o rebocador a diesel. |
| ZHANG <i>et al.</i> (2022) | Realizou-se uma avaliação abrangente do ciclo de vida para três métodos de produção de hidrogênio por energia solar: (i) produção de hidrogênio por eletrólise de membrana eletrolítica polímera (do inglês, <i>polymer electrolyte membrane</i> - PEM, em inglês) de água acoplada à geração de energia fototérmica; (ii) produção de hidrogênio por eletrólise de membrana eletrolítica polímera de água acoplada à geração de energia fotovoltaica; e (iii) produção de hidrogênio por método de divisão termoquímica de água utilizando a tecnologia fototérmica solar acoplada ao Ciclo S-I. | Após conduzir uma análise quantitativa dos três métodos com os fatores ambientais sendo considerados, foi tirada uma conclusão: O potencial de aquecimento global e o potencial de acidificação da divisão termoquímica da água pelo acoplamento do Ciclo S-I à tecnologia solar fototérmica são 1,02 kg CO2-eq e 6,56E-3 kg SO2-eq. E este método tem vantagens significativas no impacto ambiental do ecossistema como um todo. |

| Referência | Objetivo | Resultados |
|---------------------------|--|---|
| JANG <i>et al.</i> (2022) | Dada a crescente preocupação com a mudança climática, buscou-se responder se as células combustíveis de hidrogênio podem ser realmente uma solução verde no setor de transporte marítimo a partir de uma perspectiva de ciclo de vida. Para isso, os impactos ambientais de vários métodos de produção de hidrogênio foram avaliados, incluindo a reforma do metano a vapor, gaseificação do carvão, craqueamento do metanol e eletrólise através da energia eólica. Foi levado em conta o desempenho de três tipos representativos de sistemas de células a combustível: combustível de membrana de troca de prótons, célula a combustível de carbonato fundido e célula a combustível de óxido sólido. | Os processos de reforma do metano a vapor e de gaseificação do carvão foram considerados como tendo o maior potencial ambiental ao longo de sua vida útil. No entanto, este documento aponta que a reforma do metano a vapor poderia fazer melhores méritos de ciclo de vida do que os produtos convencionais a diesel ou GNL, se os caminhos de produção forem propostos adequadamente. Além disso, ao utilizar o GNL como fonte primária de combustível para as células de combustível, descobriu-se que a fase upstream do GNL produziria cerca de 100 vezes mais emissões do que a fase <i>downstream</i> . |
| ZHAO <i>et al.</i> (2019) | Este artigo implementa a análise do custo do ciclo de vida da produção de hidrogênio por membranas eletrolíticas poliméricas (PEM) e aplicações para fins de eletricidade e mobilidade. Cinco cenários são desenvolvidos para comparar o custo das aplicações de hidrogênio com as fontes de energia convencionais, considerando o custo de emissão de CO ₂ . | As comparações mostram que o custo do uso do hidrogênio para fins energéticos ainda é maior do que o custo do uso de combustíveis fósseis. O maior contribuinte do custo é o consumo de eletricidade. Na análise de sensibilidade, suportes políticos como a tarifa de alimentação (FITs) poderiam trazer complementos de hidrogênio com combustíveis fósseis no mercado energético atual. |

| Referência | Objetivo | Resultados |
|-----------------------------|---|--|
| GERLOFF (2021) | Os impactos ambientais potenciais de uma produção de hidrogênio renovável foram analisados levando em conta as três tecnologias mais importantes de eletrólise de água: eletrólise alcalina (AEC), membrana eletrolítica de polímero (PEMEC) e célula de eletrólise de óxido sólido (SOEC). O estudo mostra como o potencial de CO ₂ -eq. de uma produção de hidrogênio mais verde muda ao aplicar os diferentes cenários energéticos para cada tecnologia. | Em resumo, pode-se afirmar que o CO ₂ -eq. diminui com uma participação crescente da energia eólica e solar no mix energético, uma vez que a participação das energias fósseis, que são os principais motores do CO ₂ -eq., diminui. Além disso, a tecnologia SOEC tem a menor emissão de CO ₂ -eq. para os cenários energéticos de 2019, 2030 e 2050. Isto se aplica à tecnologia AEC para o cenário das Energias Renováveis. Com relação aos valores comparativos dos processos de produção de hidrogênio convencionais e outros, bem como das alternativas convencionais, somente o cenário de Energia Renovável com energia eólica e solar proporciona resultados mais baixos. Assim, apenas o cenário de Energia Renovável é adequado para uma produção e utilização de hidrogênio ambientalmente correta, a fim de reduzir as emissões de CO ₂ . Além disso, a tecnologia SOEC causa os menores impactos ambientais potenciais para os cenários energéticos em 2019 e 2030, levando em conta todos os indicadores LCIA. Isto se aplica à tecnologia PEMEC para o cenário energético em 2050 e para o cenário RE. |
| PALMER <i>et al.</i> (2021) | Estudos de avaliação de ciclo de vida/análise de energia líquida de hidrogênio renovável geralmente incluem suposições simplificadoras, como operação em estado estacionário sob condições médias. Embora simplificações possam ser necessárias para a análise preliminar, diferenças marcantes decorrentes de variações específicas do contexto e restrições operacionais podem ser negligenciadas. Para resolver essa lacuna, o estudo realiza uma avaliação do ciclo de vida/análise de energia líquida de uma hipotética usina de eletrólise solar em larga escala, com foco nas sensibilidades operacionais. | Os resultados mostram que a sensibilidade mais significativa decorre da interrupção do eletrolisador e da necessidade proporcional de amortecer a eletricidade solar com armazenamento ou eletricidade da rede. Em condições de linha de base, as emissões de GEE são cerca de um quarto do processo atualmente dominante para a produção de hidrogênio, a reforma do metano a vapor (do inglês, <i>steam methane reforming</i> - SMR). No entanto, a análise de sensibilidade mostra que as emissões de GEE podem ser comparáveis a SMR sob condições razoavelmente antecipadas. Os resultados da energia líquida são menores do que os dos combustíveis fósseis e suficientemente incertos para merecer mais atenção. Recomendamos que a avaliação do ciclo de vida e a análise de energia líquida sejam integradas ao planejamento do projeto para garantir que o hidrogênio atenda aos objetivos da produção verde. |

| Referência | Objetivo | Resultados |
|------------------------------------|---|--|
| IANNUZZI, HILBERT & LORA (2021) | O objetivo deste artigo é construir a primeira comparação de ACV, desde a extração da matéria-prima até o seu consumo como combustível, entre os ônibus com motor de combustão interna atualmente utilizados na cidade de Rosário, Província de Santa Fé, Argentina, e algumas alternativas tecnológicas e suas variantes com foco em ônibus com um motor elétrico movido a hidrogênio (hidrogênio renovável e de origem fóssil) comprimido que alimenta células de combustível de membrana eletrolítica de polímero (PEM). | Os resultados mostram que os ônibus cujo combustível seria o hidrogênio renovável atendem a um dos principais critérios de sustentabilidade dos biocombustíveis da União Européia levados em consideração no Diretiva de Energia Renovável (RED) 2009/28 e Diretiva RED da UE 2018/2001 que precisam de redução significativa nos GEE líquidos de matéria-prima de origem de biomassa respeitam combustíveis fósseis: pelo menos 70% dos GEE seriam evitadas, no pior e atual cenário do fator de emissão da rede elétrica da Argentina no ponto de uso que é de cerca de 0,40 kg CO ₂ eq/kWh com energia e carga ambiental de 100% em o fator de alocação na etapa de produção de hidrogênio da ACV. |
| VALENTE, IRIBARREN & DUFOUR (2017) | Este trabalho realiza uma revisão completa da literatura sobre as escolhas metodológicas feitas em estudos de ACV de sistemas de energia de hidrogênio. Com base no processo de produção de hidrogênio, esses estudos de caso são classificados em três categorias tecnológicas: termoquímica, eletroquímica e biológica. | A maioria dos sistemas de energia de hidrogênio aplica limites berço/portão a portão, enquanto os limites berço/portão ao túmulo são encontrados principalmente para uso de hidrogênio em mobilidade. A unidade funcional geralmente é baseada em massa ou energia para estudos berço/portão a portão e distância percorrida para estudos berço/portão ao túmulo. |

Fonte: elaborado pelos autores.

Cabe ainda destacar que, embora a ACV avalie os impactos ambientais potenciais do hidrogênio renovável, sua confiabilidade depende estritamente de dados completos e confiáveis que representam o sistema analisado. Entretanto, na maioria das vezes os dados representativos nem sempre estão disponíveis e existem numerosas incertezas embutidas nos modelos que afetam os resultados. Assim, torna-se necessário conduzir uma análise de sensibilidade para testar as influências de parâmetros incertos e priorizar pesquisas adicionais (GULOTTA *et al.*, 2022).

Além disso, muitos pesquisadores apontam que a energia consumida durante a fase de operação ou a fase de produção de hidrogênio gera os maiores impactos durante todo o ciclo de vida dos dispositivos PEM. Ela está geralmente associada ao custo das tecnologias emergentes e às emissões ambientais associadas ao tipo de combustível relatado (como o gás natural ou eletricidade da rede). Entretanto, em muitos casos, os resultados são apresentados com indicadores de agrupamento e ponderação, o que torna difícil identificar os principais pontos quentes dos estudos (GULOTTA *et al.*, 2022).

Finalmente, embora a discussão sobre os resultados seja sempre relatada nos artigos selecionados que identificam os principais pontos quentes, a incerteza e a qualidade dos dados não são relatadas corretamente em todos os estudos (GULOTTA *et al.*, 2022). No entanto, a

incerteza deve ser comunicada para garantir a transparência e credibilidade dos estudos do ciclo de vida e evitar interpretações errôneas de profissionais não especializados em ACV (GAVANKAR, ANDERSON & KELLER, 2015).

5. Considerações Finais

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

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

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

Agradecimentos

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

Referências

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

Empresa de Pesquisa Energética - EPE. **Relatório Síntese 2022**. 2022. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-675/topico-631/BEN_Síntese_2022_PT.pdf

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

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

GERLOFF, Niklas. Comparative Life-Cycle-Assessment analysis of three major water electrolysis technologies while applying various energy scenarios for a greener hydrogen production. **Journal of Energy Storage**, v. 43, p. 102759, 2021.

GULOTTA, Teresa Maria *et al.* Life Cycle Assessment and Life Cycle Costing of unitized regenerative fuel cell: A systematic review. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 92, p. 106698, 2022.

IANNUZZI, Leonardo; HILBERT, Jorge Antonio; LORA, Electo Eduardo Silva. Life Cycle Assessment (LCA) for use on renewable sourced hydrogen fuel cell buses vs diesel engines buses in the city of Rosario, Argentina. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 46, n. 57, p. 29694-29705, 2021.

International Energy Agency - IEA. **Global Hydrogen Review 2022**. 2022. Disponível em: [iea.org/reports/global-hydrogen-review-2022](https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2022)

JANG, Hayoung et al. Parametric trend life cycle assessment for hydrogen fuel cell towards cleaner shipping. **Journal of Cleaner Production**, v. 372, p. 133777, 2022.

LAL, Apoorv; YOU, Fengqi. Targeting climate-neutral hydrogen production: Integrating brown and blue pathways with green hydrogen infrastructure via a novel superstructure and simulation-based life cycle optimization. **AIChE Journal**, v. 69, n. 1, p. e17956, 2023.

LIU, Wei *et al.* Green hydrogen standard in China: Standard and evaluation of low-carbon hydrogen, clean hydrogen, and renewable hydrogen. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 47, n. 58, p. 24584-24591, 2022.

OLINDO, Roberta; SCHMITT, Nathalie; VOGTLÄNDER, Joost. Life cycle assessments on battery electric vehicles and electrolytic hydrogen: The need for calculation rules and better databases on electricity. **Sustainability**, v. 13, n. 9, p. 5250, 2021.

OLIVEIRA, Rosana Cavalcante de. **Panorama do hidrogênio no Brasil**. 2022. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/11291/1/td_2787_web.pdf

OKONKWO, Eric C. et al. Sustainable hydrogen roadmap: A holistic review and decision-making methodology for production, utilization and exportation using Qatar as a case study. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 46, n. 72, p. 35525-35549, 2021.

ONI, A. O. *et al.* Comparative assessment of blue hydrogen from steam methane reforming, autothermal reforming, and natural gas decomposition technologies for natural gas-producing regions. **Energy Conversion and Management**, v. 254, p. 115245, 2022.

PALMER, Graham et al. Life-cycle greenhouse gas emissions and net energy assessment of large-scale hydrogen production via electrolysis and solar PV. **Energy & Environmental Science**, v. 14, n. 10, p. 5113-5131, 2021.

PROENÇA, Laís Ferreira Crispino et al. **Opportunities and Challenges for the New Hydrogen Economy: Advances in Renewable Hydrogen**. Transportation Systems Technology and Integrated Management. 2023.

SANCHEZ, Nestor et al. Biomass Potential for Producing Power via Green Hydrogen. **Energies**, v. 14, n. 24, p. 8366, 2021.



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

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

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

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

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

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

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

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

Captura segura de *Spunbond Meltblown Spunbond* em sala operatória para *upcycling* em projeto socioambiental

Spunbond Meltblown Spunbond safe capture in the operating room for upcycling for socio environmental projects

Danielly Nogueira Negrão Guassu Nogueira, Dra. - UEL

dani.negrao@uel.br

Laryssa Guilherme Mota, Graduada – UEL

laryssa-guilherme@hotmail.com

Suzana Barreto Martins, Dra. – UEL

suzanabarreto@uel.br

Fernanda de Oliveira Massi, Graduada – UEL

ferdmassii@gmail.com

Matheus Nascimento Bataglia, Graduando – UEL

matheus.nascimento0@uel.br

Resumo

Este trabalho busca apresentar a definição de etapas para Captura Segura de SMS em Centros Cirúrgicos e a estimativa de geração deste material em Hospital na cidade de Londrina como forma de propor novas utilizações por meio do *upcycling*. Trata-se de um estudo descritivo, exploratório do tipo longitudinal com abordagem quantitativa. Como resultado obteve-se algumas sugestões de aplicação do material capturado assim como implementação de sistema de Captura Segura e reuso do SMS em novos produtos como *ecobags* para os pacientes do Hospital Universitário de Londrina, e para parceiros, a exemplo de cama pet para o Hospital Veterinário da Universidade Estadual de Londrina.

Palavras-chave: captura segura, resíduo hospitalar, *upcycling*, *spunbond meltblown spunbond*.

Abstract

This work seeks to present the definition of stages for the Safe Capture of SMS in Surgical Centers and the estimated generation of this material in a Hospital in the city of Londrina as a way of proposing new uses through upcycling. This is a descriptive, exploratory longitudinal study with a quantitative approach. As a result, some suggestions for the application of the captured material were obtained, as well as the implementation of a Secure Capture system and SMS reuse in new products for the Hospital, ecobags for Londrina University Hospital patients, and for partners, such as the pet bed for the Londrina Veterinary Hospital.

Keywords: *safe capture; hospital waste; upcycling, spunbond meltblown spunbond.*

1. Introdução

O *Spunbond Meltblown Spunbond* (SMS) é um Tecido Não Tecido (TNT), formado por três mantas unidas termicamente, formadas exclusivamente por fibras de polipropileno. As duas camadas externas são denominadas *Spunbond*, sendo formada por fibras longas e contínuas, de forma ordenada, conferindo resistência mecânica e maleabilidade ao material (ABINT, 2020). Entre essas camadas, está a *Meltblown*, composta por uma rede densa de microfibras, sendo o elemento filtrante, com eficiência de filtração de partículas >98%, filtração bacteriológica >95% e com capacidade de reter partículas emitidas pelo usuário (Medeiros, 2020).

A indústria têxtil voltada para a área da saúde tem apresentado um expressivo crescimento no decorrer dos últimos anos, com o desenvolvimento de soluções têxteis destaca-se os TNT para uso médico-odonto-hospitalar e de higiene pessoal. Na Central de Material e Esterilização (CME) e Centro Cirúrgico (CC) é muito comum o uso deste material como embalagem ou invólucro duplo para assegurar a técnica asséptica, para reprocessamento de materiais médico hospitalares.

De acordo com a American Society for Testing Materials (ASTM) o termo não tecido (*nonwoven* - em inglês) não inclui papéis, tecidos planos, malhas e as felpas; corresponde a uma estrutura têxtil produzida pela ligação ou interligação de fibras têxteis por meio de processos mecânicos, químicos, térmicos, por meio de solventes e suas possíveis combinações (*American Society for Testing Materials*, 1962).

Os requisitos dos materiais têxteis da área médico-hospitalar exigem que tenham alta capacidade de filtração, permeabilidade do ar, materiais leves e não alergênicos (Horrocks e Anand, 2000). Portanto, os não tecidos descartáveis que possuem tecnologia de produção por via fundida, termo ligados ou compostos, são os mais adequados para aplicações médico-hospitalares (Fung, 2000).

O TNT do tipo SMS é um material confeccionado 100% de polipropileno, é um tipo de embalagem utilizada em salas de cirurgias de difícil reciclagem pós-consumo, devido à necessidade de tecnologias de altos custos para sua transformação, dificultando o processo, ainda mais em cidades de médio e pequeno porte. Após o consumo é descartado como resíduo infectante nos serviços de saúde, diante da impossibilidade de reciclagem (Barbosa et al, 2020).

Por sua vez, a extensão da vida útil deste material representa uma estratégia de fim de vida a ser utilizada para a redução dos impactos ambientais, financeiros, da produção e consumo do SMS em hospitais (Castro e Amatho, 2012).

Nas salas cirúrgicas, durante o processo de montagem da sala e da mesa de instrumentação,

com a abertura dos inúmeros materiais embalados por SMS, percebe-se que pós-consumo, grande parte deste material permanece livre de qualquer contaminação e totalmente seguro para o manuseio, o que cria a possibilidade de reaproveitamento do material para uso em diversos projetos socioambientais, como por exemplo por meio do *upcycling*.

O *upcycling* é uma estratégia de sustentabilidade que consiste em dar um novo e melhor propósito para um material que seria descartado sem degradar a qualidade e composição do material. Um item que passou pelo *upcycle* possui uma qualidade igual ou superior que a de seu original (SUNG et al;2014). Também conhecido como reutilização criativa, é o processo de transformação de subprodutos, resíduos, produtos inúteis ou indesejados, em novos produtos.

Diante disso, é viável o estabelecimento de um sistema de separação e captura segura para que seja possível a reutilização deste material pós-consumo, contribuindo para práticas sustentáveis em sala operatórias verdes, como as recomendações globais propostas pela Agenda Global para Hospitais Verdes e Saudáveis - AGHVS (KARLINER; GUENTHER, 2013), que constitui a principal referência para convergência de esforços na busca de soluções e envolvimento de profissionais de saúde e de diversas áreas na busca de estratégias focadas na sustentabilidade ambiental, como uma estratégia de desenvolver os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) no setor hospitalar.

Perante o exposto, estratégias de reaproveitamento seguro do TNT do tipo SMS em salas operatórias se tornam mais eficientes e sustentáveis, mas, para a implantação da separação deste material em centro cirúrgico para *upcycling* é necessário estabelecer etapas rígidas de captura segura das mantas, de modo a assegurar que não estejam contaminados e ainda estimar a quantidade gerada com potencial de reaproveitamento, baseado no número de cirurgias realizadas, sendo essa a justificativa deste estudo.

Existe uma lacuna de conhecimento neste sentido, o que pode limitar um planejamento mais estruturado de segregação, acondicionamento, transporte e dados para subsidiar parcerias a médio e longo prazo, sendo esse o avanço do conhecimento esperado, deste estudo, com o objetivo de definir etapas para captura segura e estimar a quantidade de mantas de SMS com potencial de reaproveitamento em salas operatórias, além de propor formas de reaproveitamento do material coletado por meio de aplicação em projetos socioambientais.

1. Procedimentos Metodológicos

Trata-se de um estudo descritivo, exploratório do tipo longitudinal com abordagem quantitativa.

O local do estudo foi um hospital terciário que conta com 502 leitos distribuídos nas diversas especialidades médicas, com atendimento exclusivo ao SUS. O centro cirúrgico possui 07 salas cirúrgicas, onde são realizadas em média 590 cirurgias por mês, atendendo a 17 especialidades médicas.

Para definir o processo de captura segura, foi realizado grupo focal com oito enfermeiras especialistas, onde foram projetadas fotos do processo de montagem de sala operatória e abertura das embalagens estéril do próprio hospital em estudo e estimulada a discussão. Quando chegava-se ao consenso, o pesquisador entendia que representava o processo a ser estabelecido de captura de segura que foi descrito em sete etapas que deve a ser realizada antes da cirurgia iniciar e depois foi efetuado treinamento para a equipe de enfermagem que exerce o papel de circulante de sala, pois representa quem exerce essa atribuição na prática.

O treinamento ocorreu em três momentos teórico-práticos, com carga horária total de 10 horas para os trabalhadores, contemplando todos os turnos de trabalhos no Centro Cirúrgico. Após seis meses de implantação do processo de captura segura, iniciou-se a etapa de estimar a quantidade de SMS separado em sala cirúrgica.

A população do estudo foram as mantas de SMS capturadas em sala operatória. A amostra estratificada foi calculada com base na série histórica do último ano, sendo necessária uma amostra de 354 cirurgias estratificadas em todas as especialidades médicas. Para atingir os estratos, foram necessários 79 dias de coleta entre os meses de Maio de Agosto de 2020, totalizando 848 cirurgias, para que cada especialidade/estrato alcançasse o número esperado.

Após a captura, as mantas de SMS foram acondicionadas e logo após, separadas por tamanho pelo pesquisador, sendo os tamanhos das mantas: 1,20m x 1,20m, 1,00m x 1,00m, 0,75m x 0,75m, 0,60m x 0,60m, 0,50m x 0,50m e 0,40m x 0,40m e outros tamanhos não padronizados, sendo posteriormente contado quantas unidades e transformado em dados numéricos em quilogramas (Kg). Para melhor visualização das etapas foi construída a linha do tempo, abaixo ilustrada (imagem 1):

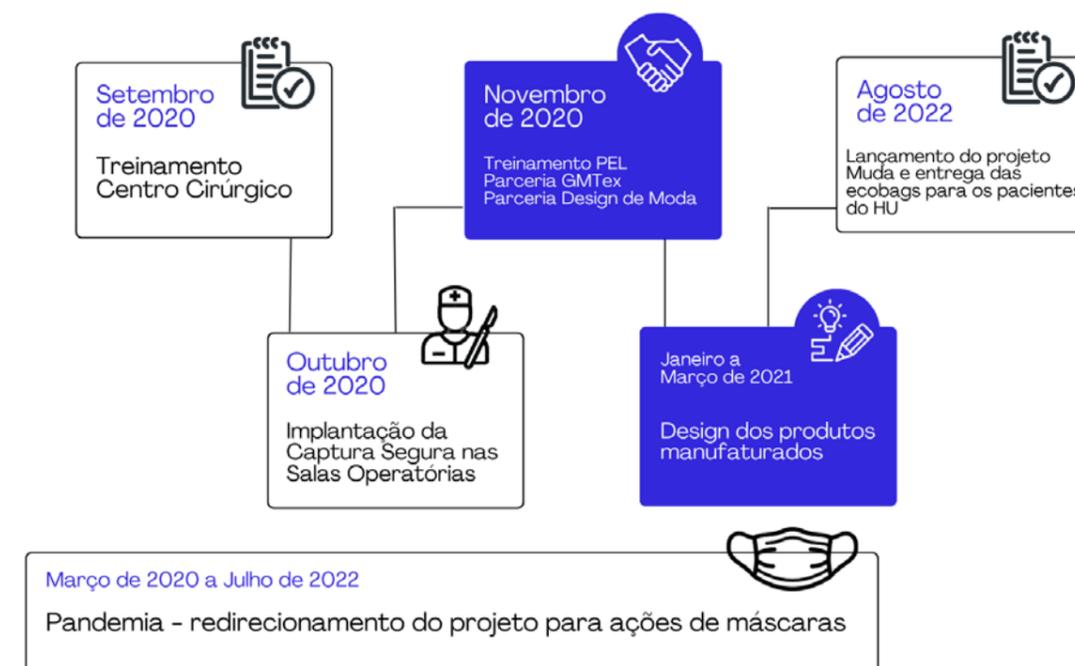


Imagem 1: Linha do tempo do estudo em captura segura e *upcycling* de SMS. Fonte: Autores (2023).

Este estudo está alinhado ao projeto de pesquisa: Sustentabilidade e Gestão de Custos em Serviços de Saúde, atendendo as Resoluções 466/2012 e 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde e foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Londrina e ao Projeto de Extensão Muda: reaproveitamento de embalagens cirúrgicas para fabricação de produtos manufaturados com sustentabilidade e ressocialização para apenas em parceria com o projeto de pesquisa Desin da Universidade Estadual de Londrina.

2. Aplicações e/ou Resultados

No centro cirúrgico em estudo, foi consenso a proposição da separação do SMS pós consumo em sala operatória somente antes do início do ato operatório, de modo a assegurar que os trabalhadores não teriam contato com SMS contaminado com material biológico, permitindo segurança e proteção em todas as etapas do processo de separação do material aqui denominado de captura segura, contando com as seguintes etapas, descritas abaixo:

1. Lavagem das mãos;
2. Abertura da embalagem de SMS do material cirúrgico com técnica asséptica;
3. Separação da manta de SMS em local limpo até a possível dobra;
4. Inspeção visual das mantas e retirada das fitas adesivas;
5. Dobradura da manta de SMS;

6. Armazenamento das mantas em caixas plásticas localizadas externamente à sala operatória (próximo a lavabos);
7. Transferência das caixas plásticas para containers de inox.



Imagem 2: Etapas para a captura segura do SMS em salas operatórias. Fonte: Acervo do Projeto (2022).

Essa separação cria a possibilidade de reaproveitamento com segurança para os trabalhadores envolvidos no processo no centro cirúrgico, ressaltando a necessidade de assegurar que o SMS esteja livre de qualquer risco de contaminação biológica.

No período de 79 dias da coleta de dados, dezessete especialidades médicas realizaram procedimentos cirúrgicos, podendo ser observada a distribuição na Tabela 1.

| Clínica Cirúrgica | Cirurgias | Porcentual(%) | Peso (grs) |
|--------------------------|-----------|---------------|------------|
| Obstetrícia | 287 | 33,80% | 4.269,3 |
| Ortopedia | 157 | 18,60% | 2.349,4 |
| Urologia | 88 | 10,40% | 1.313,6 |
| Neurocirurgia | 59 | 6,90% | 871,5 |
| Cirurgia Infantil | 58 | 6,80% | 859 |
| Pronto Socorro cirúrgico | 52 | 6,10% | 770,5 |
| Cirurgia Vascular | 30 | 3,50% | 442 |
| Oftalmologia | 21 | 2,50% | 315,8 |
| Cirurg. Apar. Digestivo | 20 | 2,40% | 303,1 |

| | | | |
|--------------------------|------------|-------------|--------------------|
| Buco Maxilo e Facial | 17 | 2% | 252,6 |
| Gastroenterologia | 12 | 1,40% | 177 |
| Cardiologia | 12 | 1,40% | 177 |
| Cirurgia Torácica | 10 | 1,20% | 151,5 |
| Otorrinolaringologia | 9 | 1,10% | 139 |
| Cirurg. Cabeça e Pescoço | 9 | 1,10% | 139 |
| Ginecologia | 5 | 0,60% | 75,7 |
| Cirurgia Plástica | 2 | 0,20% | 25,2 |
| TOTAL | 848 | 100% | 1.2631,2 gr |

Tabela 1 – Distribuição de cirurgias realizadas por especialidade médica nos meses de Maio a Agosto e Peso de SMS gerado. Londrina-PR (2020). Fonte: Autores (2023).

As especialidades que mais operaram no período foram Obstetrícia, Ortopedia e Urologia, devido ao período de pandemia da Covid-19, que impactou em restrições e na permissão apenas de cirurgias de urgências.

A estratificação por tamanho das mantas de SMS já selecionadas livre de material biológico, o peso individual e total pode ser observado na Tabela 2.

| Tamanho de Mantas de SMS(cm) | Peso unitário (g) | Quantidade | Porcentagem/Ta m | Peso total (g) |
|------------------------------|-------------------|------------|------------------|------------------|
| 40x40 | 9,6 | 1 | 0,1% | 9,6 |
| 50x50 | 10,8 | 20 | 2,9% | 216 |
| 60x60 | 13,3 | 33 | 4,7% | 438,9 |
| 75x75 | 15,3 | 166 | 23,9% | 2539,8 |
| 100x100 | 19,3 | 267 | 38,3% | 5153,1 |
| 120x120 | 21,8 | 132 | 18,9% | 2877,6 |
| Outros | 17,9 | 78 | 11,2% | 1396,2 |
| Total | -- | 697 | 100% | 12.631,20 |

Tabela 2 - Distribuição do peso unitário, quantidade e peso de manta de SMS por tamanho padrão. Londrina-PR (2020). Fonte: Autores (2023).

A estimativa de geração média por cirurgia é 140,89 gramas, que faz referência a cada cirurgia gerar em média 18 mantas com tamanhos variados, a depender do porte cirúrgico e especialidade médica. Estima-se uma redução de custos anuais com redução de compras de sacos plásticos (R\$4,20 unid.) de R\$ 34.272 e com a destinação do RSS Infectante, em média

400 grs/cirurgia (R\$2,80 Kg) de R\$ 22.848, totalizando R\$ 57.120, 000 anual para o Hospital Universitário.

A investigação deste trabalho com relação às aplicações do SMS após sua coleta segura resultou em um estudo sobre *upcycling* e novos produtos feitos a partir do reaproveitamento do material. Inicialmente, foi realizada uma pesquisa de referência de produtos passíveis de aplicação de tal material e nichos em alta no mercado por meio de pesquisa *desk* em sites de produtos diversos. Por conta da aparência e características do material a aplicação ideal encontrada foi em forros e capas de enchimento para produtos de escopo socioambiental, uma vez que o material ficaria interno ao produto acoplando o enchimento, preferencialmente de origem reciclada. Para reunir e analisar as possibilidades de aplicação do material em novos produtos foi criado um painel com as referências encontradas.

Nessa análise foi possível identificar a cama pet e almofadas como os produtos mais viáveis, pois o SMS pode ser usado como capa para enchimento, sem que a estética azul padrão do material hospitalar comprometa o resultado final do produto. Inclusive possibilitando parceria entre o Hospital Universitário e o Hospital Veterinário para comercializar as camas pets criadas pelo projeto. Foram prototipadas almofadas e camas pet (imagem 3) em parceria com empresa privada de jeans da cidade de Londrina e o Banco de Resíduos Têxteis. Utilizando o SMS como capa interna, o têxtil desfibrado usado como enchimento foi proveniente do BRT, projeto pioneiro em Londrina que é responsável por coletar, processar e destinar corretamente resíduos têxteis pós uso e pós-industriais da cidade, já a capa externa foi confeccionada a partir de resíduos têxteis industriais de jeans e sarja de algodão.



Imagem 3: Produtos prototipados com o SMS. Fonte: Acervo do projeto (2022).

Também foram realizadas atividades de reutilização do material pelo próprio hospital, onde foram desenvolvidas sacolas reutilizáveis com valor afetivo para os pacientes do hospital e para a ressocialização de apenados por meio da redução de pena com o trabalho na costura das sacolas, descrito em Martins et al (2022). Esta proposta traz benefícios nas três dimensões da sustentabilidade: social, ambiental e econômica. O viés social encontra-se na inserção dos apenados da Penitenciária Estadual de Londrina no trabalho e redução de pena e também no acolhimento dos pacientes cirúrgicos, os quais recebem as *ecobags* para acondicionar seus pertences durante a estadia no hospital. Já o caráter econômico encontra-se na redução de custos do hospital com a destinação do SMS como resíduo infectante e na compra de sacos

plásticos destinados aos pertences dos pacientes e o pilar ambiental é atendido por meio do reuso de material que seria descartado na criação de um produto de maior valor agregado, na conscientização intrínseca ao projeto e no estudo *inovador* de *upcycling* de materiais hospitalares capturados de forma segura (figura 4).



Figura 4: Processo do *upcycling* de SMS capturado em salas operatórias. Fonte: Autores (2022).

A implementação do projeto ocorreu no início de 2022, quando o H.U-UEL começou a separar as mantas de SMS para encaminhar para uma indústria de jeans da cidade para que fossem cortadas em enfiesto. Uma das dificuldades encontradas durante a etapa de corte foi a padronização dos enfiestos, pois há uma variedade grande de tamanhos de SMS e isso dificulta o estabelecimento de um tamanho base de enfiesto e corte para aproveitamento de 100% do tecido. No caso das sacolas, foi proposta a criação de 2 tamanhos finais dos produtos para que o corte pudesse ser otimizado, essa alternativa amenizou o problema e aumentou o rendimento das mantas. Como resultado obteve-se um produto de alto valor agregado por se tratar de um produto construído por meio de *upcycling* (figura 5) e com alto valor emocional, uma vez que os pacientes não mais colocariam seus pertences em sacos plásticos, mas sim em sacolas feitas para eles.



Figura 5: Resultado das *ecobags* feitas de *upcycling* de SMS e como elas chegam aos pacientes. Fonte: Acervo do projeto (2022).

3. Discussões

DUQUE (2015) evidenciou que o reaproveitamento de mantas traz resultados positivos em quatro áreas: ambiental, econômica, social e administrativa, estando ligadas entre si. A estratégia diminui a quantidade de resíduos hospitalares que seria descartado no meio ambiente, contribuindo com um menor impacto ambiental.

Com a estratégia de *upcycling*, o material que seria descartado, gerando um custo com a destinação, poderá ser utilizado como suporte têxtil para projetos sociais, na confecção de produtos manufaturados, podendo ser para uso dos próprios pacientes do hospital, ou em parcerias com empresas locais. Também interessante à administração, que busca soluções e melhorias na instituição, por abordar a geração de valor na cadeia de sustentabilidade, valorizando as políticas ambientais, que devem estar presente no plano estratégico de todos os segmentos empresariais (BARBOSA et al, 2020).

Segundo GUNTHER (2008), a segregação e gerenciamento de resíduos hospitalares são específicos, e necessitam de um tratamento adequado que possibilite minimizar impactos ambientais extra-hospitalares, evitando a poluição e situações de risco com o descarte sem controle dos resíduos no solo.

A segregação das mantas proporciona uma redução tanto de volume de resíduos gerados, considerando que o material é livre de contaminação, o descarte do mesmo gera maiores impactos ambientais e maiores custos para proporcionar o descarte adequado, sendo o reaproveitamento uma prática sustentável e econômica.

O estudo de Nogueira (2016), mostrou que há uma média de 3,72 kg de resíduos por cirurgia, sendo analisada coleta de 1.120 cirurgias em 82 dias. O peso em quilogramas, gerado por cada especialidade cirúrgica, no período de 79 dias no presente estudo, demonstra que essa quantidade de resíduos poderia ser reduzida com estratégias de reaproveitamento,

implicando em menor impacto ambiental causado pelos resíduos, e reduzindo custos relacionados ao descarte adequado, visto que, o material é descartado como grupo A-Infectante com uma média de R\$ 1,10 por quilo de resíduo, sendo 50,6% infectante (contando com perfurocortantes), 28,5% não reciclável e 19,2% reciclável (Nogueira, 2020) 2020), o reaproveitamento de mantas do tipo SMS seria uma escolha viável para diminuições de custos com resíduos hospitalares (NOGUEIRA, 2020).

Em 79 dias de coleta, obteve-se 12,631 kg de SMS possíveis de reaproveitamento, oriundos de 848 cirurgias. Esta coleta é realizada de forma segura, sem contato com qualquer contaminação, sendo um processo que preserva tanto o material que será reutilizado, quanto as pessoas que farão a sua separação ou manuseio posterior. Com a viabilidade de reaproveitamento, é possível utilizar o material segregado por meio de estratégias de *upcycling* em prol do meio ambiente, tendo em vista a redução dos impactos ambientais gerados pelo SMS que seria descartado.

4. Considerações Finais

O processo de captura de mantas do tipo SMS proposto no presente estudo, proporciona segurança tanto para quem realiza a separação, quanto para quem poderá reaproveitá-la após a captura em sala operatória, seguindo as sete etapas propostas neste estudo. Conhecer as clínicas que mais geram mantas de SMS, pode direcionar ações educativas estratégicas com circulantes. Ter um valor de referência de estimativa de geração de 140,89 gramas por cirurgia ou 18 mantas, cria a possibilidade de planejamento de infraestrutura de armazenamento e criação de produtos de *upcycling* com foco na economia circular com base no tamanho das mantas de SMS, favorecendo o melhor aproveitando do TNT e negociações com base quantidade de geração e ainda melhorar a argumentação junto a parceiros de projetos sócio ambientais que possam derivar das mantas de SMS pós consumo em sala operatória. Esse material capturado de forma segura cria possibilidades de reaproveitamento em projetos sustentáveis, contribui com o fortalecimento de Princípios de hospitais verdes e possibilita redução de custos gerados com o descarte inadequado de resíduos dos serviços de saúde.

A reutilização de SMS em novas cadeias de valor gera como consequência um olhar mais amplo sobre os materiais possíveis de serem reutilizados por meio do *upcycling*, em especial os hospitalares, uma vez que tende-se a considerar tal material como rejeito devido a sua origem. O presente trabalho mostra que com a captura segura de resíduos hospitalares é possível ampliar a discussão do *upcycling* e da sustentabilidade nas dimensões ambiental, social e econômica, no setor hospitalar, por meio da interdisciplinaridade e discussões sistêmicas.

Referências



ABINT - Associação Brasileira da Indústria de Não Tecidos e Tecidos Técnicos.

Barbosa, T. A. M., Nogueira, D. N. G., Emídio, L. F. B., Preto, S. C. S., Souza, P.M., Nunes, V.A. **Design, saúde e integração social no enfrentamento da pandemia Covid-19: case máscara de alta proteção AZUL A-98.** Projética, Londrina, v. 11, n. 1, p. 276-308, 2020.

CASTRO, A. B. C., AMATO-NETO, J. **Inovação na indústria da moda: as contribuições da teoria marxistas ao universo da moda.** 2012.

DUQUE, J, R, P. **Reutilização de Mantas SMS em Projeto Social.** Associação Congregação de Santa Catarina, 2015.

FUNG, W. **Coated and laminated textiles.** CRC Press, LLC. Florida. 2000.

GUNTHER, W, M, R. **Resíduos sólidos no contexto da saúde ambiental.** São Paulo. 2008.

HORROCKS AR, Anand SC. **HANDBOOK OF TECHNICAL TEXTILES,** Woodhead Publishing Limited in association with The Textile Institute Abington Hall. Abington, Cambridge. 2000.

KARLINER, J. G. R. **Global Green and Healthy Hospitals.** Health Care without Harm. 2016.

MARTINS, S. B; NOGUEIRA, D. N. G; MASSI, F. O; RAMOS, A. P. L. *Upcycling de resíduo hospitalar para a sustentabilidade ambiental e social.* In: **III Congresso Internacional de Sustentabilidade em Têxtil e Moda.** 2022, São Paulo.

MEDEIROS, D. Capítulo 3. In: **Manual do projeto EPI.** Goiânia, Goiás. 2020.

NOGUEIRA, D. N., CASTILHO, V. **Resíduos de serviço de saúde: mapeamento de processo e gestão de custos como estratégias para sustentabilidade em um centro cirúrgico.** REGE, 2016.

NOGUEIRA, D. N., SANTOS, G. A., CARDELLI, A, A, M., CASTILHO, V. **Resíduos de Serviços de Saúde: perfil e análise de custos em um centro cirúrgico.** Rev SOBECC. São Paulo. 2020.

SUNG, K. , COOPER, T. and KETTLEY, S. , 2014. **Individual upcycling practice: exploring the possible determinants of upcycling based on a literature review.** In: Sustainable Innovation 2014, 19th International Conference, Copenhagen, Denmark, 3-4 November 2014., Copenhagen, Denmark.

Pesquisa em Sistemas Produto-Serviço no Brasil: uma análise dos grupos em instituições superiores de ensino

Research on Product-Service Systems in Brazil: an analysis of groups in higher education institutions

Matheus Pereira Ferreira Ventura, designer, Universidade Federal do Rio de Janeiro

matheus.ventura@coppe.ufrj.br

Resumo

A busca por alternativas sustentáveis de consumo tem levado o setor produtivo e a academia a se aprofundarem na temática dos Sistemas Produto-Serviço (PSS). Neste sentido, o presente artigo traz um panorama dos grupos de pesquisa no Brasil que mencionem PSS, e dentre eles, os que também abordem a temática da Sustentabilidade. A partir do método de revisão sistemática da literatura, buscas foram realizadas no Diretório de Grupos de Pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. São identificados treze grupos, dos quais nove também mencionam sustentabilidade em algum nível. As análises permitem perceber que os grupos se concentram na região sul do país e na área da Engenharia de Produção. Com esses dados, a finalidade deste artigo é compreender a situação atual da pesquisa acadêmica sobre PSS no Brasil.

Palavras-chave: Sistema Produto-Serviço; Sustentabilidade; Engenharia de Produção

Abstract

The search for sustainable consumption alternatives has led both the productive sector and academia to delve deeper into the topic of Product-Service Systems (PSS). In this sense, this article presents an overview of research groups in Brazil that mention PSS, and among them, those that also address the topic of sustainability. Using the systematic literature review method, searches were carried out in the Directory of Research Groups of the National Council for Scientific and Technological Development. Thirteen groups were identified, of which nine also mention sustainability at some level. The analysis allows us to perceive that the groups are concentrated in the southern region of the country and in the field of Production Engineering. With these data, the purpose of this article is to understand the current state of academic research on PSS in Brazil.

Keywords: Product-Service System; Sustainability; Production Engineering

1. Introdução

Os serviços representam um importante pilar na economia global, sendo responsável por 65,7% do PIB mundial segundo o World Bank (2023). No Brasil o setor representa aproximadamente 70% do PIB nacional, com um crescimento de 8,3% no último ano de acordo com o IBGE (2022a). Já o setor de comércio varejista, que inclui desde roupas e eletrodomésticos a produtos alimentícios e combustíveis, fechou o ano de 2022 com um crescimento de apenas 1% (IBGE, 2022b). A diferença pode ser justificada pela crescente demanda de consumo consciente e redução na produção de resíduos presentes nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis (ONU, 2015). Os setores com preocupações ambientais têm se direcionado para desmaterialização dos produtos a fim de ofertá-los agregados a serviços através de Sistemas Produto-Serviço (PSS) (MONT; TUCKER, 2006). Apesar de serem também uma maneira de diversificar negócios gerando lucro e competitividade, aspectos sociais e ambientais não são levados em consideração, na contramão do que rogam as definições de PSS (COSTA *et al.*, 2018; BEUREN *et al.*, 2013).

Este trabalho tem como objetivo identificar grupos de pesquisa no Brasil que se concentrem nos temas de PSS e sustentabilidade. Para isso, o artigo irá identificar, classificar e analisar os grupos de pesquisa cadastrados no Diretório de Grupos de Pesquisa (DGP) do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), levando em consideração vários critérios, como a importância dada aos temas pelos grupos, sua distribuição geográfica, características institucionais, áreas do conhecimento e longevidade.

2. Procedimentos Metodológicos

Como previamente indicado, a presente pesquisa tem como base o método de RSL com o foco na análise dos grupos de pesquisa do DGP do CNPq. Para tal, foram seguidas as etapas sugeridas por Thomé *et al.* (2016) para uma revisão sistemática, composta das 8 etapas a seguir: i) planejamento e formulação do problema; ii) busca na base de dados; iii) coleta de dados; iv) avaliação da qualidade; v) análise e síntese de dados; vi) interpretação dos resultados; vii) apresentação dos resultados; viii) atualização da revisão.

Na primeira etapa, Thomé *et al.* (2016) sugerem a explicitação do que originou a RSL, o que está presente na seção anterior através da apresentação do tema, objetivo e justificativa deste trabalho. A segunda etapa consiste na escolha da base de dados e critérios de avaliação e exclusão de resultados. A opção do DGP como base de dados está alinhada com o objetivo do presente trabalho, que se refere a PSS como objeto de pesquisa a nível de pós-graduação no Brasil. Inserir e atualizar os dados no diretório é entendido como uma referência obrigatória para os grupos de pesquisa brasileiros. Dessa forma, a busca é realizada utilizando o termo de busca: sistema* produto*-serviço*. O emprego do asterisco justifica-se para incluir também o plural. A consulta é feita nos grupos da base corrente do censo atual, incluindo todas as palavras, aplicando a busca nos campos “nome do grupo”, “nome da linha de pesquisa”, “palavras-chave da linha de pesquisa” e “repercussões do grupo”, com as situações “certificado” e “não-atualizado”. A busca resultou em 13 grupos de pesquisa no dia 17 de

fevereiro de 2023. Uma segunda busca é realizada dentro dos resultados obtido a fim de identificar quais dos grupos, além de PSS também aborda também a temática da sustentabilidade, resultando em 9 grupos.

Na terceira etapa, coleta de dados, os resultados são organizados em uma tabela para classificação e análise. Os dados são analisados considerando nível de importância, área disciplinar, distribuição geográfica e longevidade. Limitações nessa coleta de dados estão relacionadas à possibilidade de modificação dos campos do grupo de pesquisa ao longo do tempo pelos seus líderes, o que afeta principalmente a análise baseada no ano de formação.

A qualidade é assegurada por meio da seleção do DGP, que funciona como um registro dos grupos de pesquisa formais das universidades brasileiras, as quais são certificadas por suas próprias instituições. Ademais, a descrição minuciosa do método e a possibilidade de replicação do processo descrito são garantias de que a quarta etapa, de avaliação da qualidade, seja cumprida.

A apresentação dos dados na forma de gráficos e tabelas que permitem identificar tendências e padrões referentes aos grupos de pesquisa brasileiros constituem a análise e síntese, cobrindo a quinta etapa. Na sexta etapa, a interpretação dos resultados, são discutidos os impactos dos dados obtidos e sua relação com a organização da pesquisa no Brasil acerca de PSS, com destaque para sua relevância no âmbito da sustentabilidade. A sétima etapa consiste na apresentação dos resultados, os quais foram descritos ao longo deste artigo destinado à comunidade de acadêmicos que buscam pela sustentabilidade integrada aos projetos e ao desenvolvimento de novos produtos, nas áreas de Design, Engenharia e Arquitetura no Brasil.

Na seção de conclusão deste trabalho, a oitava etapa, que envolve a atualização da revisão, é proposta como uma oportunidade para futuras pesquisas com o objetivo de investigar as mudanças no cenário de grupos de pesquisa sobre o tema de Sistemas Produto-Serviço no Brasil.

3. Análise dos grupos

3.1. Análise da importância dos temas na estrutura dos grupos de pesquisa

Este critério refere-se à importância dos temas PSS e Sustentabilidade na estrutura dos grupos. Os níveis de importância são definidos numa escala de 1 a 4, sendo 1 maior e 4 menor. Os níveis são aplicados na mesma ordem em que aparecem na busca do DGP. Cabe destacar que as categorias de classificação de importância são mutuamente exclusivas, ou seja, se um grupo é mencionado em um nível maior, não será contabilizado novamente nos níveis subsequentes. A Tabela 1 contém o detalhamento da quantidade de grupos nessa categorização.

Tabela 1: Resultados da análise quantitativa.

| Nível de importância | PS | Sustentabilidade |
|--|-----------|------------------|
| | S | e |
| 1 (nome do grupo) | 0 | 4 |
| 2 (nome da linha de pesquisa) | 8 | 4 |
| 3 (palavra-chave da linha de pesquisa) | 3 | 1 |
| 4 (repercussões do grupo) | 2 | - |
| Total | 13 | 9 |

Fonte: Autores.

A partir dessa análise, é possível inferir que nenhum dos 13 grupos trata de PSS como aspecto central de sua atuação (nome do grupo). Já no que tange a Sustentabilidade, 4 dos 9 grupos que abordam o tema o trazem no nome, revelando centralidade de atuação, a saber: “Life Sustainability - Life cycle and Innovation for the built Environment Sustainability” da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), “Núcleo de Inovação e Sustentabilidade também” também da UFRGS, “SINERGIA: Sustentabilidade e Tecnologia” da Universidade do Estado de Santa Catarina (Udesc) e “INOVAÇÃO, DESIGN E SUSTENTABILIDADE” da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Já na linha de pesquisa, 8 dos 13 grupos abordam a temática PSS, a saber: “Centro de Inovação e Gestão de Operações” da Universidade Federal de Alenas (Unifal), “CULTURA E DESIGN EM PRODUTOS AMAZÔNICOS -CUIA” da Universidade do Estado do Pará (Uepa), “Gestão de desenvolvimento de produtos, processos e serviços (GEPPS)” da Udesc, “Gestão de Operações de Produtos, Processos e Serviços” da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), “Grupo de Estudo e Pesquisa em Serviços – GEPS” da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), “Laboratório de Otimização de Produtos e Processos”, “Núcleo de Engenharia Organizacional (NEO)” e “Núcleo de Inovação e Sustentabilidade” da UFRGS.

3.2. Análise da distribuição geográfica dos grupos

A Tabela 2 mostra a quantidade de grupos que abordam PSS e aqueles que também mencionam sustentabilidade, organizados por região brasileira. Já a Figura 1 apresenta a quantidade de grupos por unidade federativa, sendo à esquerda aqueles que abordam PSS e à direita aqueles que também se dedicam à sustentabilidade.

Tabela 2: Distribuição geográfica por região.

| Região | PSS | Sustentabilidade |
|--------------|-----------|------------------|
| Norte | 1 | 1 |
| Nordeste | 1 | 1 |
| Centro-oeste | 0 | 0 |
| Sudeste | 4 | 2 |
| Sul | 7 | 5 |
| Total | 13 | 9 |

Fonte: Autores.

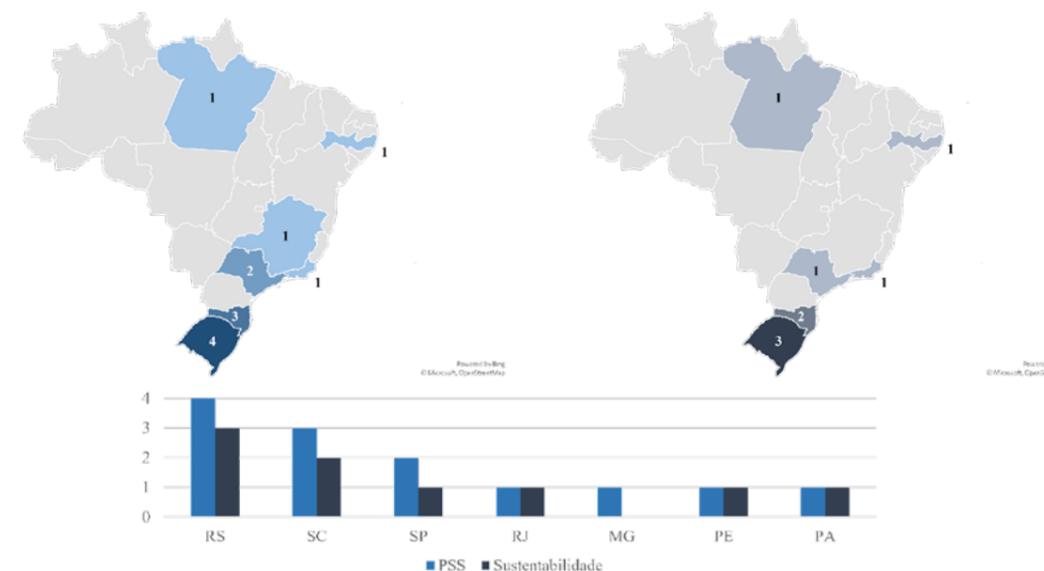


Figura 1: Distribuição dos grupos por estados. Fonte: Autores.

Os dados demonstram que há maior concentração de grupos nas regiões sul e sudeste, com 7 e 4 representantes respectivamente, como mostra a Tabela 2. As regiões norte e nordeste contam com apenas 1 grupo cada. É notável, aqui, a ausência de grupos na região centro-oeste do país. Quanto às unidades federativas, o Estado do Rio Grande do Sul (RS) destaca-se por ter a maior quantidade de grupos que abordam a temática de PSS (4), seguido por Santa Catarina (3).

Em relação aos grupos que além de PSS também possuem pesquisas relacionadas à Sustentabilidade, as tendências se repetem. A região sul concentra a maior quantidade, liderada pelo RS.

3.3. Análise das características institucionais

O critério de análise das características institucionais diz respeito ao contexto de pertencimento do grupo dentro das Instituições de Ensino Superior (IES) brasileiras, levando em conta a perspectiva de PSS e as que também incluem sustentabilidade, independentemente do nível de importância. Na Figura 2, é possível visualizar a quantidade de grupos por IES.

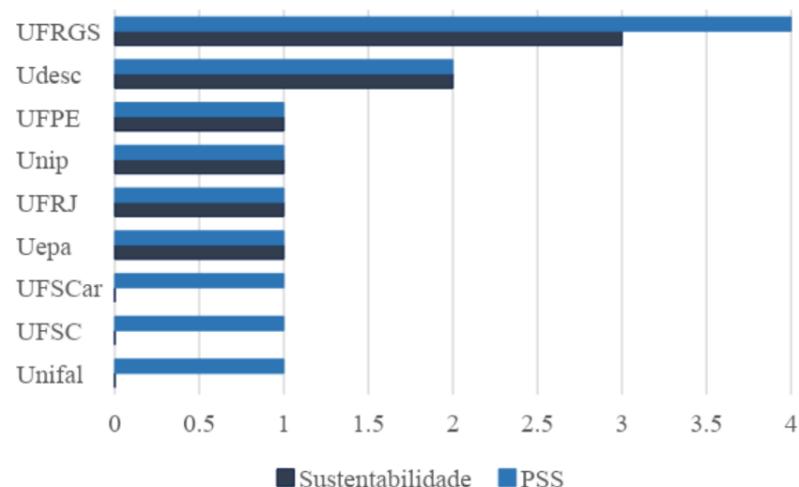


Figura 2: Análise dos grupos do IES. Fonte: Autores.

Os resultados evidenciam que os 13 grupos pertencem a 9 IES, sendo a UFRGS a que detém o maior número (4), seguida pela Udesc (2). As demais IES possuem apenas um grupo cada. É relevante que dentre as IES, apenas os grupos presentes na UFSCar, UFSC e Unifal não abordam a temática da Sustentabilidade, apenas PSS. Os grupos da Udesc, UFPE, Unip, UFRJ e Uepa pesquisam PSS e Sustentabilidade, enquanto apenas um dos três grupos da UFRGS não aborda sustentabilidade. Dentre as IES, também é notável que 8 são públicas (6 federais e 2 estaduais) enquanto apenas uma é privada.

3.4. Análise por área do conhecimento

O critério de análise das áreas de conhecimento dos grupos leva em conta as áreas predominantes dos grupos analisados, com a consideração do PSS em qualquer nível de importância. Os resultados estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Análise por áreas predominantes.

| Área do Conhecimento | Grupos |
|------------------------|-----------|
| Engenharia de Produção | 10 |
| Desenho Industrial | 2 |
| Engenharia Civil | 1 |
| Total | 13 |

Fonte: Autores.

A análise da Tabela 3 revela que 77% dos grupos (10) de pesquisa que abordam PSS em qualquer nível de importância estão na Engenharia de Produção (EP), enquanto apenas 2 estão no Desenho Industrial e 1 na Engenharia Mecânica. Este cenário evidencia a relevância do tema para a EP, o que dentre alguns fatores, pode ser justificado pela possibilidade de

empresas atuarem próximas aos clientes de forma a obterem informações para poderem suprir necessidades identificadas (TUKKER; TISCHNER, 2006; MONT, 2002).

5.5. Longevidade dos grupos

O critério de longevidade está relacionado ao ano de criação dos grupos de pesquisa que estão ativos no momento da busca. É importante destacar que essa análise não tem como objetivo mapear o pioneirismo ou a evolução temporal dos grupos, já que o DGP permite edição nos campos usados como critério na pesquisa (nome do grupo, linhas de pesquisa, palavras-chave da linha de pesquisa e repercussões do grupo) ao longo do tempo, sem indicar exatamente quando essas mudanças ocorreram. Portanto, a análise indica apenas como os grupos se denominam atualmente em relação à sua longevidade, sem refletir ou explicitar quando eles começaram a abordar PSS. Assim, a análise considera apenas a longevidade do grupo em relação à sua descrição atual no cenário de pesquisa. A Figura 3 apresenta uma visão geral do desenvolvimento temporal dos grupos de pesquisa que se referem a PSS em qualquer nível de importância.



Figura 3: Ano de formação dos grupos que atualmente fazem referência a PSS.

A análise da Figura 3 revela que os primeiros grupos datam de 1994 e 95, e que só após 12 anos um novo grupo foi formado, em 2007. A partir de 2007 novos grupos foram formados com maior frequência, com destaque para os anos de 2014 e 2015 quando dois grupos foram formados em cada ano.

4. Considerações finais

Este artigo tem um caráter exploratório, com o objetivo de investigar as características dos grupos de pesquisa que abordam o tema de PSS, e dentro deles, que também incluem pesquisas acerca de Sustentabilidade no Brasil. Todos os resultados obtidos foram retirados da base de dados e não refletem as opiniões dos autores. A escolha do DGP do CNPq como fonte de dados para esta análise, justifica-se pelo fato de ser um registro formal no campo da pesquisa científica no país, uma vez que as autodescrições dos grupos são registradas e validadas por suas instituições.



A disparidade entre regiões do Brasil foi um dos resultados obtidos nesta pesquisa com prevalência de grupos nas regiões sul e sudeste, o que pode ser reflexo de como a pesquisa científica se estruturou no país.

Espera-se que, com a identificação dos grupos de pesquisa em PSS no Brasil, novas redes possam se formar a fim de compartilhar e promover conhecimento acerca do tema. Pesquisas futuras que se aprofundem no detalhamento dos grupos de pesquisa de PSS no DGP poderão contribuir no sentido de compreender como cada um relaciona o tema com Sustentabilidade.

5. Agradecimento

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Referências

- BEUREN, F. H., GOMES FERREIRA, M. G., CAUCHICK-MIGUEL, P. A. Product-service systems: A literature review on integrated products and services. **Journal of Cleaner Production**, 47, pp. 222-231. 2013.
- COSTA, N.; PATRÍCIO, L.; MORELLI, N.; MAGEE, C. L. Bringing service design to manufacturing companies: integrating PSS and service design approaches. **Design Studies**, v. 55, p. 112-145, 2018.
- GERALDI, B.; MAYLOR, H.; WILLIAMS, T. Now, let's make it really complex (complicated): A systematic review of the complexities of projects. **International Journal of Operations & Production Management**, 31(9), pp. 966-990, 2011.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa mensal de serviços**. 2022a. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/servicos/9229-pesquisa-mensal-de-servicos.html?=&t=resultados>>. Acesso em: 18 fev. 2023.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Tabela 1 - Indicadores do Volume de Vendas do Comércio Varejista e Comércio Varejista Ampliado, segundo as atividades de divulgação**. 2022b. Disponível em: <https://ftp.ibge.gov.br/Comercio_e_Servicos/Pesquisa_Mensal_de_Comercio/Tabelas/2022/pmc_202212_01.xlsx>. Acesso em 18 fev. 2023.
- MONT, O. K. Clarifying the concept of product-service system. **Journal of Cleaner Production**, 10, pp. 237-245. 2002.
- MONT, O.; TUCKER, A. Product-Service Systems: reviewing achievements and refining the research agenda. **Journal of Cleaner Production**, v.14, n.17, p.1451-1454, 2006.
- ONU, Organização das Nações Unidas. **Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. 2015**. Disponível em:

<<https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustentavel>>. Acesso em: 18 fev. 2023.

THOMÉ, A. M. T.; SCAVARDA, L. F.; SCAVARDA, A. J. Conducting systematic literature review in operations management. **Production Planning & Control**, v. 27, n. 5, p. 408-420, 2016.

TUKKER, A.; TISCHNER, U. **New Business for Old Europe: Product-Service Development, Competitiveness and Sustainability**. Greenleaf, 2006.

WORLD BANK. 4.2 **World Development Indicators: Structure of output**. Disponível em: <<http://wdi.worldbank.org/table/4.2>>. Acesso em: 18 fev. 2023.



Avaliação do serviço público de transporte dos dejetos suínos no Município de Presidente Castelo Branco, Santa Catarina, SC.

Evaluation of the public transport service for swine manure in the Municipality of Presidente Castelo Branco, Santa Catarina, SC.

Claudio Rocha de Miranda, Doutorado em Engenharia Ambiental

claudio.miranda@embrapa.br

Marcos Venícios Novaes de Souza, Pós-graduado em Logística de Agronegócios

marcos.novaes@embrapa.br

Cícero Juliano Monticelli, Mestrado em Zootecnia

cicero.monticelli@embrapa.br

Daniel Moro de Miranda

danimm2010@gmail.com

Gian Seganfredo

seganfredo_seganfredo@yahoo.com.br

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo realizar um monitoramento e análise dos serviços prestados pela frota agrícola da Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente do município de Presidente Castelo Branco, SC. O acompanhamento realizado durante um período de três anos permitiu um amplo levantamento qualitativo e quantitativo dos serviços prestados, bem como a identificação de diversas melhorias que necessitam ser realizadas para que esses serviços possam ser realizados de maneira a atender integralmente os princípios da administração pública, que são: a legalidade, impessoalidade, publicidade, moralidade e a eficiência. A avaliação realizada durante um período de três anos constatou que o serviço com o maior número de atendimentos foi o de “transporte dos dejetos líquidos de suínos como adubo orgânico” (DDLs), com um total de 913 atendimentos, seguido da “ensilagem”, com média de 609 atendimentos e, “abastecimento de água”, com 304 atendimentos. A média dos anos 2020 até 2022, no serviço de DDLs, mostra que frota de máquinas trabalhou 2.752 horas/máquina, tendo realizado um total de 2.738 atendimentos e, contemplando 364 agricultores. As informações geradas servirão de base para estudos de otimização da logística e

automação da gestão da frota agrícola na Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente do município de Presidente Castelo Branco, bem como buscar meios de valorar o serviço de distribuição de dejetos líquidos de suínos.

Palavras-chave: Monitoramento; Suinocultura; Dejetos

Abstract

The present work aimed to carry out a monitoring and analysis of the services provided by the agricultural fleet of the Secretary of Agriculture and Environment of the municipality of Presidente Castelo Branco, SC. The follow-up carried out over a period of three years allowed a broad qualitative and quantitative survey of the services provided, as well as the identification of several improvements that need to be carried out so that these services can be carried out in a way that more efficiently meets the principles of administration public, which are: legality, impersonality, publicity, morality and efficiency. The evaluation carried out over a period of three years found that the service with the highest number of calls was “transport of liquid pig manure as organic fertilizer” (DDLs), with a total of 913 calls, followed by “silage”, with an average of 609 assistances and, “water supply”, with 304 assistances. The average for the years 2020 to 2022, in the DDLs service, shows that the fleet of machines worked 2,752 hours/machine, having performed a total of 2,738 calls and covering 364 farmers (three-year average). The information generated will serve as the basis for studies on optimizing the logistics and automating the management of the agricultural fleet at the Department of Agriculture and the Environment in the municipality of Presidente Castelo Branco, as well as seeking ways to value the service of distributing liquid pig manure.

Keywords: Monitoring; Swine farming; Waste

1. Introdução

Entre os maiores desafios enfrentados pela gestão municipal da mesorregião oeste catarinense, onde o setor primário predomina como base da economia local, destaca-se o apoio do poder público municipal por meio do fornecimento de serviços de mecanização agrícola para os agricultores, com propriedades predominantemente formadas de base familiar. Normalmente os serviços de mecanização agrícola são prestados de forma direta pela frota de máquinas gerenciada diretamente pelo município, ou então por meio da cedência de máquinas, equipamentos e recursos



financeiros para que os próprios agricultores, por meio das associações de agricultores, o realizem. Entre os principais serviços prestados destacam-se na região oeste catarinense os seguintes: preparo de solo, adubação e correção do solo, ensilagem, fenação e o transporte dos dejetos líquidos de suínos, terraplanagens e outros.

No âmbito da região Oeste Catarinense, a microrregião da Associação dos Municípios do Alto Uruguai Catarinense (AMAUC) destaca-se pela sua grande concentração de animais, especialmente de suínos. A AMAUC é constituída por 14 municípios os quais ocupam uma área territorial que representa apenas 3,2% da área territorial de Santa Catarina, mas concentra 23,27% do rebanho estadual de suínos (1.785.836 cabeças), e gera anualmente um total estimado de 3 milhões de metros cúbicos de dejetos, os quais são majoritariamente destinados para a adubação das áreas agrícolas (IBGE, 2017).

O processo de aproveitamento dos dejetos suínos no Brasil para uso como fertilizante orgânico é predominantemente efetuado na forma líquida. Depois de retirado das instalações os dejetos ficam armazenados em depósitos, denominados de esterqueiras, onde permanecem retidos por um período mínimo de 40 dias, sendo posteriormente aplicados no solo como adubo orgânico. O aproveitamento dos dejetos suínos como fertilizantes orgânicos, deve seguir as recomendações agronômicas que visam minimizar as perdas de nutrientes do sistema solo por erosão, lixiviação, escoamento superficial ou volatilização (Perdomo, 2001; Kunz, Higarashi e Oliveira, 2005; Seganfredo *et al*, 2020; IMA, 2021).

Assim, o serviço de transporte e destinação desses dejetos constitui-se um dos maiores desafios dessa região, pois muitas das propriedades que produzem suínos não possuem área agrícola suficiente para o aproveitamento total dos dejetos e, portanto, necessitam exportá-los para área de outros agricultores. Por sua vez, os agricultores que possuem demanda para esse tipo de fertilizante orgânico nem sempre estão interessados, pois dependendo da distância entre a fonte geradora e o local de aproveitamento a relação custo-benefício do valor fertilizante é pouco atrativa, tornando-se necessário o apoio do poder público para que essa relação se torne mais atrativa e, assim, os dejetos sejam aproveitados como fertilizante, minimizando riscos de impactos ambientais negativos decorrentes de um potencial excesso de adubação nos locais de origem, caso não haja essa transferência. Assim, graças a esse apoio público, pelo menos hipoteticamente, todos os atores envolvidos nessa equação se beneficiam: os suinocultores por conseguirem transferir os dejetos excedentes com um custo de transporte subsidiado; os agricultores demandantes por reduzirem a necessidade de fertilizante minerais adquiridos no mercado, reduzindo assim o custo de produção dos seus cultivos; e a administração municipal por permitir o funcionamento e, muitas vezes a própria expansão, de uma atividade que é fundamental para o movimento econômico dos pequenos municípios (Miranda *et al.*, 2021).

Partindo-se dessa constatação a equipe do projeto de pesquisa intitulado “*Desenvolvimento de um modelo de gestão ambiental para bacias hidrográficas com produção intensiva de animais na região Sul do Brasil (2019-2022)*”, desenvolvido pela Embrapa Suínos e Aves sob a sigla “SMART”, constatou a necessidade de entender de maneira mais detalhada como funciona o processo de aproveitamento dos dejetos como fertilizante, haja vista a diversidade de situações existentes no espaço

rural das regiões onde a produção intensiva de suínos está mais concentrada, como é o caso de toda a mesorregião Oeste Catarinense.

O ponto de partida desse trabalho foi a realização, na data de 08 de julho de 2020, de um Seminário Virtual, o qual reuniu os representantes do Fórum dos Secretários Municipais de Agricultura da Região do Alto Uruguai Catarinense, com o objetivo: “*avaliar e identificar oportunidade para ações de pesquisa e desenvolvimento em relação a distribuição dos dejetos suínos no âmbito dos municípios da AMAUC*”, tendo sido uma das conclusões do Seminário a identificação da ausência de informações sistematizadas que permitam uma avaliação mais abrangente e qualificada de aspectos técnicos, legais e econômicos envolvidos na prestação desse serviço pelos municípios da região.

Diante dessa constatação a equipe do projeto SMART deu continuidade as suas pesquisas promovendo um estudo de caso que permitisse aprofundar o entendimento desse serviço. O município escolhido para a realização do estudo foi o de Presidente Castello Branco haja vista as seguintes características: representatividade do município em relação à produção intensiva de suínos, área territorial pequena, com apenas 261 estabelecimentos e o fato dos serviços serem prestados diretamente pela Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente (SMAMA), o que facilitaria o acesso as informações necessárias para a pesquisa.

No presente artigo apresentamos uma visão geral das informações obtidas por meio desse estudo que compreendeu um período de três anos (2020 a 2022), e que possibilitou uma precisa identificação dos números dessa política pública, que envolve um contingente expressivo de atores e elevada soma de recursos públicos, mas que via de regra não é adequadamente considerada em termos de sua contribuição para a sustentação do modelo de desenvolvimento rural baseado na produção intensiva de animais, bem como a identificação de deficiências operacionais ou de gestão que poderão ser objeto de melhorias.

2. Material e métodos

A metodologia empregada no presente artigo é um estudo de caso com objetivos exploratórios, visando melhor compreender uma atividade ainda pouco estudada, que é o serviço de coleta, transporte e deposição do adubo orgânico no solo como fertilizante, prestado sob a responsabilidade do poder público municipal.

O estudo foi realizado no município de Presidente Castello Branco, localizado na região oeste do Estado de Santa Catarina, com uma área de 65,433 km² e com 1.725 habitantes. Possui sua economia baseada em atividades rurais, avicultura, bovinocultura leiteira e suinocultura, totalizando 261 estabelecimentos rurais (IBGE, 2017).

Os dados utilizados para o presente estudo foram obtidos por meio da planilha de acompanhamento diário da frota de máquinas administradas pela Secretaria Municipal de Agricultura e Meio Ambiente (SMAMA) de Presidente Castello Branco, SC. Nesta planilha são



registradas as datas e horário de realização do serviço, nome do agricultor beneficiário, nome do operador, volume transportado e número de cargas realizadas. A utilidade principal dessas planilhas é a de poder controlar o tempo de horas máquinas gasto na prestação de serviços para cada agricultor e a emissão dos respectivos boletos de cobrança.

Para aproveitamento dos dados disponibilizados na planilha tornou-se necessário um minucioso trabalho de conferência das informações, bem como o seu enquadramento em apenas oito categorias de serviços, haja vista que nas planilhas originais constam **106** diferentes tipos. O critério para tal junção foi por meio da padronização na denominação dos serviços, bem como pelo seu agrupamento segundo a finalidade geral da atividade e não pelas diferentes etapas necessárias para a realização de um determinado serviço. Assim, os serviços foram agrupados da seguinte maneira: i) adubação; ii) abastecimento de água; iii) preparo do solo; iv) distribuição dos dejetos líquidos de suínos (DDLs); v) preparo do solo; vi) fenação; vii) ensilagem; viii) transporte em geral; ix) e outras atividades.

Além dos dados de acompanhamento diário da frota de máquina da SMAMA, utilizou-se, de forma complementar, dados obtidos por meio do rastreamento, via GPS, de dois caminhões e um trator. O uso de equipamento de rastreamento nesses veículos possibilitou obter algumas informações adicionais, tais como controle de jornada de trabalho, trajeto das máquinas, quilômetros percorridos, bem como outras informações técnicas relacionadas à realização desse serviço, os quais não constavam das planilhas e revelavam-se de importância para o melhor entendimento das especificidades dos serviços prestados.

Após detalhada conferência dos registros constantes na planilha de acompanhamento da frota de máquinas da SMAMA de Presidente Castello Branco, SC, e sua triangulação, quando possível, com os dados de rastreamento, empregou-se métodos de Estatística Descritiva para organizá-los de maneira a permitir uma avaliação geral da abrangência do serviço, em termos do número de atendimentos realizados, total de horas máquinas por tipo de serviço e número de agricultores beneficiários. Além disso, foram realizadas considerações específicas em termos de distribuição temporal dos diferentes serviços segundo os meses do ano, bem como uma avaliação econômica expedita dos valores envolvidos por meio do serviço de mecanização agrícola prestado pela frota de máquinas da SMAMA, com ênfase para os serviços de aproveitamento dos dejetos suínos como fertilizante orgânico.

3. Resultados e Discussões

3.1. A frota de máquinas e os preços cobrados para a prestação de serviços

O serviço de apoio aos agricultores do município de Presidente Castello Branco é realizado pela Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente (SMAMA), a qual possui uma equipe de trabalho

composta por 15 funcionários, dos quais 10 são operadores de máquinas, 3 ocupam funções técnicas e 2 administrativas. Além disso, possui uma frota de máquinas composta por 11 tratores agrícolas, 16 tanques distribuidores e 2 caminhões tanque com capacidade de 11.000 e 12.000 litros, além de diversos equipamentos que são empregados na prestação de outros serviços, tais como: preparo do solo, transporte de adubo, semeadura, colheita, ensilagem, transporte de água e produtos agrícolas.

A realização dos serviços é regulamentada pela lei municipal nº 1.170 /2017, a qual autoriza o poder executivo de Presidente Castello Branco a realizar serviços com máquinas e equipamentos de propriedade do município a terceiros, cobrando valores específicos de acordo com o tipo de máquinas e ou equipamentos empregados. O valor cobrado pela realização do serviço de transporte do fertilizante líquido de suíno, quando realizado por tratores de pneu traçado, é de 12,5 litros de diesel por hora e quando por meio de caminhão tanque de 11.000 litros o valor é de 18 litros de diesel/hora. Por sua vez, o artigo 3º da legislação da Lei nº 1.7710/2017 define que quando o pagamento pelo serviço ocorrer no prazo fixado, ou seja, até 40 dias após sua realização, receberá desconto de 20% do valor (PRESIDENTE CASTELLO BRANCO, 2017).

O fluxo das etapas obedecidas para a realização dos serviços prestados pela frota de máquinas da SMAMA tem a seguinte sequência: 1) solicitação do serviço pelo agricultor; 2) registro do serviço em planilha específica; 3) agendamento do serviço; 4) realização do serviço; 5) registro dos serviços em planilhas eletrônicas; 6) envio das planilhas para que a Secretaria de Administração, Planejamento e Finanças emita os boletos de pagamento.

Constata-se que pelos valores cobrados pelos serviços do município de Presidente Castello Branco a existência de um grande subsídio no preço das horas-máquina (hM). Por exemplo, considerando-se o preço de hora trator é igual a 12,5 litros de diesel por hora, a preços de outubro de 2022, o valor da hora máquina cobrado pela prefeitura seria igual a R\$ 83,75. Além disso, caso o serviço seja pago no prazo de 40 dias após a sua realização, haverá um desconto adicional de 20 por cento, portanto o preço final da hora máquina seria de R\$ 67,00. Por sua vez, nesse mesmo mês o custo de mercado da hora-máquina, para um trator com características semelhantes, seria de R\$ 185,00, ou seja, existe um subsídio no valor da hora-máquina da ordem de 60 por cento, caso o serviço seja quitado no prazo de 40 dias após a sua realização.

3.2 Apresentação geral dos serviços prestados no período 2020 a 2022

Entre os anos de 2020 e 2022, a frota de máquinas da SMAMA realizou 7.826 atendimentos, que demandaram 23.969 horas máquina e beneficiaram um total de 497 agricultores. Consta-se que os serviços de distribuição dos dejetos suínos e ensilagem representam aproximadamente 58,4% do total de atendimentos, consomem 72,1% das horas máquinas e atendem 37,5% do total de beneficiários. Em termos gerais, a média anual de atendimentos por agricultor é 5,25 atendimentos

e a de horas-máquina de 16, sendo o serviço de ensilagem a que apresenta uma maior média por atendimento (12,3hM), seguida da distribuição de dejetos suínos (8,0hM) (Tabela 1).

Outra informação que chama atenção é o expressivo número de atendimentos (912) e de pessoas atendidas (142) pelo serviço de abastecimento de água, demonstrando a importância desse serviço para as propriedades rurais do município, pois nos períodos de estiagem mais prolongada, torna-se necessário o fornecimento de água especialmente para a dessedentação dos animais. Para o abastecimento humano a maior parte das propriedades do município já são atendidas pelo serviço público municipal de abastecimento (Tabela 1).

Tabela 1. Número total de beneficiários, atendimentos e horas máquina no período 2020 a 2023, média de horas máquina por atendimento e média anual de atendimentos e horas máquina por beneficiários, segundo os diferentes agrupamentos de serviços prestados pela frota de máquinas da Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente (SMAMA) de Presidente Castello Branco, SC.

| Tipo de Serviço | Total de Benefic. | Nº Atendim. | Total de hM. | Média hM/Atendim | Média ano atendim/benefic | Média ano de horas hM/benefic |
|-------------------|-------------------|--------------|---------------|------------------|---------------------------|-------------------------------|
| Abastec. de Água | 142 | 912 | 1.130 | 1,2 | 2,14 | 2,65 |
| Adubação | 147 | 303 | 882 | 2,9 | 0,69 | 2,00 |
| Distribuição DLS | 347 | 2.738 | 8.344 | 3,0 | 2,63 | 8,02 |
| Ensilagem | 242 | 1.828 | 8.931 | 4,9 | 2,52 | 12,30 |
| Fenação | 45 | 163 | 398 | 2,4 | 1,21 | 2,95 |
| Transporte Geral | 217 | 384 | 860 | 2,2 | 0,59 | 1,32 |
| Preparo do Solo | 273 | 854 | 1.955 | 2,3 | 1,04 | 2,39 |
| Outras Atividades | 154 | 644 | 1.469 | 2,3 | 1,39 | 3,18 |
| Total | 497 | 7.826 | 23.969 | 3,1 | 5,25 | 16,08 |

Fonte: Elaborada pelos autores com base em planilhas de controle dos serviços da SMAMA de Presidente Castello Branco, SC.

Por sua vez, considerando-se o valor real do custo das hora-máquina (hM) de um trator, a preços de outubro de 2022, igual a R\$ 185,00, no período de três anos o município gastou um total de R\$ 4.434.265,00 na prestação de serviços para os agricultores. Por sua vez, considerando-se a existência de um subsídio médio de 50% nos valores cobrados, isso representa que o município repassa para os agricultores um subsídio anual da ordem de R\$ 739.044,17, o que representa um valor médio ano por agricultor atendido da ordem de R\$ 1.500,00.

3.2. O serviço de transporte e distribuição de dejetos suínos como fertilizante orgânico líquido

Segundo o Censo Agropecuário do IBGE de 2017, o Município de Presidente Castello Branco possui um total de 261 estabelecimentos rurais, dos quais 172 estabelecimentos possuem suínos, (IBGE, 2017). De acordo com o Sistema de Vigilância Sanitária Animal (INFOAGRO), no ano de 2017, Castello Branco tinha um rebanho de 117.031 cabeças, evoluindo para um total de 166.553 cabeças em 2021, ou seja, a suinocultura do município teve um crescimento na ordem de 42% entre 2017 e 2021 (Epagri, 2021).

Aproximadamente 66% do total de estabelecimentos agrícolas do município possuem a suinocultura como a sua principal atividade econômica, o que comprova a importância dessa atividade na região. Nesse cenário, entre os anos de 2020 e 2022, somente por meio do serviço de distribuição de dejetos líquidos de suínos, foram realizados um total de 2.738 atendimentos, que demandaram 8.235 hM, e transportaram um total estimado por ano de 128 mil metros cúbicos de fertilizantes orgânicos. Por sua vez, estimando-se o valor fertilizante dos dejetos em termos de Nitrogênio (N), Fósforo (P) e potássio (K), a preços do mês de outubro de 2022, obtêm-se um valor por metro cúbico de R\$ 31,38. Assim, considerando-se todo período chega-se ao valor final de R\$ 4.016.640,00 (Tabela 2)

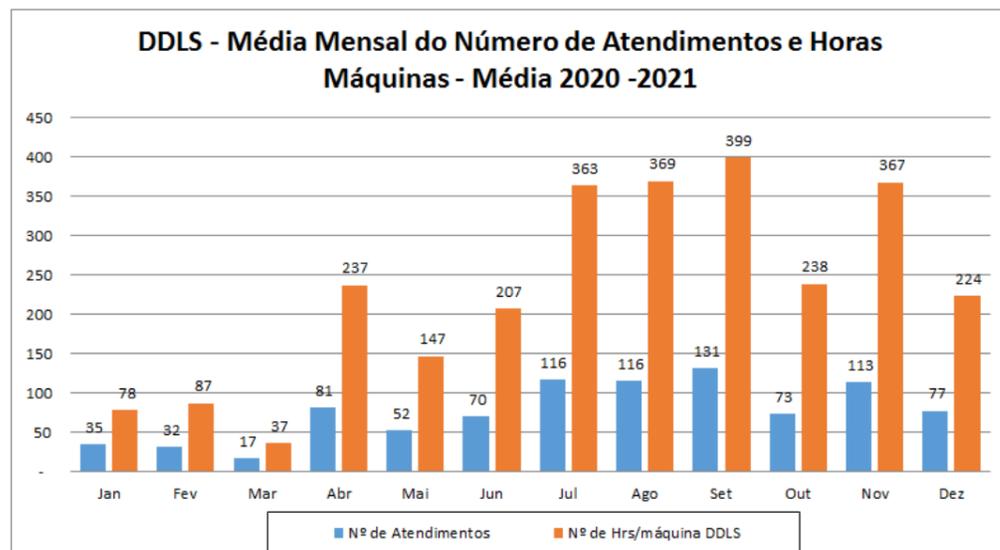
Tabela 2. Número de agricultores atendidos (beneficiários), atendimentos, total de horas máquinas, estimativa do volume dos dejetos transportados e valor fertilizante estimado no período 2020-2022

| Ano | Nº beneficiários | Nº atendimentos | Total de hM | Total de DLS (m3) | Valor fertilizante estimado (R\$) |
|--------------|------------------|-----------------|-------------|-------------------|-----------------------------------|
| 2020 | 234 | 771 | 2.203 | 32.000 | 1.004.160,00 |
| 2021 | 232 | 980 | 3.004 | 48.000 | 1.506.240,00 |
| 2022 | 246 | 987 | 3.045 | 48.000 | 1.506.240,00 |
| Total | 349* | 2738 | 8252 | 128000 | 4.016.640,00 |

Fonte: Elaborada pelos autores com base em planilhas de controle dos serviços da SMAMA de Presidente Castello Branco, SC. * Nº de beneficiários sem repetição. Instrução Normativa Nº 11, IMA 2014. Preços e referência CEPA/Epagri (outubro de 2022)

Na Figura 1, são apresentadas a variação mensal do número de atendimentos realizados e de horas máquina consumida no serviço de distribuição dos dejetos suínos, onde se observa que os meses de julho, agosto e setembro são os que apresentam a maior concentração na realização do serviço de distribuição dos dejetos suínos, sendo a relação média de 3,0 atendimentos por horas-máquina.

Figura 1. Média mensal de atendimentos e de horas máquinas na prestação do serviço de transporte e distribuição do DDLS, no período 2020-2022.



Fonte: Elaborada pelos autores com base em planilhas de controle dos serviços da SMAMA de Presidente Castello Branco, SC.

4. Conclusão

O trabalho de acompanhamento da frota de máquinas da SMAMA permitiu uma visão geral da importância dos serviços realizados no âmbito do município de Presidente Castello Branco, SC. As análises realizadas possibilitaram um contínuo aprendizado no que diz respeito ao serviço de distribuição de dejetos líquidos de suínos, bem como, revelaram a necessidade de estudos futuros que permitam uma avaliação mais criteriosa dos impactos econômicos e ambientais dessa política pública que se configura como aspecto fundamental para o modelo de desenvolvimento dos municípios onde a produção animal está mais concentrada.

Os serviços que apresentaram maior demanda foram os de “distribuição de dejetos líquidos de suínos”, “ensilagem” e “preparo do solo”, os quais somados totalizam 58% dos atendimentos realizado no ano de 2021. Em termos do número de horas máquina as atividades de “puxe dos dejetos suínos” e “ensilagem” representam 75% do total das horas realizadas.

Outra constatação obtida por meio desse estudo foi a necessidade de que os instrumentos de acompanhamento, controle e gestão da frota de máquinas sejam aperfeiçoados, permitindo uma maior agilidade, transparência e racionalidade na prestação dos serviços. Neste contexto, entende-se que a implantação de melhores instrumentos de acompanhamento e controle da frota traria importantes ganhos ambientais, econômicos e administrativos.

Entretanto, o avanço mais importante que se faz necessário diz respeito a urgente necessidade de desenvolvimento e implantação de um sistema de rastreamento e gerenciamento digitalizado da frota, sendo o qual, mesmo que simplificado, possibilite uma maior agilização e qualificação dos serviços prestados.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem à equipe da Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente da Prefeitura de Presidente Castello Branco, ao Gabinete da Prefeitura Municipal, à Câmara de Vereadores, à Epagri e, especialmente, aos agricultores do município. Todas estas entidades e pessoas contribuíram decisivamente para a realização desta obra.

6. Referências

- EPAGRI/Centro de Economia e Planejamento Agrícola. **Infoagro** - Preço Produto – Preço de Insumo SC, out. de 2021. Disponível em: <https://www.infoagro.sc.gov.br/index.php/precos/submenu-do-precos>. Acesso em: 27 set. 2022.
- IBGE. **Divisão regional do Brasil em regiões geográficas imediatas e regiões geográficas intermediárias** : 2017. IBGE, Coordenação de Geografia. - Rio de Janeiro : IBGE, 2017. 82p.
- KUNZ, A.; HIGARASHI, M. M.; OLIVEIRA, P. A. DE. Tecnologias de Manejo e Tratamento de Dejetos de Suínos Estudadas no Brasil. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 22, n. 3, p. 651–665, jan. 2005.
- MIRANDA, C. R de; VILAS BOAS, J. C. **Considerações sobre os programas municipais de transporte de adubo orgânico: estudo de caso do Alto Uruguai Catarinense**; 2022 (prelo).
- OLIVEIRA, P.A.V de; SILVA, A.P. da; PERDOMO, C.C. Aspectos construtivos na produção de suínos visando aos aspectos ambientais de manejo dos dejetos. In: SEGANFREDO. M.A. (org.). **Gestão ambiental da suinocultura**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. p.117 -215.
- PERDOMO, C. C. Alternativas para o manejo e tratamento de dejetos suínos. **Suinocultura Industrial**, v. 23, n. 152, p. 16–26, jul. 2001.
- PRESIDENTE CASTELLO BRANCO, SC. **LEI Nº 1770, de 16 de janeiro de 2017**. Autoriza o poder executivo municipal a prestar serviços à Terceiros, com equipamentos/veículos de propriedade do Município e dá outras providências. Presidente Castello Branco - SC, em 16 de janeiro de 2017. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/sc/p/presidente-castello-branco/lei-ordinaria/2017/177/1770/lei-ordinaria-n-1770-2017-autoriza-o-poder-executivo-municipal-a-prestar-servicos-a-terceiros-com-equipamentos-veiculos-de-propriedade-do-municipio-e-da-outras-providencias?q=1770>. Acesso em: 28 de jul 2022.
- SANTA CATARINA, Instituto do Meio Ambiente (IMA). **Instrução Normativa Nº 11/2021 -Suinocultura, 2021** - , de 21 fev. 2009, atualizada em 23 de ago. 2021. Florianópolis: IMA Portaria



intersetorial nº 01/04, de 14 de novembro de 2014. , 37 p. Florianópolis:SDS?IMA, 2021, 40 p. Disponível em: < <https://in.ima.sc.gov.br>>. Acesso em: 12 de abril de 2022.

SEGANFREDO, M. A.; MIRANDA, C. R. de; GUARESI, L. **O balanço de nutrientes como indicador de riscos ambientais no uso de dejetos animais como fertilizante no solo**. In: MIRANDA, C. R. de; MONTICELLI, C. J.; MATTHIENSEN, A.; SEGANFREDO, M. A. (Ed.). **Produção intensiva de animais e serviços ambientais: estratégias e indicadores**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2020 (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 211). p. 141-162

SCHERER, E.E. AITA, C. e BALDISSERA, I.T. Avaliação da qualidade do esterco líquido de suínos da região Oeste Catarinense para fins de utilização como fertilizante,1996. **Boletim técnico 79**, Epagri, Florianópolis-SC. 46 p.

Produção de luminárias de madeira através de processo híbrido fabricação digital e artesanal: protótipo funcional como ponto de partida para uma ação de extensão universitária

Production of wooden lamps through a hybrid digital and artisanal manufacturing process: functional prototype as a starting point for a University Extension Program

Júlio César Pinheiro Pires, Dr., Universidade Federal de Santa Maria

julio.pires@ufsm.br

Resumo

Este artigo apresenta o desenvolvimento de um protótipo funcional cuja principal característica é o processo híbrido de concepção considerando parte fabricação digital e parte artesanal. A produção faz parte de um projeto/ação de extensão universitária com objetivo de capacitação para geração de renda de integrantes de uma Associação de Artesãos. Na ação, propõe-se a produção de luminárias de madeira para comercialização. O método inclui elaboração de projeto técnico com auxílio de ferramenta computacional e modelagem paramétrica/algorítmica, capacitação e treinamento para execução do produto, desde conceitos de fabricação digital com corte a laser utilizando equipamento router CNC até a montagem artesanal com uso de ferramentas e algumas peças mais tradicionais. O protótipo foi criado como ponto de partida da ação de extensão e os resultados, tanto da análise do produto, quanto do método de produção adotado, foram considerados satisfatórios, demonstrando potencialidades e deficiências que podem ser abordadas durante o processo de capacitação dos artesãos.

Palavras-chave: Geração de renda; Luminárias paramétricas; Fabricação digital

Abstract

This article presents a functional prototype development whose main feature is the hybrid manufacturing process considering part digital manufacturing and handmade part. Production is part of a project/action aimed at training for income generation of members of an artisans association. In the program, it is proposed the wooden lamps production for commercialization. The method includes technical design with the aid of computational tool and parametric/algorithmic modelling, training for product fabrication, from digital laser -cutting concepts using CNC Router equipment to handcrafted assembly using tools and some parts more traditional. The prototype was created as a starting point of the university extension program and the results, both analysis and product, were considered satisfactory, demonstrating potentialities and deficiencies that can be addressed during the artisan training process.

Keywords: *Income; Parametric lamp; Digital fabrication*

1. Introdução

A produção artesanal de artefatos se difere da produção industrial, principalmente por dois fatores: i) não há um método estabelecido e bem definido, e ii) não há uma padronização do produto, assim como na produção em série.

O desenvolvimento de novos produtos – processo de design, pode incorporar um hibridismo onde se levam em consideração tecnologia computacional e algumas técnicas mais vernaculares, que carregam o rótulo de artesanais. Para Roizenbruch (2014), quando ocorrem trocas entre design e artes populares, onde se inclui o artesanato, o processo de hibridização se concretiza, gerando novos produtos. Para a autora, a união entre pensamento moderno e tradicional pode gerar artefatos cheios de novos sentidos e conceitos.

Processos capazes de gerar produtos com grau de inovação podem estar associados à hibridização de projetos e meios de produção. A interface entre áreas e subáreas do conhecimento pode ser representada como uma fronteira, onde se pode coletar subsídios dos dois lados com finalidade de se obter inovação.

Silva (2021) comparou o modelo/conceito de Artesanato Simbiótico ou Híbrido e Artesanato Tradicional, sendo o primeiro aquele que inclui processos computacionais na estrutura de desenvolvimento e, o segundo, aquele em que o artesão controla todas as etapas do desenvolvimento de seu produto. O autor observou que uma possível causa da estagnação da prática artesanal, ou seja, a falta de inovação nesse setor, pode estar relacionada à necessidade de artesãos tradicionais ter a tendência de um controle da totalidade de seu processo de produção. Pode existir uma aversão à introdução de meios computacionais em métodos tradicionais. Isso não diminui o valor nem inviabiliza a atividade artesanal, no entanto reduz o potencial leque de inovação.

O projeto de extensão intitulado “Produção de luminárias de madeira ecológica através de processo híbrido fabricação digital e artesanal” apresenta uma alternativa que pode minimizar a barreira entre produção tradicional e fabricação digital, podendo assim contribuir para destravar um conjunto de habilidades e competências ainda não bem exploradas por artesãos.

A fabricação digital de artefatos prevê o mínimo de interferência humana, onde normalmente a concepção do produto, assim como sua produção, fabricação, é feita com auxílio e por intermédio de ferramenta computacional e utilização de equipamentos “governados” por softwares.

Segundo Oliveira e Sakurai (2017), ainda não é possível se atingir a independência do fator humano na fabricação digital, entretanto os locais onde se realizam produção sistematizada por intermédio de processos digitais (Fab Labs), podem ser locais de trocas ricas de conhecimentos, com geração de inovação e criação de parcerias, viabilizando e fomentando pequenos negócios.

Nesse contexto, pretende-se desenvolver um projeto de capacitação visando um incremento na geração de renda para uma associação de artesãos, onde serão inseridas

técnicas de modelagem paramétrica/algóritmica e fabricação digital na produção de luminárias artesanais. Esse processo vai ao encontro do conceito de Artesanato Híbrido descrito por Silva (2021).

O projeto ocorre no âmbito da Ação de Extensão acima denominada, da Universidade Federal de Santa Maria, campus Cachoeira do Sul/RS, onde docentes e estudantes do curso de Arquitetura e Urbanismo atuarão de acordo com uma metodologia estabelecida. O objetivo final, além de introduzir uma cultura digital em meio a uma comunidade mais tradicional, é também propor uma oportunidade de diversificar e adicionar técnicas, acrescentando alternativa de produção e desenvolvimento de produtos com finalidade de aumentar a renda dos artesãos, melhorando assim sua situação socioeconômica.

Este artigo apresenta a etapa de produção de um protótipo funcional de uma luminária feita em madeira, através de processo híbrido considerando fabricação digital e artesanal.

2. Procedimentos Metodológicos

O projeto de extensão aqui descrito inclui etapas de pesquisa, design de modelos paramétricos/algóritmicos, desenvolvimento de produto, avaliação de etapas, elaboração de protótipo para validação de fases, treinamento e capacitação de pessoal, diálogo com instituições e trabalhadores artesãos, além da utilização de métricas para avaliar qualitativamente a introdução de uma técnica e quantitativamente se a renda dos artesãos aumentou. Para tanto, elaborou-se um cronograma elencando todas as atividades propostas (quadro 1).

Quadro 1: Cronograma geral da ação

| Etapa | Descrição | Avaliação |
|--|---|--|
| Protótipo | Realização de pesquisa bibliográfica e elaboração de projeto para modelos de protótipo de luminárias feitas de madeira pinus e madeira e resina (MDF), entre outros materiais de baixo custo – utilização de métodos artesanais e fabricação digital. | <ul style="list-style-type: none">● Funcionamento da luminária● Complexidade do projeto e execução● Tempo despendido● Valor de custo e de venda |
| Contato com associação | Apresentação da proposta, demonstração do método e dos resultados possíveis; iniciar proposta de vínculo entre associação e universidade dentro do âmbito de uma ação de extensão; apresentação dos benefícios. | |
| Projeto de extensão e preparação para execução | Formalizar projeto de extensão na instituição (universidade); verificar possibilidade de fomento para execução da ação; selecionar discentes para auxílio no desenvolvimento do projeto. | |
| Execução da | Elaboração de um conjunto de ações de capacitação; propor trocas de experiências e | |

| | | |
|-----------|---|---|
| proposta | saberes relacionados aos conhecimentos tradicionais e tecnológicos; introdução ao meio computacional no processo de produção. | |
| Avaliação | Avaliar todo o processo através de métricas apropriadas para cada etapa. | <ul style="list-style-type: none"> ● Etapa de protótipo ● Introdução do método junto à associação ● Adesão e engajamento dos associados ● Pontos fortes, moderados e fracos no processo de execução ● Objetivos alcançados |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Embora o projeto de extensão seja o “todo” demonstrado no quadro 1, cujas etapas e objetivos estão colocados, apenas a etapa de desenvolvimento do protótipo foi considerada neste artigo.

Segundo Kaminski (2000), o planejamento de um produto engloba as etapas de estudo de viabilidade, anteprojecto, projecto executivo, planejamento da produção, planejamento da disponibilização ao cliente, planejamento do consumo ou utilização do produto e planejamento do abandono do produto. Na etapa de anteprojecto ou projecto básico são realizados estudos e ensaios com modelos virtuais e protótipos.

Neste trabalho levou-se em consideração a etapa de anteprojecto com a proposta de um protótipo funcional, ainda que o produto descrito não tenha sido concebido estritamente conforme algum método conhecido ou proposto na literatura.

3. Elaboração do protótipo

A etapa de elaboração do protótipo auxilia na verificação de aspectos relacionados ao projecto e à execução do objeto, ou seja, o método de desenvolvimento, assim como aspectos formais, funcionais e estéticos do produto.

O material escolhido para confecção da luminária é madeira pinus (em ripas aplainadas) e MDF (*Medium Density Fiberboard*).

O projecto foi desenvolvido no ModelLAB – Laboratório de Modelagem em Arquitetura e Design, do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFSC. Foram consideradas as seguintes proposições para o projecto: i) escolha de material barato e que sua extração/produção não agrida ou que seja minimizada sua agressão ao meio ambiente; ii) utilização de computação gráfica na etapa de projecto, prevendo a próxima etapa de fabricação digital; iii) modelos das luminárias elaborados através de interação algorítmica/paramétrica, conferindo aspecto diferente daquele mais tradicionalmente proposto em trabalhos artesanais.

O método de fabricação digital prevê que todas ou quase todas as etapas de fabricação sejam feitas com intermédio de tecnologia computacional e maquinário onde se minimiza a

atuação humana. No processo, o projecto passa diretamente para o meio de fabricação por intermédio de software, alimentando equipamentos de transformação da matéria.

O projecto elaborado no âmbito deste trabalho foi otimizado para utilização, como processo de fabricação, de uma cortadora CNC Laser (área de corte 60x40cm). Este equipamento se encontra no laboratório da universidade.

Ainda na etapa de projecto foi prevista a montagem manual das partes da luminária, configurando assim a técnica híbrida, que considera uso de ferramenta computacional e manipulação de softwares e a montagem manual, bem como uso de acabamentos e outros materiais consolidando a parte mais artesanal do processo.

O método utilizado para criação de parte do protótipo (cúpula da luminária) está descrito no diagrama da figura 1.



Figura 1 – diagrama metodológico adotado para elaboração do protótipo. Fonte: o próprio autor

O diagrama não constitui um fluxograma como os que descrevem algoritmos. O método descrito na figura 1 prevê apenas a etapa de protótipo incluída no cronograma geral da pesquisa.

A partir do método adotado, deu-se início à execução do protótipo. A figura 2 apresenta o modelo em meio computacional, elaborado no aplicativo de modelagem paramétrica Dynamo.

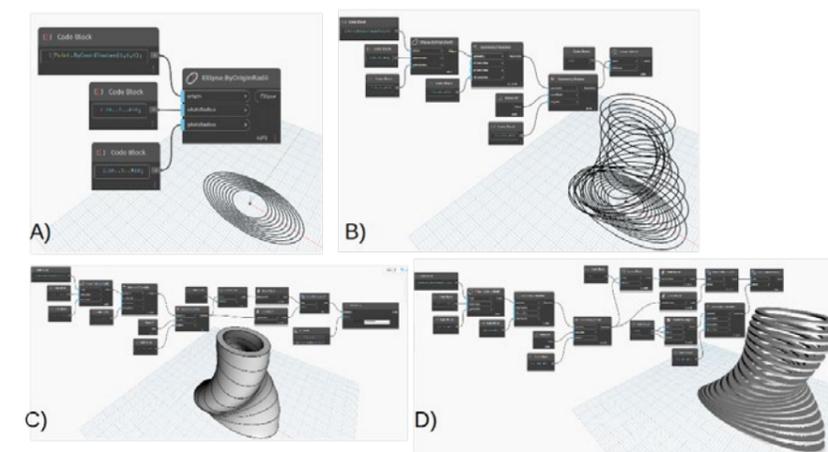


Figura 2 – modelo de parte da luminária criada a partir de interação paramétrica/algorítmica. Fonte: elaborado pelo autor.

No método de modelagem utilizado trabalha-se com parâmetros, onde o modelo não é criado pela interação direto na geometria, mas sim através de um ou um conjunto de algoritmos que descrevem sua forma e seu comportamento. Esse processo torna a modelagem altamente interativa, permitindo a criação e manipulação de parâmetros. Ao modificar um parâmetro, a forma como um todo se modifica/adapta em tempo real.

O aplicativo Dynamo utiliza Design Script, cuja modelagem se dá pela união lógica de nós para gerar não somente formas, mas condições, loops e outros elementos de programação.

O modelo foi criado a partir de uma circunferência circunscrita por um conjunto de elipses no mesmo plano. Após, algumas dessas geometrias foram movidas verticalmente e rotacionadas em torno de um eixo vertical. A partir das curvas posicionadas, foi possível criar uma superfície e, posteriormente, um sólido. Por fim foi simulado o processo de fatiamento que, na sequência, foi feito no software próprio para isso.

Após a definição formal de parte da luminária, o próximo passo foi exportar a geometria para o software de auxílio e definição do tipo de fabricação. Nesta etapa utilizou-se o aplicativo Slicer, que permite a escolha de como será formado o produto a partir de peças cortadas.

Como o próprio nome diz, o Slicer trabalha com modelo fatiado, ou seja, é possível transformar a geometria em fatias com reentrâncias para posterior montagem por encaixe.

Além de propor o formato para corte, o aplicativo prevê a quantidade de insumo (placas de MDF, para o caso) e o aninhamento das partes para um melhor aproveitamento da madeira. Após isso são gerados arquivos de desenho vetorizado para alimentar o aplicativo da máquina de corte.

A figura 3 mostra o modelo no Slicer. O modelo proposto necessitou de 4 pranchas tamanho A3 (29,7x42cm), MDF 3mm.

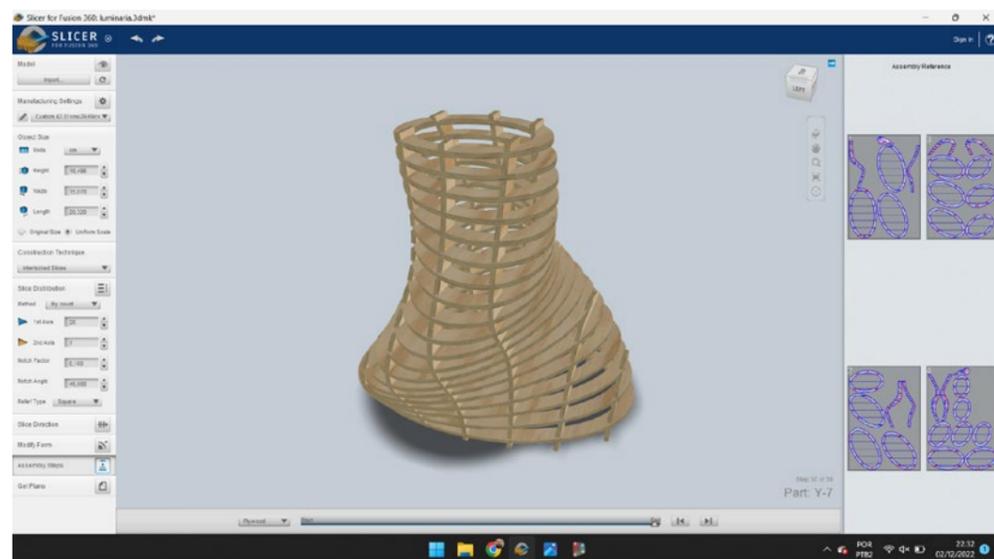


Figura 3 – modelo de parte da luminária no aplicativo Slicer. Fonte: elaborado pelo autor.

O modelo proposto tem dimensões 18x15x20cm. É composto de 20 partes horizontais e 7 verticais, que serão montadas por encaixes intertravados, sem necessidade de adesivo.

A partir da interação no Slicer, o modelo tridimensional foi transformado em desenhos 2D vetorizados, próprios para corte. A próxima etapa foi abrir os desenhos no aplicativo próprio da máquina de corte a laser (router CNC).

A figura 4 mostra uma das pranchas no aplicativo AutoLaser.

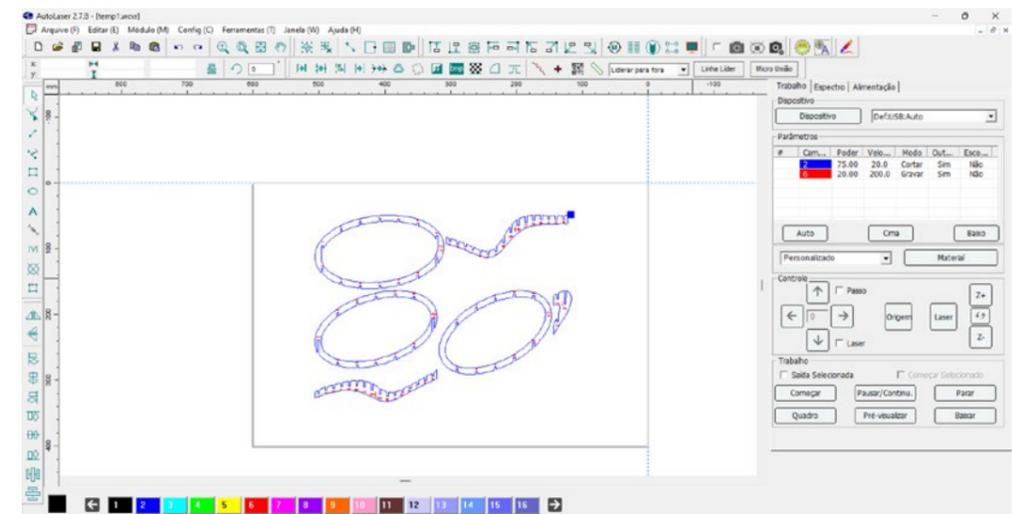


Figura 4 – desenho vetorizado de parte da luminária no aplicativo AutoLaser. Fonte: elaborado pelo autor.

O aplicativo AutoLaser permite determinar as características da atuação da máquina de corte (que também realiza gravação a laser). Para o modelo proposto, ajustou-se para realização apenas de corte.

A figura 5 apresenta a máquina de corte e uma prancha com peças cortadas.

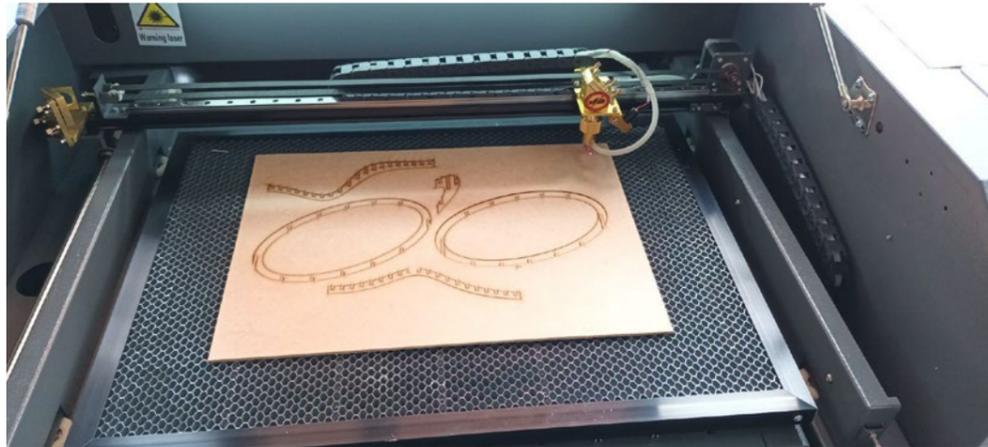


Figura 5 – máquina de corte com uma prancha já cortada. Fonte: elaborado pelo autor.

As peças foram cortadas e a parte da luminária foi montada. A figura 6 mostra a parte da luminária que foi desenvolvida com o processo de fabricação digital descrito.

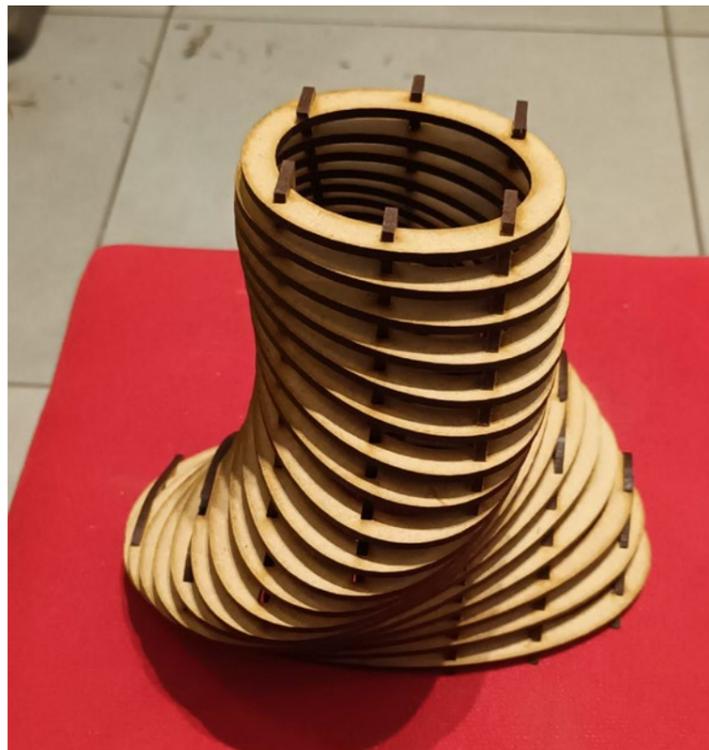


Figura 6 – Parte da luminária montada. Fonte: elaborado pelo autor.

A montagem das peças pode ser feita com auxílio da nomenclatura de cada elemento, criada no software Slicer. O software também possui um módulo dinâmico que mostra a ordem da montagem, peça por peça.

O processo de montagem da parte fabricada a partir da técnica digital foi finalizado, restando as outras partes da luminária. Estas outras partes constituem ripa de madeira pinus, parafusos e porcas, fio e o soquete (parte de encaixe da lâmpada).

A luminária proposta para este protótipo é do tipo luminária de mesa, constituída de uma haste articulada, uma peça de ligação e uma base para apoiar em mesa, além do próprio fio elétrico que liga a lâmpada.

O suporte (parte de madeira) foi criado a partir de 1 ripa de madeira pinus de 100x4x1cm, furada e cortadas em tamanhos específicos, e parafusos com porcas simples e com porcas tipo “borboleta”.

A figura 7 mostra as peças que foram necessárias para o suporte da luminária, além da lâmpada e da ferramenta (chave de fenda), não havendo necessidade de interação computacional para sua confecção.



Figura 7 – Partes do suporte da luminária (prevê montagem tradicional). Fonte: elaborado pelo autor.

Além do suporte, o protótipo ainda prevê a fiação, o soquete para lâmpada e uma lâmpada. Todos esses elementos foram montados e juntados à parte fabricada por corte a laser. O resultado da luminária pronta é apresentado na figura 8.



Figura 8 – Protótipo montado e funcionando. Fonte: elaborado pelo autor.

4. Análise dos resultados alcançados

A produção do protótipo funcional foi uma etapa necessária para verificação e avaliação do processo. É preciso avaliar se o método adotado apresenta resultados positivos, pois será este o método proposto no trabalho junto aos artesãos durante a ação de extensão já descrita.

Por esse motivo foram elaborados critérios de avaliação do processo e do produto, evidenciando pontos fortes, moderados e fracos na elaboração do protótipo (quadro 2). Esse material servirá para reflexão e ação com objetivo de aperfeiçoar o método para obter melhor resultado.

Quadro 2: Avaliação do produto e do processo

| PRODUTO | | |
|-------------|---|---------------------------------------|
| Critério | Descrição | Avaliação (forte, moderado, fraco) |
| Estético | Aspectos visuais, formais, apresentação | Forte |
| Funcional | Atende a necessidade, entrega o que se propõe | Forte |
| Usabilidade | Fácil de usar, fácil de montar/desmontar | Forte |
| Ambiental | Agride meio ambiente, energia/água incorporada, fácil reciclagem/descarte | Forte |
| PROCESSO | | |
| Critério | Descrição | Avaliação |

| | | (forte, moderado, fraco) |
|--------------------|--|--------------------------|
| Projeto | Facilidade de elaborar projetos com ênfase na modelagem paramétrica/algorítmica e fabricação digital | Fraco |
| Fabricação digital | Facilidade de execução do produto com esse processo | Moderado |
| Montagem manual | Facilidade de execução do produto com esse processo | Forte |
| Aprendizagem | Introdução de métodos computacionais no processo | Fraco |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Embora o protótipo descrito neste artigo esteja relacionado à produção não industrial, desconsiderando características de fabricação em série, a análise dos critérios elencados pode revelar necessidades de adaptações no método.

No quadro 2 foram desconsiderados critérios de avaliação de desenvolvimento de produto industrial, cujas características diferem do objeto final pretendido. Considera-se que os artesãos que receberão capacitação relacionada à produção aqui descrita continuarão desenvolvendo artesanato como produto final e seu método não deve ser desconsiderado. No entanto, foi preciso realizar a avaliação para estabelecer parâmetros de início e como as próximas etapas da ação de extensão deverão ser executadas.

A análise relacionada ao produto, mostrada no quadro 2, evidencia que o produto adotado para este trabalho, uma luminária de madeira, tem potencial para ser produzida por artesãos. Luminárias desse tipo (de madeira e concebidas artesanalmente) são produzidas e comercializadas há tempo por artesãos, não se configurando produto com inovação.

A avaliação do processo apresenta informações essenciais para o prosseguimento do projeto de extensão ora pretendido.

A parte do processo que engloba interação com meio computacional tende a apresentar avaliação de fraca a moderada. Isto se deve ao baixo nível de utilização de informática por parte do grupo de artesãos, objetos do estudo. Esta avaliação corrobora com as conclusões de Silva (2021), que afirma que artesãos mais tradicionais entendem que devem possuir o controle total de seu método de produção. Com a introdução da informática no processo produtivo (inclusive no processo criativo), o pretense controle diminui, ocasionando uma desestimulação.

Este fenômeno pode justificar a necessidade de uma ação onde se possa realizar atividades instrutivas/educativas com objetivo de introduzir, de forma não compulsória, conhecimentos básicos de computação aplicada para auxiliar artesãos na confecção de luminárias de madeira.

5. Considerações finais



O desenvolvimento de novos produtos deve prever abordagem metodológica compatível com aquilo que se pretende produzir. Produtos desenvolvidos de maneira artesanal tendem a não atenderem tais métodos, configurando-se uma produção local, individual, que não considera métodos de fabricação seriada e nem se aplicam regras corporativas estabelecidas.

Diante disso, o desenvolvimento do protótipo de luminária, descrito neste artigo, teve seu método avaliado por critérios que consideram principalmente o tipo de produção artesanal, a qual faz parte do projeto de extensão que o inclui.

Ao visar o projeto de extensão, em seu cronograma que engloba todas as etapas, a fase considerada ponto de partida foi concretizada e sua execução foi avaliada. Diante da avaliação, considera-se que o método adotado atende parcialmente a demanda.

Por outro lado, considera-se um desafio a adoção do método, mesmo com possíveis alterações, quando da execução das ações de capacitação junto à associação dos artesãos.

Referências

- KAMINSKI, C. P. **Desenvolvendo produtos com planejamento, criatividade e qualidade**. Rio de Janeiro: LTC, 2008.
- OLIVEIRA, A. A. A. e SAKURAI, T. Fabricação digital e DIY: Pesquisa de soluções para a criação de um mobiliário nômade. **XXI Congresso de la Sociedad Ibero-americana de Gráfica Digital**. Chile, p. 22 – 24, 2017.
- ROIZENBRUCH, T. A. Design híbrido: caminhos, processos e transformações. In: **Anais do 11º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, Blucher Design Proceedings**, v. 1, n. 4. São Paulo: Blucher, 2014. p. 550-557. ISSN: 2318-6968, DOI 10.5151/designpro-ped-01183.
- SILVA, A. S. Análise da sustentabilidade social e cultural do artesanato feito com a tecnologia computacional e digital. **DESIGN & TECNOLOGIA**, 2021. ISSN: 2178-1974, Vol. 11, No. 23 DOI 10.23972/det2021iss23pp106-115.

Do Design Social ao Design para Inovação social: uma revisão sistemática de literatura.

From Social Design to Design for Social Innovation: a systematic literature review

Nicholas dos Santos Faria Corrêa, Mestrando em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

nicholas.correa@pep.ufrj.br

Resumo

O presente trabalho tem como objetivo geral mapear os conceitos e autores mobilizados em trabalhos acadêmicos onde os termos Design Social e/ou Design para a Inovação Social são empregados com destaque, construindo assim um entendimento de quais são os cânones da disciplina, suas contribuições teóricas e onde são aplicados. A metodologia de pesquisa adotada é a Revisão Sistemática de Literatura, utilizando o *software* Parsifal para gerenciamento de etapas da pesquisa e tendo como escopo trabalhos acadêmicos de língua portuguesa melhor ranqueados na plataforma Google Scholar. Os resultados apontam um grupo definido de autores recorrentemente mobilizados, formando um referencial teórico obrigatório para a disciplina, além de identificar características do campo na produção acadêmica e padrões de aplicação prática.

Palavras-chave: Design Social; Design para a Inovação Social; Revisão sistemática de literatura

Abstract

The present study aims to map the concepts and authors mobilized in academic works where the terms Social Design and/or Design for Social Innovation are prominently employed, thus constructing an understanding of which are the discipline's canons, theoretical contributions, and where they are applied. The research methodology adopted is the Systematic Literature Review, using the Parsifal software for managing research stages and having as its scope academic works in Portuguese that are better ranked on the Google Scholar platform. The results point to a defined group of authors who are recurrently mobilized, forming a mandatory theoretical framework for the discipline, in addition to identifying characteristics of the field in academic production and patterns of practical application.

Keywords: Social Design; Design for Social Innovation; Systematic Literature Review

1. Introdução

O entendimento da trajetória disciplinar é fundamental para compreensão da construção teórica e identificação dos autores referência para o campo, bem como o mapeamento dos conceitos basilares para as temáticas com as quais se deseja trabalhar. Com o Design não é diferente e revisões sistemáticas de literatura são de grande importância neste processo.

Revisões sistemáticas de literatura proporcionam um olhar qualificado sobre as contribuições desenvolvidas pela comunidade científica por serem “uma modalidade de pesquisa, que segue protocolos específicos, e que busca entender e dar alguma logicidade a um grande corpus documental, especialmente, o que funciona e o que não funciona num dado contexto.” (GALVÃO; RICARTE, 2020)

Este artigo analisa os conceitos de Design Social e Design para a Inovação Social, tendo como objetivo geral mapear as principais definições e autores mobilizados, em quais contextos são aplicados e possíveis lacunas teóricas.

2. Procedimentos Metodológicos

O presente trabalho é uma investigação teórica, e do ponto de vista de seus objetivos é uma pesquisa exploratória, proporcionando maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito (GERHARDT, 2009). Quanto ao procedimento, optamos por uma revisão sistemática de literatura, procedimento que atende os objetivos apresentados anteriormente. A revisão sistemática aqui empregada será mista de convergência qualitativa, na qual:

transforma os resultados dos estudos qualitativos, estudos quantitativos e de estudos empregando métodos mistos em achados qualitativos (por exemplo, em temas). Esse tipo de revisão é aplicável quando os estudos analisados possuem amostras pequenas e estão voltados para desenvolver, refinar e revisar um quadro conceitual, por exemplo. (GALVÃO; RICARTE, 2020)

Após a definição do objetivo geral e objetivos específicos, cumpriu-se os métodos para a elaboração de revisões sistemáticas de literatura, sequenciados nas seguintes fases: Fase de Planejamento; Fase de Seleção; e Fase de Avaliação.

2.1 Fase de Planejamento

Na fase de planejamento executamos as atividades de: (1) definição do *PICO* - abreviação em inglês para População, Intervenção, Comparação e Desfecho; (2) elaboração das perguntas de pesquisa; (3) construção da *search string*; (4) elaboração dos critérios de inclusão e exclusão; e (5) definição do escopo. Nesta fase utilizamos o *software* Parsifal, definido como uma ferramenta online de suporte a pesquisas de revisão sistemática de literatura no contexto de engenharia de *software*. Entretanto, a plataforma não imprime nenhuma restrição a revisões de outras disciplinas, possibilitando o controle na gestão das etapas da pesquisa e qualificando revisões em outros contextos.

Em síntese, partimos da seguinte questão: Em artigos de língua portuguesa, publicados em revistas científicas ou apresentados em congressos (*population*), quais autores e definições são mobilizados (*intervention*) no debate sobre Design Social e sobre Design para Inovação Social (*comparison*) e quais as aplicações práticas dos mesmos (*outcome*) ?

A partir da questão inicial, buscamos segmentar e focalizar em cada elemento para construção das perguntas de pesquisa, definindo 6 perguntas que são respondidas nas seções seguintes. São elas:

1. Existem diferenças claras e rígidas entre "Design Social" e "Design para a Inovação Social"?
2. Quais as diferenças conceituais entre "Design Social" e "Design para a Inovação Social"?
3. Quais os autores mobilizados em relação ao conceito de "Design Social"?
4. Quais os autores mobilizados em relação ao conceito de "Design para a Inovação Social"?
5. Em quais campos (educacional, ambiental, empresarial...) o conceito de "Design Social" se desenvolve em prática?
6. Em quais campos (educacional, ambiental, empresarial...) o conceito de "Design para a Inovação Social" se desenvolve em prática?

As buscas foram realizadas através da plataforma Google Scholar, não sendo necessário a utilização da *search string*. Os critérios de inclusão de artigo no *corpus* investigado foram: Ano de publicação posterior a 2008; Apresenta ao menos um dos conceitos pesquisados no título; Disponível Gratuitamente; e Trabalha com ao menos um dos conceitos pesquisados.

Os critérios de exclusão foram: Ano de publicação anterior a 2009; Ano de publicação posterior a 2019; Indisponível gratuitamente; Não apresenta nenhum dos conceitos pesquisados no título; Não está no formato de artigo; Não trabalha com nenhum dos conceitos pesquisados; Trabalhos duplicados

O escopo da pesquisa restringiu-se a artigos em língua portuguesa que apresentassem no título os conceitos de Design Social e/ou Design para a Inovação Social. Optamos por selecionar artigos publicados de 2009 a 2019, objetivando entender a influência desses 10 anos de difusão da Rede DESIS Network - *Design for Social Innovation and Sustainability* (Rede internacional de designers que já existia em outro formato) - através de seus laboratórios espalhados pelo Brasil e outros países.

2.2 Fase de Seleção

Na fase de Seleção executamos as atividades de: (1) busca na literatura; (2) seleção dos artigos; (3) filtragem a partir dos critérios estabelecidos.

A busca foi realizada exclusivamente na plataforma Google Scholar, pesquisando pelas palavras-chave “Design Social” e, posteriormente, “Design para a Inovação Social”. Em cada uma das buscas, **foram selecionados os 30 artigos** em língua portuguesa melhor ranqueados, **totalizando 60 artigos**. Após a construção do *corpus* documental, realizou-se a filtragem através dos critérios estabelecidos na fase anterior, **reduzindo pela metade (30) este quantitativo**.

2.3 Fase de Avaliação

Na fase de Avaliação foram executadas as atividades de: (1) leitura integral dos artigos; (2) avaliação da qualidade metodológica; (3) síntese dos dados (metanálise); (4) avaliação da qualidade das evidências; e (5) redação e publicação dos resultados.

Tanto a avaliação da qualidade metodológica quanto a avaliação da qualidade das evidências não nos interessa aqui expor, tendo em vista que, apesar de realizadas, não objetivamos apresentar análises qualitativas sobre as pesquisas em si, mas análises sobre os autores, definições e aplicações por elas apresentados.

Após a leitura integral dos 30 artigos incluídos na etapa de filtragem, foi possível mapear os autores mais utilizados, bem como o enquadramento conceitual dos termos pesquisados e suas aplicações práticas. A síntese dessa coleta, bem como a publicação dos resultados, tem como objetivo traçar padrões e apresentar dados qualitativos sobre essas discussões.

3. Resultados

Antes de apresentar as definições conceituais de Design Social e Design para a Inovação Social, é necessário localizá-las historicamente para melhor compreensão do desenvolvimento teórico da disciplina.

A palavra design tem suas origens no latim onde, *designare*, significa tanto desenho como designar. Já no inglês, *design* tem conotações diversas como plano, intenção ou até mesmo configuração, estrutura e arranjo (CARDOSO, 2008).

Remontando às origens disciplinares do design é possível situá-lo de diversas formas a depender do critério escolhido. Como esclarece Cardoso (2008), uma definição tradicional de design pode ser como uma atividade de “elaboração de projetos para a produção em série de objetos por meios mecânicos”. É a partir do século 19, contexto de intensa aceleração das inovações tecnológicas e da transição do modelo de produção manual/artesanal para novos processos de fabricação em massa que o design enquanto etapa projetual começa a se desenvolver.

Segundo Cardoso (2008):

Os primeiros designers, os quais têm permanecido geralmente anônimos, tenderam a emergir de dentro do processo produtivo e eram aqueles operários promovidos por quesitos de experiência ou habilidade a uma posição de controle e concepção, em relação às outras etapas da divisão de trabalho. (CARDOSO, 2008, p.18)

Durante a análise dos artigos selecionados, também é possível encontrar afirmações semelhantes, sendo o “protótipo” do que conhecemos por design, cunhado em um contexto de reivindicações por melhores condições de trabalho nas fábricas e de ebulição de teorias, organizações e revoltas contra a exploração da classe trabalhadora. Martins et al. (2011) e Fornasier et al. (2012) apontam alguns precursores de agendas que seriam apresentadas quase um século depois sob uma nova roupagem, o Design Social:

Morris se destaca como um pioneiro no que se refere à preocupação com o social, ou seja: com a qualidade de vida dos cidadãos e com um projeto de sociedade sustentável. (MARTINS et al. 2011)

Ruskin, unindo-se a sindicalistas, afirmava que “o problema do design residia não no estilo dos objetos, mas no bem-estar do trabalhador” (DENIS, 2000, p.71). Foi também um dos primeiros defensores da qualidade total, e previu o limite do crescimento industrial em termos ambientais, sendo atualmente uma referência no assunto. (FORNASIER et al. 2012)

3.1 Design Social

Dos 30 textos analisados, 16 tinham como conceito motriz o Design Social, sendo **Victor Papanek** o principal autor articulado. Podemos afirmar que sua obra, “**Design for the real world**” (1971), foi de extrema importância para o estabelecimento do conceito de Design Social e para a pavimentação de discussões propostas por autores como: Ken **Garland**; Victor **Margolin**; Ana Verônica **Pazmino**; Bernd **Löbach**; Gui **Bonsiepe**; Alain **Findeli**; Jorge **Fracara**; e Rita **Couto**, também citados.

Segundo Martins et al. (2011), Papanek aponta o possível efeito danoso do desenho industrial e deixa explícito a necessidade de projetos de design orientados para o setor social, como por exemplo:

[...] assistência ao ensino de todas as classes incluindo projetos que visam transferir conhecimentos e habilidades a pessoas com dificuldades de aprendizagem e auxílio a portadores de necessidades físicas; treinamento para pessoas de baixa renda que tentam progredir profissionalmente; dispositivos de diagnóstico médico, equipamento de hospitais e ferramentas dentais; equipamento e mobiliário para hospitais mentais; dispositivos de segurança para o lar e para o trabalho e dispositivos que tratam de problemas de contaminação. (MARTINS et al. 2011)

Esta proximidade entre Design Social e Assistência Social também está presente em outras definições, evocando uma responsabilidade social - ora atribuída aos malefícios provocados pelo design na esfera mercadológica/industrial, ora por questões éticas e humanitárias - em uma busca por solucionar problemas sociais.

[...] diversos designers têm se envolvido com a questão social para minimizar os impactos negativos da profissão na sociedade, seja por de ações visando à geração de renda para comunidades carentes ou pelo desenvolvimento de projetos específicos para os necessitados, idosos ou deficientes. (MARGOLIN e MARGOLIN, 2002 apud DE MELLO, 2011)

O design social, de acordo com Löbach (2001), trata de uma questão ética e social orientada pelos problemas da sociedade e tem como meta a melhoria das condições de vida de determinados grupos, colocando os problemas do usuário como centro das atenções no projeto, respeitando o meio ambiente, a cultura como valor agregado e privilegiando a mão de obra local. (OLIVEIRA et al. 2018)

O trabalho do designer social envolve o contato contínuo com as comunidades mais desfavorecidas, por meio de um “trabalho de consultoria voluntária ou subsidiada por governos, ONGs ou empresas, nas mais variadas áreas de atuação” (PAZMINO, 2007 apud MIRA, 2016).

Críticas feitas às concepções como as apresentadas acima partem de diferentes perspectivas, algumas propondo um ajuste de discurso e de método, outras provocando reflexões mais profundas e radicais - refiro-me ao sentido etimológico da palavra.

Relativo às críticas adaptativas, encontramos propostas de distanciamento do cunho assistencialista, dissolvendo hierarquias e pautando o Design Social como atividade colaborativa. Diversas são as iniciativas que buscam contribuir com comunidades urbanas e rurais ou grupos marginalizados, atuando com diferentes atores e em diferentes frentes, produzindo resultados e fortalecendo grupos já existentes. Segundo Margolin et al. (2004), o design social também é uma ferramenta de inovação capaz de transformar a sociedade:

visa não só satisfazer as necessidades humanas, mas contribuir para a transformação social. Assim, é entendido como uma ferramenta de inovação, capaz de transformar necessidades humanas em produtos e sistemas, de modo criativo e eficaz, adequados não somente do ponto de vista econômico, mas também, social, cultural e ecologicamente responsável (FÓRUM INTERNACIONAL DE DESIGN SOCIAL – FIDS 2011 apud COSSIO et al. 2014).

Ainda sob esta abordagem do Design Social, foram encontrados alguns padrões de aplicação prática deste conceito. O primeiro deles é relativo ao modo (1) **como** esses serviços e produtos são feitos. O Design Social não atua sozinho, ou seja, outros conceitos e metodologias estão sempre (até onde se pode verificar) interligados. **Design Colaborativo, Design Participativo, Re-design, Design Gráfico, Design de Serviços, Design Thinking**, métodos de pesquisa como **Pesquisa-ação** e **Entrevistas** foram citados nas pesquisas de Estudo de Caso. O segundo padrão é sobre (2) **onde e com quem** essas iniciativas atuam. A atuação ocorre em **comunidades da periferia urbana ou zonas rurais próximas das capitais**, com participação de **Associações de modo geral (Ass. de moradores, Ass. de trabalhadores, cooperativas, Ass. religiosas), Organizações do Terceiro Setor** e em alguns casos com incentivo financeiro ou logístico do poder público. Um terceiro e último padrão é relativo a **com o que** atuam. Identificamos principalmente 3 esferas de ação: suporte à **Geração de renda, Fabricação de produtos ou serviços para bem-estar** e atividades para **Valorização da Identidade/Memória Local**.

Interessante notar que essas iniciativas acabavam por se conectar com discussões e procedimentos de outras disciplinas como as de História Social, Sociologia, Antropologia, Economia, Tecnologia da Informação, Agronomia e Educação.

3.1.1 Lacunas e Limites do Design Social

Verificamos que os trabalhos não apresentaram nenhuma metodologia, procedimento ou diretrizes de aplicação próprios do Design Social, tão pouco um consenso quanto às definições do conceito. Além disso, a produção acadêmica brasileira melhor ranqueada e os casos apresentados por elas não demonstraram atingir os rincões mais profundos da nação, sendo geograficamente restrito aos estados do Sul e do Sudeste.

Outro limite que se pode sublinhar é relativo à crítica mais reflexiva citada anteriormente. Em nenhum momento tivemos a inclusão da dimensão das relações de poder nos processos

desenvolvidos nos casos expostos, dimensão essa que está presente em todas as relações sociais, atravessada por questões políticas, de gênero, raça e classe.

Além disso, cabe complementar a discussão sobre o emprego de modelos complementares como Design Colaborativo, assim como a falta de procedimentos próprios do conceito, podendo exercer um papel limitador e de apagamento de outras dimensões. Segundo De Almeida (2018), uma modalidade projetual específica para colaboração entre designer e comunidade parece limitante à responsabilidade social conclamada pelos designer, carecendo de um dimensão política :

A autêntica transformação social se realiza, quando há implicação de todos com as questões políticas que cercam a comunidade, incluindo aí a disposição desta para entender a própria posição cultural legítima que pode, eventualmente, não se adequar às formas e aos interesses da produção projetual do design. (DE ALMEIDA, 2018)

Como lacuna a ser preenchida por pesquisas complementares, podemos examinar com maior detalhamento as dimensões de poder e políticas circunscritas às atividades do Design Social, além do acompanhamento dos seus resultados de forma longitudinal. Além disso, fica a dúvida sobre os motivos da escassez de produções científicas de outras regiões do país, que poderiam trazer outras perspectivas e contribuições, e se de 2019 pra cá houve algum tipo de modificação neste cenário.

3.2 Design para a Inovação Social

Dos 14 textos restantes para análise, apenas um compreendia os dois conceitos pesquisados no título, mas escolhemos inseri-lo nesta seção, de forma justificada, já que a autora trabalha no desenvolvimento teórico do conceito-chave desta seção.

Enquanto o conceito de Design Social remonta o início dos anos 1970, o conceito de Design para a Inovação Social - ou Design para a Inovação Social e Sustentabilidade - é muito mais recente, tendo maior difusão após da multiplicação de laboratórios da Rede internacional DESIS Network - *Design for Social Innovation and Sustainability* - a partir de 2009.

Seu grande expoente é o autor **Ezio Manzini**, um dos fundadores da rede e cânone para quem debate o assunto. Duas de suas obras são recorrentemente mobilizadas ao se tratar do conceito. A primeira delas chama-se “**Design para a inovação social e sustentabilidade: comunidades criativas, organizações colaborativas e novas redes projetuais**” de 2008, resultado de um curso de formação ofertado na UFRJ. O outro livro, este publicado em 2015, chama-se “**Design, when everybody designs: An introduction to design for social innovation.**”

Manzini (2015) diferencia “Design Social” e “Design para a Inovação Social”, sendo o primeiro originário da “[...] necessidade de intervenção urgente de alguma outra parte.” - não supridas pelo mercado ou governo - em problemas sociais como extrema pobreza ou catástrofes. O autor define “Design Social” como:

uma atividade de design que lida com problemas que não são tratados pelo mercado ou pelo governo, e nos quais as pessoas envolvidas normalmente não têm voz (pelo simples fato de não possuírem os meios econômicos ou políticos para criar uma demanda formal). (MANZINI, 2015)

Já o “Design para a Inovação Social” é definido de forma mais ampla, não apenas voltado para os problemas sociais mas sim “tudo o que o design especializado pode fazer para ativar, sustentar e orientar processos de mudança social na direção da sustentabilidade.” (MANZINI, 2015). O autor complementa ainda:

[...] o design para a inovação social refere-se a um vasto campo que resulta da intersecção de toda uma gama de fenômenos de inovação social (delineados no capítulo 1) com o design especializado em todas as suas configurações e formas atuais (delineadas no capítulo 2). Trata-se, portanto, de uma constelação de atividades, cada uma caracterizada por um sentido diferente desses dois termos. (MANZINI, 2015)

Fica claro que o autor pretende estabelecer um conceito mais amplo, voltado não apenas para problemas sociais, mas para desejos e oportunidades que promovam mudanças sistêmicas, reconfigurando a sociabilidade, a relação com a natureza e com os produtos. Além desta amplitude, o Design para a Inovação Social também se apoia em abordagens complementares como a desenvolvida por Meroni (2008), chamada de Community Centered Design. De forma resumida, esta abordagem se debruça no entendimento das necessidades comunitárias, para que em um processo colaborativo e distribuído, o designer possa auxiliar na condução de soluções que habilitem os demais membros em um aprendizado contínuo e longe de uma lógica clientelista.

Outras definições de Design para a Inovação Social foram encontradas nos artigos, mas em sua maioria apontam para as produções de Manzini. Em comparação com o conceito de Design Social, o referencial teórico é muito menor, justificando-se pela história recente do conceito. Outros autores citados nos artigos são Geoff **Mulgan**; Carla M. **Cipolla**; e Giovany **Cajaiba-Santana**.

Cipolla (2019a) situa as inovações sociais como “novas práticas sociais criadas a partir de ações coletivas, intencionais e orientadas ao resultado, com o objetivo de ativar mudança social através da reconfiguração de como objetivos sociais são realizados”. Ainda segundo a autora:

A inovação social está relacionada à capacidade da sociedade em resolver seus próprios problemas, em um processo fundamentado em novas relações entre atores (cidadãos, instituições, empresas e governos), utilizando as capacidades das pessoas para promover mudanças através da habilidade de projetar que todos possuem (CIPOLLA & MOURA, 2012).

Interessante notar que a presença do designer como agente promotor desta busca por soluções não é central como na concepção do Design Social, reforçando o foco no processo de transformação e incluindo o designer como mais um elemento na construção coletiva da sociedade. Onde antes o designer era uma espécie de agente externo a sociedade que atuava nela, entende-se o designer como mais um agente que também é atravessado pelos problemas que busca resolver.

3.2.1 Limites e Lacunas do Design para Inovação Social

É importante pontuar que durante a pesquisa verificou-se certa autonomia do termo Inovação Social em relação ao design, muitas vezes sendo apresentado separadamente como nos títulos: “*Design sistêmico para inovação social...*”; “*Design Contemporâneo e Inovação social...*”; “*Gestão de design e inovação social: uma revisão estruturada de literatura*”. Apesar do quantitativo reduzido de Estudos de Caso, **percebemos que, mesmo com as diferenças conceituais elencadas na seção acima, as aplicações práticas do Design para a Inovação Social não divergem em relação ao campo de aplicação daquelas apresentadas pelos estudos do Design Social**. Outras abordagens foram articuladas, contribuindo com o desenvolvimento teórico da disciplina, mas as ações apresentadas nos artigos se restringem a ações de suporte ao bem-estar, confecção de produtos para pessoas com deficiência e atuação em colaboração com Ongs e poder público.

Outro ponto a destacar é a “jovialidade” do Design para Inovação Social, sendo uma das possíveis explicações para o escasso número de artigos enquadrando o conceito em suas aplicações práticas e de Estudo de Caso. Porto et al. (*sem data*) complementa ainda com outros pontos frágeis da teoria:

[...] a literatura demonstra obstáculos que os designers enfrentam, tais como: a escolha de métodos de design adequados para as etapas da inovação social (Mulgan 2014); a formalização e a demonstração de resultados, de modo a tornar evidente o que realmente funciona e o valor da transformação pelo design (Mulgan 2014, Mortati e Villari 2014); e ainda, a ausência de uma linguagem concisa para avaliar a qualidade dos resultados de design para inovação social, diferentemente do que ocorre com a avaliação dos produtos manufaturados de design (Manzini 2011). (PORTO et al.)

4. Conclusão

Com este estudo, concluímos que:

- Sim, existem diferenças conceituais claras entre os termos investigados, mas estas diferenças ainda não se apresentaram quanto à aplicação prática, demandando um tempo maior de observação das práticas do Design para Inovação Social e estudos comparativos complementares.
- A principal fronteira que divide os dois conceitos reside na definição do “social” que cada conceito carrega. O significado de “social” diverge quando a amplitude, afetando também os anseios apresentados por cada grupo. Enquanto o Design Social busca a solução de problemas sociais, o Design para Inovação Social estabelece como objetivo a mudança sistêmica gradual da sociedade.
- Os principais autores mobilizados em relação ao Design Social são **Victor Papanek** e **Victor Margolin**, enquanto os autores referência para o Design para a Inovação Social são **Ezio Manzini** e **Carla Cipolla**.
- Ambos os conceitos têm aplicações práticas em frentes similares como no suporte à **geração de renda**; construção de serviços e produtos para **promoção de bem-estar**; ações voltadas para **questões ambientais e de sustentabilidade**; entre outras, mas sem esgotar as possibilidades de novas frentes de atuação.

Referências

AROS, Kammiri Corinaldesi; DE FIGUEIREDO, Luiz Fernando Gonçalves; MERINO, Eugenio Andrés Díaz. Gestão de design e inovação social: uma revisão estruturada de literatura. *Strategic Design Research Journal*, v. 7, n. 2, p. 66-73, 2014.

BARROS, Roberta Coelho. O design social como ferramenta de comunicação: contextualização e exemplos na sociedade contemporânea. In: 11º Congresso Brasileiro de Pesquisa em Design– P & D Design. Anais... Gramado: UFRGS, Unisinos, Uniritter, Blucher. 2014.

BASTANI, Kátia Regina; POSSAS, Diana de Castro. Design sistêmico para inovação social: A construção de uma oficina de chá para idoso. *Blucher Design Proceedings*, v. 2, n. 9, p. 3295-3307, 2016.

BERGMANN, Márcia; MAGALHÃES, Cláudio. Do desenho industrial ao design social: políticas públicas para a diversidade cultural como objeto de design. *Estudos em Design*, v. 25, n. 1, p. 51-64, 2017.

BERLATO, Larissa Fontoura; DE FIGUEIREDO, Luiz Fernando Gonçalves; FERREIRA, Marcelo Gitirana Gomes. Uma informação visual da revisão sistemática da literatura sobre Design de Serviço para Inovação Social. *Estudos em Design*, v. 26, n. 2, 2018.

CARDOSO, Rafael. Uma introdução à história do design. Editora Blucher, 2008.

CERQUEIRA, Clara Santana Lins; RIBEIRO, Rita. Redesenhando a Borrachaloteca: design social. In: 12º Congresso Brasileiro de Pesquisa em Design–P&D Design. Anais... Belo Horizonte: UEMG, Una, Blucher. 2016.

CHAVES, Liliane Iten; FONSECA, Ken Flavio Ono. Design para inovação social: uma experiência para inclusão do tema como atividade disciplinar. *DAPesquisa*, v. 11, n. 15, p. 130-146, 2016.

CIPOLLA, Carla. Design social ou design para a inovação social? Divergências, convergências e processos de transformação. *ECOVISÕES PROJETUAIS*, p. 147, 2017a.

_____. Ecovisões sobre Design para inovação social. *Ecovisões projetuais: pesquisas em design e sustentabilidade no Brasil*. São Paulo: Blucher, p. 83-86, 2017b.

CORRÊA, Glaucinei Rodrigues. Design social: uma experiência de desenvolvimento de projetos a partir de demandas reais. *Blucher design proceedings*, 2019.

COSSIO, Gustavo; HEIDRICH, Regina. A autoestima da comunidade valorizada pela extensão universitária em design social. **COLÓQUIO DE EXTENSÃO EX SEMANA DE EXTENSÃO, PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO UNIRITTER**, v. 6, 2014.

DE ALMEIDA, Marcelo Vianna Lacerda. Design Social: definição constituída no complexo social. *Estudos em Design*, v. 26, n. 3, 2018.

DE ARAUJO, Renata Mattos Eyer. **Um olhar sobre o design social e a prática do design em parceria**. 2017.

DEL GAUDIO, Chiara. Ecovisões sobre o design social. **Ecovisões projetuais: pesquisas em design e sustentabilidade no Brasil [livro eletrônico]**. São Paulo: Blucher, p. 13-18, 2017.

DE MELLO, Carolina Iuva et al. Projeto Design Social: geração de renda e resgate cultural através do design associado ao artesanato. *Inclusão Social*, v. 5, n. 1, 2011a.

_____. **Projeto Vila Jardim–o design social participativo valorizando a cultura local**. 2011b.

DE SOUSA, Cyntia Santos Malaguti. Design para inovação social e sustentabilidade: estratégia, escopo de projeto e protagonismo. **ECOVISÕES PROJETUAIS**, p. 125, 2017.

DOS SANTOS, Juliana Ferreira; DE SOUZA, Ricardo André Cavalcante. Processo de design orientado à inovação social. *Revista Brasileira de Computação Aplicada*, v. 11, n. 3, p. 110-121, 2019.

FIGUEIREDO, Luiz Fernando Gonçalves de et al. **Aplicação do design em casos de Inovação social do Estado de Santa Catarina**, Brasil. 2009.

FORNASIER, Cleuza BR; MARTINS, Rosane FF; MERINO, Eugenio. **Da responsabilidade social imposta ao design social movido pela razão**. 2012.

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

GALVÃO, Taís Freire; PEREIRA, Mauricio Gomes. Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, v. 23, p. 183-184, 2014.

GERHARDT, Tatiana Engel et al. **Métodos de pesquisa**. [Organizado por] Tatiana Engel Gerhardt e Denise Tolfo Silveira; coordenado pela Universidade Aberta do Brasil–UAB/UFRGS e pelo Curso de Graduação Tecnológica–Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. Porto Alegre: Editora da UFRGS, p. 31-32, 2009.



HUGO, Mariana; MOURA, Heloisa. A contribuição do design para a inovação social sustentável. **Anais... XI Semana de Extensão**, Pesquisa e Pós-graduação–SEPesq. Centro Universitário Ritter dos Reis, 2015.

MANZINI, Ezio. **Design para a inovação social e sustentabilidade (LIVRO): Comunidades criativas, organizações colaborativas e novas redes projetuais**. Editora E-papers, 2008.

_____. **Design, when everybody designs: An introduction to design for social innovation**. MIT press, 2015.

MARTINS, Bianca; LIMA, Edna Cunha. **Design Social e Design Thinking: trajetórias convergentes. O papel social do design gráfico**. Ed. Marcos Braga. SENAC, 2011.

MENEGOTTO, Margarete Luisa Arbugeri et al. **O DESIGN ATUAL DA INOVAÇÃO EM NEGÓCIOS: INOVAÇÃO SOCIAL E SUA EVOLUÇÃO**. In: 10th International Symposium on Technological Innovation. 2019.

MERONI A. Strategic design: where are we now? Reflection around the foundations of a recent discipline. **Strategic Design Research Journal**, v.1, n.1, Dec 1, p.31-38,2008a

MIRA, Fabrício et al. DESIGN SOCIAL: um estudo de caso das salas de aula da Fundação CASA. **Blucher Design Proceedings**, v. 2, n. 9, p. 3217-3226, 2016.

MOURA, Mônica et al. Design Contemporâneo e Inovação social aplicados no desenvolvimento de produtos gráficos educativos para pessoas com deficiência visual. In: **9 CONGRESSO INTERNACIONAL DE DESIGN DA INFORMAÇÃO**, 2019, Belo Horizonte. Blucher Design Proceedings. 2019. p. 779.

MOURÃO, Nadja Maria; ENGLER, Rita de Castro. Economia Solidária e Design Social: iniciativas sustentáveis com resíduos vegetais para produção artesanal. **Interações** (Campo Grande), v. 15, p. 329-339, 2014.

OLIVEIRA, Caio Marcelo Miolo de; FREIRE, Karine; FRANZATO, Carlo. A inovação social orientada pelo design: perspectivas para criação de uma plataforma habilitante. **SDS: SIMPÓSIO DE DESIGN SUSTENTÁVEL**, v. 5, p. 434-444, 2015.

OLIVEIRA, Célia Carneiro; MOURÃO, Nadja Maria. Design Social: objetos biográficos do cotidiano, memória social. **CHAPON CADERNOS DE DESIGN/CENTRO DE ARTES/UFPEL**, v. 1, n. 1, 2018.

PORTO, Renata Gastal; VASCONCELOS, Ana; ALMENDRA, Rita. **DESIGN PARA A INOVAÇÃO SOCIAL**.

A sustentabilidade aplicada aos projetos de edificações no Brasil

Sustainability applied to building projects in Brazil

Samantha Ohana de Miranda Luz, mestranda no Programa de Pós-Graduação Projeto e Cidade, Universidade Federal de Goiás

samantha.luz@discente.ufg.br

Pedro Henrique Gonçalves, doutor, Universidade Federal de Goiás.

pedrogoncalves@ufg.br

Fabiolla Xavier Rocha Ferreira Lima, doutora, Universidade Federal de Goiás.

fabiolla_lima@ufg.br

Resumo

A construção civil é a atividade humana com maior impacto no meio ambiente, sendo de fundamental importância na consolidação das metas para desenvolvimento sustentável no país. Apesar dos maiores impactos na sustentabilidade do edifício ocorrerem durante o uso e manutenção, é no projeto do edifício que se tem maior potencial de interferir no desempenho ao longo da vida útil. Desta forma, o objetivo deste artigo é entender por meio de quais mecanismos a sustentabilidade pode ser inserida nos processos de concepção de projetos de edificações novas e de intervenção em pré-existências brasileiros. Para tanto, foi adotada a revisão de literatura como metodologia da pesquisa. Como resultado, foi identificado que o projeto sustentável pode recorrer às estratégias bioclimáticas, às simulações computacionais para entendimento da performance dos edifícios em diversos cenários sustentáveis; às premissas das certificações e dos selos; e à sensibilidade do projetista para inserir as questões sociais no processo.

Palavras-chave: Projeto sustentável; Estratégias bioclimáticas; Simulação computacional; Selos e Certificações ambientais.

Abstract

Civil construction is the human activity with the greatest impact on the environment, and is of fundamental importance in consolidating the goals for sustainable development in the country. Although the greatest impacts on building sustainability occur during use and maintenance, it is no building design that has the greatest potential to interfere with performance over its useful life. In this way, the objective of this article is to understand through which the control of sustainability can be inserted in the design processes of new building projects and intervention in Brazilian pre-existing buildings. Therefore, a literature review was adopted as the research methodology. As a result, it was identified that sustainable design can follow bioclimatic strategies, computational simulations to



understand the performance of buildings in different contemplative scenarios; the assumptions of certifications and seals; and the sensitivity of the designer to include social issues in the process.

Keywords: *Sustainable design; Bioclimatic strategies; Computer simulation; Environmental seals and certifications.*



1. Introdução

As discussões em escala global sobre conservação do meio ambiente foram iniciadas em 1972 com a Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano, em Estocolmo, na Suécia, que estabeleceu uma agenda ambiental caracterizada pela gestão do uso do planeta e de seus recursos de maneira saudável e responsável (ONU, 2020). Consequentemente, nesta década, segundo Miranda (et al, 2019), foram criados, no Brasil, os órgãos ambientais: Secretaria do Meio Ambiente e Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

Em 1983 foi instituída a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento que, após quatro anos, concebeu o Relatório de Brundtland, com amplas recomendações, tornando público o conceito, até então inovador, de desenvolvimento sustentável (ONU, 2020).

O desenvolvimento sustentável pode ser definido como “o desenvolvimento que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de atender às suas próprias necessidades” através de ações ambientalmente responsáveis, socialmente justas e economicamente viáveis (MOTTA e AGUILLAR, 2009). “Aplicar o conceito de desenvolvimento sustentável é buscar em cada atividade formas de diminuir o impacto ambiental e aumentar a justiça social dentro do orçamento disponível.” (MIRANDA et al, 2019). Isso nos mostra uma mudança de paradigma, pois insere junto com as preocupações ambientais, as questões sociais e econômicas e ainda as coloca em um mesmo patamar de importância.

Tal paradigma foi amplamente divulgado com a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (Rio-92), no Rio de Janeiro, que estabeleceu a “Agenda 21” como um instrumento para propiciar sociedades sustentáveis em todo o planeta, tendo como parâmetros a proteção ambiental, a justiça social e a eficiência econômica, devendo ser seguida, ao longo do século XXI, pelos países que a adotaram. Pela primeira vez propuseram ações concretas a serem cumpridas (MIRANDA et al, 2019).

Após 10 anos, em 2002, uma nova conferência foi realizada em Joanesburgo, na África do Sul (RIO+10); outra em 2012, no Rio de Janeiro novamente (Rio +20). No ano de 2015, em Nova York, nos Estados Unidos, foi realizada a Cúpula de Desenvolvimento Sustentável onde propuseram a renovação dos acordos e compromissos através de uma nova agenda de desenvolvimento sustentável, conhecida como Agenda 2030 para desenvolvimento sustentável (ONU, 2020).

Essa agenda, a ser alcançada até o ano de 2030, é um plano de ação composto por 17 objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) e 169 metas, todos integrados e buscando o equilíbrio entre as áreas social, econômica e ambiental. Foram criados com a intenção de promover vida digna a todas as pessoas do globo terrestre; erradicar a pobreza; proporcionar a igualdade social, racial e de gênero; melhorar a educação; oportunizar políticas de combate às mudanças climáticas e conservação dos recursos naturais; dentre outros. No Brasil, a aplicação desta agenda está em retrocesso, segundo o VI Relatório Luz da Sociedade Civil, emitido em 2022 (GT AGENDA, 2022).

Esse panorama deixa claro que o conceito de sustentabilidade é relativamente jovem e engloba todas as esferas da sociedade, inclusive a construção civil. Ocorre que esta é a atividade do homem com maior impacto no meio ambiente, em função da enorme cadeia produtiva de materiais e componentes da construção e da dependência das suas atividades em um ambiente construído (AGOPYAN e JOHN, 2011), o que confere fundamental importância na consolidação das metas para desenvolvimento sustentável no país. Porém, em contrapartida, consegue contribuir na melhoria da qualidade de vida das pessoas em função de seus efeitos sociais e econômicos (MOTTA E AGUILLAR, 2009).

As edificações têm um ciclo de vida composto por: projeto, construção, uso e manutenção e final de vida útil. Segundo Motta e Aguilar (2009), a fase de uso e manutenção é a que apresenta maior impacto na sustentabilidade do edifício, porém é na etapa de projeto que se tem maior potencial de interferir no desempenho de uso e operação. Isso nos mostra que no projeto, ao adotar estratégias sustentáveis, é possível conseguir diminuir o uso dos recursos naturais e propiciar melhor desempenho para os edifícios.

Isto posto, o objetivo do trabalho é entender por meio de quais mecanismos a sustentabilidade pode ser inserida nos processos de concepção de projetos de edificações novas e de intervenção em pré-existências brasileiros.

Como metodologia foi adotada a revisão de literatura, onde foram levantadas as características dos projetos sustentáveis; as principais estratégias bioclimáticas aplicáveis as zonas de Goiás através de levantamento dos dados na norma e identificação das estratégias; entendimento da importância da simulação computacional e seleção dos principais softwares com continuidade utilizados pelos projetistas no Brasil; levantamento dos selos e certificações vigentes no país, seleção dos principais e identificação dos critérios de cada que podem ser aplicados aos projetos sustentáveis.

Infere-se que o conhecimento dos mecanismos de promoção da sustentabilidade nos projetos de arquitetura auxilia os projetistas na tomada de decisão durante a elaboração do projeto, propiciando não só a redução do consumo de recursos naturais, mas também a economia na operação do edifício e seus sistemas, bem como melhor qualidade e conforto aos usuários no espaço construído.

2. O projeto de edificações sustentáveis

Os projetos das edificações são capazes de determinar o quanto ela será sustentável, uma vez que as decisões projetuais influenciam diretamente no uso e operação. Oliveira e Romero (2020) entendem que para um projeto ser sustentável, deve ser concebido em sintonia com o meio ambiente e integrar, com mesmo patamar de importância, os aspectos sociais e econômicos envolvidos nas edificações. Desta forma, deve ser eficiente energeticamente, ter um ciclo de vida adequado, propor espaços saudáveis e confortáveis aos usuários, atender às necessidades sociais e ser viável economicamente.

Agopyan e John (2011) ressaltam sobre a importância das decisões em relação à localização e implantação do edifício, ao partido arquitetônico adotado, a especificação dos materiais, insumos, componentes e sistemas construtivos e aos condicionantes ambientais pois

promovem reflexos diretos no consumo energético e nos recursos naturais. Motta e Aguillar (2009) complementam esses quesitos citando as práticas para sustentabilidade propostas pelo Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS), onde entendem como primordiais que haja aproveitamento das condições naturais locais; melhor aproveitamento do terreno com utilização otimizada; análise do entorno; não impactar negativamente no entorno; proporcionar qualidade ambiental interna e externamente; redução do consumo de energia e água; escolha de materiais sustentáveis e propor inovações tecnológicas.

Com esse panorama, ressalta-se que os arquitetos precisam se conscientizar do seu papel como produtores de espaços sustentáveis e disseminadores do conceito na sociedade. Para tanto, precisam incluir na sua prática: metodologias projetuais de racionalização dos recursos naturais e de viabilidade econômica, bem como a sensibilidade para lidar com os aspectos sociais e culturais necessários para a adequada apropriação do edifício pelos usuários.

Para tanto, o profissional precisa entender a realidade do local de inserção do edifício, para propor estratégias sociais e bioclimáticas adequadas e personalizadas; utilizar de ferramentas computacionais para simulação dos aspectos ambientais; bem como se aproximar aos aportes teóricos da sustentabilidade por meio de normativas, regulamentos, certificações ambientais e sistemas de etiquetagem, mesmo que tenham um enfoque predominante na dimensão ambiental (SANTOS E SOUZA, 2008; MATOS E LIBRELOTTO, 2016).

No Brasil, os meios de validação da sustentabilidade mais conhecidos são: NBR 15215 que trata da iluminação natural nos ambientes (ABNT, 2020); NBR 15220, que trata do desempenho térmico de edificações habitacionais, identificando estratégias bioclimáticas específicas para cada zona bioclimática do país (ABNT, 2005); NBR 15575, que trata do desempenho das edificações habitacionais em todas as suas fases de vida (ABNT, 2013); certificação ambiental LEED (Leadership in Energy and Environmental Design); certificação ambiental AQUA (Alta Qualidade Ambiental); sistema de etiquetagem PROCEL Edifica e sistema de etiquetagem Selo Azul Caixa.

Os tópicos a seguir propõem a discussão sobre alguns mecanismos e suas possíveis incidências na prática de projeto de edificações novas e de reabilitação ambiental no Brasil.

2.1. Estratégias bioclimáticas

As estratégias bioclimáticas se mostram essenciais na promoção de edifícios mais sustentáveis, haja vista que por definição buscam meios passivos de aquecimento, climatização e iluminação naturais para conforto no ambiente construído e minimização do gasto energético. Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (2014), sua eficácia é comprovada, principalmente, nos exemplares de construção vernacular, sendo a arquitetura bioclimática precursora da arquitetura sustentável.

Corbella e Yannas (2003) entendem que o equilíbrio entre o clima e o ambiente construído é propiciado pelo controle solar, pela dissipação de energia, pela escolha dos materiais dos sistemas, pelo desempenho térmico, pela iluminação natural, pelo conforto acústico e por problemas que podem ser oriundos do local de implantação.

De modo geral, podem ser resumidas 6 estratégias bioclimáticas, que poderão ser agrupadas para melhor atendimento das necessidades e aplicadas em conformidade com a

estação, o clima e o problema que se pretende resolver, sendo elas: Aquecimento solar passivo, inércia para aquecimento, inércia térmica para resfriamento, resfriamento evaporativo, sombreamento e ventilação natural (PROJETEE, 2023)

Para edificações habitacionais unifamiliares de interesse social, a norma NBR 15220 (ABNT, 2005) estabelece características para as vedações externas e para ventilação e sombreamento das aberturas, bem como estratégias bioclimáticas em conformidade com cada uma das 8 zonas bioclimáticas.

2.2. Simulação computacional para projetos sustentáveis

A simulação computacional no projeto de edificações tem por função reproduzir, em meio virtual, suas características em funcionamento reais e manipuladas após as intervenções, de modo que se chegue a um cenário favorável. O uso dessas ferramentas em projetos sustentáveis permite que as escolhas sejam verificadas numericamente, sendo passíveis da medição dos custos operacionais, bem como auxiliam na decisão pelas melhores soluções de sistemas de iluminação, ar condicionado e impacto da envoltória e propiciam melhor qualidade de vida e conforto para os usuários no ambiente construído.

Para Wilde (2004), essas ferramentas na elaboração dos projetos atuam como suporte ao desenvolvimento nas fases iniciais de projeto e como otimizadoras e verificadoras das decisões nas etapas mais avançadas da concepção.

Segundo Kolarevic (2005), a incorporação das simulações computacionais na prática projetual tem como função orientar para um design generativo, ou seja, sua função não é apenas avaliar uma proposta já formulada, como mecanismo para obter soluções práticas, mas sim moldar a forma do edifício concomitantemente aos feedbacks sobre o desempenho em diferentes perspectivas, como por exemplo: estrutural, térmica, iluminação, de fabricação. Com isso, o projetista assume um papel de manipulador do potencial morfológico do edifício que está sendo projetado, onde equilibra os elementos quantificáveis de desempenho com a sensibilidade estética e plástica.

Além da utilização dessas ferramentas durante a elaboração dos projetos de edificações novas, também há fundamental aplicação para intervenções em edificações em operação. A simulação permite identificar as práticas de ocupação dos usuários, características construtivas, bem como equipamentos que geram maior consumo de energia (SOUZA E SILVA, 2021). Da mesma forma, a avaliação do comportamento na operação permite criar sistemas de retroalimentação de dados e buscar melhoria contínua para a edificação que está sendo reformada e para as que ainda serão projetadas (OLIVEIRA e ROMERO, 2020).

O uso da simulação computacional é indicado como um dos métodos, porém o mais preciso, dos Regulamentos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações (RTQ-R e RTQ-C) e pela norma de desempenho das edificações habitacionais NBR 15575 (ABNT, 2013). Além do mais, é usado nas certificações ambientais, como a Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) e a Alta Qualidade Ambiental (AQUA).

O quadro a seguir elenca alguns dos softwares mais conhecidos que realizam simulações termo energéticas e de iluminação, que refletem na sustentabilidade final do edifício projetado.

Quadro 1: Exemplos de softwares que avaliam aspectos da sustentabilidade em projetos

| Software | Descrição | Referência |
|----------------|--|--|
| Daysim | Ferramenta para análise da iluminação natural que calcula as iluminâncias internas de um ambiente no período de um ano, tendo como dados de entrada os arquivos climáticos, bem como os padrões de consumo de iluminação artificial com base nos padrões de uso. | DIDONÉ, PEREIRA (2010) |
| Design Builder | Ferramenta utilizada na modelagem para criação, visualização e simulação de modelos térmicos de edifício. Permite análise do consumo de energia em edifícios, incluindo energia e conforto, HVAC, iluminação natural, custo, otimização do projeto, CFD, créditos BREEAM/LEED e relatórios em conformidade com vários regulamentos nacionais de construção e padrões de certificação | DESIGNBUILDER (2023); HARISH e KUMAR, 2016. |
| DIALux | Ferramenta de análise luminotécnica que simula iluminância e fator de luz diurna, tendo como base o horário e o tipo de céu para cada simulação. | OLIVEIRA, SPIEL, CRIPPA (2021) |
| DOMUS | Ferramenta para simulação higrotérmica e energética de edificações que analisa o consumo e demanda de energia; conforto térmico; risco de crescimento de mofo e de condensação; influência climática, monitoramento de sistemas centrais de condicionamento de ar; avaliação do nível de eficiência, em conformidade com os RTQs. | PROCEL (2006); DOMUS (2022) |
| EnergyPlus | Ferramenta para simulação de energia de edifícios e modelagem do consumo para aquecimento, resfriamento, ventilação, iluminação e cargas de processos, bem como o uso de água | ENERGYPLUS (2023) |
| Grasshopper | É uma linguagem de programação visual, executada no programa de desenho auxiliado por computador chamado Rhinoceros 3D, que realiza modelagem algorítmica e paramétrica com base em dados referenciados e simulação de diferentes tipos de análises ambientais, fazendo uso de Plugins como: Ladybug (simulação de dados climáticos), Honeybee (análise de eficiência energética), Dragonfly (simulação de ilhas de calor e energia), Butterfly (avaliação de fluidos - ventos). | FARIA (2017); RHINO 3D (2023) LADYBUG (2023) |
| Insight | É um plugin desenvolvido para o Revit para realizar simulações de iluminância, fator de luz diurna, autonomia espacial da luz natural e exposição anual à luz solar. | OLIVEIRA, SPIEL, CRIPPA (2021) |
| Radiance | Ferramenta para simulação do comportamento físico da luz, que informa a distribuição das iluminâncias e luminâncias em edificações sob condições de céu definidas. | DIDONÉ, PEREIRA (2010) |

Fonte: produzido pela autora a partir de DESIGNBUILDER (2023); DIDONÉ, PEREIRA (2010); DOMUS (2022); ENERGYPLUS (2023); FARIA (2017); HARISH e KUMAR, 2016; LADYBUG (2023); OLIVEIRA, SPIEL, CRIPPA (2021); PROCEL (2006); RHINO 3D (2023).

Os softwares citados permitem a realização de estudos quantitativos e qualitativos da luz disponível no ambiente, do comportamento da iluminação artificial em função dos padrões de consumo; da dinâmica do consumo energético; dos reflexos das variáveis ambientais no edifício: temperatura do ar, umidade relativa, movimento do ar e iluminação; da radiação incidente; dos padrões de ocupação; dos efeitos da inércia térmica; do sombreamento das fachadas; variações do clima, entre outros. O entendimento pelo projetista dessas variáveis no edifício consegue nortear suas decisões para um projeto sustentável.

2.3.Selo PROCEL Edifica

O Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações - (PROCEL Edifica) faz parte do Programa Brasileiro de Etiquetagem em edificações (PBE-Edifica) que desenvolveu o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) e o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R) e seus documentos complementares, o caderno técnico de Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética de Edificações (RAC) e os Manuais para aplicação do RTQ-C e do RTQ-R.

O RTQ-C se caracteriza como um manual de procedimentos para a obtenção da Etiqueta Nacional de Eficiência Energética (ENCE) da edificação que avalia três sistemas: a envoltória, composta pelas vedações externas dos edifícios; a iluminação, que considera a eficiência das luminárias, lâmpadas e circuitos elétricos; e o condicionamento de ar, com foco em equipamentos eficientes, em edificações novas ou existentes utilizando o método prescritivo e/ou simulação computacional. Os pré-requisitos e elementos avaliados estão sintetizados no Quadro 2. Além desses sistemas, podem ser contabilizadas bonificações, ou seja, pontos extras acrescidos ao indicador numérico que visam incentivar a adoção de soluções que geram economia: sistemas de racionalização do uso de água, fontes renováveis de energia, aquecimento de água utilizando energia solar, cogeração, entre outros. O RTQ-R se diferencia apenas em relação aos sistemas avaliados: envoltória e aquecimento de água (ELETROBRÁS; PBE EDIFICA; INMETRO, 2016).

Essa etiqueta é de caráter voluntário, sendo obrigatório apenas para edifícios públicos federais, e os classifica em diferentes escalas de eficiência: A, para os mais eficientes, a E, para as menos eficientes, sendo concedida em duas etapas: no projeto e após a construção. Podem ser emitidas: a ENCE Geral, onde são avaliados todos os sistemas juntos e a ENCE Parcial, onde há a emissão de etiqueta separadamente para um dos sistemas do edifício ou para uma parcela dos sistemas de iluminação e de condicionamento de ar. O cálculo dos níveis de eficiência parciais e do nível geral de eficiência pode ser alterado tanto por bonificações, que podem elevar a eficiência, quanto por pré-requisitos que, se não cumpridos, podem reduzir esses níveis. Esses pré-requisitos são de caráter obrigatório, referem-se a cada sistema em particular e também ao edifício por completo. (ELETROBRÁS; PBE EDIFICA; INMETRO, 2016)

Quadro 2: Síntese dos pré-requisitos (itens em verde) e dos elementos avaliados (itens em azul) na obtenção das ENCE.

| Envoltória | Iluminação | Condicionamento de ar | Aquecimento de água |
|---|--|---|--|
| Absortância térmica da cobertura | Divisão de circuitos | Isolamento das tubulações | Isolamento das tubulações |
| Transmitância térmica da cobertura | Contribuição da luz natural | Aparelhos com nível de eficiência A | Orientação dos coletores solares voltados para norte geográfico com desvio máximo de 30° |
| Absortância térmica das paredes | Desligamento automático do sistema de iluminação | Cargas térmicas calculadas de acordo com a ASHRAE e NBR 16401 | Aquecedores a gás do tipo instantâneo e de acumulação devem possuir ENCE A ou B |
| Transmitância térmica das paredes | Potência adequada de iluminação com base na área ou no uso | Controle da temperatura por zonas de uso. | |
| Capacidade térmica da parede | Uso de lâmpadas e luminárias eficientes | | |
| Ventilação natural * | | | |
| Iluminação natural* (aberturas com 12,5% da área útil do ambientes) | | | |
| Sombreamento das aberturas | | | |
| Equilíbrio no ganho de calor pelas aberturas | | | |

Fonte: produzido pela autora a partir de ELETROBRÁS; PBE EDIFICA; INMETRO, 2016.
* Válido apenas para o RTQ-R.

2.4. Selo Casa Azul CAIXA

Trata-se de um instrumento que permite a classificação socioambiental de projetos habitacionais, de maneira voluntária, em níveis ouro, prata e bronze, levando em consideração as soluções eficientes aplicadas à construção, uso, operação e manutenção das edificações, com vistas ao uso racional de recursos naturais e melhoria da qualidade da habitação e do entorno (CEF, 2010).

Apresenta 53 critérios de avaliação, divididos em 6 categorias: Qualidade urbana (5 critérios), Projeto e Conforto (11 critérios); Eficiência Energética (8 critérios); Conservação de recursos naturais (10 critérios); Gestão da água (8 critérios) e Práticas Sociais (11 critérios), conforme demonstrado no Quadro 3. Para obter um nível de classificação bronze, devem ser atendidos os 19 itens obrigatórios; para nível prata devem ser adicionados mais 06 critérios de livre escolha, além dos obrigatórios e nível ouro, da mesma forma, porém com acréscimo de 12 critérios (MATOS E LIBRELOTTO, 2016).

Quadro 3: Discriminação dos critérios em conformidade com as categorias, com diferenciação em verde para os itens obrigatórios e em azul, os não obrigatórios.

| Qualidade urbana | Projeto e conforto | Eficiência energética | Conservação de recursos materiais | Gestão da água | Práticas sociais |
|---------------------------------------|---|--|--|---|---|
| Qualidade do Entorno - Infraestrutura | Paisagismo | Lâmpadas de Baixo Consumo - Áreas Privativas | Coordenação Modular | Medição Individualizada - Água | Educação para a Gestão de RCD |
| Qualidade do Entorno - Impactos | Flexibilidade de Projeto | Dispositivos Economizadores - Áreas Comuns | Qualidade de Materiais e Componentes | Dispositivos Economizadores - Sistema de Descarga | Educação Ambiental dos Empregados |
| Melhorias no Entorno | Relação com a Vizinhança | Sistema de Aquecimento Solar | Componentes Industrializados ou Pré-fabricados | Dispositivos Economizadores - Arejadores | Desenvolvimento do Pessoal dos Empregados |
| Recuperação de Áreas Degradadas | Solução Alternativa de Transporte | Sistemas de Aquecimento à Gás | Formas e Escoras Reutilizáveis | Dispositivos Economizadores - Registro Regulador de Vazão | Capacitação Profissional dos Empregados |
| Reabilitação de Imóveis | Local para Coleta Seletiva | Medição Individualizada - Gás | Gestão de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) | Aproveitamento de Águas Pluviais | Inclusão de trabalhadores locais |
| | Equipamentos de Lazer, Sociais e Esportivos | Elevadores Eficientes | Concreto com Dosagem Otimizada | Retenção de Águas Pluviais | Participação da Comunidade na Elaboração do Projeto |
| | Desempenho Térmico - Vedações | Eletrodomésticos Eficientes | Cimento de Alto-Forno (CPIII) e Pozolânico (CP IV) | Infiltração de Águas Pluviais | Orientação aos Moradores |
| | Desempenho Térmico - Orientação ao Sol e Ventos | Fontes Alternativas de Energia | Pavimentação com RCD | Áreas Permeáveis | Educação Ambiental dos Moradores |
| | Iluminação Natural de Áreas Comuns | | Facilidade de Manutenção da Fachada | | Capacitação para Gestão do Empreendimento |
| | Ventilação e Iluminação Natural de Banheiros | | Madeira Plantada ou Certificada | | Ações para Mitigação de Riscos Sociais |
| | Adequação às Condições Físicas do Terreno | | | | Ações para a Geração de Emprego e Renda |

Fonte: adaptado pela autora a partir de CEF (2010).

Além dos critérios, há exigência de atendimento dos seguintes pré-requisitos: regras dos programas da CAIXA de acordo com a linha de financiamento ou de repasse; legalização junto a prefeitura; regras da Ação Madeira Legal; norma de acessibilidade 9050; percentual mínimo de unidades habitacionais acessíveis e demais normativas vigentes aplicáveis (CEF, 2010).

A concessão do selo se dá através da verificação, durante análise de viabilidade técnica do projeto, o atendimento dos critérios estabelecidos, podendo ser suspenso em caso de não aplicação das previsões de projeto na construção (CEF, 2010).

2.5. LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)

É um sistema internacional de certificação verde que avalia o edifício em sua totalidade, compreendendo avaliações desde a sua concepção até a operação, podendo ser aplicado em qualquer etapa do seu ciclo de vida e em qualquer tipologia arquitetônica. Ele objetiva incentivar e acelerar a adoção de práticas sustentáveis, porém tem uma vertente mercadológica (GBC, 2023).

Tem sido amplamente utilizado no Brasil, principalmente no estado de São Paulo, tendo reduções consideráveis na emissão de gás carbônico, no uso de água e energia e na destinação e reaproveitamento dos resíduos da construção nos edifícios em que foi aplicado (GBC, 2023).

Apresenta 04 tipologias, que consideram as especificidades de cada empreendimento: Building Designs + Construction para construções novas e reformas; Interior Design + Construction para certificação de espaços internos de escritórios comerciais, lojas de varejo e hospedagem; Operation & Maintenance para operação e manutenção de empreendimentos existentes e Neighborhood para desenvolvimento de bairros. Cada tipologia apresenta itens específicos nas seguintes áreas: Localização e Transporte; Espaço sustentável; Eficiência do uso de água; Energia e Atmosfera; Materiais e Recursos; Qualidade ambiental interna; Inovação e processos; Créditos de Prioridade Regional (GBC, 2023).

Cada uma das áreas apresenta itens obrigatórios de atendimento, os créditos e itens opcionais, os pré-requisitos, a serem alcançados, totalizando uma pontuação máxima de 110. Os pontos conquistados determinam qual nível de certificação o edifício recebe: LEED Certified com intervalo de 40 - 49 pontos; Silver entre 50 - 59 pontos, Gold de 60 a 79 pontos e Platinum com mais de 80 pontos (GBC, 2023).

Na elaboração dos projetos, essa certificação, em suma, influencia nas decisões em relação a qualidade do ambiente interno com vistas ao conforto térmico, desempenho acústico, qualidade interna do ar e iluminação artificial adequada; à gestão das águas pluviais e da água de abastecimento do edifício; ao desempenho térmico e energético; ao uso de energias renováveis; a correta escolha do terreno; implantação sem provocar modificações expressivas na ambiência do entorno; seleção de materiais construtivos com ciclo energético menor, além do uso de inovações tecnológicas de todos os âmbitos.

2.6. AQUA (Alta Qualidade Ambiental) - HQE

É uma certificação internacional da construção de alta qualidade ambiental, derivada da Démarche HQE (Haute Qualité Environnementale) com adaptações em relação à cultura, ao clima, às normas técnicas e regulamentações brasileiras e aplicada pela Fundação Vanzolini desde o seu lançamento em 2008 (VANZOLINI, 2023).

O processo de certificação é realizado tanto no ciclo de construção, quanto no ciclo de operação onde são realizadas auditorias periódicas para averiguação da conformidade com os documentos apresentados na solicitação. Ao final de cada auditoria são emitidos dois certificados: 1 de valor nacional (AQUA) e 1 de valor internacional (HQE) (VANZOLINI, 2023).

Eles avaliam a qualidade ambiental do edifício (QAE) através de 14 categorias, apresentadas no Quadro 4, que se desdobram em outras exigências mais específicas para o cálculo da pontuação da edificação, pode ser classificada no nível Base, Boas Práticas ou Melhores Práticas e cabe ao projetista definir quais categorias atingirão a classificação máxima, intermediária ou mínima, de acordo com sua estratégia de sustentabilidade (VANZOLINI, 2023).

Quadro 4: Categorias da certificação AQUA-HQE

| Meio ambiente | Energia e economia | Conforto | Saúde e Segurança |
|--|--------------------|-----------------------|-----------------------|
| Edifício e seu entorno | Energia | Conforto higrotérmico | Qualidade dos espaços |
| Produtos, sistemas e processos construtivos: | Água | Conforto acústico | Qualidade do ar |
| Canteiro de obras | Manutenção | Conforto visual | Qualidade da água |
| Resíduos | | Conforto olfativo | |

Fonte: Vanzolini, 2023.

Essa certificação deixa clara a multidisciplinaridade quanto se trata da sustentabilidade. É possível constatar que tais categorias devem ser definidas na fase de projeto, pois com isso as edificações conseguem garantir qualidade e conforto nos espaços nos âmbitos acústico, térmico, visual e olfativo; uso responsável da energia e da água; garantia de manutenção que eleve sua vida útil, além de menor geração de resíduos no meio ambiente.

3. Considerações Finais

A pesquisa atingiu o objetivo proposto e levantou algumas ferramentas disponíveis no contexto brasileiro que podem servir na concepção de projetos sustentáveis. As metodologias propostas em cada certificação ambiental ou selo aliadas às estratégias bioclimáticas e a simulação computacional se manifestam como importante aporte teórico e prático para nortear as decisões de projeto e tornar o tema cada vez mais próximo dos projetistas de edificação, nas diversas disciplinas que englobam.

A presente pesquisa se propôs a apresentar um panorama para instigar os projetistas no aprofundamento dessas ferramentas, para que cada um desenvolva seus parâmetros de sustentabilidade no projeto e impulsioná-los a ter uma visão mais abrangente e completa do conceito.

Recomenda-se a incorporação, independente da busca por certificações ou selos ambientais, e para todas as tipologias arquitetônicas, uma vez que as normativas brasileiras são específicas para habitações residenciais.

A sustentabilidade só será alcançada nas edificações quando os profissionais se conscientizarem da sua importância enquanto promotora de melhoria da qualidade do ambiente construído, com redução do uso de recursos não renováveis e eficientes energeticamente e não a utilizarem distorcidamente apenas no discurso e como instrumento de marketing.

Referências

- AGOPYAN, Vahan; JOHN, Vanderley M. **O desafio da sustentabilidade na construção civil**. Volume 5. São Paulo. Editora Edgard Blücher Ltda; 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220: Iluminação Natural – Parte 2 Procedimentos de cálculo para a estimativa da disponibilidade de luz natural e para distribuição espacial da luz natural**. Rio de Janeiro, 2020. 68 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220: Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social**. Rio de Janeiro, 2005. 66 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: Edificações habitacionais – Desempenho**. Rio de Janeiro, 2013. 324 p.
- CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Selo Casa Azul: Boas práticas para Habitação Mais Sustentável**. São Paulo: Páginas & Letras - Editora e Gráfica, 2010. Disponível em: <https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/projetos/Selo_Casa_Azul_CAIXA_versao_web.pdf>. Acesso em 26 fev. 2023.
- CORBELLA, Oscar; YANNAS, Simos. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos: conforto ambiental**. Revan, Rio de Janeiro. 2003.
- DESIGNBUILDER. 2023. Disponível em: <<https://designbuilder.co.uk/>>. Acesso em 04 fev. 2023.
- DIDONÉ, Evelise Leite; PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkay. Simulação computacional integrada para a consideração da luz natural na avaliação do desempenho energético de edificações. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 139-154, 2010.
- DOMUS. 2022. Disponível em: <<https://domus.pucpr.br/>>. Acesso em 21 fev. 2023.
- ELETOBRÁS; PBE EDIFICA; INMETRO. **Manual para etiquetagem de edificações públicas**. Versão 2, 2016. Disponível em: <<https://www.pbeedifica.com.br/etiquetagem/comercial/manuais>>. Acesso em 18 fev. 2023.
- ENERGYPLUS. 2023. Disponível em: <<https://energyplus.net/>>. Acesso em 04 fev. 2023.
- FARIA, Roberta Carolina Assunção. **Experiência Grasshopper: metodologia para análise digital, ambiental e termoenergética do ambiente construído**. Ensaio teórico. Universidade de Brasília. 2017. Disponível em: <https://issuu.com/robertacfaria/docs/caderno_final_digital>. Acesso em 04 fev 2023.
- GBC. **Leadership in Energy and Environmental Design**. 2023. Disponível em: <<https://www.gbcbrazil.org.br/certificacao/certificacao-lead/>>. Acesso em 26 fev.2023.
- GTAGENDA - Grupo de Trabalho da Sociedade Civil para a Agenda 2030. **VI Relatório Luz da sociedade civil Agenda 2030 de desenvolvimento sustentável - Brasil**. 2022. Disponível em: <https://brasilnaagenda2030.files.wordpress.com/2022/07/pt_rl_2022_final_web-1.pdf>. Acesso em 14 fev.2023.



HARISH, V.S.K.V.; KUMAR, Arun. A review on modeling and simulation of building energy systems. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. Volume 56, April 2016, Pages 1272-1292.

KOLAREVIC, B. Computing the Performative. p. 193-202. In: KOLAREVIC, B. Performative Architecture. **Beyond Instrumentality**. Spon Press, 29 West 35th Street, New York, NY 10001. 2005. 266 p.

LAMBERTS, R. DUTRA, L. PEREIRA, F.O.R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3ª Edição. Editora ELETROBRÁS/PROCEL, 2014.

MATOS, Juliana Montenegro; LIBRELOTTO, Lisiane Ilha. Avaliação da sustentabilidade da Casa Alvorada considerando diferentes sistemas construtivos e utilizando como ferramenta o Selo Casa Azul. **IV ENSUS - Encontro de Sustentabilidade em Projeto, UFSC**, Florianópolis, p. 424-435. 2016.

MIRANDA, Erica de Matos; CAMARA, Leila Cindy; CARVALHO, Raquel Ursini Tavares de; SALADO, Gerusa de Cássia. Avaliação Pós-ocupação (APO) e sustentabilidade no ambiente construído. **VII ENSUS – Encontro de Sustentabilidade em Projeto, UFSC**, Florianópolis, p. 207-218. 2019.

MOTTA, Silvio F. R.; AGUILAR, Maria Teresa P. Sustentabilidade e processos de projetos de edificações. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 4, n. 1, p. 88-123, 2009.

OLIVEIRA, Leonardo Pinto de; ROMERO, Marta Bustos. **Estrutura metodológica para avaliação ambiental do projeto arquitetônico: fundamentos teóricos**. Volume 1.1ª Edição. Brasília. Universidade de Brasília: 2020.

OLIVEIRA, Gabriela Bardelli de; SPIEL, Elaine; CRIPPA, Julianna. Simulação computacional para análise de iluminação natural em projetos de edifícios sustentáveis desenvolvidos em BIM. **Anais Simpósio de Pesquisa e Seminário de Iniciação Científica**. v. 1, n. 6, 2021.

ONU. **A ONU e o meio ambiente**. 2020. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/91223-onu-e-o-meio-ambiente>>. Acesso em 12 fev. 2023.

PROCEL. **Domus Eletrobrás**. 2006. Acesso em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7BA6340DFB-8A42-41FC-A79D-B43A839B00E9%7D&Team=¶ms=itemID=%7B74729B3F-5A41-466E-8AA2-0CAE452ADBB3%7D;&UIPartUID=%7B05734935-6950-4E3F-A182-629352E9EB18%7D>>. Acesso em 04 fev. 2023.

PROJETEEE. **Estratégias bioclimáticas**. 2023. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/projeteee/estrategias-bioclimaticas/>> Acesso em 27 fev.2023.

SANTOS, I. G.; SOUZA, Roberta Vieira Gonçalves de. Revisão de regulamentações em eficiência energética: uma atualização das últimas décadas. **Revista Forum Patrimônio**. UFMG. 2008.

SOUZA, Franklin Puker; SILVA, Arthur Santos. **Manual de Introdução à simulação computacional**. 1ª Edição, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2021. Disponível em:

<https://ppgees.ufms.br/files/2021/04/MANUAL_de_introducao_%C3%A0_simulacao_catalogado-19.04.2021.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2023.

VANZOLINI. **AQUA-HQE™**. 2023. Disponível em: <<https://vanzolini.org.br/certificacao/sustentabilidade-certificacao/aqua-hqe/#processo>>. Acesso em 27 fev. 2023.

WILDE, P. D. **Computational support for the selection of energy saving building components**. 2004. Tese (Doutorado) - Delft University of Technology, Delft, 2004.



Análise do ganho de escala no caso para Inovação Social “Voz das Comunidades”

Scale gain analysis in the case for Social Innovation “Voz das Comunidades”

Letícia Albrecht, mestranda, PEP - COPPE/UFRJ.

letalbrecht@gmail.com

Carla Cipolla, professora, PEP - COPPE/UFRJ.

carla.cipolla@gmail.com

Resumo

Tendo-se em vista o aumento de impacto e a grande relevância do projeto “Voz das Comunidades” – jornal comunitário que ganhou maior destaque após a invasão pela polícia no Complexo do Alemão em 2010 –, este artigo possui como objetivo apontar os fatores que contribuíram para sua escalabilidade. Com esta finalidade, analisou-se a jornada do projeto e os resultados apontados no artigo “Escalabilidade de inovações sociais: uma meta-síntese”, a fim de entender os fatores em comum entre os dois. O artigo analisado indica fatores promotores de escalabilidade e uma proposta para o conceito de “ambiente propício à escalabilidade”, a partir da análise de nove casos para Inovação Social. Como resultado da análise entre a trajetória do projeto e os resultados apresentados no artigo, identificou-se que os fatores: liderança, credibilidade e reputação, filantropia, parcerias e envolvimento de membros da comunidade foram determinantes para que o jornal comunitário aumentasse seu impacto.

Palavras-chave: Escalabilidade; Inovação Social; Comunidade

Abstract

Bearing in mind the increased impact and great relevance of the “Voz das Comunidades” project – a community newspaper that gained greater prominence after the police invasion of Complexo do Alemão in 2010 –, this article aims to point out the factors that contributed for its scalability. For this purpose, the trajectory of the project and the results pointed out in the article “Scalability of social innovations: a meta-synthesis” were analyzed, in order to understand the common factors between the two. The analyzed article indicates factors that promote scalability and a proposal for the concept of “environment conducive to scalability”, based on the analysis of nine cases for Social Innovation. As a result of the analysis between the trajectory of the project and the results presented in the article, it was identified that the factors: leadership, credibility and reputation, philanthropy, partnerships, and involvement of community members were decisive for the community newspaper to increase its impact.

Keywords: Scalability; Social Innovation; Community

1. Introdução

O jornal comunitário “Voz das Comunidades” é um dos casos mais emblemáticos de comunicação comunitária. Criado em 2005, iniciou como um jornal escolar no Morro do Adeus com o objetivo de dar luz aos problemas sociais da comunidade, contando com a colaboração dos moradores da região. O projeto ganhou maior destaque em 2010 com a invasão do Complexo do Alemão pela polícia militar do Rio de Janeiro. Desde então, o VOZ e seu fundador – Rene Silva dos Santos – ficaram conhecidos mundialmente, recebendo prêmios, participando de eventos e parcerias.

Tomando como ponto de partida esse ganho de escala, o objetivo principal do artigo é entender quais fatores colaboraram para o aumento do impacto do projeto. Com este fim, analisou-se o caso em questão desde sua criação. Em seguida, os resultados da pesquisa realizada pelos pesquisadores Rodrigo Luiz da Silva, Adriana Takahashi e Andrea Segatto no artigo: “Escalabilidade de inovações sociais: uma meta-síntese” (2016) foram analisados. Assim, identificou-se quais fatores possibilitaram e facilitaram o ganho de escala no caso para Inovação Social: Voz das Comunidades.

A fim de conceituar o caso do Complexo do Alemão como um caso para Inovação Social, foram tomadas duas definições como ponto de partida: “atendimento a uma necessidade social” (MURRAY; CAULIER-GRICE; MULGAN, 2010) e “processo que ocasiona em mudança social” (CAJAIBA-SANTANA, 2014). Com o ganho de escala, entende-se que o caso expandiu da primeira para a segunda definição.

Este artigo torna-se relevante uma vez que as publicações sobre escalabilidade de Inovações Sociais ainda são escassas – principalmente em pesquisas nacionais. A falta de material científico nesse campo dificulta o entendimento de como os casos para Inovação Social podem aumentar ainda mais seu impacto. Além disso, com o aumento de estudos na área, torna-se possível entender como casos bem-sucedidos alcançaram um maior impacto e se suas estratégias podem ser replicadas em outros projetos e em diferentes contextos.

2. Referencial teórico

2.1. Inovação Social

A Inovação Social pode ser definida de diversas formas, por ainda ser um campo emergente de muito debate e pouco consenso. A falta de uma definição única pode ser entendida como consequência, em parte, da influência do contexto social, cultural, político e econômico em que a Inovação Social ocorre. Tendo em vista essa diversidade, este artigo aborda apenas duas definições. A fim de voltar o olhar para o projeto “Voz das Comunidades”, as definições escolhidas são suficientes para enquadrá-lo como um caso para

Inovação Social dentro de dois contextos em que se encontrou: antes e depois do ganho de escala.

No livro “The open book of social innovation”, Murray, Caulier-Grice e Mulgan (2010) definem Inovação Social como ideias que atendem a necessidades sociais e, simultaneamente, criam novos relacionamentos e redes de colaboração. Para os autores, essas inovações são boas para a sociedade, uma vez que potencializam sua capacidade de ação. Nesta definição, Inovação Social se refere a atividades e serviços inovadores motivados pelo objetivo de resolver um problema ou necessidade social (MULGAN, 2006).

A segunda definição usada neste artigo está voltada para o processo de transformação e mudança social, contrária à ideia de Inovação Social simplesmente como “um instrumento normativo, utilizado para resolver os problemas sociais por meio da criação de novos serviços ou novos produtos” (CAJAIBA-SANTANA, 2014). Nesse sentido, a mudança promovida por uma Inovação Social é considerada profunda ao passo que ocorre de baixo para cima (*bottom-up*), altera a rotina e o sistema social no qual a inovação acontece (WESTLEY et al., 2014).

2.2. Escalabilidade e Inovação Social – *scaling up e scaling deep*

O ganho de escala não é apenas sobre o crescimento de uma organização, mas sobre o aumento do impacto do caso para Inovação Social. Esse processo acontece, por exemplo, quando iniciativas iniciam a nível local e desenvolvem suas estratégias de replicação, criam conexões, ganham experiência e reputação. Apesar de possuírem capacidade de alcançar o nível de mudança sistêmica, nem toda Inovação Social possui potencial para expansão (WESTLEY et al., 2014).

O processo de escalabilidade pode ocorrer de diversas formas. Silva, Takahashi e Sagatto (2016) descrevem duas tipologias para escalar inovações sociais: *Scaling Up* e *Scaling Deep*. A primeira, mais utilizada para escalar casos para Inovação Social (MOORE; RIDDELL; VOCISANO, 2015), ocorre quando a iniciativa pode ser replicada em diferentes locais geográficos e comunidades, com o objetivo de aumentar seu impacto alcançando um maior número de pessoas (RIDDELL; MOORE, 2015).

A segunda – *scaling deep* – é a expansão de uma Inovação Social que objetiva a criação de um valor social em seu local de origem, melhorando o serviço oferecido ou aumentando o número de opções à disposição da população (BOLZAN; BITENCOURT; MARTINS, 2019). Moore, Riddell e Vocisano (2015) apontam mudanças nas crenças culturais, significados e práticas das pessoas, além da alteração na qualidade de seus relacionamentos.

3. Metodologia

Para alcançar o objetivo proposto, o caso “Voz nas Comunidades” foi analisado por meio de fontes primárias de pesquisa como palestras, entrevistas e publicações originais do fundador, que contam a história completa, desde sua criação, sem interferência e análise de outros meios. Além disso, também foram utilizados artigos que analisam o projeto como caso emblemático no jornalismo cidadão (FLOR, 2019) e potencializador de redes de mobilização para mudança social (OLIVEIRA, 2022). O terceiro meio de coleta de informações foram as diversas notícias na mídia nacional e internacional sobre a invasão da polícia militar no Complexo do Alemão em 2010, que tornou o projeto mundialmente conhecido.

Após entendimento do caso, o segundo passo foi analisar o artigo “Escalabilidade de inovações sociais: uma meta-síntese” (SILVA; TAKAHASHI; SEGATTO, 2016). O artigo tem como objetivo indicar fatores promotores de escalabilidade em casos para Inovação Social. Nesta etapa, foram identificados os fatores em comum à promoção de escalabilidade social no Voz das Comunidades e na pesquisa desenvolvida pelos autores. Desse modo, tornou-se possível entender – de modo tangível – como ocorreu o ganho de escala no projeto.

4. Resultados

A partir da análise do caso para Inovação Social: “Voz das Comunidades” e do artigo “Escalabilidade de inovações sociais: uma meta-síntese”, pôde-se identificar – sob o ponto de vista dos autores – os fatores que contribuíram para a escalabilidade do caso. A seguir, foram feitas as análises do projeto – a fim de entender seu percurso e como ocorreu seu ganho de escala – e do artigo – com o objetivo de identificar os fatores que os autores apontaram como principais para a ambientação ideal na expansão de uma Inovação Social. Nesta última, foram destacados aqueles que também apareceram no percurso do VOZ.

4.1. Análise do caso

De acordo com o site do Voz das Comunidades (2022), o projeto de Rene Silva dos Santos – na época com 11 anos de idade – iniciou como um jornal escolar em 2005, cujo objetivo era ajudar a resolver os problemas sociais no Morro do Adeus, uma das 13 favelas que formam o Complexo do Alemão. Na palestra “Dando voz à comunidade” (2016) realizada para o *Tedx Talks*, o fundador do projeto conta que se incomodava em como a comunidade era representada na grande mídia (de forma sempre negativa, apenas com imagens de violência) e não se reconhecia na imagem retratada. Silva (2016) conta que diante deste cenário buscou uma maneira de mudar o modo da comunidade ser vista. Alinhado ao seu desejo transformador, viu a oportunidade de entrar para o jornal da escola e fundou, junto do irmão e mais alguns colegas, o jornal comunitário: Voz das Comunidades (VOZ).

A ideia inicial do veículo de comunicação era mostrar que a comunidade possui outros problemas sociais – para além de tiro e violência – como saneamento básico precário, falta de infraestrutura, energia e água. Segundo Rene (2016), esses tópicos eram apagados pela grande mídia, assim como iniciativas, projetos sociais e empreendimentos que ocorriam no Complexo. Dando luz aos problemas, Silva esperava que fossem resolvidos de modo mais eficaz pelos órgãos públicos (SILVA, 2016).



Em sua fala sobre “A importância da comunicação comunitária” também para o *Tedx Talk* (2019), o fundador conta que no início o jornal possuía apenas 100 exemplares físicos. Feitas em folha de papel A4 dobrada, as xerox contavam com ajuda de comerciantes locais e eram distribuídas gratuitamente aos moradores, dentro das comunidades. O jornal foi crescendo aos poucos, cada vez mais crianças se juntavam para ajudar Rene que na época possuía 11 anos (SILVA, 2019). Apesar da incredibilidade por serem novos, os alunos se esforçavam para ganhar a confiança do público mostrando resultados: os problemas da comunidade começaram a ser resolvidos com mais rapidez pelas secretarias. Silva (2019) exemplifica com o caso do esgoto a céu aberto que demorava cerca de seis a sete meses para ser resolvido e, com o jornal, o poder público passou a tomar providências em poucas semanas.

Segundo a jornalista Cinthya Oliveira (2022), embora o veículo estivesse crescendo de modo gradual dentro da comunidade, seu crescimento se tornou expressivo e reconhecido nacional e internacionalmente em 2010 (cinco anos após seu lançamento) com a invasão da polícia no Complexo do Alemão. Em entrevista ao *El País* (BETIM, 2015), Rene conta que narrou o evento em tempo real nas redes sociais do VOZ, principalmente no Twitter. Oliveira (2022) complementa que grandes veículos de comunicação ficaram sem acesso a certos locais de confronto, assim, passaram a referenciar as publicações do jornal comunitário. O Voz das Comunidades passou, então, a ser o único veículo a fornecer informações em tempo real do que acontecia durante uma das maiores ações já realizadas contra o tráfico (FLOR, 2019).

Com o crescimento do jornal nas redes sociais e o ganho de visibilidade, a equipe expandiu e os produtos midiáticos se multiplicaram, principalmente com o suporte das plataformas (OLIVEIRA, 2022). Em 2013, Rene foi convidado pelo consulado americano para criar, em parceria, um projeto de intercâmbio de jornalismo comunitário; em 2014, participou de uma campanha publicitária da Unilever gravada na Índia; em 2015, entrou para a lista da revista ‘Forbes’ como um dos 30 jovens brasileiros influentes abaixo de 30 anos; foi citado pelo ‘The Guardian’ como um dos 6 jovens que devem mudar o mundo; palestrou na Universidade de Harvard; conheceu a Escola da ONU nos Estados Unidos; entre outros eventos e prêmios que recebeu (SILVA, 2016).

Em 2015, o jornal impresso bimestral já possuía distribuição de 10.000 exemplares e o digital alcançava a marca de um milhão de visitas na internet (com picos de três milhões de acessos em dias específicos) (BETIM, 2015). A internet já mostrava seu alcance e participação essencial no crescimento do projeto. No mesmo ano, o VOZ se tornou uma Organização Não Governamental (ONG), com times de responsabilidade social e jornalismo (SCHMIDT, 2021). Em 2017, 12 anos após a fundação, a equipe contava com 12 pessoas e a distribuição gratuita da versão impressa foi expandida para as favelas da Kelson, do Borel, Formiga, Cantagalo, Pavão/Pavãozinho, Cidade de Deus, Fumacê, Vila Kennedy, da Penha e outras do Complexo do Alemão (VOZ DAS COMUNIDADES, 2017).

Em maio de 2020, durante a pandemia de Covid-19, o jornal lançou um aplicativo financiado pelo consulado americano no Rio de Janeiro, com objetivo de combater a desinformação e minimizar os impactos da pandemia (COMUNICAÇÃO COMUNITÁRIA, 2020). Em 2022, o Voz das Comunidades passou a atuar com um aplicativo próprio que disponibiliza conta personalizada, participação e votação em concursos (como o “Garoto e Garota da Favela”), enquetes e colaboração em pesquisas (FREITAS, 2022). No mesmo ano,

realizou uma roda de conversa sobre igualdade de gênero e raça no Complexo do Alemão junto da Organização das Nações Unidas (ONU) (DIREITOS HUMANOS, 2022).

Segundo a declaração de Maria Carolina Morganti, chefe de redação do projeto, à revista *Veja* (2017), a comunicação online do VOZ começou a expandir em 2017. O uso da internet e das novas tecnologias potencializou o alcance do trabalho realizado pelo jornal comunitário (VOZ DAS COMUNIDADES, 2017). O perfil no Twitter possui hoje mais de 433 mil seguidores e mais de 174 mil no Instagram. Grupos de WhatsApp também foram criados para que moradores e colaboradores de outras comunidades trocassem informações. Dessa forma, os moradores e correspondentes do jornal conseguiriam se manter conectados e atualizados de forma coletiva e colaborativa. Além da interação entre comunidades, o jornal também faz a ponte entre comunidade e órgão público, cobrando e fiscalizando a melhoria de serviços (VOZ DAS COMUNIDADES, 2017).

Os participantes do projeto enfatizam o papel social que a ONG desempenha hoje dentro dos territórios. Em matéria ao *Voz das Comunidades* (COSTA, 2022), a coordenadora da equipe de Responsabilidade Social conta que

É um jornal que mostra realmente que as comunidades não são o que a grande mídia passa. Favela não é só confronto e guerras. O Voz mostra que existem moradores extraordinários e pessoas com futuros extraordinários. Esse é o papel do Voz das Comunidades: mostrar realmente quem nós somos. (COSTA, 2022)

A expansão ocasionada pelo *boom* de 2010 e, por consequência, pelas redes sociais, permitiu que o jornal ganhasse espaço nas mídias tradicionais e alcançasse outros territórios. Hoje, algumas matérias são feitas e reproduzidas por repórteres do Voz das Comunidades em parceria com a Rede Globo (NASCIMENTO; GUIMARÃES, 2023) – por exemplo. Dessa forma, pode-se dizer que o desejo inicial de Rene Silva – de mostrar que a comunidade possui outros problemas sociais para além de tiroteio e violência – pode estar se encaminhando para um horizonte otimista ao conseguir retratar a favela na grande mídia, sob os olhos da favela. Graças a movimentos como o Voz das Comunidades, a periferia vem ganhando espaço em ambientes antes negados, como a COP 27 (COSTA, 2022). Segundo Rene, “hoje o jornal faz um trabalho de comunicação comunitária de empoderamento. O principal objetivo é contribuir com a mudança e dar voz à comunidade.” (SILVA, 2016).

4.2. Análise do artigo e fatores promotores do caso “Voz das Comunidades”

O artigo “Escalabilidade de inovações sociais: uma meta-síntese” (SILVA; TAKAHASHI; SEGATTO, 2016) possuiu como objetivo analisar como características levantadas em estudos de caso em Inovação Social, indicam fatores promotores de escalabilidade. Para Silva, Takahashi e Segatto (2016), o processo de Inovação Social possui três fases: (1) diagnóstico de um problema e proposição de soluções inovadoras; (2) desenvolvimento e (3) expansão.

A terceira etapa é classificada como a expansão das operações para além das dimensões locais. No artigo, os autores apontam que a escalabilidade de um caso para Inovação Social ocorre quando um projeto inicia seus esforços à nível local e atinge um nível satisfatório de desempenho (SILVA; TAKAHASHI; SEGATTO, 2016). Com o tempo, desenvolve estratégias de replicação, cria redes, desenvolve conhecimento, ganha experiência e reputação. Assim, pode ser implementado em maior escala para proporcionar maior geração de valor social, podendo atingir uma mudança à nível sistêmico (SILVA; TAKAHASHI; SEGATTO, 2016).

Baseados na metodologia de meta-síntese, os autores analisaram nove artigos da base de dados *Web of Science* sobre ganho de escala em casos para Inovação Social. Após análise individual de cada artigo, exploraram os insights gerados acerca das características que proporcionariam a ampliação de uma Inovação Social. Como resultado, foram desenvolvidas redes causais para cada caso, a fim de visualizar padrões que se repetiam. Com o cruzamento das redes, criou-se uma rede meta-causal (Figura 1) que consolida as principais características de um ambiente propício à expansão de uma Inovação Social. A análise revelou a existência de dois ambientes: um interno e um externo. A partir desses elementos, foi possível identificar quais fatores contribuíram para o ganho de escala no projeto “Voz das Comunidades” (Figura 2).



Figura 1: Fatores promotores da escalabilidade. Fonte: SILVA; TAKAHASHI; SEGATTO, 2016

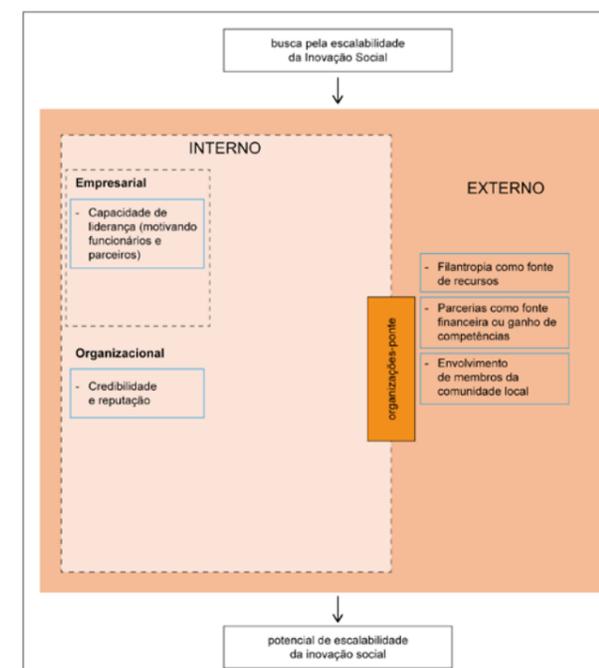


Figura 2: Fatores promotores da escalabilidade no projeto “Voz das Comunidades”. Fonte: SILVA; TAKAHASHI; SEGATTO, 2016, adaptado pelos autores

4.2.1. Fatores promotores da escalabilidade no projeto “Voz das Comunidades”

A partir da Figura 2, é possível observar os fatores apontados como promotores da escalabilidade no Voz das Comunidades. Abaixo, no Quadro 1, foram detalhados a definição de cada fator no artigo e sua correlação com o caso analisado.

Quadro 1: Análise dos fatores contribuintes para escalabilidade no projeto

| Fator | Definição no artigo | Relação com o Voz das Comunidades |
|---------------------------|--|--|
| Liderança | Engajamento de funcionários e parceiros para implementação de atividade social. | Capacidade de Rene em mobilizar a comunidade desde o início do projeto – quando ainda criança. Também se manteve como principal referência e “rosto” do projeto. |
| Credibilidade e reputação | Meio de obtenção de apoio na captação de recursos ou troca de experiências com parceiros | Episódio da ocupação do Complexo do Alemão que possibilitou que Rene Silva ganhasse visibilidade como figura pública mundialmente reconhecida, respeitada e influente. Junto ao seu nome, levou o VOZ que obteve um crescimento exponencial. Desse modo, novas oportunidades de apoio e captação de recursos surgiram. |
| Filantropia | Forma de angariação de fundos | Construção e doação da sede da redação do Voz da Comunidade, financiado pelo Luciano Huck (2011 a 2013). Em seguida, a sede da redação se mudou para um edifício de dois andares com |

| | | |
|----------------------------------|---|---|
| | | aluguel de dois meses pago pela Coca-Cola (2015). |
| Parceria | Forma de angariação de fundos, aquisição de novas competências e acesso a novas tecnologias | Em 2011, o VOZ firmou uma parceria com a Rádio Globo no programa “Boa Tarde Globo”. Além disso, o jornal comunitário produz matérias que são transmitidas pela Rede Globo. Essa parceria, na área de atuação dos integrantes do jornal permite o desenvolvimento de suas competências e acesso a novas tecnologias. |
| Envolvimento da comunidade local | Forma de criação de valor social por meio da geração de empregos | A mobilização da comunidade local é um dos elementos principais para o funcionamento do projeto. Sem a troca de informações nos grupos, não há notícia. Para além do envolvimento informal da comunidade, os atores formais (redatores, jornalistas, editores, etc.) que trabalham no jornal, também são moradores da região e compõe a comunidade local. Esse envolvimento contribui para o crescimento do projeto e, conseqüentemente, geração de empregos no jornal. |

Fonte: Autores

Dentre os fatores que não se enquadram na justificativa da escalabilidade do projeto, pode-se entender que o Voz das Comunidades ainda é um caso muito relacionado à figura do líder e fundador do projeto. Rene surge e se consolida como o principal ator do jornal. Essa relação de dependência trouxe muitas oportunidades, mas também é apontado pelo estudo como um fator negativo uma vez que o projeto está intimamente relacionado à imagem de seu líder. Esse componente pode ser minimizado ao criar uma cultura organizacional participativa – apontado pelo estudo como um dos fatores que proporcionam a escalabilidade – dentro da organização. Ao trazer para perto os demais funcionários e dar espaço para compor a identidade do jornal comunitário e ganhar experiência em outras áreas de atuação, novas oportunidades de expansão do projeto poderão surgir.

5. Discussões

As características identificadas na pesquisa de Silva, Takahashi e Sagatto (2016), apontaram que diversos fatores estão relacionados ao aumento do impacto de uma Inovação Social. Deste modo, não foi, por si só, a invasão do Complexo do Alemão que causou a expansão do projeto. A visibilidade que o evento causou, abriu portas e, combinado a diversos outros fatores, permitiu o ganho de escala e a manutenção do projeto ao longo dos anos. Pode-se concluir, portanto, que o evento de 2010 – apesar de mais emblemático – foi um dos fatores contribuintes para a escalabilidade do Voz das Comunidades, mas não o único. Sem o fator de “envolvimento da comunidade local”, por exemplo, talvez o projeto não expandisse seu impacto ao nível que possui hoje.

O ambiente propício possibilitou que o caso fosse replicado em diferentes comunidades, impactando um maior número de pessoas (scaling up). Em paralelo, o caso se encaminhou também para a criação de um valor social no local de origem (scaling deep), mudando a prática das pessoas no dia a dia ao criar uma rede de colaboração para denunciar notícias –

por exemplo. Como apontado, o objetivo inicial do projeto era resolver problemas sociais (MURRAY; CAULIER-GRICE; MULGAN, 2010). Entretanto, se expandiu como um projeto que traz contribuições para uma mudança social (CAJAIBA-SANTANA, 2014) e sistêmica, uma vez que faz uso estratégico de tecnologias de comunicação que possibilitam mecanismos de reflexão, ação e mobilização de pessoas com intuito de viabilizar mudanças sociais efetivas nas sociedades.

Dentro dos fatores mapeados pelos pesquisadores na rede meta-causal, ainda existem diversos agentes inexplorados pelo Voz das Comunidades que podem colaborar para que o projeto aumente seu impacto ainda mais. Fatores como: capacidade de organização sem a dependência do líder, suporte governamental, troca com outras iniciativas sociais de mesmo propósito, entre outros. Dessa forma, o ambiente se tornaria mais propício para crescer ainda mais.

6. Conclusão

Este artigo teve como objetivo identificar os fatores que colaboraram para o aumento do impacto do caso para Inovação Social “Voz das Comunidades”. A partir do conceito de ambiente propício à escalabilidade de uma Inovação Social proposto por Silva, Takahashi e Sagatto (2016), pode-se observar o que contribui para a construção de um ambiente interno e externo favoráveis à expansão de projetos. Desse modo, a partir da análise do histórico do caso para Inovação Social e comparação com a rede meta-causal desenvolvida pelos autores, foi possível identificar que fatores como liderança, credibilidade e reputação, filantropia, parcerias e envolvimento de membros da comunidade colaboraram para o ganho de escala do projeto.

Apesar dos fatores apontados como responsáveis pela escalabilidade do caso, ainda há outros inexplorados que podem colaborar para que o projeto cresça ainda mais. Deste modo, como desdobramento, torna-se possível uma pesquisa que aponte possíveis caminhos de expansão, observando os agentes da rede meta-causal ainda inexplorados pelo Voz das Comunidades. Essa pesquisa pode ser realizada de modo conjunto aos integrantes do projeto, analisando as possibilidades reais e estratégias de atuação.

Referências

- BETIM, Felipe. A voz da comunidade que corre o Rio. **El País**, [s. l.], 4 abr. 2015. Disponível em: https://brasil.elpais.com/brasil/2015/04/05/politica/1428194084_073598.html. Acesso em: 5 jan. 2023.
- BOLZAN, Larissa Medianeira; BITENCOURT, Claudia Cristina; MARTINS, Bibiana Volkmer. Exploring the scalability process of social innovation. **Emerald insight**, [s. l.], 2019. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/INMR-05-2018-0029/full/pdf>. Acesso em: 4 dez. 2022.
- CAJAIBA-SANTANA, Giovany. Social innovation: Moving the field forward. A conceptual framework. **Technological Forecasting and Social Change**, [s. l.], 2014.



COMUNICAÇÃO COMUNITÁRIA. **Voz das Comunidades e sua trajetória de engajamento social**, [s. l.], 4 dez. 2020. Disponível em: <http://www.comcom.fac.unb.br/referencias/estudo-de-caso/153-voz-das-comunidades-e-sua-trajetoria-de-engajamento-social.html>. Acesso em: 4 jan. 2023.

COSTA, Rafael. Com diversas conquistas e novos desafios, Voz das Comunidades completa 17 anos. **Voz das Comunidades**, [S. l.], 15 ago. 2022. Disponível em: <https://www.vozdascomunidades.com.br/geral/com-diversas-conquistas-e-novos-desafios-voz-das-comunidades-completa-17-anos/>. Acesso em: 4 jan. 2023.

COSTA, Rafael. Moradores de favela marcam presença na COP 27; evento está sendo realizado no Egito. **Voz das Comunidades**, [S. l.], p. 1-1, 16 nov. 2022. Disponível em: <https://www.vozdascomunidades.com.br/geral/moradores-de-favela-marcam-presenca-na-cop-27-evento-esta-sendo-realizado-no-egito/>. Acesso em: 5 jan. 2023.

DIREITOS HUMANOS: ONU realiza roda de conversa sobre gênero e raça no Complexo do Alemão. **ONU**, [S. l.], 8 dez. 2022. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/210691-direitos-humanos-onu-realiza-roda-de-conversa-sobre-genero-e-raca-no-complexo-do-alemao>. Acesso em: 4 jan. 2023.

FLOR, Amanda. **Voz das Comunidades: um exemplo de como o jornalismo cidadão de base comunitária pode impactar a vida do jovem comunicador popular**. 2019. Monografia (Bacharelado em Jornalismo) - Faculdades Integradas Hélio Alonso, [S. l.], 2019.

FREITAS, Ariel. De “cara nova”, aplicativo do Voz das Comunidades oferece interatividade maior com o morador. **Voz das Comunidades**, [S. l.], 5 jul. 2022. Disponível em: <https://www.vozdascomunidades.com.br/geral/de-cara-nova-aplicativo-do-voz-das-comunidades-oferece-interatividade-maior-com-o-morador/>. Acesso em: 4 jan. 2023.

MOORE, Michele-Lee; RIDDELL, Darcy; VOCISANO, Dana. Scaling Out, Scaling Up, Scaling Deep: Strategies of Non-profits in Advancing Systemic Social Innovation. **The Journal of Corporate Citizenship**, [s. l.], 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/298971574_Scaling_Out_Scaling_Up_Scaling_Deep_Strategies_of_Non-profits_in_Advancing_Systemic_Social_Innovation. Acesso em: 4 dez. 2022.

MULGAN, Geoff. The process of social innovation. **Innovations: Technology, Governance, Globalization**, [s. l.], 2006.

MURRAY, Robin; CAULIER-GRICE, Julie; MULGAN, Geoff. The process of social innovation. In: **The Open Book of Social Innovation**. [S. l.: s. n.], 2010.

NASCIMENTO, Alana; GUIMARÃES, Matheus. VOZ das Comunidades conta a história da Tia Bete no RJTV – GLOBO. **Voz das Comunidades**, 2023. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ZOxRzejFHZQ>. Acesso em: 4 jan. 2023.

OLIVEIRA, Cinthya. VOZ que ecoa: narrativas e redes de mobilização para mudança social. **Associação dos Magistrados do Estado do Rio de Janeiro (AMAERJ)**, [s. l.], 20 out. 2022. Disponível em: <https://www2.amaerj.org.br/premio/noticias/conheca-os-finalistas-do-11o-premio-amaerj-patria-acioli-de-direitos-humanos/>. Acesso em: 2 jan. 2023.

RIDDELL, Darcy; MOORE, Michele-Lee. Scaling Up, Out, Deep. In: **Living Guide to Social Innovation Labs**. [S. l.], 2015. Disponível em: <https://mars-solutions-lab.gitbook.io/living-guide-to-social-innovation-labs/doing/scaling/scaling-up-out-deep>. Acesso em: 5 dez. 2022.

SCHMIDT, Selma. Jornal 'Voz da comunidade' completa 16 anos com tiragem 150 vezes maior. **O Globo**, [S. l.], 13 ago. 2021. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/rio/jornal-voz-da-comunidade-completa-16-anos-com-tiragem-150-vezes-maior-conseguimos-virar-referencia-diz-rene-silva-1-25153380/>. Acesso em: 5 jan. 2023.

SILVA, Rene. A importância da comunicação comunitária. **TEDx Talks**, 2019. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=0RY7ZxGqchA>. Acesso em: 4 jan. 2023.

SILVA, Rene. Dando voz à comunidade. **TEDx Talks**, 2016. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=A56feDb1UF4>. Acesso em: 4 jan. 2023.

SILVA, Rodrigo Luiz Moraes da; TAKAHASHI, Adriana Roseli Wünsc; SEGATTO, Andrea Paula. Scaling up social innovation: a meta-synthesis. **RAM. Revista de Administração Mackenzie**, [s. l.], 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ram/a/cXYVrXNhcYw6H8VGVWLHbSHQ/?lang=en>. Acesso em: 4 dez. 2022.

VOZ DAS COMUNIDADES. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://www.vozdascomunidades.com.br/nossa-historia-2/#>. Acesso em: 2 jan. 2023.

VOZ DAS COMUNIDADES: da favela para o mundo. **Veja Rio**, [S. l.], 6 nov. 2017. Disponível em: <https://vejario.abril.com.br/cidade/voz-das-comunidades-da-favela-para-o-mundo/>. Acesso em: 5 jan. 2023.

WESTLEY, Frances; ANTADZE, Nino; RIDDELL, Darcy J.; ROBINSON, Kirsten; GEOBEY, Sean. Five Configurations for Scaling Up Social Innovation: Case Examples of Nonprofit Organizations From Canada. **The Journal of Applied Behavioral Science**, [s. l.], 2014. Disponível em: https://uwaterloo.ca/waterloo-institute-for-social-innovation-and-resilience/sites/ca.waterloo-institute-for-social-innovation-and-resilience/files/uploads/files/5_configurations.pdf. Acesso em: 5 dez. 2022.



Avaliação da presença de ácido salicílico em águas superficiais

Evaluation of the presence of salicylic acid in water

Luana Thais Viero, Farmacêutica, Universidade do Contestado – UNC, Concórdia

luana_tv@hotmail.com

Patrícia Aparecida Zini, Mestranda, Universidade do Contestado – UNC, Concórdia

patriciazini.eng@gmail.com

Aline Schuck, Doutora, Universidade do Contestado – UNC, Concórdia

aline.schuck@unc.br

Rúbia Mores, Doutora, Universidade do Contestado – UNC, Concórdia

rubia.mores@professor.unc.br

Resumo

Os contaminantes farmacêuticos nas águas superficiais têm levantado preocupações significativas devido aos seus potenciais riscos ecológicos e em águas superficiais são percebidos como contaminantes de preocupação emergente devido aos seus impactos ao ambiente aquático e a saúde humana. Um poluente emergente comum é o ácido salicílico (AS), metabolito ativo do ácido acetilsalicílico. O presente estudo teve como objetivo avaliar a presença de resíduos de ácido salicílico em águas superficiais do Rio dos Queimados – Concórdia/SC. Realizou-se a coleta das amostras em seis diferentes pontos do Rio dos Queimados. A determinação da concentração de ácido salicílico foi realizada pelo método espectrofotométrico baseado na formação do complexo entre o ácido salicílico e íons Fe(III) e o valor do pH foi realizado utilizando um pHmetro de bancada. Os resultados mostram que as águas superficiais do Rio dos Queimados apresentam o seu pH dentro das normas e sem a presença do resíduo de AS.

Palavras-chave: Fármacos no ambiente. Resíduo de fármacos. Ácido salicílico. Qualidade de água. Rio dos Queimados.

Abstract

Pharmaceutical contaminants in surface waters have raised significant concerns due to their potential ecological risks and in surface waters they are perceived as contaminants of emerging concern due to their impacts on the aquatic environment and human health. A common emerging pollutant is salicylic acid (SA), the active metabolite of acetylsalicylic acid. The present study aimed to evaluate the presence of salicylic acid residues in surface waters of Rio dos Queimados - Concórdia/SC. Samples were collected at six different points on the Rio dos Queimados. The determination of salicylic acid

concentration was performed by the spectrophotometric method based on the formation of the complex between salicylic acid and Fe(III) ions and the pH value was performed using a bench pH meter. The results show that the surface waters of the Rio dos Queimados have their pH within the norms and without the presence of AS residue.

Keywords: *Drugs in the environment, Drug residue, salicylic acid, water quality, Queimados River.*

1. Introdução

A presença de produtos farmacêuticos, em recursos hídricos despertou grande preocupação dos cientistas em todo o mundo devido à sua persistência na natureza, seus efeitos ecotoxicológicos em organismos aquáticos e por tornar-se um perigo para a saúde (ENSANO et al., 2017; CHEN et al., 2019).

Os fármacos encontram seu caminho até o meio ambiente por meio de águas residuais industriais, hospitalares e municipais, efluentes de origem animal, descarga direta de produtos farmacêuticos em corpos d'água e vazamento de fossa séptica (KARUNANAYAKE et al., 2017; GINEBREDA et al., 2010).

Um poluente emergente comum é o ácido salicílico (AS) (ácido 2-hidroxibenzóico), amplamente empregado em todo o mundo em formulações cosméticas, dermatológicas, alimentares e farmacêuticas. É o principal precursor e o principal metabolito da droga aspirina (ácido acetilsalicílico). Este tem sido detectado atualmente em rios, águas residuais urbanas e influentes e efluentes de estações de tratamento de águas residuais de muitos países (GARZA-CAMPOS et al., 2016).

O ácido acetilsalicílico (AAS) pode ser adquirido sem receita médica, assim proporcionando o seu amplo uso. Depois de ingerido, o ácido acetilsalicílico é absorvido de acordo com uma cinética de primeira ordem no intestino, onde sofre um metabolismo pré-sistêmico no qual é hidrolisado pela ação de enzimas esterases, essa biotransformação produz o metabolito ativo: ácido salicílico. Metabólitos ativos são produtos do metabolismo de um fármaco que exercem alguma atividade no organismo, por vezes contribuindo para o efeito terapêutico a droga. Após a absorção segue o processo de distribuição da droga pelo corpo, que é realizado pelo plasma, sua principal função é transportar substâncias pelo corpo (SIMÃO, 2017). A excreção do AAS ocorre como do AS, que dependendo do valor de pH da urina, a porção de ácido salicílico livre excretado pode variar entre 10 e 85% (GASO-SOKAC et al., 2017).

O AAS é a droga mais usada no mundo inteiro, por suas propriedades analgésicas, antipiréticas e anti-inflamatórias. Calcula-se que são consumidos atualmente a nível mundial cerca de 216 milhões de comprimidos por dia (SOUSA; MUSUMECI; NEGRELLO, 2017). Trata-se do terceiro analgésico mais vendido no planeta, atrás do paracetamol e do ibuprofeno. E são os argentinos os campeões no consumo. Mais de 350 bilhões de comprimidos já foram vendidos desde que chegou ao mercado, 113 anos atrás, e são produzidas cerca de 40 mil toneladas de ácido acetilsalicílico por ano (ALVES, 2010).

O ácido acetilsalicílico pertence à classe dos anti-inflamatórios não esteroidais (AINEs), estes influenciam a via da ciclooxigenase (JACOBS et al., 2011), o que pode afetar os

reguladores da reprodução em vertebrados e invertebrados (HANA et al., 2010). Também pode representar um risco potencial para os ecossistemas e a saúde humana através da coexistência com outras drogas (Illés et al., 2013). Estes contaminantes emergentes não são totalmente degradados em estações de tratamento de águas residuais, despejadas nos rios (DINIZ et al., 2010).

Os produtos farmacêuticos tornaram-se poluentes “persistentes” no meio aquático, devido ao seu amplo uso na vida diária e sua contínua liberação no ambiente aquático (LI et al., 2019). As concentrações de resíduos encontradas podem ter efeitos tóxicos para a fauna e a flora aquáticas. Estes resíduos no ambiente vão afetar a base da cadeia alimentar (como os microrganismos), e quando se afeta a base, indiretamente se afeta toda a estrutura (PIZZOLATO, 2017).

Geograficamente o município de Concórdia localiza-se na mesorregião Oeste Catarinense, e situa-se na bacia do Rio Jacutinga e Contíguos, que é caracterizada por intenso processo de urbanização e crescimento populacional (LEITE & LEÃO, 2009).

Segundo Zanette (2003, apud MATHIENSEN, 2015, p.3) “O Rio dos Queimados tem seu estado de conservação considerado grave, com situação aparente de extremamente poluído, sendo considerado, seu curso principal e tributário.” Em decorrência da ocupação urbana uma grande carga de esgoto doméstico e industrial é despejada no Rio dos Queimados, prejudicando consideravelmente a qualidade da água (EPAGRI, 2015). Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar a presença de ácido salicílico em diferentes pontos do Rio dos Queimados.

2. Procedimentos Metodológicos

As análises foram realizadas no Laboratório de Química da Universidade do Contestado, localizado no município de Concórdia, Santa Catarina.

2.1 Coleta das amostras no Rio dos Queimados

A Bacia Hidrográfica do Rio dos Queimados, se encontra na região da Bacia do Rio Uruguai. Esta se divide em 13 unidades hidrográficas, das quais quatro entram do estado de Santa Catarina. Assim, no âmbito estadual, na região do oeste do estado conhecida como Região Hidrográfica do Vale do Rio do Peixe existem duas sub-bacias, a do Rio do Peixe e Jacutinga. Esta segunda engloba os afluentes que desaguam diretamente do Rio Uruguai, que é o caso do Rio dos Queimados, se tornando de grande importância dentro da gestão e gerenciamento das águas do Rio Uruguai (Bervian, 2012).

A microbacia do Rio dos Queimados tem uma área de drenagem de aproximadamente 90 km², com nascente na comunidade de Linha São José e foz desaguando no Rio Uruguai, junto ao Parque Estadual Fritz Plaumann, próximo à comunidade de Linha Sede Brum, ambas no interior de Concórdia, este serve como fronteira entre os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Tem uma área de drenagem de aproximadamente 90,2km² e o curso d'água

principal possui 32 km de extensão que atravessam os perímetros urbano e rural do município de Concórdia (LEITE & LEÃO, 2009).

As amostras de água para este estudo foram coletadas de 15 em 15 dias, em seis pontos no decorrer do Rio dos Queimados – Concórdia, SC. As coletas foram realizadas no centro urbano em frascos de polietileno de 1L, em sequência levadas para o laboratório onde foram centrifugadas e, em seguida refrigeradas à 5°C quando não analisadas na sequência. Na Tabela 1 são apresentadas as latitudes e longitudes dos pontos de coleta no Rio dos Queimados.

Tabela 1: Localização dos pontos amostrados no estudo

| Enumeração dos pontos | Latitude (S) | Longitude (O) |
|-----------------------|--------------|---------------|
| 01 | 27°14'01.4"S | 52°02'03.9W |
| 02 | 27°13'55.8"S | 52°01'53.6"W |
| 03 | 27°12'46.4"S | 52°01'26".1"W |
| 04 | 27°13'54.2"S | 52°01'28.9W |
| 05 | 27°13'29.9"S | 52°00'15.4"W |
| 06 | 27°13'01.0"S | 52°59'47.3"W |

2.2 Equipamentos

As medidas espectrofotométricas no UV foram realizadas em triplicata, utilizando-se o espectrofotômetro Pharo 300 (Merck®), detector de 190 a 1100 nm, cubetas de quartzo de 1 cm. Todas as medidas de massa foram realizadas em balança analítica ($\sigma \leq 0,0005$ mg) (Shimadzu®).

O pH das amostras foi mensurado utilizando-se o pHmetro Digimed-DM 2P, fornecido pela Universidade do Contestado.

2.3 Reagentes e soluções

Todos os reagentes utilizados foram de grau analítico. O hidróxido de sódio (NaOH) 97%, o ácido sulfúrico (H₂SO₄) 37%, o etanol absoluto 99,8% e o ácido salicílico % foram adquiridos da Vetec (Brasil). O ácido acetilsalicílico % adquirido da Dinâmica (Química Contemporânea Ltda) e o cloreto férrico foi adquirido da Êxodo Científica.

A solução de NaOH foi preparada dissolvendo-se a massa adequada desse composto em uma solução de água. O ácido acetilsalicílico e ácido salicílico foram preparados dissolvendo-se massas adequadas desse composto em etanol e água ultrapura. A solução de cloreto férrico foi preparada dissolvendo-se a massa adequada desse composto em uma

solução de ácido sulfúrico 1,3 mol/L⁻¹. A solução de H₂SO₄ foi preparada por diluição em água ultrapura.

2.4 Curva analítica para o AS

Para a curva analítica foram preparadas soluções de AS com concentrações variando de 0,05 a 70 mg/L⁻¹ a partir da solução estoque de 100 mg/L⁻¹. Uma alíquota das amostras foi deixada em contato com uma gota de FeCl₃ 0,6 mol/L⁻¹. As medidas da absorbância foram feitas em 530 nm e esse procedimento foi realizado em triplicata.

2.5 Determinação do AS nas amostras

As amostras foram filtradas em papel filtro. Uma alíquota de 10mL transferida para um tubo de ensaio com rosca e adicionou-se o FeCl₃ 0,6 mol/L⁻¹ e em seguida foi realizada a leitura em espectrofotômetro no comprimento de onda de 530nm. As análises foram realizadas em triplicata e as concentrações de AS foram obtidas por meio da curva analítica. A determinação do ácido salicílico foi realizada de acordo com a Farmacopéia Brasileira.

2.6 Determinação do pH

Para maior confiabilidade, utilizou-se um pHmetro. Inicialmente este foi calibrado com as soluções tampão. Os eletrodos foram lavados com água destilada e, em seguida, mergulhados na solução tampão pH 7,0, repetiu-se o procedimento de lavagem dos eletrodos com água destilada e o eletrodo foi mergulhado na solução tampão pH 4,0. Em sequência, as medições foram realizadas nas amostras de água e os dados foram registrados.

3 Resultados e Discussão

A metodologia analítica proposta no presente trabalho se baseia na formação de um complexo ácido salicílico-Fe (III). A Figura 1 mostra o mecanismo inicial do complexo formado a partir da reação do AS e Fe (III). Inicialmente, um mol de AS (ligante bidentado) reage com um mol de Fe (III) formando o complexo I.

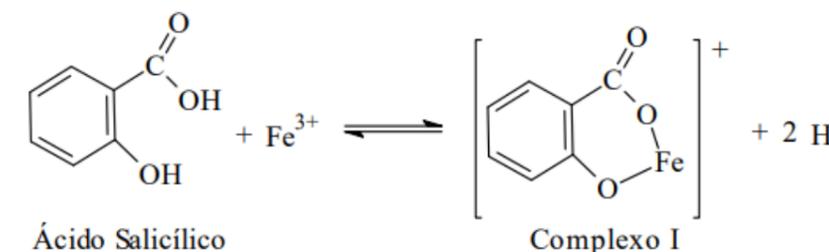


Figura 1 - Mecanismo de formação do Complexo I. (SÁ, 2006)

A curva analítica, obtida por meio do método dos mínimos quadrados, apresentou a equação $y = 0.0064x + 0.0077$ e um coeficiente de correlação de 0.9956. A Figura 3 mostra as soluções utilizadas para a construção da curva analítica. Observa-se um acréscimo na intensidade da coloração na formação do complexo ácido salicílico-Fe (III) com o aumento na concentração do AS.



Figura 3: soluções utilizadas para a construção da curva analítica

Os resultados de pH das amostras de água do Rio dos Queimados, coletadas em seis pontos diferentes ao longo do rio, são apresentados na Tabela 2, sendo referentes a coleta e análise de amostras realizadas nos dias 25 de setembro, 09 de outubro, 23 de outubro e 07 de novembro de 2019.

As amostras de água obtidas no decorrer do período apresentaram pH compatível com a faixa indicada pela Resolução no 430, de 13 de maio de 2011, Seção III, para as Condições e Padrões para Efluentes de Sistemas de Tratamento de Esgotos Sanitários, valores estes entre 5 e 9.

Nas amostras analisadas, não foram detectados ácido salicílico, uma justificativa para ausência desse contaminante farmacêutico é que este pode estar presentes em quantidades inferiores aos limites de detecção do equipamento e da metodologia utilizada. Outra questão

que pode contribuir para não detecção desta nas amostras nas águas superficiais é o volume de água no rio, que é superior ao volume de esgoto que chega, fator que auxilia na diluição dos contaminantes.

Tabela 2: Determinação do pH das águas do Rio dos Queimados

| Ponto de coleta | Dia 25/09 | Dia 09/10 | Dia 23/10 | Dia 07/11 |
|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 01 | 7,41 – 7,34 | 7,03 – 6,88 | 6,69 – 6,69 | 6,95 – 6,89 |
| 02 | 7,20 – 7,15 | 6,75 – 6,68 | 6,81 – 6,69 | 6,75 – 6,74 |
| 03 | 7,09 – 7,08 | 6,61 – 6,60 | 6,61 – 6,60 | 6,73 – 6,70 |
| 04 | 7,35 – 7,25 | 6,76 – 6,72 | 6,79 – 6,80 | 6,89 – 6,92 |
| 05 | 6,83 – 6,98 | 6,54 – 6,51 | 6,63 – 6,63 | 6,63 – 6,66 |
| 06 | 6,66 – 6,64 | 6,17 – 6,23 | 6,30 – 6,32 | 6,29 – 6,34 |

O ácido salicílico foi detectado por Verenitch, 2006, em águas superficiais e em amostras de águas residuais de sistemas de tratamento de esgoto, com valores que variaram de 286,7ng/L e 2178,2 ng/L, respectivamente. Ekpeghere et al. (2017) relataram elevadas concentrações de 24 compostos em 12 ETEs municipais e quatro ETEs na Coreia, onde o composto ácido acetilsalicílico predominou no lodo de sistemas municipais, em concentrações que entre 0,374 mg/kg à 367 mg/kg-1.

Esta pesquisa buscou então compreender se há concentração considerável de AS em amostras de água provenientes do Rio dos Queimados, visto que são necessárias ações que sensibilizem a esfera pública e a sociedade a respeito do descarte e disposição final dos resíduos, evitando assim causar riscos à saúde pública e ao meio ambiente.

4. Conclusão

Com os resultados das análises realizadas em laboratório, pode-se concluir que as amostras de água obtidas no Rio dos Queimados apresentaram um pH dentro da faixa estabelecida pela Resolução no 430, de 13 de maio de 2011, Seção III, para as Condições e Padrões para Efluentes de Sistemas de Tratamento de Esgotos Sanitários, valores estes entre 5 e 9. O presente estudo demonstrou que não há concentração do metabólito ácido salicílico em águas provenientes do Rio dos Queimados – Concórdia/SC. Porém isto não descarta a importância da continuidade de estudos que identifiquem e quantifiquem o fármaco no ambiente aquático e de estudos para realização de avaliações de riscos à saúde deste.

Referências

BERNARDO, Luiz Di; BERNARDO, Angela Di; FILHO, Paulo Luiz Centurione. **Ensaio de tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água**. São Carlos: Rima. 2002. 237 p. BRASIL.

BERVIAN, Franciele. **Às margens do espaço público**. 31 f. TCC (Graduação) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal da Fronteira Sul, Erechim, 2012.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução 420, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a **Resolução no 357**, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Disponível em: <file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Desktop/ResolucaoCONAMA_430-11.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2019

DINIZ, Márcio; MAURÍCIO, Rita; PETROVIC, Mira; LÓPEZ, Maria; AMARAL, Leonor, PERES, Isabel; BARCELÓ, Damiá; SANTANA, Fernando. Assessing the estrogenic potency in a Portuguese wastewater treatment plant using an integrated approach. **Journal of Environmental Sciences**, Monte de Caparila – Portugal, v. 22, n. 10, p. 1613–1622, 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1001074209602977> Acesso em: 14 set. 2019.

ENSANO, Benny Marie; BOREA, Laura; NADDEO, Vicente; BELGIORNO, Vicente; LUNA, Mark Daniel; BALLESTEROS, Florencio. **Removal of Pharmaceuticals from Wastewater by Intermittent Electrocoagulation**. Water, Brasília, Suíça, v. 9, n. 2, p.85-100, 31 jan. 2017. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4441/9/2/85>. Acesso em: 15 maio 2019.

EPAGRI CIRAN. Disponível em: <http://www.ciram.sc.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=2954&Itemid=808. Acesso em: 15 de maio 2019.

GARZA-CAMPOS, Benjamin; GUZMÁN-MAR, Jorge Luis; REYES, Laura Hinojosa; BRILLAS, Enric; HERNÁNDEZ-RAMÍREZA, Aracely; RUIZ-RUIZ, Edgar J. Salicylic acid degradation by advanced oxidation processes. Coupling of solar photoelectro-Fenton and solar heterogeneous photocatalysis. **Journal Of Hazardous Materials**, v. 319, n. 8, p.34-42, 05 dez. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2016.02.050>.

EKPEGHARE, Kalu Ibe; LEE, Ji-Woo; KIM, Hee-Young; SHIN, Sun-Kyoung. Determination and characterization of pharmaceuticals in sludge from municipal and livestock wastewater treatment plants. **Chemosphere**, v. 168, p.1211-1221, fev. 2017. Elsevier. Disponível em:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653516314618> Acesso em: 20 nov. 2019

FARRÉ, Marinel·la; FERRER, Imma; GINEBREDÀ, Antoni; FIGUERAS, Mercè; OLIVELLA, Lourdes; TIRAPU, Lluís; VILANOVA, Manel; BARCELÓ, Damià. Determination of drugs in surface water and wastewater samples by liquid chromatography–mass spectrometry: methods and preliminary results including toxicity studies with *Vibrio fischeri*. **Journal Of Chromatography A**, v. 938, n. 1-2, p.187-197, dez. 2001. Elsevier. Disponível em:

<<https://www.semanticscholar.org/paper/Determination-of-drugs-in-surface-water-and-sample-s-Farr%C3%A9-Ferrer/64025402e869297d930d4fed45ec95446ab05946>> Acesso em: 18 nov. 2019

GASO-SOKAC, Dajana; HABUDA-STANIĆ, Mirna; BUŠIĆ, Valentina; ZOBUNDŽIJA, Dora. Occurrence of pharmaceuticals in surface water. **Croatian Journal of Food Science And Technology**, Osijek, v. 9, n. 2, p.204-210, 20 dez. 2017. Faculty of Food Technology Osijek.. Disponível em: <file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Desktop/TCC/20_CJFST_17_56.pdf> Acesso em 15 nov. 2019

GINEBREDÀ, Antoni; MUÑO, Isabel; ALDA, Miren López; BRIX, Rikke; LÓPEZ-DOVAL, Julio; BARCELÓ, Damià. Environmental risk assessment of pharmaceuticals in rivers: Relationships between hazard indexes and aquatic macroinvertebrate diversity indexes in the Llobregat River (NE Spain). **Environment International**, Barcelona – Espanha, v. 36, n. 2, p. 153–162, 2010. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.539.3717&rep=rep1&type=pdf>> Acesso em 09 ago. 2019

HANA, Sunyoung; CHOI, Kyungho; KIMA, Jungkon; JI, Kyunghee; KIMA, Sunmi; AHN, Byeongwoo; YUNC, Junheon; CHOI, Kyunghee; KHIM, Jong Seong Xiaowei Zhang; GIESY, John. Endocrine disruption and consequences of chronic exposure to ibuprofen in Japanese medaka (*Oryzias latipes*) and freshwater cladocerans *Daphnia magna* and *Moina macrocopa*. **Aquatic Toxicology**, Coreia, v. 98, n. 3, p. 256–264, 2010. Disponível em: <<http://benthos.snu.ac.kr/wp-content/uploads/2015/09/JA-34.pdf>> Acesso em 08 ago. 2019

ILLÉS, Erzsébet; TAKÁCS, Erzsébet; DOMBI, András; GAJDA-SCHRANTZ, Krisztina; RÁCZ, Gergely; GONTERB, Wojnárovits, Katalin László. Hydroxyl radical induced degradation of ibuprofen. **Science of the Total Environment**, Hungria, v. 447, p. 286–292, 2013.

JACOBS, Laura; FIMMEN, Ryan; CHIN, Yu-Ping; MASH, Heath; WEAVERS, Linda. Fulvic acid mediated photolysis of ibuprofen in water. **Water Research**, Washington, v. 45, n. 15, p. 4449–4458, 2011.

KARUNANAYAKE, Akila; DEWAGE, Narada Bombuwala; TODD, Olivia Adele; ESSANDOH, Matthew; ANDERSON, Renel; MLSNA, Todd; MLSNA, Deb. Rapid removal of salicylic acid, 4-nitroaniline, benzoic acid and phthalic acid from wastewater using magnetized fast pyrolysis biochar from waste Douglas fir. **Revista de Engenharia Química**, Mississippi, v. 319, p. 75-88, 2017. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21714984>> Acesso em 19 nov. 2019

LEITE, Marcela Adriana de Souza. & LEÃO, Rafael. **Diagnóstico e caracterização da sub-bacia do Rio dos Queimados**. Consórcio Iambari: Comitê do Rio Jacutinga e Contíguos, Instituto Sadia, Concórdia, p.211, 2009.

LI, Yan; ZHANG, Luyan; LIU, Xianshu; DING, Jie. Ranking and prioritizing pharmaceuticals in the aquatic environment of China. **Science Of The Total Environment**, China, v. 658, p.333-342, mar. 2019. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718348873>>. Acesso em: 12 jun. 2019.

MATTHIENSEN, Alexandre; MULINARI, Magda; FERUCK, Marilete; TESSMANN, Elena; MIRANDA, Cláudio. Monitoramento e diagnóstico da qualidade da água do rio dos queimados, Concórdia, SC. **XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Brasília, p. 1-8. 27 nov. 2015. Disponível em: <[file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Desktop/TCC/PAP020599%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Desktop/TCC/PAP020599%20(1).pdf)> Acesso em 06 jul. 2019

PERUZZO, Francisco Miragaia; CANTO, Eduardo Leite do. **Química: na abordagem do cotidiano**. 4. ed. São Paulo: Moderna, 2006. 376 p. (2).

PIZZOLATO, TÂNIA. **Resíduos de medicamentos e hormônios na água preocupam cientistas**. 20 de abril de 2017. Porto Alegre. UFRGS Ciência. Entrevista concedida a Camila Raposo. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/secom/ciencia/residuos-de-medicamentos-e-hormonios-na-agua-preocupam-cientistas/>> Acesso em 06 jul. 2019

RICHTER, Carlos A.; NETTO, José M. de Azevedo. **Tratamento de água: tecnologia atualizada**. São Paulo: Edgard Blücher LTDA. 5 ed. 1991. 332 p.

SÁ, Éder da Silva e. **Determinação espectrofotométrica de ácido salicílico em produtos dermatológicos**. 2006. 38 f. Tese (Doutorado) - Curso de Departamento de Química, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas Departamento de Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006. Disponível em <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/105133/Eder_da_Silva_Sa.pdf> Acesso em: 09 nov. 2019

SCHRÖR, Karsten. **Acetylsalicylic acid**. 1. ed. Weinheim: Wiley-Blackwell, Germany, 2009.

SIMÃO, Monique Schneider. **DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO FARMACOCINÉTICO COM FUNDAMENTAÇÃO FISIOLÓGICA PARA A ASPIRINA**. 2017. 70f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Departamento Acadêmico de Engenharia Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2017. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/8405/1/PG_COENQ_2017_2_21.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2019.

VERENITCH, Sergei; LOWE, Christopher; MAZUMDER, Asit. Determination of acidic drugs and caffeine in municipal wastewaters and receiving waters by gas chromatography–ion trap tandem mass spectrometry. **Journal Of Chromatography A**, v. 1116, n. 1-2, p.193-203, maio 2006. Elsevier BV. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021967306005218?via%3Dihub>> Acesso em 20 nov. 2019

SIMÕES, Teresa Sobrinho; QUEIRÓS, Maria Alexandra; SIMÕES, Maria Otilde. **Química em contexto**. Porto. 2005. Pag.95-96.

SOUSA, Anna Caroline de Oliveira; MUSUMECI, Bianca Ramirez; NEGRELLO, Leticia de Oliveira. **Produção de Ácido Acetilsalicílico (AAS)**. 2017. 33 f. Tese (Doutorado) - Curso de Técnico em Química, Curso Técnico, Centro Estadual de Educacional Profissional de



Curitiba, Curitiba, 2016. Disponível em:

<<http://www.ceepcuritiba.com.br/wp-content/uploads/2019/05/Producao-de-acido-acetilsalilico.pdf>>. Acesso em: 09 nov. 2019.

SOUZA, Líria Alves de. História da Aspirina. 2010; **Brasil Escola**. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/quimica/historia-aspirina.htm>. Acesso em 09 de nov. de 2019.

TERNES, Thomas. Occurrence of drugs in German sewage treatment plants and rivers. **Water Research**, v. 32, n. 11, p.3245-3260, nov. 1998. Elsevier. Disponível em: <http://www.geol.lsu.edu/blanford/NATORBF/14%20Pharmaceuticals%20and%20RBF/Ternes%20T_Water%20Research_Nov%201998.pdf> Acesso em 19 nov. 2019

ZANETTE, A.P. **Codificação dos cursos d'água do estado de Santa Catarina**. Projeto FATMA/GTZ de Cooperação Técnica Brasil/Alemanha. Florianópolis, 2003.

A importância da correta utilização de estratégias passivas ao clima quente e úmido: O caso do ensino do Conforto Ambiental no Curso de Arquitetura e Urbanismo da UNIFAP

The importance of the correct use of passive strategies to the hot and humid climate: The case of teaching Environmental Comfort in the Course of Architecture and Urbanism at UNIFAP

Anneli Maricielo Cárdenas Celis, Docente no Curso de Arquitetura, Universidade Federal do Amapá.

anneli.2792@gmail.com

Danilo Augusto Oliveira de Barros, Discente do Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Amapá

danilo.barros.6464@gmail.com

Ana Karina Nascimento Silva Rodrigues, Docente no Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Amapá.

ana.karina.rodrigues.ap@gmail.com

André da Costa Leite, Mestre em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação, Universidade Federal do Amapá.

andreleite@unifap.br

José Walter Cárdenas Sotil, Docente no Curso de Ciência da Computação, Universidade Federal do Amapá.

jwcs.jwcs@gmail.com

Resumo

Realizar projetos arquitetônicos ou urbanísticos adequados às condições climáticas é o primeiro passo que todo projetista deve levar em consideração. Muitas vezes, é observado padrões arquitetônicos em diversos contextos climáticos, desconsiderando as características próprias da região, encontrando a mesma forma, materiais e orientações em diferentes latitudes no Brasil. Portanto, o objetivo da presente investigação, é trazer a discussão o que diversos autores abordam sobre recomendações para o clima quente e úmido e realçar, que a arquitetura deve exercer o papel fundamental de proteção, ou filtro dos elementos ambientais que afetam o bem-estar dos indivíduos. As principais referências mencionadas, são discussões de autores que estão presentes nas referências de ensino da disciplina de Conforto Ambiental do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Amapá (UNIFAP) e da produção de croquis e esquemas autorais realizados pelo Grupo de Pesquisa Habitar Amazônia no desenvolvimento de pesquisas na graduação e em publicações. Com isso, busca-se trazer o levantamento das principais estratégias passivas ao clima quente e úmido, abordando as condicionantes como ventilação, sombra, iluminação natural, entorno, orientação e volumetria, paredes e coberturas, e materiais, para que os alunos possam ter um base de dados de maneira didática na concepção de projetos.

Palavras-chave: Arquitetura Bioclimática; Ensino do Conforto Ambiental; Estratégias passivas; Clima quente e úmido; Croquis

Abstract

Making architectonic or urbanistic projects adequate to the climatic conditions is the first step that every designer should take into consideration. Often, architectural patterns are observed in various climatic contexts, disregarding the characteristics of the region, finding the same form, materials, and orientation at different latitudes in Brazil. Therefore, the objective of the present investigation, is to bring to discussion what several authors approach about recommendations for the hot and humid climate and to emphasize, that architecture must play the fundamental role of protection, or filter of the environmental elements that affect the well-being of individuals. The main references mentioned are discussions of authors who are present in the teaching references of the subject Environmental Comfort of the Architecture and Urbanism Course of the Federal University of Amapá (UNIFAP) and the production of sketches and authorial schemes carried out by the Habitar Amazônia Research Group in the development of undergraduate research and publications. With this, it seeks to bring the survey of the main passive strategies to the hot and humid climate, addressing constraints such as ventilation, shade, natural lighting, surroundings, orientation and volumetry, walls and roofs, and materials, so that students can have a database in a didactic way in project design.

Keywords: Bioclimatic Architecture; Teaching Environmental Comfort; Passive Strategies; Hot and Humid Climate; Sketches

1. Introdução

A atividade projetual do arquiteto leva em consideração diversas variáveis, tais como: psicologia, antropologia, orçamento, sistemas estruturais, conforto ambiental, legislação, regulamentação, entretanto, o primeiro aspecto fundamental para realizar uma arquitetura adequada ao meio é a compreensão climática do local. Um dos principais teóricos da abordagem bioclimática (Olgay, 2015), revela a importância de desenvolver uma arquitetura harmoniosa de acordo com o clima, citando a natureza como exemplo de adaptação, como o caso dos pássaros, que adaptam as suas moradias conforme ao clima, construindo seus ninhos com a utilização de terra e palha para evitar a luz solar direta, e em entradas inclinadas para evitar a água da chuva.

Olgay (2015) introduziu quatro etapas de abordagem bioclimática, seguindo o seguinte fluxo de trabalho: 1. Climatologia, para estudar o clima do local de intervenção; 2. Biologia, para avaliar a sensação térmica e diagnósticos de conforto em humanos através de mapas bioclimáticos; 3. Tecnologia, pesquisas sobre seleção de locais, posicionamento, cálculo de sombras e outras soluções técnicas 4. Arquitetura, esta última é a aplicação desenvolvida nas três primeiras etapas, ou seja, a etapa abrangente.

Quando se trata de soluções arquitetônicas adequadas ao clima, observa-se que seu enfoque é um tanto recente. Segawa (2006) faz um breve panorama da história do conforto ambiental no Brasil e das primeiras discussões de salubridade dos ambientes, surgindo assim os primeiros manuais de ventilação, e de esforços para o controle da iluminação, levando em consideração a realidade do país.

No que diz respeito do ensino do Conforto Ambiental dos cursos de Arquitetura e Urbanismo do Brasil, de acordo com a Resolução nº 6 de 2 de fevereiro de 2006, mais especificamente o Art. 6., localiza a disciplina de Conforto Ambiental contida no Núcleo de Conhecimento Profissional obrigatória (BRASIL, 2010). Com isso, as discussões e pesquisas sobre a temática tem-se desenvolvido cada vez mais, aplicando-se nas diversas subáreas, como: o conforto térmico, conforto luminoso e conforto acústico.

2. Objetivo

Levantar as principais recomendações bioclimáticas para o clima quente e úmido, a partir da discussão de autores que estão contidas nas referências utilizadas em sala de aula no ensino do Conforto Ambiental do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Amapá (UNIFAP) e da produção de croquis e esquemas autorais realizados pelo Grupo de Pesquisa Habitar Amazônia no desenvolvimento de pesquisas na graduação e em publicações, para que os alunos possam ter uma base de dados de maneira didática na concepção de projetos.

3. Procedimentos Metodológicos

Os seguintes passos metodológicos foram adotados:

- Discussão dos autores contidas nas referências utilizadas em sala de aula no ensino do Conforto Ambiental do Curso de Arquitetura e Urbanismo (UNIFAP), com ênfase no

clima quente e úmido, tais como: a) Corner e Corbella (2017): Manual de arquitetura bioclimática tropical para a redução do consumo energético; b) Hertz (1997): Ecotécnicas em arquitetura – como projetar nos trópicos úmidos do Brasil; c) Machado *et al.* (1983): Procedimentos básicos para uma arquitetura no trópico úmido;

- Recomendações de soluções bioclimáticas passivas para o clima quente e úmido, abordando condicionantes como: ventilação, sombra, iluminação natural, entorno, orientação e volumetria, paredes e coberturas, e materiais.
- Ilustração das estratégias bioclimáticas a partir de croquis autorais realizados pelo grupo de pesquisa Habitar Amazônia (UNIFAP). para que possa haver uma base de dados de maneira didática na concepção de projetos.

4. Aplicações e/ou Resultados

Além do clima e de suas variáveis climatológicas, o conhecimento de estratégias bioclimáticas é de suma importância para o projetista propor recomendações adequadas ao clima local. Antes de adentrar nas estratégias bioclimáticas passivas, é importante que se conceitue o bioclimatismo. Destaca-se a definição dada por Romero (2018), onde comenta o seguinte: “[...] aquela que abriga princípios de desenho que utilizam a adequação ao lugar e à cultura do lugar como parâmetro fundamental e avaliação integrada dos elementos térmicos, da luz do som e da cor.” De acordo com o Celis *et al.* (2022) a utilização de estratégias bioclimática é um instrumento fundamental de projeto, possibilitando ao projeto uma orientação na tomada de decisão de uma boa arquitetura adaptada ao clima desde a concepção de projetos, especificamente no estudo preliminar.

4.1. Ventilação

De acordo com os autores Corbella e Corner (2017), Hertz (1998) e Machado et al (1983) a ventilação é a principal estratégia bioclimática para o clima quente e úmido, contribuindo para a redução da umidade do ar, além de promover a renovação do ar e o resfriamento do ambiente, conforme disposto no Quadro 1.

Quadro 1: Estratégias de ventilação para o clima quente e úmido

| Referências | Recomendação para o clima quente e úmido | Croqui |
|--------------------------|---|--------|
| Corbella e Corner (2017) | A ventilação deve ser utilizada para reduzir a umidade, promover a renovação do ar e resfriar o ambiente. | |

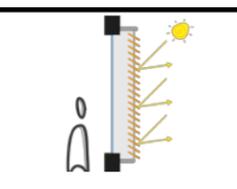
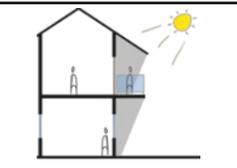
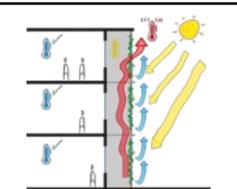
| | | |
|--------------------------|---|--|
| Corbella e Corner (2017) | Deve-se realizar a ventilação do ático para evitar a transferência de calor para o interior da edificação. | |
| Corbella e Corner (2017) | Utilização de pilotis (elevada do solo) para promover a dissipação de calor do piso da edificação e para criar um espaço com sombra e ventilação. | |
| Hertz (1998) | Utilizar a ventilação cruzada não somente em um cômodo, mas na edificação como um todo. | |
| Hertz (1998) | Utilizar a ventilação para aumentar a tolerância a temperatura mais altas. | |
| Hertz (1998) | Estimular o movimento do ar por meio do efeito chaminé. Saída do ar quente pela parte superior da cobertura. | |
| Machado et al. (1983) | Benefícios do abrir: conforto, renovação do ar, higienização do ambiente e dissipar calor. | |

Fonte: Croquis autorais realizados pelo Grupo de pesquisa Habitar Amazônia.

4.2.Sombra

É uma estratégia fundamental para as edificações em regiões tropicais úmidas de forma geral, é importante que se consiga um alto nível de sombra e, conseqüentemente, evitar a penetração de raios solares na edificação sempre que possível (CORBELLA; CÖRNER, 2017) (HERTZ, 1998), conforme disposto no Quadro 2.

Quadro 2: Estratégias de sombreamento para o clima quente e úmido

| Referências | Recomendação para o clima quente e úmido | Croqui |
|--------------------------|--|---|
| Corbella e Corner (2017) | Uso de brises, que, para o Norte, é o horizontal e, para o Oeste, Leste e Sul, o vertical. Quando não orientados aos pontos cardeais, deve-se mesclar os tipos. |  |
| Corbella e Corner (2017) | Para regiões perto do Equador (latitudes entre 12° e -12°) e, sobretudo, para projetos em clima tropical úmido, todas as fachadas devem ser igualmente protegidas. Proteção solar em todas as aberturas envidraçadas |  |
| Corbella e Corner (2017) | Para sombrear paredes, recorrer à utilização de beirais avançados, varandas, marquises, jardineiras, pergolados, cobogós, etc. |  |
| Hertz (1998) | Uso de treliças com trepadeiras (muros verdes) para sombra. Além disso, uso de trepadeiras nas paredes e nos telhados para a criação de microclima. |  |
| Hertz (1998) | Uso de vegetações existentes para sombrear a edificação |  |

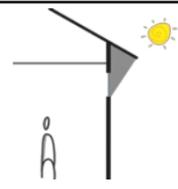
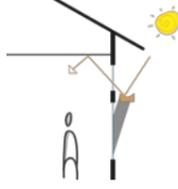
| | | |
|-----------------------|--|---|
| Machado et al. (1983) | O cobrir: Responsável em criar um ambiente seguro e agradável as pessoas que se utilizam dele. |  |
|-----------------------|--|---|

Fonte: Croquis autorais realizados pelo Grupo de pesquisa Habitar Amazônia.

4.3. Iluminação natural

Deve ser utilizada como uma grande aliada quanto à economia de energia elétrica (CORBELLA; CÖRNER, 2017), essa se mostra altamente recomendável, visto que é uma luz gratuita, livre de manutenções, mais confortável aos olhos e evita geração de calor pela utilização de lâmpadas (HERTZ, 1998). A seguir as recomendações conforme disposto no Quadro 3.

Quadro 3: Estratégias de iluminação natural para o clima quente e úmido

| Referências | Recomendação para o clima quente e úmido | Croqui |
|--------------------------|--|---|
| Corbella e Corner (2017) | Redução as áreas de vidro ao estritamente necessário para prover iluminação natural. |  |
| Corbella e Corner (2017) | Utilização de iluminação natural para economia expressiva no consumo de energia elétrica, além de reduzir os gastos de instalação e manutenção, promover uma iluminação mais confortável aos olhos e reduzir a geração de calor. |  |
| Corbella e Corner (2017) | Redução da área de janelas, quando estas não têm a função de comunicação visual com o exterior, assim como colocá-las na parte superior da parede para melhorar a distribuição de iluminação natural. |  |
| Hertz (1998) | Uso de prateleiras de luz, protege a maior parte da janela, aproveita-se a iluminação natural. Recomenda-se que essa técnica seja utilizada principalmente nas fachadas Norte e Sul. |  |

| | | |
|-----------------------|--|--|
| Machado et al. (1983) | Precaução da radiação solar direta e difusa, e luminosidade excessiva. | |
|-----------------------|--|--|

Fonte: Croquis autorais realizados pelo Grupo de pesquisa Habitar Amazônia.

4.4. Entorno

O entorno contribui para a estabilização do microclima e para redução de temperaturas extremas (HERTZ, 1998), o entorno pode auxiliar fortemente o conforto ambiental da edificação por meio de áreas não pavimentadas, vegetações e outros recursos, conforme disposto no Quadro 4.

Quadro 4: Estratégias de entorno para o clima quente e úmido

| Referências | Recomendação para o clima quente e úmido | Croqui |
|--------------------------|---|--------|
| Corbella e Corner (2017) | Plantio de árvores sombreando as fachadas e o entorno de forma a resfriar as brisas que por elas passam antes de atingir a edificação e diminuïrem o ofuscamento causado pela insolação. | |
| Corbella e Corner (2017) | Criação de jardins (gramados), evitando excesso de pavimentações com materiais que absorvam muito calor e/ou com alta reflexão da radiação solar. Isso se mostra importante para reduzir a temperatura local e evitar a radiação de calor noturna, que aquece as brisas que entram na edificação. | |
| Hertz (1998) | Mais grama e árvores, mais fresco o ar. Mas as suas localizações devem ser pensadas considerando a ventilação | |

| | | |
|-----------------------|---|--|
| Machado et al. (1983) | O plantar: é impossível pensar em construir na região úmida, afastado, isolado da vegetação. Na vegetação é necessário conhecer o crescimento, forma, período de folhagem e desfolhagem e floração. | |
|-----------------------|---|--|

Fonte: Croquis autorais realizados pelo Grupo de pesquisa Habitar Amazônia.

4.5. Orientação e Volumetria

Considera fatores como vento, radiação solar, vista, necessidade de privacidade, controle de ruído, perfil de ocupação dos ambientes, fachadas com maior incidência, entre outros aspectos (CORBELLA; CÖRNER, 2017; HERTZ, 1998), a orientação e a volumetria da edificação se mostram primordiais para uma concepção bioclimática da edificação, conforme disposto no Quadro 5.

Quadro 5: Estratégias de orientação e volumetria para o clima quente e úmido

| Referências | Recomendação para o clima quente e úmido | Croqui |
|--------------------------|--|--------|
| Corbella e Corner (2017) | Sendo as fachadas Leste e Oeste as que mais recebem sol durante todo o ano e a fachada Norte a que mais recebe insolação no inverno, recomenda-se colocar seu eixo longitudinal paralelo ao eixo Leste-Oeste | |
| Corbella e Corner (2017) | Para edificações não climatizadas, recomenda-se que seja menos compacta, permeável à circulação do ar, com saliências e reentrâncias, criando áreas sombreadas, aproveitando e distribuindo os ventos e usufruindo da luz natural. | |
| Hertz (1998) | Recomenda-se posicionar os ambientes de longa permanência (quarto) na fachada Leste e os de curta permanência na fachada Oeste (banheiros, adegas, áreas de serviço, etc.) | |

| | | |
|-----------------------|--|--|
| Machado et al. (1983) | O implantar: relacionado com a natureza, a forma e a cobertura do sol. Floresta: onde geralmente é terra firme e várzea: a maneira pela qual a vegetação se fixa ao solo através de raízes aéreas, ou mesmo flutuante, sugere o assentamento da habitação. | |
|-----------------------|--|--|

Fonte: Croquis autorais realizados pelo Grupo de pesquisa Habitar Amazônia.

4.6. Paredes e coberturas

Está diretamente relacionada com a materialidade da edificação, essas devem estar alinhadas com a concepção bioclimática. Para isso, as propriedades termo físicas como inércia térmica e absorvância tanto de paredes quanto de coberturas devem estar sempre em vista quando da concepção arquitetônica (CORBELLA; CÖRNER, 2017), conforme disposto no Quadro 6.

Quadro 6: Estratégias de paredes e coberturas para o clima quente e úmido

| Referências | Recomendação para o clima quente e úmido | Croqui |
|--------------------------|--|--------|
| Corbella e Corner (2017) | Para demandas de espaços com grande inércia térmica como edificações climatizadas, podem ser utilizados blocos cerâmicos furados, blocos de adobe, blocos de concreto celular e isopor. | |
| Corbella e Corner (2017) | Tratamento das paredes mais ensolaradas por meio de, por exemplo, paredes duplas. | |
| Hertz (1998) | Devido ao alto índice de radiação, o ganho de calor pelo telhado deve ser controlado, principalmente em construções mais baixas. Isso pode ser obtido por meio da ventilação do telhado e do teto. O telhado duplo, por exemplo, funciona para esse tipo de situação. Além dele, telhados com câmaras de ar ventilados também funcionam. | |
| Machado et al. (1983) | O implantar: relacionado com a natureza, a forma e a cobertura do sol. Floresta: onde geralmente é terra firme e várzea: a maneira pela qual a vegetação se fixa ao solo através de raízes aéreas, ou mesmo flutuante, sugere o assentamento da habitação. | |

Fonte: Grupo de pesquisa Habitar Amazônia.

4.7. Materiais

Considerar a cor da edificação e as propriedades termo físicas de vedações (paredes e coberturas), pois traduzem em menores valores de captação de radiação solar, favorecendo naturalmente o desempenho térmico especialmente no verão. No Quadro 7 a seguir sugere-se as principais estratégias sobre a utilização de matérias em clima quente e úmido.

Quadro 7: Estratégias de materiais paredes e coberturas para o clima quente e úmido

| Referências | Recomendação para o clima quente e úmido | Croqui |
|--------------------------|--|--------|
| Corbella e Corner (2017) | Utilizar cores claras para os revestimentos externos, pois as cores mais claras (próximas ao branco) absorvem uma quantidade menor de radiação solar (entre 20 e 40% do total incidente), enquanto as cores escuras (próximas ao preto) chegam a absorver perto de 90% da mesma radiação. | |
| Corbella e Corner (2017) | Recomenda-se o uso de materiais de alta resistência térmica; o que pode ser conseguido por meio do uso de materiais isolantes ou utilizando camadas de ar entre as paredes e entre teto e telhado. | |
| Corbella e Corner (2017) | A inércia térmica e a ventilação devem estar alinhadas. Assim, se a média das temperaturas internas forem menores do que a externa, recomenda-se o uso de uma grande inércia térmica, pois amortecerá a flutuação ao redor de temperaturas baixas; já para a média das temperaturas internas maiores do que a média das temperaturas externas, recomenda-se o uso de uma baixa inércia térmica, pois facilitará a dissipação de calor. | |
| Hertz (1998) | O ideal para as regiões tropicais é uma construção leve, podendo utilizar materiais como madeira e isopor, pois paredes pesadas começam a irradiar o calor absorvido durante o dia no período da noite; o que não se deseja. | |

Fonte: Grupo de pesquisa Habitar Amazônia.

5. Análises dos Resultados ou Discussões



A caracterização do clima quente e úmido a partir da discussão dos autores citados anteriormente, caracterizam o clima pela presença de altas temperaturas, elevada umidade, que muitas vezes alcança os 90%, além das estações que são divididas em uma mais chuvosa (altas precipitações) e menos chuvosas (baixas precipitações).

Quanto à insolação, a radiação é elevada, portanto, se faz necessário a proteção das aberturas de portas e janelas, mediante a utilização de cobógos ou brises, e o prolongamento do beiral, que tem a função do controle dos raios solares e ao mesmo tempo sombreamento da edificação.

Sobre a ventilação, comenta-se que é a principal solução para regiões tropicais, pois se faz necessário a retirada do calor, com renovação do ar, para manter o conforto térmico dentro dos ambientes. Referente a utilização de materiais é necessário que haja o controle solar na edificação a partir do isolamento na envolvente, diminuindo a carga térmica e melhorando o desempenho térmico da edificação.

As discussões de referências de diversos autores no ensino do Conforto Ambiental do Curso de Arquitetura e Urbanismo (UNIFAP) permitiram ter o aprofundamento e conhecimento das melhores estratégias passivas para resfriamento, fazendo com que haja a correta utilização nos projetos arquitetônicos em sala de aula, colocando em evidência que não existe projeto sem conforto, assim como para aplicação posteriormente na vida profissional.

6. Conclusão ou Considerações Finais

A correta aplicação de estratégias bioclimáticas passivas de acordo com as características climáticas e culturais da região é de suma importância para a elaboração de projetos arquitetônicos adequados ao clima local. No ensino de Conforto Ambiental do Curso de Arquitetura e Urbanismo da UNIFAP tem dado ênfase na elaboração de projetos bioclimáticos, compreendendo o meio ambiente (clima, terreno, vegetação, entorno, etc.), aproveitando os aspectos positivos, tais como, ventilação, iluminação, materiais, orientação, forma e materiais. Com o Grupo de Pesquisa Habitar Amazônia a partir de elaboração de croquis autorais e disseminação em palestras, congressos, e em sala de aula tem contribuído de maneira didática o conhecimento e importância na realização de projetos bioclimáticos, sustentáveis e eficientes.

Referências

- BRASIL. Assembleia Legislativa. Constituição (1988). Constituição, de 5 de outubro de 1988. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF, 5 out. 1988.
- CELIS, Anneli; FAÇANHA, Mirna; RODRIGUES, Ana Karina; CÁRDENAS, José Walter. Boas práticas de projeto arquitetônico e recomendações bioclimáticas para o clima quente e úmido: O caso da Amazônia Amapaense. **Anais ENSUS 2022: X Encontro de Sustentabilidade em Projeto**, páginas 338-347, 2022.

CORBELLA, Oscar; CÖRNER, Viviane. **Manual de Arquitetura Bioclimática Tropical para a Redução de Consumo Energético**. Rio de Janeiro: Revan, 2017.

HERTZ, John B. **Ecotécnicas em Arquitetura: como projetar nos trópicos úmidos do Brasil**. São Paulo: Pioneira, 1998.

MACHADO, Isis; RIBAS, Otto; DE OLIVEIRA, Tadeu. **Cartilha: Procedimentos básicos para uma arquitetura no trópico úmido**, Editora Pini, 1983.

ROMERO, Marta Adriana Bustos. **Princípios Bioclimáticos para o Desenho Urbano**. Brasília: Editora UnB, 3ª edição, 2013. 63 p.



Estudo sobre Emprego de Isolantes Termoacústicos Ecológicos em Painéis Pré-Fabricados de Madeira na Arquitetura e na Construção Civil

Study of the Use of Ecological Thermoacoustic Insulators in Prefabricated Wood Panels in Architecture and Civil Construction

Isabella Sabrina Fernandes dos Santos

isabellasfs@usp.br

Akemi Ino

inoakemi@sc.usp.br

Resumo

O uso da madeira de plantios florestais como material construtivo mostra-se uma alternativa mais sustentável no meio da construção civil, seu uso em painéis pré-fabricados faz-se interessante como solução de vedação leve para edificações mais econômicas e otimizadas. Mas, há de se considerar a necessidade de isolamento termoacústico nesses painéis, e aqui se insere a proposta do artigo, que visa preencher a lacuna de pesquisas sobre materiais isolantes ecológicos. A partir de investigação nas literaturas técnico-científicas e no mercado, nacional e internacional, foi constatado que existem muitos materiais naturais ou reciclados com propriedades adequadas para o emprego como materiais isolantes na construção civil, e inclusive alguns desses já são comercializados no exterior com preços competitivos. No Brasil, esse mercado ainda é incipiente, entretanto percebe-se o potencial no uso de resíduos agrícolas como isolantes, tendo em vista a alta produção do país.

Palavras-chave: Sustentabilidade; Isolamento-termoacústico; Isolantes ecológicos

Abstract

The use of wood from forest plantations as a building material proves to be a sustainable alternative in the field of civil construction, its use in prefabricated panels becomes interesting as a lightweight sealing solution for more economical and optimized buildings. However, the need for thermoacoustic insulation in these panels must be considered, and this is where the proposal of the article is inserted, which aims to fill the gap in research on ecological insulating materials. From research in the technical-scientific literature and in the national and international market, it was found that there are many natural or recycled materials with suitable properties for use as insulating materials in civil

construction, and even some of these are already sold abroad with competitive prices. In Brazil, this market is still incipient, however the potential in the use of agricultural residues as insulators is perceived, in view of the high production in the country.

Keywords: Sustainability; Thermoacoustic insulation; Ecological insulators

1. Introdução

A Construção Civil, englobando toda sua cadeia produtiva, é responsável por grandes impactos ambientais ao consumir grande quantidade de recursos naturais, de energia, de materiais, gerar alta quantidade de resíduos e emitir gases de efeito estufa (GEE). Os materiais usados convencionalmente nessa indústria compartilham fortemente a responsabilidade desse impacto; como por exemplo o concreto, que tem sido o elemento base da construção civil e utiliza o cimento como aglomerante. Atualmente, a produção de cimento passa de 4 bilhões de toneladas por ano, e é responsável pela emissão de mais de 1,5 bilhão de toneladas de CO₂, compondo 8% das emissões globais (LEHNE; PRESTON, 2018).

O Brasil ocupa o preocupante 6º lugar entre os maiores emissores de GEE, com 3,2% do total mundial (SEEG, 2019). Em meio a este cenário, para que se impeça o agravamento do efeito estufa, é necessário que haja redução das emissões de GEE e também maneiras de sequestrar e armazená-los. Desta forma, a Construção Civil pode diminuir seu impacto ambiental através da adoção da madeira de plantios florestais como material de construção, visto que ela pode contribuir em ambos os aspectos por ser nula em relação às emissões de carbono, e os benefícios podem ser ainda maiores ao adicionar o uso da madeira à pré-fabricação (GHELLERE, 2020).

A madeira é um material de pouco impacto, ainda mais se comparado aos materiais de construção convencionais, ela possui características positivas em diversos aspectos: é um material de fonte renovável que permite um ciclo fechado; possui processos menos complexos de transformação e de menor energia incorporada; apresenta facilidade de execução no canteiro de obras (equipamentos e ferramentas mais leves, unidades produtivas menores, proximidade produção-consumo); maior facilidade na formação e qualificação de mão de obra (INO, 2016). O Brasil, apesar de apresentar grande potencial de produção madeireira por sua dimensão continental e clima favorável, demonstra baixa demanda de construção com este material. Esse entrave pode ser consequência de um ciclo vicioso que engloba questões culturais, falta de especialização de profissionais envolvidos, preferência de madeireiros na produção de celulose e a consequente falta de qualidade da madeira que se tem no mercado atual. Em meio a discussões acerca da sustentabilidade, o uso da madeira como material de construção no país pode vir a crescer e mudar esse cenário, sua produção efetiva vem acompanhada de geração de renda e novos empregos, além da mitigação do efeito estufa.

Um outro ponto a se considerar é o uso da pré-fabricação. Sua aplicação possibilita maior controle do processo produtivo, permitindo maior rapidez de execução, economia de materiais, agilidade com mão de obra, e consequente economia financeira, aumento da qualidade do produto e diminuição na geração de resíduos. E, ao ser executada no canteiro de obra, simplifica ainda mais o processo logístico, reduzindo os gastos com transporte e maquinários pesados, diminuindo o consumo de combustíveis e energia. A associação da madeira em painéis pré-fabricados vai ao encontro da temática sustentabilidade. De acordo com as experimentações com painéis de madeira para pré-fabricação feitas por Ghellere (2020) pode-se chegar a algumas conclusões: painéis com camada única apresentam menor custo e complexidade, facilitando a execução, porém resultam em pouco conforto térmico. O aumento da espessura do painel poderia resolver esse aspecto, mas encareceria a construção; uma alternativa mais viável seria a produção de um painel duplo com uma camada de isolamento.

Finalmente, a respeito de isolamento, os materiais isolantes convencionais da construção civil, em sua maioria, são derivados do petróleo e não recicláveis, como a lã de rocha, a fibra de vidro e o poliestireno expandido (EPS). Havendo assim, uma lacuna a respeito de isolantes ecológicos, que são pouco difundidos e dificilmente encontrados no mercado nacional. Tendo em vista os pontos percorridos até então, e a necessidade do emprego de isolantes em painéis de madeira pré-fabricados, a pesquisa a respeito da utilização de isolantes ecológicos torna-se de profunda relevância. Materiais esses que se caracterizam pela baixa condutividade térmica, e que por vezes podem ser empregados como isolantes térmicos e acústicos (termoacústicos). Por serem ecológicos e naturais, além da função isolante que tem importância contra o desperdício de energia, podem ter menor custo, serem biodegradáveis e recicláveis, adotando uma iniciativa mais sustentável; exemplos desses materiais a serem estudados incluem a terra palha e fibras naturais.

2. Revisão

No Brasil, o setor de edificações foi responsável pela expressiva parcela de 52% do consumo de energia elétrica no país em 2019; Dentro desse segmento as residências responderam por 26% desse consumo, e o restante atribuído a estabelecimentos comerciais (17%) e prédios públicos (9%) (EPE, 2020). O alto índice de consumo de energia dos edifícios ressalta a significativa importância da indústria da Construção Civil na sociedade, e a urgência de se firmar seu compromisso com a sustentabilidade

As estratégias para se alcançar a maior eficiência energética de um edifício estão presentes desde o início, é preciso que o projeto inclua esse pensamento em todo o processo de produção, desde fabricação, transporte e construção até demolição. Uma construção energeticamente eficiente traz benefícios econômicos, ambientais e principalmente positivos para os usuários, possibilitando edifícios mais confortáveis a menor custo. Portanto, um projeto pensando na eficiência energética e sustentabilidade da construção deve levar em consideração uma das principais causas do alto consumo de energia: o uso excessivo de equipamentos climatizadores. Neste aspecto, é de grande contribuição a utilização de materiais isolantes no edifício, sendo eles térmicos e/ou acústicos.

O isolamento na construção civil pode ser resultante do próprio sistema construtivo adotado, mas também pode ser obtido ao se adicionar materiais isolantes ao sistema; como por exemplo acrescentar uma camada de material isolante em meio ao painel duplo de madeira ao invés de se usar um painel único de grande espessura. Além do conforto do usuário, as vantagens em se utilizar sistemas de isolamento englobam a economia de energia devido à redução das necessidades de climatização do ambiente interior, redução do peso das paredes e das cargas permanentes sobre a estrutura e diminuição do gradiente de temperaturas a que são sujeitas as camadas interiores das paredes (NAVROSKI et al., 2010).

Referente a temperatura, a condutividade térmica está associada a ligações na estrutura atômica ou molecular de um material, os metais, por exemplo, são bons condutores de calor por terem seus elétrons mais externos livres para transportar energia, ao contrário de materiais como madeira, lã, vidro e poliestireno, que são maus condutores por possuírem os elétrons mais externos firmemente ligados (NAVROSKI et al., 2010). Para fins de simplificação, um

material pode ser considerado como um isolador térmico se o seu índice de condutividade térmica (λ) for inferior a 0,07 W/m.K (ASDRUBALI et al., 2015).

Em relação específica à acústica, o tratamento inclui isolar ou absorver ondas sonoras. O isolamento acústico atua na diminuição do nível de ruído que entra e sai do ambiente, e é expresso pelo índice de redução sonora ponderado (R_w) expresso em dB, que caracteriza a habilidade de uma estrutura prevenir e dificultar a passagem de som através de si mesma. Quanto maior o índice de redução sonora, maior o isolamento acústico da estrutura (ASDRUBALI et al., 2015). Materiais de alta densidade superficial minimizam a transmissão de energia sonora de um ambiente a outro, isolando-os, como o concreto, vidro e chumbo. A absorção sonora trata do fenômeno que minimiza a reflexão das ondas sonoras em um determinado ambiente, ou seja, diminui ou elimina o nível de reverberação, que por sua vez é responsável por comprometer a inteligibilidade do meio (BASTOS et al., 2010). A capacidade de materiais e sistemas de dissipar a energia acústica incidente é dada pelo coeficiente de absorção sonora (α), adimensional. Os materiais utilizados para absorver som são os de baixa densidade, fibrosos ou porosos, como por exemplo as lãs minerais sintéticas, como as de vidro ou de rocha, a espuma de poliuretano, as fibras cerâmicas, os tecidos e etc.

Os materiais isolantes convencionais da construção civil, em sua maioria, são derivados do petróleo e não naturais, como a lã de rocha, a fibra de vidro e o poliestireno expandido (EPS), e podem trazer problemas tanto em seu processo de produção quanto de instalação. Como por exemplo as lãs minerais, apesar do baixo custo podem prejudicar a saúde durante o manuseio, como irritação de pele e problemas respiratórios devido à inalação. Já os materiais porosos, como as espumas de poliuretano, além de possuírem maior custo de produção, ainda são mais agressivos ao meio ambiente devido a emissão de gases tóxicos (ASDRUBALI et al., 2012).

Em meio a essa série de desvantagens que acompanham os isolantes convencionais, o uso de materiais isolantes naturais se faz pertinente, estes podem ter menor custo, são biodegradáveis e recicláveis, requerem menor quantidade de energia, fazem uso limitado de fontes não-renováveis adotando uma iniciativa mais sustentável, como por exemplo as fibras vegetais. Os materiais isolantes naturais podem ser comparados, em termos de desempenho, aos materiais convencionais, e já são encontrados comercialmente no exterior a um preço acessível, porém no Brasil ainda há certa dificuldade em encontrá-los.

3. Procedimentos Metodológicos

A abordagem inicial utilizada para o desenvolvimento deste trabalho foi de levantamento bibliográfico, pesquisando por artigos científicos, dissertações e teses publicadas até o momento em referência: 2022.

Primeiramente, foi realizada pesquisa bibliográfica sobre: eficiência energética e o papel dos materiais isolantes nesse contexto; as normas brasileiras de desempenho em edificações habitacionais; e, finalmente, materiais isolantes naturais, sendo também considerados materiais reciclados. Para a busca, foram utilizadas as palavras-chave: materiais isolantes, isolantes construção civil, isolantes sustentáveis, isolantes naturais, isolantes térmicos, isolantes acústicos, e suas respectivas traduções para o inglês, a fim de explorar os materiais isolantes sustentáveis que estão sendo estudados e testados nacional e internacionalmente. A

partir dos resultados encontrados, foram selecionadas e analisadas pesquisas com materiais naturais ou reciclados com potencial de uso como isolante térmico e/ou acústico na construção civil, sendo algumas dessas pesquisas compiladas de outras, obtendo ampla gama de insumos.

Posteriormente, foi feita uma busca por empresas, nacionais e internacionais, que comercializam os materiais naturais indicados como bons isolantes na construção civil pela bibliografia; e também por projetos construídos que utilizem os mesmos materiais. Para assim, ao final, organizar uma tabela de fácil consulta sintetizando todos os dados levantados.

4. Resultados

4.1. Isolantes ecológicos encontrados na literatura

A partir do levantamento bibliográfico de pesquisas sobre isolantes ecológicos, foi possível encontrar uma gama de materiais, sejam eles naturais ou reciclados, que se mostraram promissores para o emprego na construção civil devido a propriedades térmicas e acústicas adequadas. Ainda, foi percebido que falta uma melhor caracterização dos materiais, pois por se tratarem de materiais naturais estão mais expostos a adversidades como parasitas, fungos e umidade; e também mostra-se muito necessário testes a respeito de resistência mecânica e ao fogo.

O Quadro 1 sistematiza os dados coletados a respeito desses materiais. O quadro contém para cada material, além de uma breve descrição, a variação de valores obtidos nos ensaios das seguintes propriedades: densidade (d) dada em kg/m^3 , condutividade térmica (λ) em W/m.K, coeficiente de absorção sonora (α), que é uma grandeza adimensional, para frequência de 500 Hz, e índice de redução sonora (R_w) dada em dB.

Quadro 1- Materiais isolantes naturais encontrados na literatura.

| Material | Descrição | d (kg/m^3) | λ (W/m.K) | α | R_w (dB) |
|-----------------------|---|----------------------------|----------------------|----------|---------------|
| Abacaxi [1] | placas compostas por fibra de folha de abacaxi e látex de borracha natural como aglutinante (1:3) | 210,0 | 0,035 | - | - |
| Açaí [2] | painéis compostos por fibra de açaí com ligante a base de acrilato e água | - | - | 0,45 | - |
| Arroz [3] | casca seca de arroz | 149,0 | 0,049 | - | - |
| Arroz [4] | compósito com palha de arroz e madeira (20% do peso em palha de arroz) | - | - | 0,30 | - |
| Bambu [5] | amostra a partir de fibra de bambu | 120,0 | - | 0,40 | - |
| Cana-de-açúcar [6] | bagaço da cana-de-açúcar | 100,0 | 0,048 | - | - |
| Casca de pinheiro [7] | casca de pinheiro triturada seca | 250,0 | 0,069 | - | - |
| Coco [8] | fibra de casca e coco sem utilização de | - | 0,041 | 0,31 | 12,5 |

| Material | Descrição | d (kg/m³) | λ (W/m.K) | α | Rw (dB) |
|---|---|---------------|---------------|------|---------|
| | ligantes | | | | |
| Coco [2] | painéis de fibra de coco | - | - | 0,29 | - |
| Dendê [4] | amostra de fibra de dendê | 100,0 | 0,055 | - | - |
| Dendê [2] | painel composto por fibra de dendê e ligante a base de acrilato e água | - | - | 0,19 | - |
| Denim [8] | painel composto por denim, jeans reciclado, sem utilização de ligantes | - | 0,038 | 0,03 | 11,5 |
| Durião [4] | amostra de aglomerados compostos por casca de durião | 428,0 | 0,064 | - | - |
| Hastes de algodão [4] | placas feitas a partir da fibra da haste de algodão sem aglomerante químico | - | 0,059 | - | - |
| Junco [4] | painel composto por junco | 130,0 - 190,0 | 0,045 - 0,056 | 0,50 | - |
| Junco + cânhamo [5] | amostra composta por uma camada de 5 cm de junco e 7 cm de cânhamo | - | - | 1,20 | - |
| Kenaf [9] | placa dura com fibra de kenaf com 50 mm de espessura | 30,0 | - | 0,74 | - |
| Lã de ovelha [10] | amostra com composição de diferentes qualidades de lã de ovelha | 30,0 | - | 0,45 | - |
| Linho [5] | amostra com espessura de 10 mm de estopa, sem adição de aglutinantes | - | - | 0,56 | - |
| Milho [6] | placa composta por sabugo de milho triturado | 130,0 | 0,058 | - | - |
| Palha [11] | placa composta por palha com 8,25% de umidade | 76,4 | 0,053 | - | - |
| Poliuretano derivado do óleo de mamona [12] | espuma de poliuretano derivado do óleo de mamona, biodegradável | - | 0,045 | - | - |
| Sisal [8] | placas de fibra de sisal sem ligantes | - | 0,039 | 0,29 | 12,1 |
| Taboa [4] | fibra de taboa | 200,0 - 400,0 | 0,044 - 0,061 | - | - |

Fonte: elaboração da Autora.

4.2. Isolantes ecológicos encontrados no mercado

A partir do levantamento bibliográfico de materiais naturais ou reciclados que podem funcionar como isolantes térmicos e ou acústicos foi feita uma busca a fim de encontrar esses mesmos materiais oferecidos no mercado. Pôde-se notar de imediato maior facilidade em

encontrar produtos no mercado internacional em comparação ao nacional, destacando maior quantidade de empresas europeias.

Para a sistematização da busca realizada foi elaborado o Quadro 2, contendo os produtos comercializados encontrados que utilizam como princípio materiais naturais ou reciclados para a produção de isolantes na construção civil. As propriedades expostas são as mesmas do Quadro 1, com adição dos países de origem de cada produto.

Quadro 2: Materiais isolantes termoacústicos naturais encontrados no mercado.

| Nome comercial | Descrição | d (kg/m³) | λ (W/m.K) | α | Rw (dB) |
|---|---|---------------|-----------|------|-------------|
| Acoustic Panels Letônia [13] | painel com 25 mm de lã de madeira e 60 mm de air gap | - | 0,066 | 0,55 | - |
| Aglomerado de Cortiça Expandida Portugal [14] | aglomerado de cortiça expandida, até 30 cm de espessura | 110,0 | 0,039 | - | - |
| Agribiopanel Índia [15] | painéis compostos 90% palha e 10% ligante | 800,0 | 0,013 | - | 40,0 |
| alfaWall Espanha [16] | painel estrutural de palha (arroz, trigo e centeio) prensada com estrutura de madeira | 120,0 | 0,067 | - | 49,0 |
| Coco Portugal [17] | placas rígidas e duras compostas por fibras de coco | 110,0 - 140,0 | 0,043 | - | - |
| Echo Eliminator EUA [18] | algodão reciclado com espessura de 2,5 cm | 96,0 | 0,039 | 0,86 | - |
| Eco-Core Eco Friendly Insulation EUA [19] | painel composto por celulose, papel e algodão reciclado com 5 cm de espessura | - | - | 1,18 | - |
| EcoCocon Eslováquia [20] | painel feito de palha prensada com espessura de 40 cm e camada externa de fibra de madeira | 110,0 | 0,065 | - | 54,0 |
| Fibra de Coco Brasil [21] | placas de fibra de coco com espessura de 4 cm | - | 0,053 | 0,45 | 4,0 |
| Painel ROOTMAN Chile [22] | material com raízes como base | 120,0 - 140,0 | 0,035 | 0,67 | 48,0 |
| Quiet Batt EUA [23] | composto 80% de algodão reciclado, espessura de 76 cm | - | 0,476 | 0,99 | - |
| RH50 Itália [24] | painel 92% fibras de palha de arroz 8% fibras termofusíveis de poliéster, espessura 4,5 - 20 cm | 50,0 | 0,039 | - | 46,0 - 48,0 |
| Sheepwool Irlanda [25] | rolos de lã de ovelha | 20,0 | 0,036 | - | - |

| Nome comercial | Descrição | d (kg/m³) | λ (W/m.K) | α | Rw (dB) |
|--|---|-----------|-------------------|----------|---------|
| Steico flex 036 Alemanha [26] | painel composto por fibra de madeira | 60,0 | 0,036 | - | - |
| Thermo Hemp Combi Jute Alemanha [27] | 58% fibras de cânhamo, 29% fibras de juta reciclada, 9% fibras de PET reciclada | 37,0 | 0,039 | 0,70 | - |
| Ultrawool Reino Unido [28] | composto 75% lã de ovelha e 25% poliéster reciclado, espessura de 5 cm | 31,0 | 0,035 | 0,85 | 41,0 |

Fonte: elaboração da autora.

Em relação a custos, no site de algumas dessas empresas foi possível consultar o valor de seus produtos, sendo que variam de acordo com densidade, espessura e modelo. Para a empresa irlandesa *Sheep Wool Insulation*, o valor do metro quadrado de seus produtos variou entre €9,75 e €45,12. O metro quadrado da empresa estadunidense *Eco-Core* variou entre \$12,31 e \$34,48. Já a empresa alemã *Thermo Hanf* oferece o metro quadrado entre £6,78 e £15,99. Também foi feito o levantamento do preço dos materiais isolantes tradicionais em dois dos mesmos países, para fins de referência. Na empresa de materiais de construção irlandesa *Build 4 Less* foi encontrado lã mineral com metro quadrado entre €6,41 e €9,28, lã de rocha com metro quadrado de €98,92, e fibra de vidro com metro quadrado de €4,24. Na loja de isolamento acústico estadunidense *Acoustimac* foi possível encontrar isolantes de lã de rocha com o metro quadrado variando entre \$17,07 e \$40,96.

Analisando os valores levantados, pode-se perceber que no mercado dos respectivos países os isolantes naturais encontram-se na mesma faixa de preço que os tradicionais, entendendo que há competitividade dos materiais naturais no mercado internacional.

4.3. Projetos que utilizam materiais isolantes ecológicos

A *Hemp House*, dos arquitetos Bach Mühle Fuchs e Ljubica Arsić, é um projeto de 2021, localizado na Sérvia e se relaciona fortemente com seu entorno predominante natural, utilizando de métodos simples de construção e materiais ecológicos. A estrutura é de madeira e a vedação é feita de “hempcrete”. Hempcrete é a contração do inglês concrete hemp, em português: concreto de cânhamo. Trata-se de um composto ecológico de lascas de cânhamo com cal ou solo cimento, ele é leve e não estrutural, pode ser moldado no local ou pré-fabricado em componentes de construção, dentre suas propriedades está inclusa o isolamento térmico.

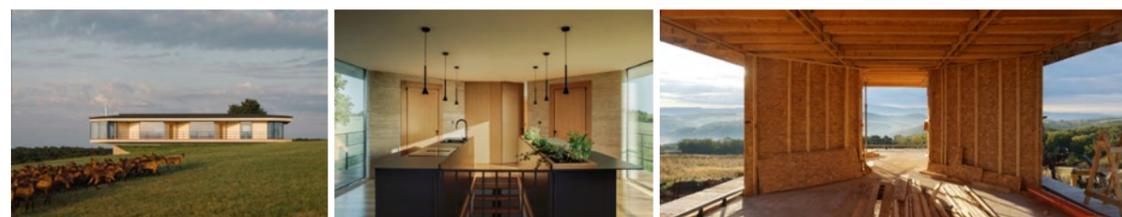


Figura 1: Hemp House a) Fachada; b) Interior; c) Processo de construção. Fonte: ArchDaily.

O projeto *13 maisons en bois-paille à Nogent-le-Rotrou*, de 2019, trata de 13 casas populares localizadas em Nogent-le-Rotrou, ao norte da França, tendo como escritório de arquitetura responsável NZI Architectes. As residências são organizadas em três blocos conectados por um caminho pedonal, e nelas foram exploradas técnicas construtivas sustentáveis, em que a eficiência energética foi tomada como aspecto importante ao se priorizar o conforto da construção. As casas são constituídas de painéis de madeira preenchidos com fardos de palha comprimida de 36 cm de espessura e revestimento de madeira, sendo esta, madeiras de acabamentos variados. Os painéis pré-fabricados possibilitaram que o projeto fosse construído 70% na oficina, reduzindo custos, tempo e desperdícios materiais, além disso, a leveza dos painéis facilita o manuseio, transporte e a proporciona o uso de equipamentos menos pesados.



Figura 2: 13 maisons en bois-paille a) Fachada; b) Preenchimento dos painéis com palha; c) Painéis prontos. Fonte: NZI Architectes.

5. Considerações Finais

A partir desta pesquisa foi possível constatar que existem muitas alternativas no uso de materiais naturais ou reciclados como isolantes térmicos e/ou acústicos na construção civil. Essa constatação pode ser confirmada pela quantidade expressiva apresentada no quadro síntese elaborado a partir do levantamento bibliográfico e da pesquisa de mercado de empresas que vêm investindo nesse ramo, principalmente as europeias. Para a realidade brasileira, se configura como uma oportunidade de investimento pela sua produção agrícola significativa que resulta também, em muitos casos, em geração de resíduos, os quais poderiam ser destinados à produção de isolantes naturais. Neste sentido, há um campo de pesquisa ainda pouco explorado, para tanto é necessário maior investimento nas pesquisas nacionais, e mais testes de caracterização dos materiais, como por exemplo para resistência mecânica, ao fogo e adversidades ambientais.

Em relação ao mercado de isolantes naturais, o europeu se destaca pelo número de empresas e opções de produtos, países onde já se é comum a comercialização de isolantes naturais na construção civil, esses ainda, nos apresentam preços competitivos com os tradicionais, sendo uma opção viável e aos consumidores. Além disso, também foram encontrados projetos construídos que utilizaram de isolantes naturais para isolamento, confirmando a potencialidade que esses materiais têm, não só no conforto ambiental mas também na qualidade arquitetônica.



Em suma, há uma ampla opção de materiais naturais a serem utilizados como isolantes na construção civil e os países europeus são prova, visto a sua comercialização já estabelecida. O Brasil tem insumos suficientes para gerar a matéria prima de muitos dos materiais naturais apresentados neste trabalho, mas ainda falta um aprofundamento nas suas caracterizações e investimento para que se viabilize a inserção desses produtos no mercado nacional. Reforça-se também a importância da disseminação da inserção do isolamento térmico e acústico nas residências, visto a falta de conforto ambiental nas casas populares brasileiras.

Referências

- 13 MAISONS EN BOIS-PAILLE A NOGENT LE ROTROU. **Nouveau Blog** - NZI Architectes, 2019. Disponível em: <<https://www.nzi.fr/biosourc/nogent>>. Acesso em: 01 de ago. de 2022.
- A.MARTINS. A.Martins - madeiras e derivados. **Componentes de isolamento**. Disponível em: <<https://www.a-martins.pt/componentes-isolamento>>. Acesso em: 09 de jul. de 2022. [17]
- ACOUSTIMAC. Acoustimac - always sound your best. **Eco Core Acoustic Insulation**. Disponível em: <<https://www.acoustimac.com/acoustic-insulation-materials/acoustic-insulation/eco-core-acoustic-insulation>>. Acesso em: 08 de jun. de 2022. [19]
- ACOUSTIMAC. Acoustimac - always sound your best. **ROCKWOOL Acoustic Insulation**. Disponível em: <<https://www.acoustimac.com/acoustic-insulation-materials/acoustic-insulation/mineral-wool-acoustic-insulation>>. Acesso em: 06 de jul. de 2022.
- ASDRUBALI, F.; D'ALESSANDRO, F.; SCHIAVONI, S. A review of unconventional sustainable building insulation materials. **Sustainable Materials and Technologies**, v. 4, p. 1-17, jun. 2015. [4]
- ASDRUBALI, F.; SCHIAVONI, S.; HOROSHENKOV, K. V. A review of sustainable materials for acoustic applications. **Building Acoustics**, v. 19, n. 4, p. 283-311, dez. 2012. [5]
- BASTOS, L. P.; MELO, G. S. V.; SOEIRO, N. S. Avaliação do Desempenho Acústico de Painéis Fabricados a Partir de Fibras Vegetais em Câmara Reverberante em Escala Reduzida. **VI Congresso Nacional de Engenharia Mecânica**, Campina Grande (PB), Brasil, 2010. [2]
- BONDED LOGIC. **Bonded Logic. Homepage**. Disponível em: <<http://www.bondedlogic.com/>>. Acesso em: 08 de jun. de 2022. [18]
- BUILD4LESS. Build 4 Less - Ireland's Leading Provider of Building Supplies. **Cavity Wall Insulation**. Disponível em: <<https://www.build4less.ie/insulation-materials/cavity-wall-insulation.html>>. Acesso em: 06 de jul. de 2022.
- CARDOSO, G. T. **Caracterização da espuma rígida de poliuretano (PU) derivada de óleo de mamona (Ricinus communis) para isolamento térmico na construção civil**. 2010. 82p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Instituto de Física de São Carlos, Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010. [12]
- CEWOOD. Cewood - wood wool panels. **Products**. Disponível em: <<https://www.cewood.com/products-eng>>. Acesso em: 01 de jul. de 2022. [13]
- COCO VERDE. Coco verde reciclado. **Tratamento acústico**. Disponível em: <<http://www.cocoverderj.com.br/tratamento-acustico.htm>>. Acesso em: 05 de maio de 2022. [21]
- D'ALESSANDRO, F.; PISPOLA, G. Sound absorption properties of sustainable fibrous materials in an enhanced reverberation room. **Proceedings of Internoise 2005**. Rio de Janeiro, Brazil, 2005. [9]
- DEL REY, R. et al. **Characterization of sheep wool as a sustainable material for acoustic applications**. **Materials**, v. 10, n. 11, p. 1277, 2017. [10]
- ECOCOCON. EcoCocon. **The Panel**. Disponível em: <<https://ecococon.eu/the-panel>>. Acesso em: 18 de maio de 2022. [20]
- EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Nota Técnica - Ações para Promoção da Eficiência Energética nas Edificações Brasileiras: no Caminho da Transição Energética**. Ministério de Minas e Energia, Rio de Janeiro, 2020.
- GHELLERE, F. B. **Painel de vedação vertical pré-fabricado em madeira**. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2020.
- GRUPO AMORIM. Amorim cork insulation. **Produtos**. Disponível em: <<https://www.amorimcorkinsulation.com/produtos/>>. Acesso em: 05 de maio de 2022. [14]
- HEMP HOUSE / BACH MÜHLE FUCHS + LJUBICA ARSIĆ. **ArchDaily**, 2022. Disponível em: <<https://www.archdaily.com/986188/hemp-house-bach-muhle-fuchs-plus-ljubica-arsic>>. Acesso em: 03 de ago. de 2022.
- HEMPFLAX. Thermo Hanf - insulate ecologically with hemp and jute. **Thermo Hanf® Combi jute insulations mats**. Disponível em: <<https://www.thermo-hanf.de/en/products/thermo-hemp-combi-jute-insulation-mat/>>. Acesso em: 01 de jul. de 2022. [27]
- INO, A. Tecnologias Construtivas de Baixo Carbono: a madeira e novos paradigmas para a construção civil. **Tecnologias Construtivas de Baixo Carbono (TCBCs)**, São Carlos, ed. 1, p. 0-37, 2016.
- LEHNE, J.; PRESTON, F. Making Concrete Change. **Innovation in Low-carbon Cement and Concrete**, 2018.
- MANOHAR, K. et al. Biodegradable fibrous thermal insulation. **Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering**, Rio de Janeiro, v. 28, n. 1, p. 45-47, mar. 2006. [6]



NAVACERRADA, M. Á. et al. Comportamiento acústico y térmico de materiales basados en fibras naturales para la eficiencia energética en edificación. **Informes de la Construcción**, v. 73, n. 561, p. e373-e373, 2021. [8]

NAVROSKI, M. C. et al. Avaliação do isolamento térmico de três diferentes materiais usados na construção e preenchimento de paredes externas. **Revista Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)**, v. 1, n. 1, p. 10-12953/2177-6830. v01n01a04, 2010.

OKAMBUVA. Okambuva bioconstrucción. **Alfawall, módulos prefabricados de paja**. Disponível em: <<https://www.okambuva.coop/frontpage/alfawall-modulos-prefabricados-de-paja/>>. Acesso em: 19 de maio de 2022. [16]

PRUTEANU, M. **Investigations Regarding the Thermal Conductivity of Straw**. Buletinul Institutului Politehnic Din Iasi, Iasi, v. 56, n. 3, p. 9-16, 2010. [11]

RICE HOUSE. Rice House - per un'architettura possibile. **Products for a possible architecture**. Disponível em: <<https://www.ricehouse.it/en/products/>>. Acesso em: 25 de maio de 2022. [24]

ROOTMAN. Rootman - la naturaleza es nuestra fábrica. **Construcción**. Disponível em: <<https://www.rootman.com/que-hacemos/>>. Acesso em: 01 de jun. de 2022. [22]

SEEG, Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases do Efeito Estufa. **Análise das emissões brasileiras de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas de clima do Brasil 1970-2019**. 2020.

SHEEP WOOL INSULATION. Sheep Wool Insulation. **Thermal Insulation 100% Pure SheepWool With IONIC PROTECT®**. Disponível em: <<https://www.sheepwoolinsulation.com/store/thermal-insulation/>>. Acesso em: 01 de jun. de 2022. [25]

SOUNDPROOF COW. Soudproofing & Acoustic Solutions - Soundproof Cow. **Sound Absorption Materials**. Disponível em: <<https://www.soundproofcow.com/product-category/sound-absorption-materials/>>. Acesso em: 08 de jun. de 2022. [23]

SPINELLI, R. et al. Isolamento Térmico de Fachadas com Utilização de Elemento Vegetal. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 9, p. 686-703, 2020. [7]

STEICO. Steico - engineered by nature. **Insulation Materials**. Disponível em: <<https://www.steico.com/en/solutions/product-advantages/steico-insulation-materials>>. Acesso em: 01 de jul. de 2022. [26]

STRAWCTURE ECO. Strawcture Eco - eco-friendly building materials. **Agribiopanel**. Disponível em: <<https://strawcture.com/agribiopanel/>>. Acesso em: 25 de maio de 2022. [15]

TANGJUANK, S. Thermal insulation and physical properties of particleboards from pineapple leaves. **International Journal of Physical Sciences**, v. 6, n. 19, p. 4528- 4532, set. 2011. [1]

THERMAFLEECE. Thermafleece® - nature's finest insulation. **Our products**. Disponível em: <<https://www.thermafleece.com/our-products>>. Acesso em: 02 de jun. de 2022. [28]

YARBROUGH, D. W. et al. Apparent thermal conductivity data and related information for rice hulls and crushed pecan shells. **Thermal Conductivity**, v. 27, p. 222-230, 2005. [3]



Design para Comunicação impulsionando o Impacto Social em um lar de idosos em Campina Grande-PB

Design for Communication boosting Social Impact in a nursing home in Campina Grande-PB

Pablo Marcel de Arruda Torres, PhD, Universidade Federal de Campina Grande.

pablo@design.ufcg.edu.br

Marcela Marcelino de A. G. Braz, Mestre, Universidade Federal de Campina Grande.

marcelamarcelinobraz@gmail.com

Gian Gian Costa Piorsky Aires, Mestrando, Universidade Federal de Campina Grande.

gianpiorsky@gmail.com

Stive Anderson Ferreira Lima, Mestrando, Universidade Federal de Campina Grande.

ferreiralima.sa@gmail.com

Anália Oliveira Cordeiro, Mestranda, Universidade Federal de Brasília.

analina.oc@gmail.com

Resumo

O artigo objetiva apresentar um projeto de design para comunicação aplicado em uma instituição filantrópica da cidade de Campina Grande - PB. O projeto foi dividido em 3 etapas: Diagnóstico e Estratégia, Projeto de Comunicação e Entrega. No diagnóstico, a imersão mostrou que havia um gap de comunicação, de modo a informar os produtos necessários para doação e, ao mesmo tempo, incentivar as pessoas para doar. A estratégia definiu que o projeto seria baseado na produção de um vídeo institucional e na criação de postagens que fortalecessem as redes sociais. O projeto resultou num vídeo institucional profissional e um banco de materiais para postagens em redes sociais previstos para serem utilizados pelo período de pelo menos um ano, que foi entregue e hoje é utilizado e reforça a comunicação do instituto com a comunidade.

Palavras-chave: Design para Comunicação; Design para Inovação Social; Design Estratégico

Abstract

The paper aims to present a design for communication project applied in a philanthropic institution in the city of Campina Grande – PB (Brazil). The project was divided into 3 stages: Diagnosis and Strategy, Communication Project and Delivery. In the diagnosis stage, the immersion showed that there was a communication gap, in order to inform the products needed for donation and, at the same time, encourage people to donate. The strategy defined that the project would be based on the production of an institutional video and the creation of posts that strengthen social networks. The project resulted in a professional institutional video and a bank of materials for posts on social networks expected to be used for a period of at least one year, which was delivered and is now used and reinforces the institute's communication with the community.

Keywords: Design for Communication; Design for Social Innovation; Strategic Design

1. Introdução

O modelo de desenvolvimento no qual o mundo moderno foi construído priorizou a expansão econômica, inviabilizando o campo social e ambiental, o que resultou num cenário repleto de contradições e desafios (TORRES, 2020). No Brasil, essas adversidades se manifestam e em muitos casos as instituições governamentais não conseguem apresentar soluções eficazes, o que abre espaço para o surgimento de organizações sociais diversas. Portanto, os atores sociais vêm viabilizando iniciativas que apresentam alternativas que possibilitam enfrentar esses desafios econômicos, sociais e/ou ambientais (MANZINI, 2017).

As organizações do sistema social podem ser classificadas em quatro setores: primeiro setor (organizações públicas); segundo setor (empresas privadas); setor 2,5 (Organizações privadas que têm objetivos socioeconômicos e/ou ambientais) e terceiro setor (organizações da sociedade civil, ONGs, cooperativas, Organizações Sem Fins Lucrativos, etc.) (SOUZA, 2017). O setor 2,5 e terceiro setor destacam-se por serem iniciativas de atores sociais fora do setor governamental que objetivam gerar impacto social sustentável. O Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) destaca que existiam 815 mil Organizações da Sociedade Civil (Terceiro Setor) em atividade no Brasil em 2020, sendo que 29,6% desse total são organizações de desenvolvimento e defesa de direitos e interesses gerenciadas por instituições religiosas (ABCR, 2021). Essas organizações, apesar de funcionarem sem uma finalidade lucrativa, necessitam se inserem nas lógicas do mercado (VEZZOLI, 2018). A partir desses dados observa-se que o terceiro setor é um dos principais agentes impulsionadores de ações impacto social no Brasil, representando um campo amplo para atuação do Design para Inovação Social, ou seja, designers que utilizam os conhecimentos e processos característico de design para apoiar iniciativas sociais na direção da sustentabilidade (MANZINI, 2017).

Assim, o objetivo desse artigo é discutir a relação entre Design, Inovação Social e Comunicação e apresentar um estudo de caso aplicado no Instituto São Vicente de Paulo, uma instituição de terceiro setor que assiste idosos na cidade de Campina Grande-PB.

2. Inovação Social e Design

As organizações sociais são agentes fundamentais para implementação das ações de impacto social. Todos os tipos de organizações são capazes de gerar impacto sustentável, porém o setor 2,5 e terceiro setor destacam-se por ser iniciativas fora do setor público que tem como objetivo central ações que beneficiam a sociedade (SOUZA, 2017). Impacto Social pode ser definido consequências positivas e/ou negativas de ações implementadas por indivíduos, grupos, organizações, eventos ou mudanças ambientais que modificam direta ou indiretamente o contexto individual e social.

O termo inovação, na maioria das vezes, está vinculado estritamente ao processo de produção de novos bens ou serviços, mudanças nos processos e na abertura de novos mercados. Porém, na perspectiva adotada no presente trabalho, considera-se importante o impacto no ambiente sociocultural e a geração de novos significados decorrentes do processo de inovação (FRANZATO *et al.*, 2021). Nessa perspectiva, a inovação de impacto social pode ser definida como novas ideias, processos, produtos, metodologias, serviços ou modelos que atendem às necessidades sociais, possibilitando a melhoria da qualidade de vida, reduzindo as desigualdades e simultaneamente criando novas relações ou colaborações sociais. Ou seja, são inovações que contribuem para a sustentabilidade, favorecem a sociedade e ampliam as capacidades de ação social (MURRAY, CAULIER-GRICE e MULGAN, 2010; FARFUS *et al.*, 2007).

As inovações sociais são guiadas em muitos casos por mudanças de comportamento e não por mudanças tecnológicas; muitas vezes os próprios integrantes da comunidade que necessita de transformações são os agentes impulsionadores das inovações necessárias (BARBALHO e ENGLER, 2021). Esse fenômeno está se tornando cada vez mais comum em decorrência das tecnologias da informação/comunicação que possibilitam novas formas sociais e acesso à informação, bem como a percepção das pessoas de que é preciso mudar seus modelos consumo e almejar cenários ideais de bem-estar e trabalho, visando a possibilidade de novos ambientes onde as relações humanas são o ponto focal (MANZINI, 2017).

Diante dos diversos problemas sociais, ambientais e econômicos que ganharam grande relevância e espaço através das tecnologias da informação e comunicação (TICs) no século XXI, a inovação social começou a ter maior relevância social e política. Esse cenário estimulou uma nova cultura de atuação dos designers para que atuem como profissionais especializados que utilizam as ferramentas do design para iniciar, impulsionar, apoiar, fortalecer e replicar inovações sociais que impactam diretamente no mundo e nas pessoas. Dessa forma, o design pode viabilizar a transição para uma economia de conhecimentos e serviços (MANZINI, 2014; MANZINI, 2017; TORRES, 2020), atuando em projetos voltados para potencializar novos processos e resultados para as atividades do cotidiano.

O conceito de Design para Inovação Social está atrelado ao de sustentabilidade, pois caracteriza-se, como afirma Manzini (2014, p. 65), como uma “constelação de iniciativas de design voltadas para tornar a inovação social mais provável, eficaz, duradoura e apta a se espalhar” a fim de “ativar, sustentar e orientar processos de mudança social na direção da sustentabilidade” (MANZINI, 2017, p.77). Desse modo, o designer se torna um observador da

sociedade que interage com comunidades e pessoas, projeta visando futuros possíveis e está atento a casos promissores de inovação social para torná-los mais acessíveis, efetivos, duradouros e replicáveis (MANZINI, 2014; FRANZATO *et al.*, 2021).

Portanto, o design com foco em inovação social é capaz de facilitar novas interações entre atores sociais e as questões presentes no meio onde esses indivíduos estão inseridos. Essa relação entre os atores e o seu meio é a principal característica desse tipo de ação, que acaba por gerar benefícios socioeconômicos e favorecer os rumos a uma sociedade mais sustentável.

3. Design para Comunicação

Como aponta Torres (2020), desde o final dos anos 80 o mundo vem passando por constantes, significativas e rápidas transformações, em grande parte por conta do crescente processo de globalização aliado às constantes inovações e inserções das Tecnologias da Informação e Comunicação em todos os contextos sociais. Esse processo juntamente com a consolidação do capitalismo como uma economia global e todas suas consequências gerou uma sociedade conectada em rede e hiper segmentada.

As organizações do Terceiro Setor precisam se inserir no mundo conectado em rede, por consequência, utilizar a comunicação de forma estratégica, se apropriando das ferramentas dos campos do Marketing e Design para viabilizar a angariação de fundos, recrutamento de voluntários ou transmissão de valores, mensagens e comportamentos (VEZZOLI, 2018; SOUZA, 2017).

Na sociedade em rede as pessoas acessam um grande volume de informações diariamente, por esse motivo buscam produtos e conteúdos comunicacionais adaptados aos seus interesses pessoais e aos meios de comunicação globais. Nesse contexto, qualquer ator social (instituições, empresas, organizações sem fins lucrativos e cidadãos de forma individual ou em associações) que deseje divulgar suas ações e se conectar com a sociedade precisa entender qual meio de comunicação é mais eficiente para suas necessidades, pensar sua comunicação visual, planejar sua construção e quais informações serão transmitidas.

O designer é um dos atores especializados que pode atuar sobre a construção de uma comunicação eficiente, pois, de acordo com Manzini (2017), possui grande capacidade de colaborar com as iniciativas locais para ativar, sustentar e orientar suas ações utilizando a comunicação. Nessa perspectiva, é necessário que o designer observe a comunicação não como um elemento de modernização que segue a lógica difusionista dos paradigmas de desenvolvimento baseado nos países ricos, mas deve, sobretudo, pensar uma comunicação adaptada para os contextos locais, como um processo colaborativo de caráter comunitário, que produza conhecimento social e sistemas de informações que atendam às necessidades dos atores sociais envolvidos (PERUZZO, 2012), para que assim a comunicação seja “parte constitutiva das práticas sociais mobilizadoras no exercício da cidadania” (*ibidem*, p. 12).

O campo do Design possui uma série de conhecimentos que podem viabilizar a comunicação direcionada para impulsionar as inovações sociais, como design da informação, design digital, *Design Thinking*, design de interfaces e para a web. Portanto, nessa perspectiva

de uma sociedade conectada em rede, onde os meios de comunicação digitais foram amplamente disseminados o design para comunicação tem grande capacidade de viabilizar a inserção eficaz das inovações sociais no mundo digital, ocupando “um lugar privilegiado no controle da plasticidade ilimitada e dos fluxos de informação característicos da era digital” (CORREIA, 2010, p. 6).

4. Materiais e Métodos

O método utilizado é o Estudo de Caso descritivo, que, segundo Yin (2005), possibilita ao investigador a descrição de fenômenos contemporâneos dentro de seu contexto real, visto que enfrenta uma situação tecnicamente única, em que haverá muito mais variáveis de interesse do que pontos de dados. O Estudo de Caso tem caráter empírico fenomenológico, que observa contextos de vida reais a fim coletar dados de diversas fontes para viabilizar a validação interna e análise das informações coletadas (GIL, 1999).

O objeto de estudo é o Instituto São Vicente de Paulo, organização filantrópica fundada no ano de 1979 em Campina Grande-PB (Figura 1) e que acolhe e cuida de idosos. A sua origem é ligada às “Filhas da Caridade de São Vicente de Paulo”, uma sociedade de vida apostólica comunitária, sendo a primeira congregação religiosa feminina católica a ter vida apostólica (até então existia, para as freiras, apenas a vida claustral). Essa congregação está presente em todo o mundo, organizada em 79 províncias e regiões, com mais de 2424 casas, somando um contingente de mais de 21.000 religiosas (DIOCESE DE CAMPINA GRANDE, 2019).

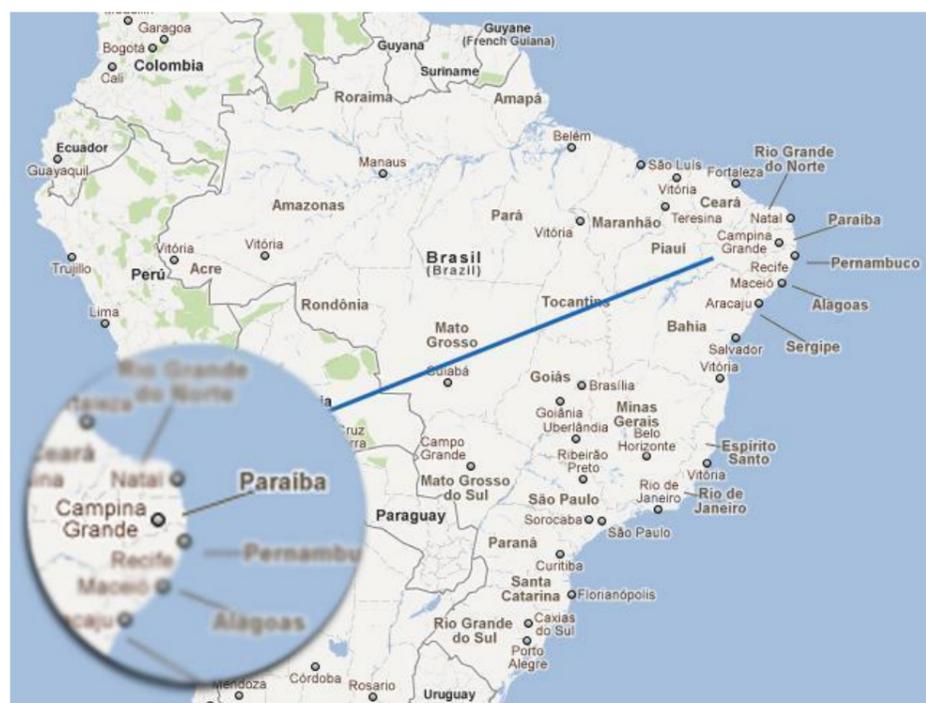


Figura 1: Localização da cidade de Campina Grande-PB. Fonte: <https://gustavocoutinho.files.wordpress.com/2012/06/mapa.jpg>.

Edificado às margens do Açude Velho, o abrigo (Figura 2) acolhe idosos carentes, que se encontram com vínculos familiares fragilizados ou rompidos, em situações de negligência familiar. Atualmente, são 74 idosos, sendo 29 homens e 44 mulheres. O instituto se caracteriza como uma instituição de grande porte e longa permanência, de caráter não governamental, funcionando com recursos advindos da sociedade civil, principalmente através de doações. Os serviços oferecidos pelo instituto vão desde atividades de socialização, atendimento à saúde, lazer e religião.



Figura 2: Instituto São Vicente de Paulo. Fonte: elaborado pelos autores.

O processo de desenvolvimento da ação no Instituto São Vicente de Paula ocorreu de forma intuitiva e dinâmica, e foi realizado ao passo que foram compreendidos as demandas e o funcionamento da instituição. Havia prévio conhecimento acerca da necessidade de arrecadação de doações no asilo, visto que até então o principal canal de comunicação com a comunidade era por meio dos avisos nas missas que ocorrem diariamente no local.

O projeto foi dividido em 3 etapas: Diagnóstico e Estratégia, Projeto de Comunicação e Entrega. A etapa de Diagnóstico consistiu nos primeiros contatos com a direção e na realização de visitas *in loco* (Figura 3), de modo a realizar uma imersão na realidade e no cotidiano do instituto. Em contato com uma das responsáveis técnicas, ficou evidente a maior necessidade que aquela organização filantrópica enfrenta: estimular as doações e comunicar os itens de maior necessidade de doações. Começava a ficar claro nesse ponto a necessidade de alavancar a comunicação do instituto para além dos avisos nas missas que ocorrem no local.

O Instituto São Vicente de Paulo possui contas nas redes sociais, mas elas são pouco exploradas, sobretudo porque uma das mães é a responsável por sua gestão, o que acaba não se tornando prioritário quando ela tem que dividir essa atividade com muitas outras responsabilidades. Outro ponto observado foi a necessidade de suporte psicológico aos idosos, devido ao sentimento permanente de solidão e que foram amplificados pela pandemia da COVID-19, que impossibilitou a instituição de receber visitantes e consequentemente também prejudicou a realização de ações sociais e voluntárias que eventualmente dinamizam a rotina dos idosos (Figura 4).

Na etapa de Projeto de Comunicação, para fins de organização e divisão do trabalho, a equipe foi dividida em dois grupos: o primeiro ficou responsável pelo levantamento de informações junto à instituição, produção de fotografias e de vídeos; o segundo grupo ficou encarregado de desenvolver o vídeo institucional para o YouTube e o material gráfico para as redes sociais da instituição (a saber, Facebook, Instagram e Whatsapp), incluindo também os textos dos *posts*. Um detalhe era muito importante com relação às redes sociais: como elas são ambientes muito dinâmicos, não adiantava apenas criar postagens prontas, mas seria importante criar um padrão gráfico no qual a mãe responsável pelas redes sociais pudesse utilizar para futuras postagens. Então, optou-se por criar tanto postagens prontas para a campanha de comunicação atual como *templates* que poderiam ser usados em futuras postagens do instituto, criando uma relação de confiança e de independência da gestão das redes com a equipe do projeto.



Figura 3: Visita ao instituto e conversa com uma das responsáveis. Fonte: elaborado pelos autores.



Figura 4: Registros de momentos de convivência entre os idosos. Fonte: elaborado pelos autores.

Neste sentido, a etapa final de Entrega do projeto teve sua relevância. Além de levar os materiais gráficos desenvolvidos, também foram levadas à mãe responsável explicações de como as postagens prontas, juntamente com as legendas elaboradas pela equipe poderiam ser feitas, como utilizar os *templates* para que ela própria gerasse realizasse novas postagens e sugestões de conteúdo (Figura 5).

Ademais, também foi iniciada a parceria com o Curso de Psicologia da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), por meio de um Projeto de Extensão, onde os estudantes do curso poderão realizar o acompanhamento psicológico dos idosos da instituição. A parceria foi estabelecida por meio de um estágio obrigatório, possibilitando o desenvolvimento de ações, como oficinas de leitura, jogos e brinquedoteca itinerante.



Figura 5: Entrega dos resultados do projeto à mãe responsável pelo instituto. Fonte: elaborado pelos autores.

5. Resultados e Discussão

O vídeo institucional consistiu em uma fala da irmã responsável pelo Instituto São Vicente de Paulo, que relatou a sua história e a importância do local na cidade de Campina Grande, as principais necessidades e a importância da instituição para o bem estar dos idosos acolhidos. Uma equipe de produção de vídeo profissional trabalhou como parceira do projeto (Figura 6), levando seu equipamento próprio, realizando a filmagem, a edição e o lançamento do vídeo no YouTube (Figura 7). Vale ressaltar que essa rede facilita o compartilhamento do vídeo em outros aplicativos de redes sociais, o que ampliou seu potencial de impacto. Destaca-se que todos os idosos que participaram das imagens desse trabalho autorizaram a exposição suas imagens.



Figura 6: Making off da gravação do vídeo institucional. Fonte: elaborado pelos autores.

As postagens prontas para as redes sociais foram feitas essencialmente referentes a datas comemorativas, dados bancários, localização do local, principais suprimentos que necessitam de doações. Os *posts* foram elaborados tanto em imagens como em vídeos que podem ser publicados nos *Stories*, *Feed*, *Reels* e destaques no Instagram e outras redes sociais utilizadas pelo instituto. Optou-se por um padrão gráfico simples, com cores chapadas e suaves, com textos fortes e visíveis, para que se destacassem nas postagens, de modo a não ter uma comunicação dúbia ou enfeitada demais e que não cumprisse os seus objetivos. As postagens dos *Stories* ficam disponíveis para visualização por até 24 horas, são temporárias, entretanto as publicações mais relevantes podem ser salvas nos destaques e ficam fixas na tela principal do Instagram. Para este formato foram criadas postagens para o feed, que ficam salvas no álbum virtual de acordo com a ordem de publicação e disponíveis para serem revistas sempre que desejado (Figura 8). Além disso, foram elaborados *templates* de postagens, para serem utilizados na criação de postagens da própria instituição, e ainda vídeos no formato *Reels*, que também podem ser publicados no feed do Instagram e do Facebook.

A mãe responsável pelas redes sociais da instituição vem utilizando os *posts* prontos e os *templates* criados pela equipe de projeto, atualizando as redes sociais, gerando novos conteúdos e potencializando a comunicação dessa entidade filantrópica com a comunidade. De modo geral, o material desenvolvido foi planejado para manter a continuidade das publicações ao longo de pelo menos um ano, impulsionando as visualizações e aumentando o potencial de captação de mais doações necessárias para que o Instituto São Vicente de Paulo continue oferecendo seus serviços de acolhimento e cuidado com idosos.



Figura 7: Vídeo institucional publicado no YouTube. Fonte: [YouTube](https://www.youtube.com/watch?v=...).



Figura 8: Posts do Instituto São Vicente de Paulo nos formatos *Stories* e *Feed* do Instagram, utilizando o material desenvolvido nesse projeto. Fonte: elaborado pelos autores.



Figura 8: Exemplos de postagens desenvolvidas pela equipe de projeto para o formato *Feed*. Fonte: elaborado pelos autores.

6. Considerações Finais

Podemos considerar que o objetivo principal do projeto, de criar um banco de materiais para postagens, que aprimorasse e incentivasse a comunicação do Instituto São Vicente de Paulo, foi atingido. Foi possível criar um vídeo institucional profissional e um acervo considerável de *templates* e *posts* pré-prontos, previstos para serem utilizados pelo período de pelo menos um ano. Uma outra questão paralela, referente à necessidade de acompanhamento psicológico dos idosos, surgida em meio à imersão realizada no cotidiano do instituto, também obteve êxito, numa parceria com o departamento de Psicologia da UEPB. Aliás, as parcerias foram fundamentais para tornar o projeto possível, sempre em formato de doação, o que era importante para uma instituição sem fins lucrativos.

Os resultados dessas ações visam a geração de impacto social positivo para a instituição, por meio da comunicação e publicização das necessidades de manutenção e o incentivo à doação, de modo a incrementar o seu volume e torná-la mais orgânica e previsível. Estes fatores são fundamentais para o funcionamento normal da instituição ao longo do tempo, visto que muitas doações são pontuais e há períodos em que o volume de mantimentos é insuficiente. Assim, o projeto pode representar o primeiro passo do instituto para usar melhor as redes sociais, reforçar o apelo à doação e gerar capacidade sustentável de se manter, o que



potencialmente modificaria o contexto tanto da entidade filantrópica como dos idosos que ali estão ao seu cuidado.

Os *posts* otimizaram o tempo das mães, que têm outras atribuições à frente do instituto, ao mesmo tempo em que facilita a dinâmica de produção de conteúdo nas redes sociais, sendo utilizados de imediato. O projeto facilitou a comunicação de tal modo que não houve sequer a necessidade das responsáveis pelas redes sociais do instituto de escreverem textos, bastava utilizar o material que foi planejado e estava disponível para todas as datas importantes do ano. O vídeo institucional disponível no YouTube foi compartilhado em outras redes e faz com que a instituição se apresente nesse ambiente tão importante da atualidade.

Houve certa resistência por parte da instituição sobre o uso das redes sociais, ficando evidente o maior interesse em doações diretas e imediatas. Parte disso fica evidente na forma como receberam o vídeo, sendo imediatamente postado pela irmã responsável pelo contato, visto que o vídeo já estava pronto e falava de forma direta sobre as necessidades da instituição. Sendo assim, podemos concluir que a falta de maior entendimento sobre a importância da Comunicação e do impacto das mídias sociais na circulação da informação por parte do Instituto São Vicente de Paulo, tornaram menos eficiente o melhor desenvolvimento da ação proposta pelo projeto. As postagens não foram realizadas em sua integralidade e deveria haver uma interação maior entre o meio de comunicar que as mães mais utilizam (os informes nas missas) e esse novo meio de comunicação digital, proposto pelo projeto, para que os resultados fossem amplificados. Portanto, ficou como sugestão para as mães superiores que a instituição buscasse uma empresa ou profissional parceiro, ainda que em forma de doação, que ficasse responsável por gerenciar e criar conteúdo para a instituição nas redes sociais, de modo a melhorar a fluidez do processo de doações e participação nas ações promovidas.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CAPTADORES DE RECURSOS (ABCR). **Brasil conta com 815 mil organizações segundo atualização do Mapa das OSCs**. 2021. Disponível em: <<https://captadores.org.br/nao-categorizado/brasil-conta-com-815-mil-organizacoes-segundo-atualizacao-do-mapa-das-oscs/>>. Acesso em: 18 maio 2022.

BARBALHO, T.; ENGLER R. Design, agroecologia e inovação social: conceitos e análise de um serviço relacional. In: **Simpósio de design sustentável, 8., 2021, Curitiba. Anais [...]**. Curitiba: Repositório digital institucional UFPR, 2021. Disponível em: <<https://eventos.ufpr.br/sds/sds/paper/view/4530>>. Acesso em: 18 ago. 2022.

CORREIA, V. A. **O design da comunicação da era digital. II Seminário de I&DT-Consolidar o conhecimento, perspectivar o futuro**, 2010. Disponível em: <https://gii.ipportalegre.pt/wp-content/uploads/IIseminarioc3i/data/8_6.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2022.

DIOCESE DE CAMPINA GRANDE. **Instituto São Vicente de Paulo: 83 anos de serviço à vida e ao Reino**. 2019. Disponível em: <<https://diocesecg.org/noticia/19367/instituto-sao-vicente-de-paulo-83-anos-de-servico-a-vida-e-ao-reino>>. Acesso em: 13 de dez. de 2022.

FARFUS, D. *et al.* **Inovações Sociais**. Curitiba: SESI/SENAI/IEL/UNINDUS, 2007.

FRANZATO, C. *et al.* Inovação Cultural e social: Design estratégico e ecossistemas criativos. In: FREIRE, K. M. **Design Estratégico para a Inovação Social e Cultural**. Porto Alegre: Ed. dos autores, 2021. cap. 6, p. 92-106.

GIL, A. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 5. ed. São Paulo: Editora Atlas, 1999.

MANZINI, E. **Making Things Happen: Social Innovation and Design**. MIT Press, Massachusetts, v. 30, n. 1, p. 57-66, winter. 2014.

_____. **Design: quando todos fazem design: uma introdução ao design para inovação social**. São Leopoldo: Editora Unisinos, 2017.

MURRAY, M.; CAULIER-GRICE, J.; MULGAN, G. **The open book of social innovation**. 1. ed. Londres: NESTA, 2010.

PERUZZO, C. M. K. **A comunicação no desenvolvimento comunitário e local, com cibercultur@**. XXI Encontro Anual da Compós, Universidade Federal de Juiz de Fora. 12 a 15 de junho, 2012.

SOUZA, L. L. **Gestão do Design em empresas do Setor 2,5: Análise do Processo de Design de artefatos em Negócios de Impacto a partir da abordagem Design Thinking**. Dissertação (Mestrado em Design) – Programa de Pós-Graduação em Design, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2015.

TORRES, P. M. A. **Inovação & design: perspectivas projetuais para o mundo contemporâneo**. Curitiba: Appris, 2020.

VEZZOLI, C. **Sistema produto+ serviço sustentável: fundamentos**. Traduzido por Aguinaldo dos Santos. Curitiba, PR: Insight, 2018.

YIN, R. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

Análise da série temporal do Produto Interno Bruto (PIB) e sua inter-relação com o setor da Construção Civil

Analysis of the Gross Domestic Product (GDP) time series and its interrelationship with the Civil Construction sector.

Kamilla Ravizza, Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Joinville, Brasil.

kamilla.ravizza@hotmail.com

Pâmella Alzerina Rosa Mattos, Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Joinville, Brasil.

pamellarm@hotmail.com

Andreza Kalbusch, Doutora em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Joinville, Brasil.

andreza.kalbusch@udesc.br

Elisa Henning, Doutora em Engenharia de Produção, Departamento de Matemática, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Joinville, Brasil.

elisa.henning@udesc.br

Resumo

O PIB pode ser usado para analisar o crescimento dos setores na economia, por ser um indicador dos bens produzidos. Além disso, o PIB demonstra como eles se comportam no cenário nacional. O mercado da construção civil e os preços dos imóveis, por exemplo, são acompanhados pela progressão do PIB, bem como das políticas habitacionais. Neste artigo, tem-se como objetivo estudar a relação entre o PIB e o crescimento da construção civil. Para isso, foi utilizada uma série temporal com dados desde 1997. Para o ajuste, o modelo selecionado foi o ARIMA. Previsões para esses dados foram testadas, concluindo que o modelo é viável para a série analisada tendo como critério de escolha os valores do MAPE. Para verificar se as variáveis PIB e crescimento da construção civil estão associadas, usou-se o coeficiente de Pearson. Os resultados revelaram uma correlação positiva e moderada entre as variáveis ($r = 0,741$).

Palavras-chave: Produto Interno Bruto; Construção Civil; ARIMA; Correlação.

Abstract

The Gross Domestic Product (GDP) can be used to analyze the growth of some sectors in the country's

economy. Furthermore, the GDP demonstrates how these sectors behave on the national stage. In this article, the aim is to study whether there is a relationship between the country's GDP and the growth of civil construction. For this, a time series was used with data from 1997. For the series fit, the selected model was ARIMA. Predictions for these data were tested, allowing to conclude that the model ARIMA is a viable alternative for the analyzed time series using as a criterion choice, the mean absolute percentage error (MAPE) values. To check whether GDP and civil construction growth are associated, we used the Pearson's Correlation coefficient and the results revealed a positive and moderate correlation between the variables ($r = 0.741$).

Keywords: GDP; Civil Construction; ARIMA; Correlation.

1. Introdução

De acordo com Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022) o PIB é um indicador síntese da economia de um país. Ainda, conforme o IBGE (2022), o PIB não é o total de riqueza existente em um país, e sim um indicador de fluxo de novos bens e serviços finais produzidos por um período. As atividades que compõem esse cenário são propriamente os serviços realizados, principalmente nos setores da indústria, agropecuária e construção civil, segundo a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC, 2022). O Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE, 2021) menciona que a construção civil é um dos setores mais importantes para a economia do país. Na ocorrência de investimento no setor da construção civil, o PIB é impactado diretamente já que há aumento de emprego e renda juntamente com a demanda por bens e serviços (TAVARES *et al.*, 2014, SOUSA *et al.*, 2015).

Em 2021, esse setor consolidou um crescimento de cerca de 8%, o maior em dez anos (CBIC, 2022). Essa ascensão, segundo a CBIC (2022) é um indicador em relação ao PIB, já que em 2021 a economia brasileira cresceu 4,5%, depois de ter registrado uma queda de aproximadamente 4% em relação ao ano de 2020, em função da pandemia COVID-19 no cenário nacional. A execução de uma política habitacional estimula o setor da construção civil, como ocorreu entre 2011 e 2013 (SOUSA *et al.*, 2015) e influencia os preços do setor habitacional (FREITAS, 2022).

Maseuro (2021) relata que a indústria da construção civil tem grande influência no setor social e econômico, pois movimentam a cadeia produtiva, alavanca o crescimento econômico e possibilita a geração de empregos. Diante desse contexto, é fundamental ressaltar a importância de tecnologias e soluções que visem a sustentabilidade nos processos, seja pelo desenvolvimento de novos materiais, aproveitamento de resíduos ou redução do impacto ambiental (MASEURO, 2021). Alaloul *et al.* (2021) afirmam que um país bem sucedido está diretamente ligado ao seu crescimento econômico, e seus setores, portanto, contribuem para a estabilização da economia. Por isso, segundo Alaloul *et al.* (2021), os países têm cada vez mais investido em pesquisas e desenvolvimento de técnicas para o setor da construção civil, porque por meio desses mecanismos é possível revolucionar esse setor e garantir o desenvolvimento sustentável.

Os setores da construção civil apresentam indicadores econômicos positivos, conforme dados discutidos nesse artigo. Mas em contrapartida, esse setor é um dos principais contribuintes para o esgotamento do capital natural e uma fonte significativa de poluição ambiental, como ar, água e solo, geração de resíduos sólidos, uso da terra, resíduos tóxicos, riscos para a saúde e mudanças climáticas globais (KUCUKVAR; TATARI, 2013). Kucukvar e Tatarı (2013) asseguram que tendo como parâmetro o ambiente construído que gera impactos significativos no meio ambiente, é necessário que a indústria da construção aborde questões relacionadas à construção sustentável. Por isso, além dos indicadores econômicos, é necessário que haja também uma política econômica sustentável, pois a sociedade atual está fundamentada na interdependência econômica, nas trocas, e isso deve ser feito com um mínimo de justiça com foco na disponibilidade de recursos e não no padrão de consumo (ARAÚJO, 2016).

O termo sustentabilidade, de acordo com Franco *et al.* (2022), deve ser empregado quando o foco está no “no nosso futuro comum”, ou seja, o desenvolvimento de atividades na sociedade atual não deve implicar de forma negativa as gerações futuras. Diante desse contexto, o presente artigo tem como objetivo verificar e analisar os dados do PIB brasileiro desde o ano de 1997 e correlacionar essas informações com dados do setor nacional da construção civil. Esse trabalho busca apresentar os dados conhecidos e encontrados a respeito do tema abordado, para fornecer uma visão abrangente de pesquisa, desenvolvimento e conhecimento acerca do tema. Dessa forma serão identificadas, avaliadas e descritas quais variantes podem estar atreladas a esse índice por meio do uso de gráficos, cálculos estatísticos, previsões e correlação.

2. Procedimentos Metodológicos

A série temporal estudada tem como base os dados numéricos apresentados na Tabela 1 e é correspondente a dados coletados trimestralmente desde o ano de 1997 até o primeiro semestre de 2022. Os dados foram coletados no banco de dados da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC, 2022) gerados automaticamente em planilha Excel com informações sobre o PIB do Brasil e da construção civil de acordo com os dados oficiais divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022).

Tabela 1: Taxa de Variação do PIB: setores da economia e construção civil.

| TRIMESTRE | Indústria | Construção Civil | Agropecuária | Serviços | VAB pb | PIB pm |
|--------------|-----------|------------------|--------------|----------|--------|--------|
| 1997 | | | | | | |
| 1º trimestre | 3,3 | 3,2 | 7,0 | 1,9 | 2,6 | 3,4 |
| 2º trimestre | 8,0 | 6,8 | 4,4 | 2,2 | 3,8 | 4,8 |
| 3º trimestre | 0,2 | 8,9 | 1,5 | 1,3 | 0,9 | 1,8 |
| 4º trimestre | 6,4 | 11,2 | (11,0)* | 4,7 | 4,4 | 3,7 |
| [...]** | | | | | | |
| 2022 | | | | | | |
| 1º trimestre | (1,5) | 9,0 | (8,0) | 3,7 | 1,9 | 1,7 |
| 2º trimestre | 1,9 | 9,9 | (2,5) | 4,5 | 3,6 | 3,2 |

*: Os números entre parênteses representam valores menores que zero.

** Todos os dados utilizados podem ser visualizados no link https://udesc-my.sharepoint.com/:f/g/personal/07606191905_edu_udesc_br/Etq7wcZ72ZFAGkTuisYVHpYBaP_HKjE2eEuKsBIBZQiG6HQ?e=XfbCM8
Fonte: Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC, 2022).

Foi usado o software R (R CORE TEAM, 2022), além da interface *RStudio* e do pacote *forecast* (HYNDMAN, ATHANASOPOULOS, 2021). O uso desse programa está baseado nos conceitos abordados por Hyndman e Athanasopoulos (2021). O programa R é gratuito, disponível em quase todos os sistemas operacionais, esse software é responsável pela programação de gráficos e cálculos estatísticos, por isso optou-se pelo uso do R com *RStudio* (HYNDMAN; ATHANASOPOULOS, 2021). De acordo com Hyndman e Athanasopoulos (2021) os gráficos permitem que muitos recursos dos dados sejam visualizados, incluindo padrões, observações incomuns, mudanças ao longo do tempo e relações entre variáveis. Os autores afirmam que uma série temporal pode ser uma lista de números, juntamente com algumas informações sobre em que momento esses números foram registrados.

Uma série temporal é um conjunto de valores observados e ordenados no tempo, em que a ordem das observações tem impacto no resultado. Existem fatores que influenciam padrões nesses valores, tanto no passado quanto no presente, e a análise destes conjuntos considera que essa influência se aplicará também no futuro (MASI; LOPES, 2010). Muitos recursos diferentes podem ser calculados em séries temporais e usados para explorar as propriedades da série, como é o caso dos padrões tendência, sazonalidade e cíclico (HYNDMAN; ATHANASOPOULOS, 2021). Para os autores a componente tendência pode ser identificada pelo aumento ou diminuição a longo prazo nos dados e não necessita ter um comportamento linear, a componente sazonalidade ocorre quando um período é conhecido, fixo e é afetado por fatores sazonais como a época do ano ou o dia da semana, e por último, o padrão cíclico pode ser explicado quando os dados exibem subidas e descidas que não são de uma frequência fixa.

Os dados da Tabela 1 são o objeto de estudo dessa pesquisa. Foi realizada a decomposição da série, com objetivo de identificar a existência de tendência e sazonalidade. O ajuste do modelo se deu a partir de procedimentos automáticos com auxílio do pacote *forecast*, no qual vários modelos são testados. Por fim, foram analisados os resíduos do modelo e realizadas as previsões.

Para o ajuste da série o modelo selecionado foi *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA), que é um procedimento popular entre os modelos estatísticos de análise de séries temporais e busca identificar um padrão de comportamento da série e utilizá-lo para prever os valores futuros (HYNDMAN; ATHANASOPOULOS, 2021). Uma condição necessária para aplicação dos modelos ARIMA, é de que sua média e variância sejam constantes no tempo (CAMARGO; PRIESNITZ FILHO; RUSSO, 2007). O modelo ARIMA é de interesse porque muitas séries econômicas podem ser modeladas por esse método de previsão, chamado de médias móveis exponencialmente ponderadas (PÉREZ, 2022). Como critério de escolha para o modelo de previsão, que foi o modelo ARIMA, se definiu como métrica de análise o valor do MAPE (erro percentual absoluto médio).

Os modelos de previsão têm uma incerteza associada e por isso é necessária a mensuração dos erros, de modo a auxiliar na avaliação da acurácia das estimativas produzidas (WALTER; HENNING; MORO; SAMOBYL, 2013). Uma medida é o MAPE (erro percentual absoluto

médio), muito utilizado para a avaliação de métodos de previsão, pois fornece uma indicação do tamanho médio do erro através de um percentual que é a diferença entre o valor observado e o previsto, independentemente de ser positivo ou negativo (MINE, 2010).

Para a análise de variáveis associadas entre o PIB e a construção civil, usou-se o modelo de Correlação de Pearson. De acordo com Malawi (2012) o termo correlação é usado para se referir a uma associação, conexão ou qualquer forma de relacionamento, vínculo ou correspondência. Ainda segundo a autora, o coeficiente de correlação de Pearson é usado quando ambas as variáveis que estão sendo estudadas são normalmente distribuídas. O coeficiente de correlação de Pearson é tipicamente usado para dados distribuídos em conjunto e é usado no contexto de relação linear entre duas variáveis contínuas e aleatórias (SCHOBER; BOER; SCHWARTE, 2018).

Na Figura 1 é possível identificar os procedimentos metodológicos aplicados e as etapas para alcançar os resultados. A partir da base de dados PIB e uso do software R foram realizadas verificações, métodos de previsão, verificação dos resíduos do modelo e análise de correlação. Para verificar se as variáveis PIB e crescimento da construção civil estão associadas, usou-se o coeficiente de Pearson.

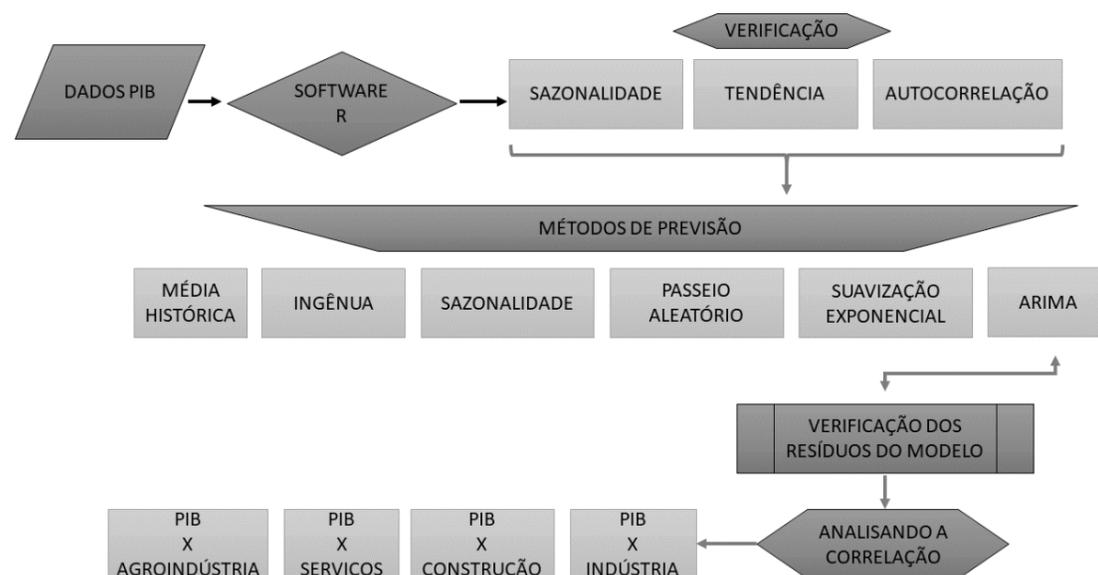


Figura 1: Metodologia em etapas. Fonte: elaborado pelos autores.

3. Resultados e Discussões

Os dados mostrados na Tabela 1 podem ser visualizados ao longo do tempo na Figura 2 e pode-se verificar altos e baixos em todo o período analisado. O comportamento da série pode demonstrar sazonalidade, tendência e correlação dos dados que devem ser verificadas. Ao utilizar a série temporal com dados desde 1997 realizou-se verificações para a escolha do método que melhor ajustasse a série para realizar as previsões dos últimos 2 trimestres do ano de 2022.

As Figuras 3 e 4 mostram a sazonalidade e autocorrelação entre os dados. É possível verificar na Figura 4 que existe autocorrelação entre os dados pois há valores que excedem a linha tracejada. Não foi identificada visualmente sazonalidade na série, pois os dados se comportam aleatoriamente ao longo do tempo, mostrando que outros fatores podem ter influência nestes dados.

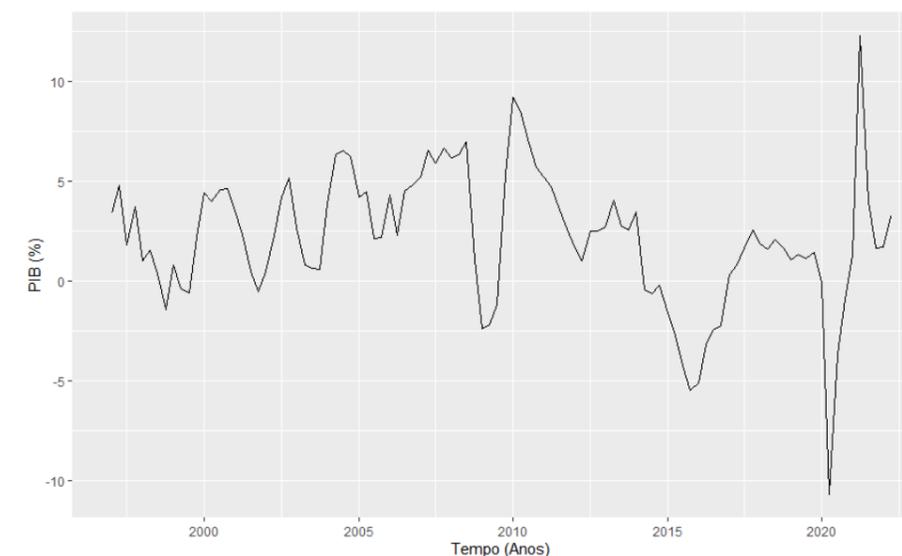


Figura 2: Série temporal do Produto Interno Bruto do Brasil. Fonte: elaborado pelos autores.

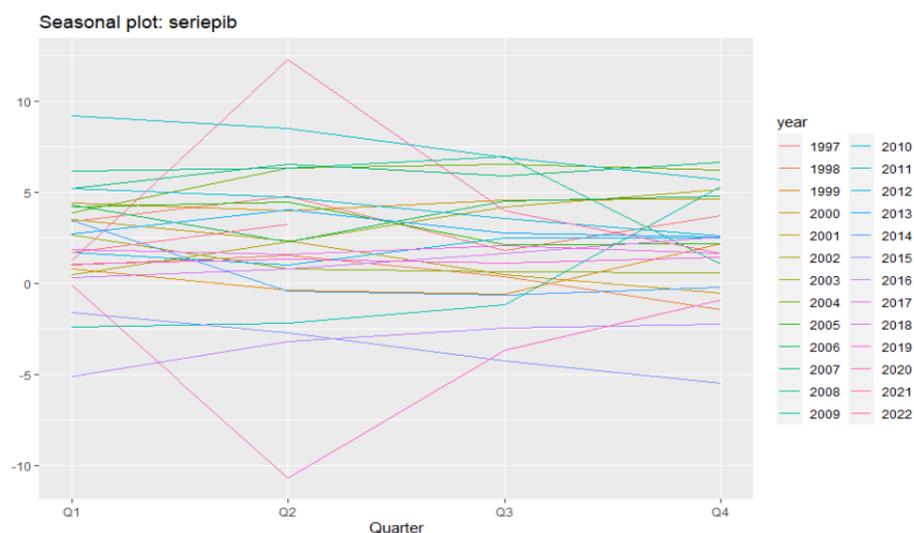


Figura 3: Sazonalidade dos dados da Tabela 1. Fonte: elaborado pelos autores.

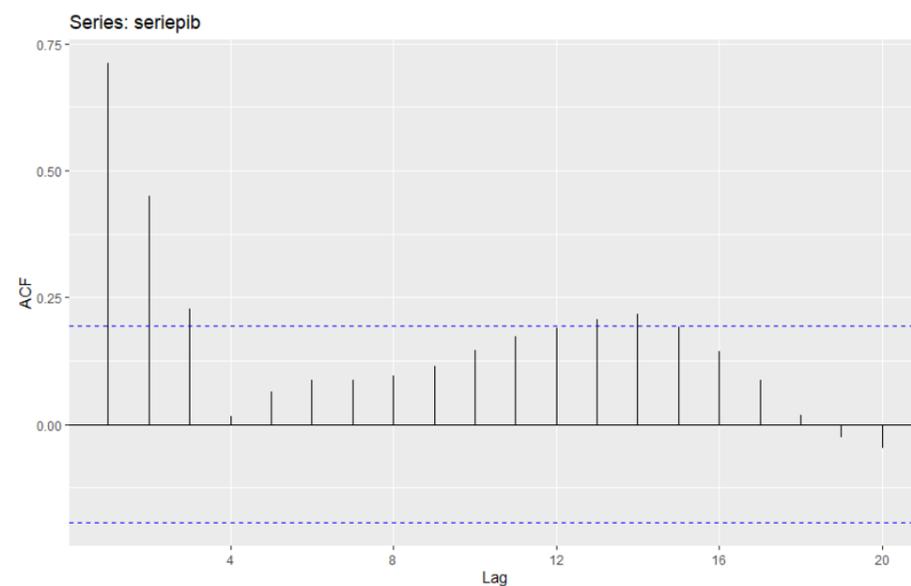


Figura 4: Autocorrelação dos dados da Tabela 1. Fonte: elaborado pelos autores.

A decomposição da série pelo modo clássico e por STL (Figura 5) não evidenciou nenhum tipo de tendência monotônica. A decomposição sugere a presença da sazonalidade, a qual não pode ser visualizada claramente nas Figuras 2 e 3.

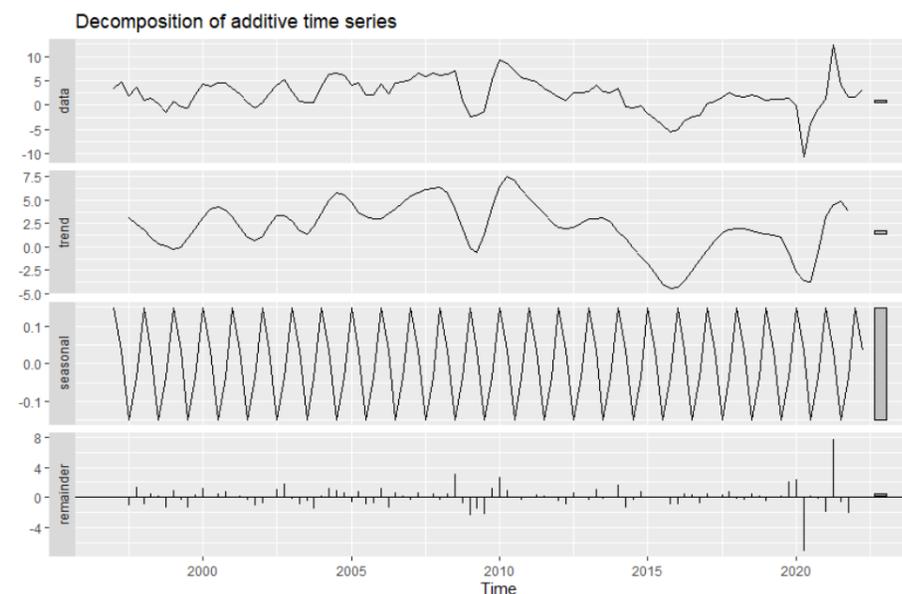


Figura 5: Decomposição da série PIB. Fonte: elaborado pelos autores.

A partir da análise do conjunto de dados, foram realizadas simulações utilizando média histórica, previsão ingênua, sazonalidade, passeio aleatório, suavização exponencial e o modelo ARIMA para verificar a acurácia das previsões e escolher o melhor modelo de previsão. Dessa forma, conclui-se que o modelo *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) é a alternativa mais viável para a série temporal analisada, tendo como critério de escolha os valores do erro percentual absoluto médio (MAPE) conforme Tabela 2.

Tabela 2: Simulação de previsões dos resultados

| Método de Previsão | RMSE (%) | MAE (%) | MAPE (%) |
|------------------------|----------|---------|----------|
| Média histórica | 332,9 | 249,2 | 143,7 |
| Previsão ingênua | 253,4 | 161,4 | 102,6 |
| Sazonalidade | 474,4 | 343,1 | 211,9 |
| Passeio aleatório | 253,4 | 161,4 | 102,6 |
| Suavização exponencial | 251,8 | 161,2 | 102,5 |
| ARIMA | 196,3 | 129,2 | 92,63 |

Fonte: Autores.

No Figura 6 identificam-se os dados da Tabela 1 ao longo do tempo com a previsão dos últimos 2 semestres do ano de 2022 (pontos em azul). Na Figura 7, se tem a comparação da série temporal original (Figura 2) com a série ajustada pelo método ARIMA(0,1,0)(0,0,1)[4], com a previsão obtida por meio da modelagem que está representada pelos pontos em azul e manchas em tons de cinza.

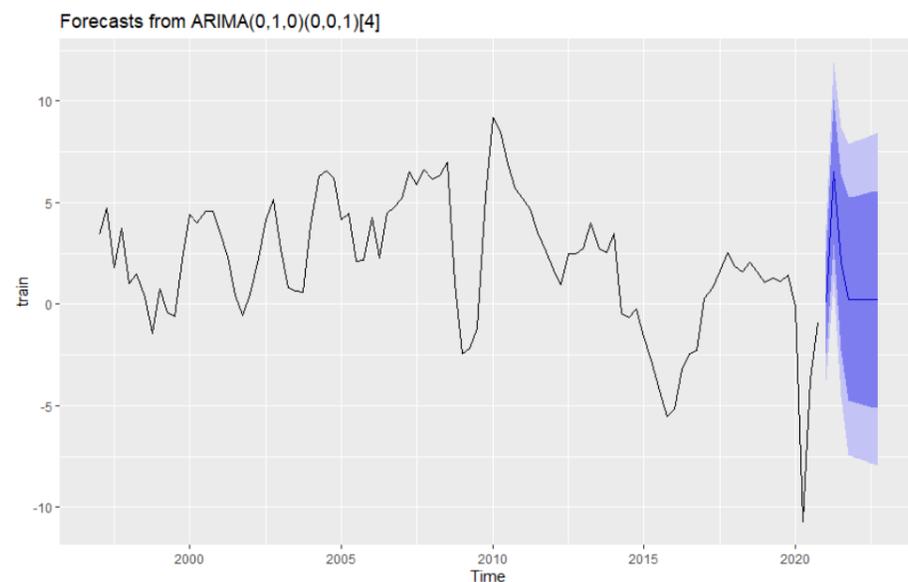


Figura 6: Série PIB ajustada pelo modelo ARIMA com previsão. Fonte: elaborado pelos autores.

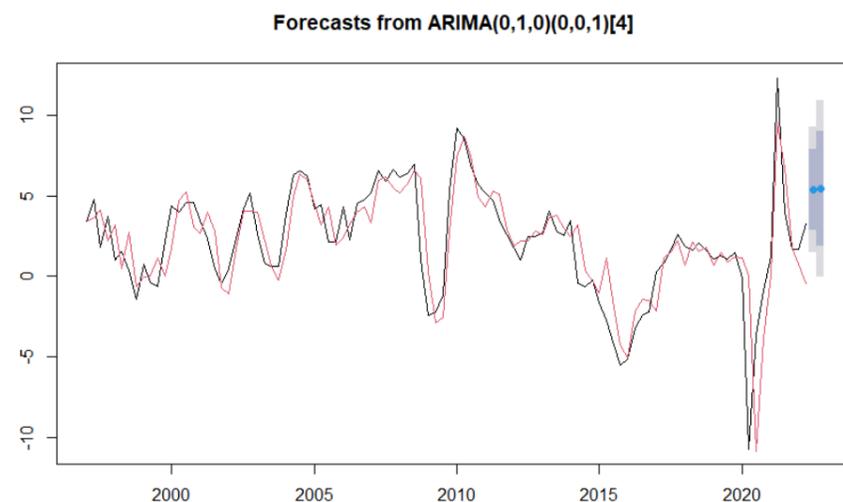


Figura 7: Série PIB real e ajustada com modelo ARIMA e previsão. Fonte: elaborado pelos autores.

A Figura 8 apresenta as duas séries temporais em estudo, a série PIB brasileiro e a série construção civil, de modo que se identifique visualmente como ambas se comportam e se correlacionam ao longo do tempo. Em relação à correlação entre o crescimento da construção civil e o produto interno bruto, verificou-se que existe uma correlação moderada, ou seja, o mercado da construção civil acompanha de forma moderada o PIB brasileiro.

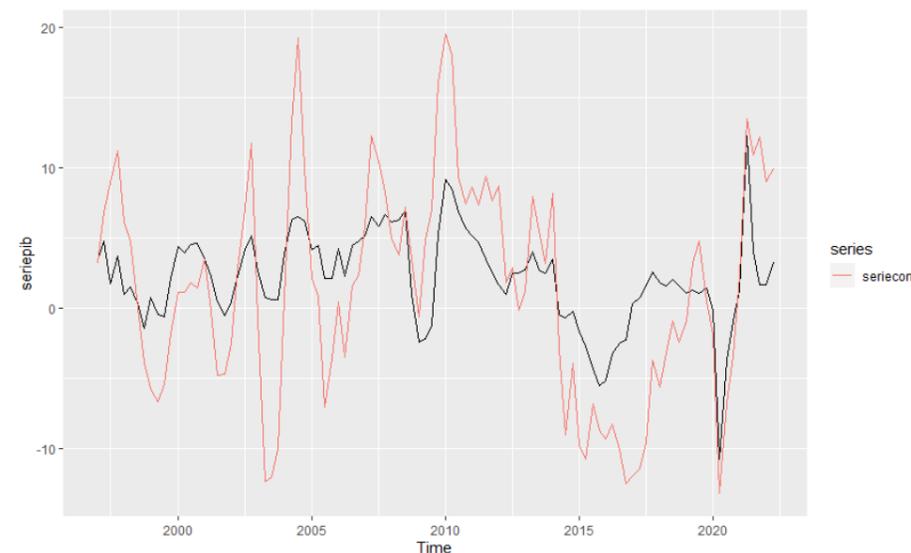


Figura 8: Comparação das séries temporais PIB e construção civil. Fonte: elaborado pelos autores.

De modo geral, com o ajuste das séries por meio do método ARIMA evidenciou-se então que, mesmo havendo a seleção do modelo e o resultado da análise dos resíduos ser satisfatória, o modelo não apresenta parâmetros de erro percentual aceitáveis do ponto de vista estatístico. Os resultados destas simulações podem ser visualizados na Tabela 2, em que o menor erro encontrado foi obtido pelo método ARIMA e ainda que o parâmetro MAPE tenha resultado em 92,63%, porcentagem considerada alta.

O parâmetro MAPE (erro percentual absoluto médio) indica que a previsão possui certo grau de confiança e a análise dos resíduos do modelo demonstra um comportamento estatístico aceitável conforme Figura 9. O gráfico indica que os resíduos atendem às suposições necessárias, sem autocorrelação e apresentando distribuição normal, tornando o modelo adequado para essa análise. Os valores discrepantes observados em 2020 podem ser decorrentes da pandemia COVID-19 e não serão analisados no presente trabalho.

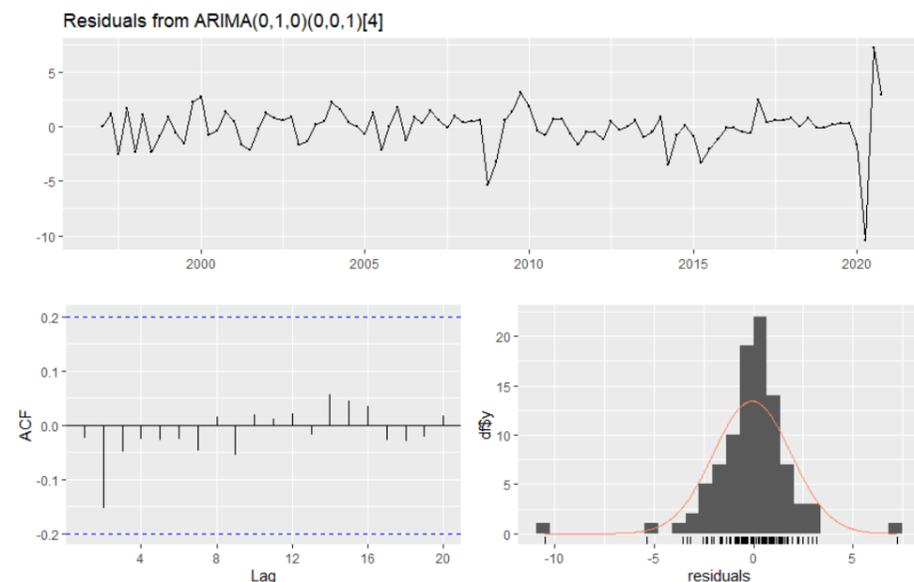


Figura 9: Verificação dos resíduos encontrados na simulação ARIMA. Fonte: elaborado pelos autores.

Para a análise da relação entre o PIB brasileiro e seus setores, foram analisados os gráficos de dispersão (Figura 10) e a correlação de *Pearson* (Tabela 3). A análise da inter-relação entre os setores da economia brasileira e o PIB, pode ser vista na Tabela 3, indicando que a construção civil apresenta um coeficiente de correlação moderado (0,741), enquanto o setor de serviços tem correlação alta (0,941), seguido da indústria (0,923) e por último, a agropecuária (0,193) é a variável com a menor correlação encontrada.

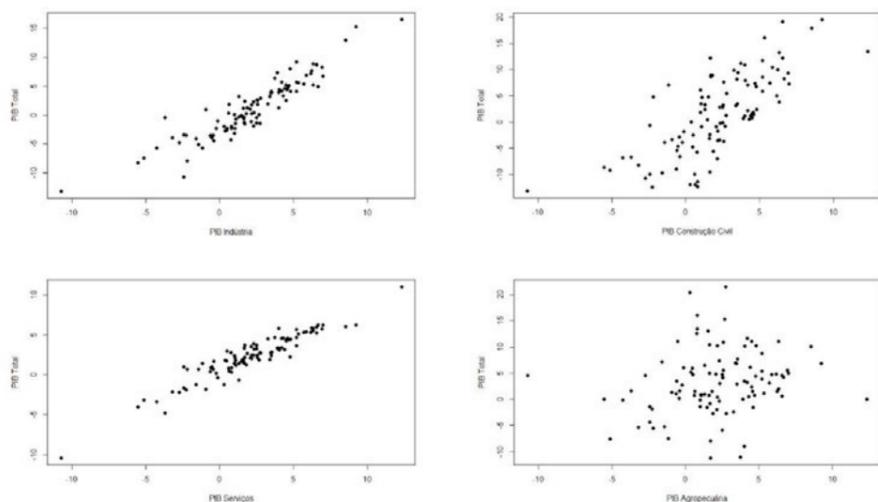


Figura 10: Dispersão entre o PIB e setores da economia. Fonte: elaborado pelos autores.

Tabela 3: Correlação de *Pearson* entre PIB e setores

| Correlação de Pearson | |
|-----------------------|-------|
| Serviços | 0,941 |
| Indústria | 0,923 |
| Construção Civil | 0,741 |
| Agropecuária | 0,193 |

Fonte: Autores.

4. Conclusão

O objetivo deste trabalho foi estudar a relação entre o PIB do país e o crescimento da construção civil. Para isto, analisou-se a série de dados verificando altos e baixos ao longo do tempo, entretanto não foram constatadas sazonalidade e tendência, mas há ocorrência de correlação entre os dados. Outros fatores políticos, econômicos e sociais que não foram abordados neste trabalho podem influenciar os valores do PIB.

O modelo de previsão de dados para a série PIB foi escolhido com base no MAPE. Dentre os modelos analisados, o método ARIMA foi o que melhor se ajustou à série de dados. De modo geral, com o ajuste da série por meio do método ARIMA evidenciou-se então que, mesmo havendo a seleção do modelo e o resultado da análise dos resíduos ser satisfatória, ele pode ser adequado de forma a obter erros percentuais menores.

A partir da análise da série temporal do PIB brasileiro, identificação do modelo de previsão e análise da correlação entre o PIB e os setores da economia do país, verificou-se que a construção civil possui um coeficiente de correlação moderado com o indicador econômico PIB.

Os resultados encontrados demonstram que o setor da construção civil influencia o principal indicador econômico do país, validando a importância de investimentos na construção civil, afetando também o setor imobiliário. Estes resultados concordam com alguns estudos analisados e citados neste trabalho.

Para as análises futuras, sugere-se a aplicação de outros modelos, ou ainda, combinação de outros modelos que possibilitem a divisão da série de dados e a partir dessa fragmentação, realizar um ajuste de forma separada, com o intuito de encontrar modelos mais acurados. Além disso, pode-se verificar fatores políticos, econômicos e sociais ocorridos durante o período e analisar a influência de tais fatores no PIB brasileiro.

Referências:



ALALOUL, Wesam Salah; MUSARAT, Muhammad Ali; RABBANI, Muhammad Babar Ali; LQBAL, Qaiser; MAQSOOM, Ahsen, FAROOQ, Waqas. **Construction Sector Contribution to Economic Stability: Malaysian GDP Distribution.** *Appropriate Wisdom, Technology, and Management toward Environmental Sustainability for Development.* 2021. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2071-1050/13/9/5012>> Acesso em: 26/04/2023.

ARAÚJO, Sérgio Murilo Santos de. **Desenvolvimento Sustentável, Ética e Sustentabilidade Econômica Mundial.** *Revista Geotemas*, 2016, Vol. 6 (2), p.60-70. Disponível em: <<https://periodicos.apps.uern.br/index.php/GEOTemas/article/view/739>> Acesso em: 26/04/2023.

CAMARGO, Maria Emília; PRIESNITZ FILHO, Walter; RUSSO, Suzana Leitão. **Previsão de Vendas Através da Metodologia de Box & Jenkins: um estudo de caso.** *Foz do Iguaçu/PR: outubro de 2007.* Disponível em: <https://abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2007_TR620466_0405.pdf> Acesso em: 14/12/2022.

CBIC, Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Banco de dados: PIB Brasil e Construção Civil.** 2022. Disponível em: <<http://www.cbicdados.com.br/menu/pib-e-investimento/pib-brasil-e-construcao-civil>> Acesso em: 04/11/2022.

CBIC, Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Construção Civil, em 2021, registrou o seu maior crescimento nos últimos 10 anos.** 2022. Disponível em: <<https://cbic.org.br/construcao-civil-em-2021-registrou-o-seu-maior-crescimento-nos-ultimos-10-anos/>> Acesso em: 06/09/2022.

FRANCO, Jacqueline de Almeida Barbosa; DOMINGUES, Ana Mariele; AFRICANO, Nelson de Almeida; DEUS, Rafael Mattos; BATTISTELLE, Rosane Aparecida Gomes. **Sustainability in the Civil Construction Sector Supported by Industry 4.0 Technologies: Challenges and Opportunities.** *Selected Papers from CEES 2022, the first International Conference on Construction, Energy, Environment and Sustainability (Coimbra, 2021), on the topic of Sustainable Construction Materials and Technologies.* Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2412-3811/7/3/43>> Acesso em: 26/04/2023.

FREITAS, Bruna Tatiana Almeida. **Os determinantes dos preços da habitação em Portugal.** 2022. 45 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Finanças Empresariais, Instituto Superior de Contabilidade e Administração do Porto, Porto, 2022.

HYNDMAN, Rob J; ATHANASOPOULOS, George. **Forecasting: Principles and Practice.** - 3 ed. - Otexts: Melbourne, Austrália. 2021. Disponível em: <<https://otexts.com/fpp3/>> Acesso em: 14/12/2022.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produto Interno Bruto - PIB.** Disponível em: <<https://ibge.gov.br/explica/pib.php/#:~:text=O%20PIB%20%C3%A9%20a%20soma%20de%20todos%20os,o%20valor%20foi%20de%20R%24%20%20543%2C6%20bilh%C3%B5e%20s.>> Acesso em: 13/12/2022.

KUCUKVAR, Murat; TATARI, Omer. **Towards a triple bottom-line sustainability assessment of the U.S. construction industry.** *The International Journal of Life Cycle Assessment* 18, 958-972 (2013). Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11367-013-0545-9>> Acesso em: 26/04/2023.

MALAWI, Medical Journal. **A guide to the proper use of the correlation coefficient in medical research.** Setembro de 2012. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3576830/>> Acesso em: 15/12/2022.

MASI, Nathalia Virginia, LOPES, Celia Mendes Carvalho. **Estudo de Modelo de Séries Temporais para Dados de Ações.** São Pedro, SP. 2010. Disponível em: <<https://ime.unicamp.br/sinape/19sinape/node/735>> Acesso em 14/12/2022.

MINE, Otávio Massashi. **Previsão de Demanda de Autopeças com Redes Neurais.** Vitória, ES. 2010. Tese de Mestrado para Ciência da Computação da Universidade Federal do Espírito Santo. Disponível em: <<https://1library.org/document/ydj475ly-previsao-de-demanda-de-autopecas-com-redes-neurais.html>> Acesso em: 15/12/2022.

MASUERO, Angela Borges. **Desafio da Construção Civil: crescimento com sustentabilidade ambiental.** *Matéria* (Rio de Janeiro), 2021. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rmat/a/GDN9wNDzpwYVRntQYk73z7S/?lang=pt>> Acesso em: 26/04/2023.

PÉREZ, Fernando Lucambio. **Análise de Séries Temporais.** Departamento de Estatística da Universidade Federal do Paraná/UFPR: 2022. Disponível em: <<http://leg.ufpr.br/~lucambio/STemporais/STemporaisIII.html#III1>> Acesso em: 14/12/2022.

R Core Team (2022). R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>> Acesso em: 06/10/2022.



SEBRAE, Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Construção Civil**. 2021. Disponível em: <<https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/e-ai-vamos-falar-dos-pequenos-negocios-na-construcao-civil,367882f83cfe8710VgnVCM100000d701210aRCRD> - [construcao-civil](#)> Acesso em: 06/10/2022.

SCHÖBER, Patrick MD, PhD, MMedStat; BOER, Christa PhD, MSc; SCHWARTE, Lothar A. MD, PhD, MBA. **Correlation Coefficients: Adequate Use and Interpretation**. Do Departamento de Anestesiologia, VU University Medical Center, Amsterdã, Holanda. Maio de 2018 - Volume 126 - Edição 5 - p 1763-1768. Disponível em: <https://journals.lww.com/anesthesia-analgesia/fulltext/2018/05000/correlation_coefficients_a_ppropriate_use_and.50.aspx> Acesso em: 15/12/2022.

SOUSA, J. S.; ALVES, G. S.; SILVA, A. F. DA; SOUSA, G. M. R.; ARAÚJO SOBRINHO, A. M. DE. **Impacto Da Construção Civil No Produto Interno Bruto Brasileiro**. Humanas Sociais & Aplicadas, v. 5, n. 12, 10 jun. 2015.

TAVARES, F. O., PEREIRA, E. T., & MOREIRA, A. C. (2014). **The portuguese residential real estate market. an evaluation of the last decade**. Panoeconomicus, 61(6), 739-757. doi: Disponível em: <<https://doi.org/10.2298/PAN1406739T>> Acesso em: 04/11/2022.

WALTER, Olga Maria Formigoni Carvalho; HENNING, Elisa; MORO, Graciela; SMOHYL, Robert Wayne. **Aplicação de um modelo SARIMA na previsão de vendas de motocicletas**. Exacta – EP, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 77-88, 2013.

Uso da terra como material de sensibilização acadêmica: uma experiência com o Projeto Futuras Cientistas

The use of soil as material for academic awareness: an experience with the Future Scientists Project

Bruna da Silva do Carmo Santos, UFMS

bruna_s@ufms.br

Brenda Cavalcante Tavares Frangueli, UFMS

brenda_frangueli@ufms.br

Ana Luísa Pagnoncelli Aliaga, UFMS

ana.luisa@ufms.br

Karina Trevisan Latosinski, UFMS

karina.latosinski@ufms.br

Resumo

A taipa de pilão é uma técnica milenar e de grande destaque em termos de sustentabilidade e versatilidade de misturas. Desse modo, essa foi a atividade principal a ser apresentada às alunas do ensino médio público, no projeto futuras cientistas, programa que incentiva meninas a investigarem o meio científico. Assim, o presente trabalho tem o objetivo de analisar o resultado dessa imersão científica do uso da terra junto ao conhecimento apresentado às participantes. O método foi dividido em etapas: apresentação de conceitos gerais sobre a terra, atividades práticas experimentais, atividades remotas e a divulgação das atividades desenvolvidas. Os resultados alcançados foram os conhecimentos adquiridos acerca da caracterização da terra e os produtos dela adquiridos, como tintas, miniadobes e corpos de prova de terra compactada, os quais permitiram avaliar o comportamento da taipa de pilão junto às misturas elaboradas, além de inspirar as alunas do projeto a seguirem no meio acadêmico.

Palavras-chave: Solo; Experimentação; Material de construção

Abstract

Rammed earth is an ancient technique that stands out in terms of sustainability and versatility of mixtures. Thus, this was the main activity to be presented to public high school students, in the future scientists project, a program that encourages girls to investigate the scientific environment. Therefore, the present work aims to analyze the result of this scientific immersion of land use together with the knowledge presented to the participants. The method was divided into stages: presentation of general concepts about the land, practical experimental activities, remote activities and divulgation of the activities developed. The results achieved were the knowledge acquired about the characterization of the land and the products acquired from it, such as paints, miniadobes and samples of compacted earth, which allowed evaluating the behavior of the rammed earth with the mixtures prepared, in addition to inspiring the students. of the project to be followed in academia.

Keywords: Soil; Experimentation ; Construction material

1. Introdução

Com os severos impactos ambientais que o planeta enfrenta, há necessidade de discussões e ações menos danosas ao nosso ecossistema. A construção civil que já se apresentou como consumidora de 50% dos recursos naturais, causando mais de 25% das emissões totais dos gases que promovem o efeito estufa (GAUZIN-MULLER, 2002), atualmente busca novos meios para aplicar processos mais sustentáveis na construção de edifícios.

Aponta-se que a responsabilidade pela construção no futuro está no conhecimento humano (VAN LENGEN, 2021), na busca de conhecimentos aprimorados, materiais e métodos de construção menos degradantes a fim de aliar a tecnologia e a modernidade, aplicando desenvolvimento científico nas decisões projetivas. Assim, considerando um material natural e abundante, menos poluente, versátil - com diversas técnicas de aplicação -, a terra se destaca (NEVES et. al, 2009). Uma das técnicas que utilizam esse material é a taipa de pilão, que consiste na terra compactada em formas removíveis formando paredes duráveis (FEIBER, 2012).

A taipa de pilão, com diferentes tipos de execução e misturas elaboradas, tem potencial de aplicação significativo no Brasil, em função do clima e disponibilidade de matéria-prima. Considerando esse motivo e o desconhecimento sobre as técnicas de construção com terra por parte da população, optou-se por apresentar as possibilidades da taipa de pilão e de outras técnicas no Programa de Extensão "Futuras Cientistas 2023" no plano de trabalho desenvolvido pelo laboratório Canteiro Experimental da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

O Programa "Futuras Cientistas" existe desde 2012, com coordenação do Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste, apoio do Ministério da Ciência e Tecnologia e, no ano de 2023 teve abrangência nacional com oferta de 470 vagas nas 27 unidades da federação. Conforme Santos et. al (2021), o programa coloca alunas e professoras do ensino médio público diante de problemas reais em desafios interdisciplinares para vivenciar a rotina da pesquisa científica dentro das universidades, na tentativa de garantir a equidade de gênero no

público universitário. No mesmo trabalho, os autores destacam a necessidade de operacionalizar práticas educativas instigadoras e facilitadoras na área de engenharia como o uso de tecnologias para facilitar a aprendizagem. Tal iniciativa é voltada exclusivamente para o público feminino, visando o empoderamento e a busca por maior espaço no contexto acadêmico que possui predominância masculina em cerca de 62% (ELSEVIER, 2020).

Nessa conjuntura do programa, uma das ferramentas utilizadas para motivar as alunas a perseverar na área da ciência é a prática juntamente com uma relação próxima entre tutor e aluno, com liberdade de criar o melhor modelo de ensino e desenvolvimento das habilidades ao longo do período de imersão. Assim, a prática baseada em problemas motiva a participação, entendendo-se que conhecimentos adquiridos e aplicados não se dissolvem facilmente (ANABUKI, 2019).

Logo, esse artigo tem como objetivo avaliar a imersão científica realizada durante o Programa Futuras Cientistas no plano de trabalho intitulado "Construindo com terra: testes para o uso em edificações" considerando a aprendizagem sobre o uso da terra e sua aplicação nas construções civis.

2. Procedimentos metodológicos

O trabalho foi realizado em quatro etapas com geração de produtos, conforme figura 1. As etapas tiveram o envolvimento de uma tutora (docente universitária); três voluntárias (graduandas) e três alunas do ensino médio - consideradas o público-alvo da ação. As atividades remotas foram exigências da coordenação do Programa, sem condições de alterações cronológicas. A figura 1 apresenta o programa e detalhes da metodologia adotada.

O tempo disponível para cada etapa, apresentada na figura 1, foi: I, capacitação remota, 10 dias; II, atividades práticas, 5 dias; III, atividades remotas, 10 dias; e, IV, divulgação e difusão, que se encontra em andamento.

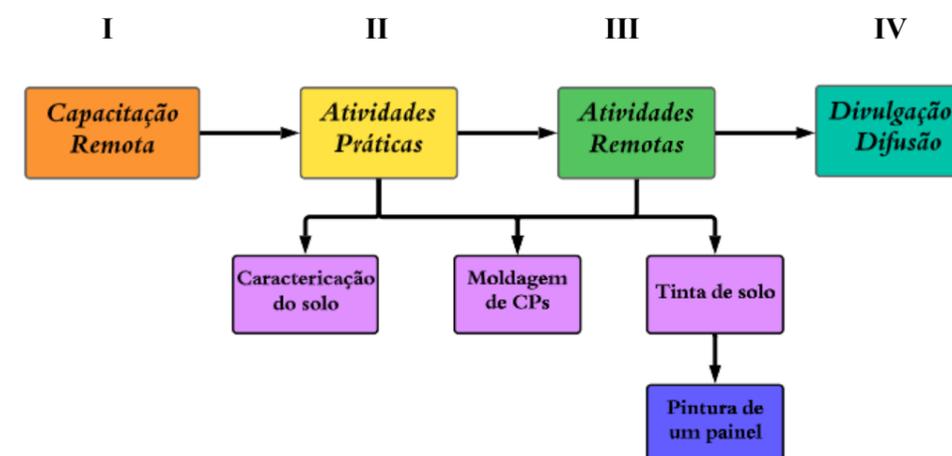


Figura 1: Procedimentos metodológicos e produtos formados. Fonte: elaborado pelos autores

As quatro etapas de trabalho podem ser descritas como:

I - Capacitação remota destinada à apresentação de conceitos gerais sobre o uso da terra em encontros via google meet, abordando: a) edificações construídas com taipa de pilão; b) descrição de testes básicos possíveis de realizar com a terra; c) as principais manifestações patológicas das edificações com terra.

II - Atividades práticas constituídas de: a) testes de campo para caracterização do solo e composição granulométrica; b) moldagem de corpos de prova cilíndricos e prismáticos; c) elaboração de miniadobes; d) fabricação de tinta de terra; e) experimentos relacionados à absorção de água nos CPs de terra; f) rompimento dos CPs cilíndricos para avaliação de resistência à compressão simples.

III - Atividades remotas referentes a: a) tabulação dos dados obtidos nos resultados dos testes, b) avaliação dos resultados obtidos nos experimentos;

IV - Divulgação e difusão com apresentação da ação e análise da efetividade das atividades desenvolvidas por meio de questionário.

Nesse estudo não serão aprofundados os detalhes das atividades remotas, já que partiram de interações dinâmicas e apresentações expositivas, seguidas de tira-dúvidas via vídeo chamadas.

2.1 Atividades práticas

Estas foram desenvolvidas seguindo a disponibilidade de equipamentos e materiais no laboratório Canteiro Experimental UFMS. O solo utilizado possui aspecto marrom avermelhado, proveniente do município de Campo Grande/MS, extraído de um bairro próximo à universidade. Os experimentos foram escolhidos em função da menor complexidade e possibilidade de assimilação dos fenômenos por parte das alunas do ensino médio. A tabela 1 indica a ação e a aprendizagem esperada durante a imersão.

Tabela 1: Organização estabelecida para as atividades práticas

| Teste | Descrição | Aprendizagem |
|---------------------------------|---|--|
| Tátil-visual e Granulométrico | Elaboração dos testes de rolo, esfera e do vidro conforme indicações apontadas em NEVES et. al (2009). Passagem do solo em peneiras que atendem a NBR 7181:2016, porém sem utilizar todo o método de ensaio descrito pela norma. | Textura do solo Composição granulométrica, distinção de areia, silte e argila pela dimensão dos grãos |
| Resistência à compressão | Moldagem de CPs e ensaio de compressão de CPs cilíndricos com diferentes traços | Resistência mecânica |
| Miniadobes | Elaboração de misturas e moldagem dos blocos | Plasticidade |
| Capilaridade e absorção de água | a) Preparação de “cama” de areia com pano de algodão por cima desta camada e adição de água até o nível superior de areia conforme adotado por Eires (2012) b) imersão total em água | Comportamento da terra em contato com a água |
| Elaboração de tinta | Peneiramento da terra e mistura com outros componentes conforme a tonalidade desejada | Pigmentação do solo |

Fonte: elaborado pelos autores

O teste tátil visual foi realizado sob bancada em contato direto sem uso de luvas, utilizando somente o solo e água. Rolo e esferas foram elaboradas para avaliação e, além disso, o solo foi colocado em vidros com $\frac{2}{3}$ de água para sedimentação ocorrida durante 5 dias. O ensaio para determinar a composição granulométrica consistiu na passagem do solo pelas peneiras descritas na NBR 7181:2016 em campo, sem a aplicação do método de ensaio normalizado e auxílio laboratorial. Justifica-se tal aplicação parcial da normativa pela simplificação da ação junto às alunas e visualização rápida da separação dos grãos sólidos.

O solo que passou pela peneira de malha com abertura de 2,8 mm (identificada como n.7) foi utilizado para a moldagem dos corpos de prova, já para a utilização na fabricação de tintas o material foi passado na peneira de malha 1,4 mm (14). Também foi moída com almofariz uma pequena amostra de solo para passagem pela peneira com abertura de 53 microns (270). Essa redução da granulometria foi apenas demonstrativa para o preparo de amostras de caracterizações mais específicas do material (DRX, SEM, etc).

Para determinar a resistência à compressão de diferentes dosagens, foram moldados CPs cilíndricos com diferentes aglomerantes e proporções. A preparação da amostra seguiu uma sequência padrão consistindo em misturar manualmente os materiais secos dentro de um carrinho de mão com o uso de colher de pedreiro até ficarem homogêneos. Posteriormente foram adicionados os materiais úmidos e a água até atingir a umidade ótima. O aspecto da mistura corresponde ao de uma “farofa”. Não existindo disponibilidade dos moldes prismáticos ou cilíndricos (Proctor), indicados pela norma NBR 17014 (ABNT, 2022), foram utilizados moldes cilíndricos metálicos de 20 cm de altura para 10 cm de diâmetro, normalmente adotados para o concreto.

Aplicou-se desmoldante com um pincel e em sequência 6 camadas – mistura conforme composição especificada na figura 2. Além disso, cada camada foi compactada com o uso de um soquete metálico com massa de (2500 ± 10) g, até reduzir pela metade a altura original, totalizando aproximadamente 28 golpes. Após a finalização da compactação removeu-se o corpo de prova do molde e estes foram borrifados com água até a data do ensaio para promover a hidratação dos aglomerantes. Passados 7 dias de cura, os CPs foram levados ao Laboratório de Materiais de Construção Civil (LMCC/UFMS), onde foram retificados e posteriormente, com 10 dias, procedeu o rompimento em uma prensa hidráulica universal, para determinar o valor da resistência à compressão simples. A Tabela 2, a seguir, representa a composição dos traços adotados no experimento, em volume. Adotou-se a identificação de solo puro como aquele tal qual extraído (passado por secagem e peneiramento) e solo composto quando foi utilizado o solo puro e incremento de areia lavada para tornar o solo mais arenoso.

Tabela 2: Composição dos traços

| Identificação | Traço | Composição |
|---------------|--------|---|
| CP 1 | 1,5:15 | Cal Hid - 6%/ Solo puro |
| CP 2 | 02:15 | Cal Hid - 10%/Solo composto (12 Solo/3 areia) |
| CP 3 | 01:12 | Cimento/ Solo puro |

| | | |
|------|-------------|--|
| CP 4 | 01:01:16:00 | Cimento/Gesso/ Solo puro + 90ml rícino |
| CP 5 | 1,5:0,5:15 | Cal Hid. 6%/ Gesso/ Solo composto (12 solo+3areia) + NaOH 1% |
| CP 6 | 01:15 | Car Virgem/ Solo puro + 150ml rícino |
| CP 7 | 01:15 | Cal Hid/ Solo puro |
| CP 8 | 1,0:0,5:15 | Cal virgem 4%/ Gesso/Solo puro + NaOH 1% + 90ml rícino |

Fonte: elaborado pelos autores

Foram realizados oito traços e moldagem de seis CPs de cada. As composições selecionadas consideraram trabalhos anteriores como Eires (2012), com uso de variados aglomerantes, visando a redução do uso de cimento. Os materiais utilizados podem ser identificados no quadro 1 e figura 2.

Quadro 1: Materiais utilizados para dosagem de traços na atividade prática

| Elaboração das amostras e miniadobes |
|--|
| Solo procedente do município de Campo Grande, bairro Rita Vieira, escavado em profundidade maior que 1,5m. Aspecto marrom avermelhado, armazenado sob lona impermeável |
| Água tratada proveniente da concessionária local |
| Cimento tipo Portland CP II F |
| Gesso - Sulfato de cálcio hemi-hidratado |
| Cal virgem/viva, hidratada com antecedência de 24h com água tratada |
| Óleo de rícino (óleo de mamona) puro, disponível em frascos de 30ml |
| Reagente NaOH (hidróxido de sódio) com 99% de pureza |
| Óleo vegetal para uso como desmoldante |
| Fabricação de tinta |
| Solo procedente do município de Campo Grande, bairro Rita Vieira, escavado em profundidade maior que 1,5m. Aspecto marrom avermelhado, armazenado sob lona impermeável |
| Solo do município de Bauru/SP. Aspecto marrom alaranjado |
| Cola branca PVA |
| Água tratada proveniente da concessionária local |
| Cal hidratada |

Para a fabricação dos miniadobes foram utilizados os mesmos materiais que os moldes cilíndricos, porém sem controle rígido sobre os traços. Foram utilizadas as sobras das misturas dos CPs e adicionados maior percentual de terra, aglomerante e água. A forma utilizada foi confeccionada em compensado melamínico, gerando 16 pequenos miniadobes de com dimensões de 8x4x4 cm.

Antes de avaliar a capilaridade da terra nos CPs, para demonstrar visualmente este fenômeno realizou-se um experimento simples com dois vidros como recipientes: em um deles, colocou-se água misturada com terra; e no outro, vazio, um papel toalha enrolado faz a comunicação (como um canudo) entre os dois recipientes tocando a superfície da mistura de

terra e água. Ao passar do tempo, o vidro que estava vazio foi sendo preenchido por água limpa e as partículas de terra se depositaram no papel toalha.

Para avaliar a capilaridade da terra foi realizado experimento com um CP de cada traço. Conforme a metodologia utilizada por Eires (2012), foram determinadas a massa e dimensões de cada CP e depois estes foram colocados em uma caixa com superfície plana com bordas altas sobre uma camada de areia e água cobertas por um pano de algodão, permanecendo por 29h, Figura 2. Passado esse tempo, novamente foram mensuradas a massa e as dimensões das amostras. Todos os CPs permaneceram íntegros e foram submetidos, na sequência, ao ensaio de absorção por imersão sendo imersos totalmente durante 2h.



Figura 2: CPs em absorção por capilaridade. Fonte: elaborado pelo autor.

Finalizando a parte experimental, tintas com terra foram realizadas com o mesmo solo empregado nos demais experimentos. Os componentes foram misturados em um balde plástico, com auxílio de um misturador metálico de massa acoplado em uma furadeira. Para obter uma tinta na coloração mais escura, foi utilizado cola, água e terra em uma proporção 1:1:4,5. Já para tonalidades mais claras, foi adicionada a cal hidratada devido ao seu tom esbranquiçado. Por fim, para o tom intermediário, foi adicionado uma parte de terra proveniente de Bauru/SP. Com isso, obteve-se 3 tonalidades variadas a partir do mesmo solo. Após a obtenção das tintas, foi realizada a pintura de um painel - parede pintada de branco localizada em um módulo anexo ao Laboratório Canteiro Experimental - com pincel tipo trincha sem preparação prévia da base.

2.2 Divulgação e difusão

A divulgação e difusão realizadas foram: a) vídeos depoimento, divulgado em redes sociais; b) apresentação dos resultados finais da pesquisa em forma de relatório; e c) levantamento dos efeitos da sensibilização acadêmica com aplicação de questionários às três alunas atendidas neste tema em específico, a diversidade do uso da terra na construção civil. As perguntas foram respondidas via formulários do google para maior agilidade na tabulação dos dados.

Entre as perguntas aplicadas foi questionado se o programa trouxe motivação para cursar o ensino superior, como também qual dos conhecimentos abordados despertou maior interesse. Além disso, foi perguntado se as atividades efetuadas permitam compreender o que era resistência mecânica, os fenômenos de capilaridade e plasticidade e diferenças

granulométricas. O que se considerava afetar a durabilidade de uma parede de taipa também estava no questionário, assim como qual teria sido o maior desafio nesta pesquisa. Por fim, perguntou-se se a participante indicaria, no próximo ano, alguma amiga para atuar no mesmo plano de trabalho.

3. Resultados

Os resultados foram separados quanto à atividade experimental e a aprendizagem baseada na opinião pessoal das alunas atendidas no projeto.

3.1 Testes e produtos

O teste tátil-visual permitiu caracterizar a terra e confirmar sua aplicação nas técnicas estudadas, conforme resultados apresentados na tabela 3.

Tabela 3: resultados da caracterização do solo

| Quesito | Interpretação |
|--|---|
| Cor | Marrom sub tom avermelhado |
| Brilho | Possui leve brilho |
| Textura | Textura lisa |
| Identificação da terra por inspeção tátil-visual | Ao primeiro toque foi possível perceber que a terra não agregava nas mãos, indicando maior parcela de areia |
| Queda da bola | Após a queda, a bola ficou com formato achatado, como uma "bolacha" |
| Composição granulométrica | Solo franco argilo arenoso |
| Teste do vidro - % de areia, silte e argila | 69% de areia 6% de silte 25% de argila |
| Indicação de técnicas construtivas pelo teste do vidro | Foi possível constatar que a amostra é adequada para técnicas construtivas, como o adobe e taipa de pilão |
| Exsudação | Exsudação rápida |
| Rolo | O rolo teve resistência, mas quebrou |

Fonte: elaborado pelas autoras

As tintas produzidas com terra permitiram a pintura de um painel artístico com tema proposto e confeccionado pelas estudantes, conforme figura 3.



Figura 3: Painel artístico feito com tinta de terra. Fonte: elaborado pelos autores

Os miniadobes, que foram secos à sombra, mas sem proteção de chuva, tiveram um grande percentual de erosão causada pelos pingos de chuva. Desse modo, os resultados finais dos produtos elaborados não foram satisfatórios.

Quanto à resistência à compressão, foram ensaiados dois CPs por traço realizado e obtida a média entre eles - o reduzido número é justificado pela aprendizagem de moldagem e necessidade de descarte dos CPs não íntegros.. O traço mais resistente foi o CP4, o qual teve adição de cimento, gesso e óleo de rícino, como mostra a figura 4.

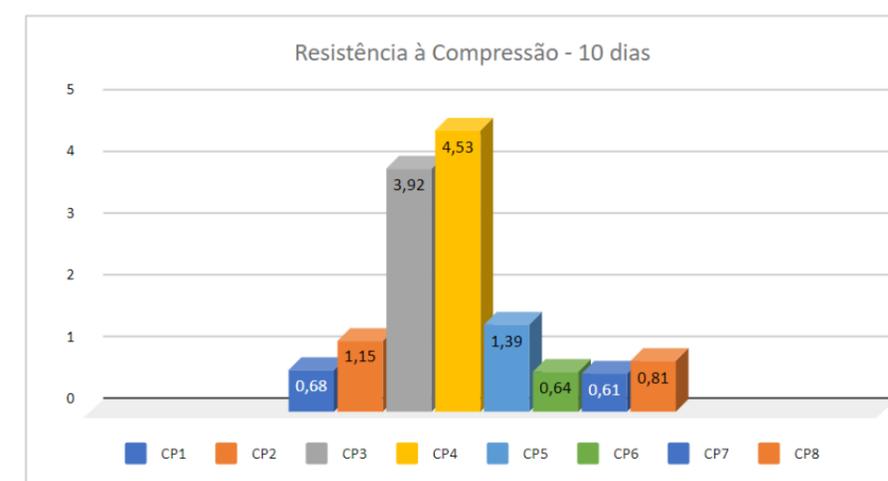


Figura 4: Resistência à compressão com 10 dias de idade. Fonte: elaborado pelos autores

O CP7 que continha 4% de cal hidratada e solo sem adição de areia foi o que obteve menor resistência. Quanto ao aumento da quantidade de cal hidratada, não se obteve um ganho progressivo de resistência quando comparados o CP1, CP2 e CP5 - a maior resistência ocorreu no percentual médio de cal hidratada, mas com incorporação de gesso e a reação com NaOH - Figura 5.

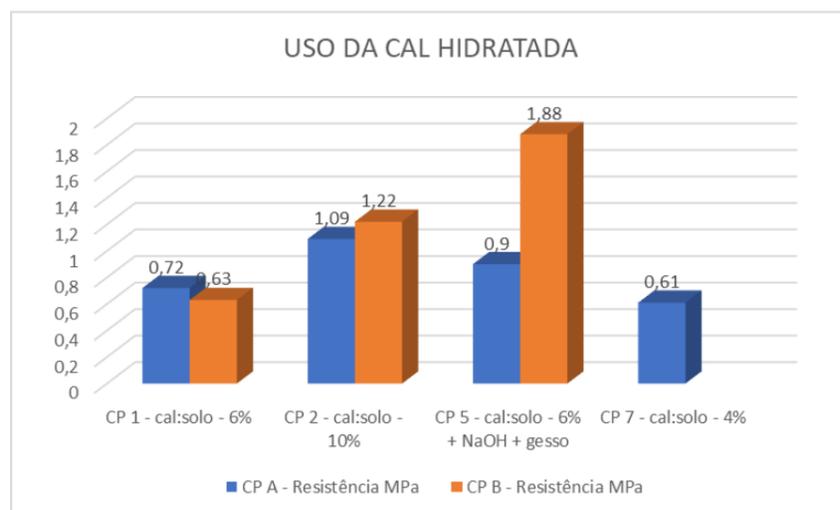


Figura 5: Resistência com uso da cal hidratada. Fonte: elaborado pelos autores

Quanto aos resultados sobre absorção de água, a análise da absorção por capilaridade e por imersão foi realizada em função da massa e do aspecto visual/integridade dos corpos de prova. No teste de imersão ocorreram os maiores percentuais de absorção, porém o CP4 se manteve íntegro e seu aumento de massa não foi tão expressivo quanto o CP3 – de mesmo aglomerante, CP5 e CP7, Figura 6. Esses resultados indicam que o efeito das partículas mais finas do gesso e a adição do óleo de rícino como impermeabilizante foram os causadores disso, que podem ser associados ao bom resultado de resistência à compressão por empacotamento de partículas. Já os CP1 E CP6 não se mantiveram íntegros quando submersos.

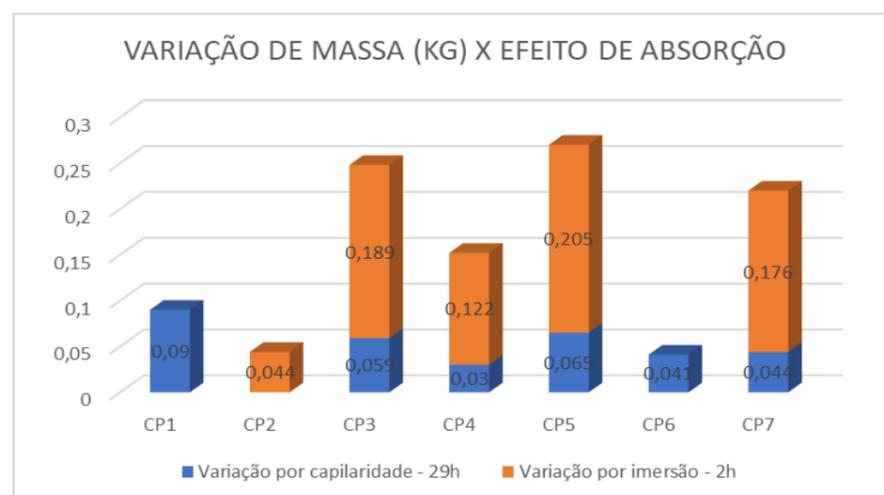


Figura 6: Índices de absorção. Fonte: elaborado pelos autores

As avaliações foram relacionadas com a densidade do material em (g/cm^3) em cada um dos ensaios, figura 7. Logo, durante a avaliação por capilaridade, o CP1 foi o que atingiu maior densidade, absorvendo maior quantidade de água em relação ao seu volume. Porém, o CP2 foi o que atingiu menor variação, quase nula, seguido do CP4. Comparando os testes de capilaridade e imersão, o CP3 e CP5 foram os que atingiram maior absorção.

3.2 Aprendizagem

Para as meninas que participaram do projeto, o mesmo foi importante e fez com que aumentasse o interesse em cursar o ensino superior. Entre os conhecimentos abordados, os que despertaram mais interesse foram: granulometria, resistência mecânica e absorção d'água - capilaridade. E, considerando as opiniões pessoais, tais conceitos foram adequadamente apreendidos. Para elas, esses testes fizeram obter conhecimentos dos equipamentos e ter um entendimento de como a água interfere diretamente na resistência. A figura 7 mostra o que as meninas acreditam afetar a durabilidade de uma parede feita de taipa. E tais resultados foram diretamente associados à prática realizada. Como não houve nenhuma abordagem sobre projeto, os beirais em edifícios não foram considerados nas respostas recolhidas. Já a elaboração do traço e a relação com a absorção de água esteve presente nas respostas.

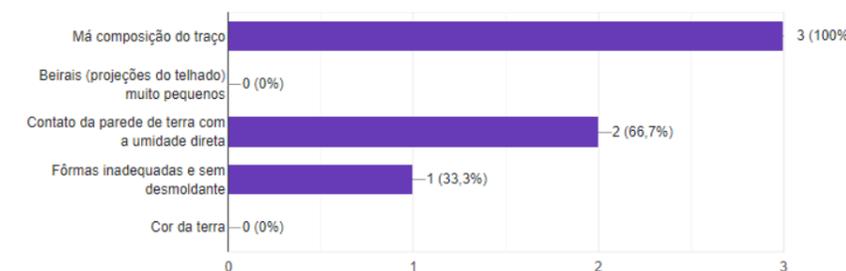


Figura 7: Pesquisa de contentamento feita com as meninas do projeto. Fonte: elaborado pelos autores

O projeto fez com que elas obtivessem entendimento sobre resistência mecânica, diferentes tipos de granulometria, o que é plasticidade e compreender o fenômeno de capilaridade.

4 Análises dos Resultados

Ao decorrer da pesquisa, houve um grande período de chuva, o que resultou em algumas dificuldades. Dentre elas estão: umidade da terra que poderia afetar a fixação da tinta feita, porém se mostrou bastante resistente, sem qualquer alteração na pintura. Assim, na parte experimental, com exceção dos miniadobes, todos os outros processos foram satisfatórios.

Os resultados obtidos na compressão simples indicaram valores mais baixos, mas aproximados às referências utilizadas no trabalho, entre 1 e 3 MPa (EIRES, 2012). É possível associar tal diminuição à falta de controle laboratorial e ao fato de ser a primeira experimentação prática em moldagens das alunas. Apesar da dificuldade de trabalho com a cal em relação ao cimento, o uso da cal hidratada obteve significativos valores de resistência



à compressão, sendo aplicável ao uso em taipa de pilão. Os traços que utilizaram a adição de gesso juntamente com o cimento ou a cal hidratada, obtiveram resistências maiores.

Ficou claro que alguns traços são mais resistentes à água, porém é significativo que não há uma relação direta entre as maiores resistências mecânicas e menores absorções. Logo, para novos estudos seria importante uma avaliação mais detalhada dos componentes da mistura, uma vez que não é possível indicar com os valores encontrados e o pequeno número de amostras, um aglomerante inadequado.

Para as alunas, os aprendizados foram diversos, visto que elas vivenciaram vários experimentos descolados da realidade do ensino médio. Segundo as alunas, apesar de alguns pontos negativos como a ineficácia na desforma de alguns CPs e o consequente descarte, ou o trabalho pesado durante o experimento, o projeto proporcionou momentos inspiradores e reflexivos sobre o cotidiano no qual tiveram contatos com profissionais e conhecimentos diversos sobre técnicas construtivas com a terra. Foi positivo explorar a diversidade do solo, como por exemplo, a produção da tinta de terra até o bloco de construção. Não somente, relataram que apesar dos serviços pesados de moldar os CPs nos diversos traços, surpreenderam-se bastante com tudo que vivenciaram, o quanto a terra pode ser utilizada de modo a ter uma construção mais sustentável. Outro fator pontuado, foi a grande produtividade em pouco tempo, com resultados em resistência e absorção que a terra forneceu. Por fim, foi ressaltada a importância que as palestras síncronas tiveram durante toda a pesquisa, visto que em sua grande maioria era ressaltada a importância da mulher na ciência.

5 Considerações Finais

A ação, apesar das dificuldades encontradas durante os experimentos, foi de grande relevância, visto que as alunas puderam ter acesso à teoria, comprovando na prática as diversas possibilidades existentes da aplicação da terra na engenharia civil e na arquitetura. Assim, foi ressaltada a importância da valorização dos recursos naturais, a fim de obter construções mais sustentáveis, conscientizando-as de que todo recurso é limitado.

O uso da terra para tal tipo de ação mostrou-se adequado, já que permitiu explorar diversos conceitos teóricos e aplicá-los em testes simples e funcionais, comprovando o aprendizado ainda que em nível básico, mas que poderá ser um diferencial em desafios futuros. Tal sensibilização para alunas de escolas públicas, que não vivenciam a construção de edifícios (e desconheciam a possibilidade da construção com terra) mostrou a importância desse tipo de abordagem. Logo, tanto o formato de sensibilização realizado quanto o material explorado foram satisfatórios e podem ser replicados em outras ações semelhantes.

Referências bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181: solo: análise granulométrica**. Rio de Janeiro, 2016. p 1-2.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 17014: taipa de pilão: requisitos, procedimentos e controle**. Rio de Janeiro, 2022. p. 13

ANABUKI, E. T. Aprendizagem baseada em problemas e aprendizagem colaborativa no ensino de engenharia de controle e automação. **Educitec - Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico (EDUCITEC)**, v. 5, n. 10, 1 mar. 2019.

EIRES, R. **Construção em Terra: Desempenho melhorado com incorporação de biopolímeros**. Tese de doutorado - Universidade do Minho. Lisboa, 2012.

ELSEVIER'S REPORTS ON GENDER IN RESEARCH. Disponível em: <https://www.elsevier.com/connect/gender-report>. Acesso em: 18 fev. 2023

FEIBER, S. D. **Técnicas construtivas tradicionais: Os primórdios da sustentabilidade**. Revista Thêma et Scientia, v.2, n. 1, p. 32-38, 2012.

GAUZIN-MULLER, D. **Arquitetura ecológica**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2002.

LENGEN, Johan V. **Manual do arquiteto descalço**. 2021. E-book. ISBN 9788582605554. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788582605554/>. Acesso em: 18 fev. 2023.

NEVES, Célia Maria Martins; FARIA, Obede Borges; ROTONDARO, Rodolfo; CEVALLOS, Patricio S.; HOFFMANN, Márcio Vieira. (2009). **Seleção de solos e métodos de controle na construção com terra – práticas de campo**. Rede Ibero-americana PROTERRA. Disponível em <http://www.redproterra.org>. Acessado em 18 fev. 2023.

SANTOS, Mathews Lima dos; PICCHI, Ivan Bezerra de Mello; ARAÚJO, Helen Rodrigues; SIQUEIRA, Lucas Oliveira; SANTOS, Tiago Felipe de Abreu. **Projeto futuras cientistas e os desafios no ensino de engenharia**. In: XXI CONEMI - Congresso Internacional de Engenharia Mecânica e Industrial, 2021, 18 f.



O design regenerativo na paisagem rural da Estação Experimental do Instituto Federal do Rio Grande do Sul de Bento Gonçalves

Regenerative design in the rural landscape of Rio Grande do Sul Federal Institution's Experimental Station of Bento Gonçalves

Nichele Rossi, Arquiteta e Urbanista, UNISINOS

nichelerossi@hotmail.com

Patrícia de Freitas Nerbas, Doutora em Projeto de Arquitetura e Urbanismo, UFRGS

patriciafnerbas@gmail.com

Resumo

O processo de agroecologia é um caminho para atingir as metas do desenvolvimento sustentável no que tange aspectos ambientais, sociais, culturais e econômicos. Para a viabilidade destas práticas muitos avanços são necessários, sendo o design regenerativo de culturas nas paisagens rurais, um grande desafio. Portanto, o objetivo deste artigo é sistematizar estratégias de sustentabilidade oportunas à realidade da agricultura familiar, a partir do design regenerativo na Estação Experimental do Instituto Federal do Rio Grande do Sul de Bento Gonçalves. A identificação de oportunidades para a implementação de soluções baseadas na natureza no Instituto irá fornecer subsídios teóricos e práticos sobre a implementação do design regenerativo de culturas nas paisagens rurais do Rio Grande do Sul.

Palavras-chave: Agroecologia; Design regenerativo; Paisagem Rural

Abstract

The process of agroecology is a way to achieve the objectives of sustainable development that involves environmental, social, cultural and economic aspects. To make these practices viable, many advances are necessary, and it is a great challenge to demonstrate this in the reality of the rural landscape. Therefore, the aim of this article is to systematize sustainability strategies appropriate to the reality of family farming, based on a case study at the Federal Institute of Rio Grande do Sul's Experimental Station of Bento Gonçalves. The identification of opportunities for implementing nature-based solutions in the Institute, will provide theoretical and practical subsidies on the implementation of regenerative design in the rural landscapes of Rio Grande do Sul.

Keywords: Agroecology; Regenerative Design; Rural Landscape

1. Introdução

A ciência da agroecologia, a qual estuda a aplicação de conceitos e princípios ecológicos ao desenho e manejo de agroecossistemas sustentáveis, proporciona um marco para valorizar a complexidade dos sistemas agrícolas (GLIESSMAN, 2000 apud CAPORAL e COSTABEBER, 2004).

O desenvolvimento da agricultura sustentável depende da investigação dos conhecimentos e habilidades locais, da participação ativa e compartilhamento de experiências dos agricultores, bem como do melhoramento cultural e ecológico dos mesmos. (E. HOLT-GIMENEZ, 2006 apud ALTIERI, 2012). Sendo assim, a difusão de projetos que já demonstraram ser bem-sucedidos também pode contribuir de maneira significativa para o processo.

Neste contexto, o objetivo do presente trabalho é identificar oportunidades para a implementação de soluções baseadas na natureza na Estação Experimental do Instituto Federal do Rio Grande do Sul de Bento Gonçalves, a fim de sistematizar estratégias de sustentabilidade oportunas à realidade dos agricultores familiares. Uma forma de atingir pelo menos parte de algumas metas propostas pela ONU (2012), na tentativa de resolver ou pelo menos mitigar os problemas ambientais e econômicos das comunidades rurais e aqueles relacionados à segurança alimentar, é através da utilização de soluções baseadas na natureza (SBN).

De acordo com Nesshöver et al. (2017), o conceito central de SBN está conectado com os pilares do desenvolvimento sustentável, já que considera os aspectos sociais, ambientais e econômicos igualmente. As SBN consideram a natureza como uma fonte inspiradora de soluções econômicas sistêmicas, e não somente como uma fonte de matérias primas a ser explorada (MAES; JACOBS, 2017). Embora atualmente não haja uma definição única para as SBN (NATURE, 2017), segundo Nesshöver et al (2017), pode-se dizer que as SBN estão relacionadas aos conceitos usados na gestão de ecossistemas para benefícios socioambientais.

1.1. A agroecologia como promotora de regeneração nas paisagens rurais.

Encomendada pelo Banco Mundial e pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e a Alimentação (FAO), a Avaliação Internacional do Papel do Conhecimento, a Ciência e a Tecnologia no Desenvolvimento Agrícola (IAASTD), recomendou que seu fortalecimento para as ciências agroecológicas contribuirá para a resolução dos problemas ambientais aumentando a produtividade de alimentos. Este modelo de agricultura para o qual se faz necessário que a humanidade caminhe, está diretamente relacionado à agricultura tradicional de pequena escala, já que a mesma possui princípios mais ecológicos, biodiversos, locais, e socialmente justos, formando a base para a soberania alimentar. (ALTIERI, 2012)

Pode-se atribuir a relação inversa entre o tamanho da exploração agrícola x produtividade ao fato de que os camponeses detêm os conhecimentos de técnicas tradicionais que fazem uso mais eficiente dos recursos naturais. Sendo assim, investir numa economia forte baseada na

agricultura de pequena escala permitirá que as famílias permaneçam no campo, ajudando a conter o êxodo rural. (ALTIERI, 2012)

De acordo com Primavesi (2018), engenheira agrônoma precursora da Agroecologia no Brasil, além de contribuir para produção de plantas malnutridas provenientes de solos mortos que causam danos à saúde do ser humano, a agricultura convencional demanda por uma tecnologia muito sofisticada, contribuindo em muito para o efeito estufa. De acordo com a engenheira agrônoma, as colheitas baixam em 10,60 %, para cada 1,2o C de aumento de temperatura, já que na natureza todos os fatores estão interligados e adaptados uns aos outros. Além disso, Primavesi (2018) afirma que este processo de exploração contribui para o desaparecimento da água doce no planeta, ameaçando a vida e mostrando-se ser insustentável.

Solos vivos são a base da agroecologia e a única maneira de acabar com a exploração de solos mortos e preservar a vida no planeta, já que assim, a produção agroecológica é muito maior de que a convencional. Este sistema garante culturas com melhor saúde, mais fortes e resistentes contra as doenças, gerando alimentos saudáveis que garantem a saúde animal e humana, ao mesmo tempo que preserva a água potável. “Na Agroecologia, o ser humano não quer dominar a natureza, mas está utilizando seus sistemas a seu favor. Não é simplesmente a caça por dinheiro, mas a procura pelo bem-estar geral e isso não somente para uma pequena camada privilegiada, mas para todos”. (PRIMAVESI, 2018)

Necessariamente cada melhoramento social tem sua base no melhoramento do solo, uma vez que solos destruídos e mortos causam pobreza e pobreza destrói mais ainda os solos, caminhando para a extermínio da vida em nosso Planeta. Não são as fábricas que garantem o bem-estar do povo, nem sua sobrevivência. São estes que vivem no campo, com agricultura familiar bem estabelecida [...]. Portanto, a tecnologia agrícola adequada é esta, que garante a sobrevivência em nosso Planeta, trabalhando com solos vivos e gerando uma prosperidade geral (PRIMAVESI, 2018)

2. Procedimentos Metodológicos e compreensão da área de estudo

Este trabalho utilizou uma abordagem qualitativa e quantitativa em um estudo de caso único que tem por objetivo investigar um fenômeno contemporâneo, nos quais o pesquisador não tem controle sobre os dados e limites entre o contexto e os eventos são difíceis de identificar (YIN, 2015). A principal finalidade foi analisar oportunidades e desafios para a regeneração de ambientes rurais na região de Bento Gonçalves.

Para isto, a pesquisa foi realizada em dois ciclos de aprendizagem complementares. O primeiro ciclo foi pautado na revisão de literatura sobre agroecologia e design regenerativo de paisagens rurais, complementado pela análise empírica do local e pelo levantamento de dados. O diagnóstico do lugar foi pautado em dados ambientais e geoespaciais para análise planialtimétrica, da vegetação, dos percursos das águas e do sol no território, com a finalidade de analisar as oportunidades e desafios locais para sistematizar estratégias projetuais e definir critérios de intervenção. O segundo ciclo contempla o desenvolvimento do projeto considerando os fundamentos da sustentabilidade ambiental, social, econômica e cultural (BOFF, 2012) pautados no design regenerativo de culturas (WAHL, 2020). O objetivo da caracterização ambiental local foi identificar oportunidades para a implementação de soluções baseadas na natureza, e, em caso positivo, em que circunstâncias.

Para o desenvolvimento do projeto, utiliza-se como objeto de estudo a atual Estação Experimental do Instituto Federal do Rio Grande do Sul - IFRS do campus de Bento Gonçalves, que está consolidada há 40 anos na zona rural da cidade, no distrito de Tuiuty, no Vale do Rio das Antas. O espaço é utilizado pela instituição para atividades de ensino, pesquisa e extensão nos cursos relacionados à agropecuária. Este local foi selecionado para o estudo por apresentar estruturas preexistentes destinadas à educação, por sua localização e condições ambientais.

2.1. Território e condicionantes locais

As principais atividades desenvolvidas na estação possuem finalidade educativa e consistem no cultivo de grãos e frutas no sistema convencional e a criação de bovinos, suínos e ovinos no sistema semiextensivo. Seu funcionamento é garantido por 12 funcionários, que recebem uma média de 80 visitantes por semana durante o período letivo, incluindo alunos do IFRS e de escolas municipais e estaduais.

Com uma área de aproximadamente 70 hectares, a 500m acima do nível do mar, o terreno ocupa o topo de uma montanha e parte de suas encostas, o que reflete-se em sua ocupação, tendo apenas 26% de sua área utilizada pela estação. A zona edificada concentra-se em uma sela onde a topografia é mais plana, caracterizada por tipologias rurais de um a dois pavimentos, já as áreas de cultivo de plantas foram estabelecidas em zonas de baixa e média declividade. Os pontos mais altos e inclinados do terreno permanecem com vegetação arbórea nativa.

De acordo com os registros meteorológicos, constatou-se que as chuvas acontecem ao longo de todo ano, os ventos predominantes sopram do Nordeste, e as temperaturas médias ao longo da maior parte do ano ficam na zona de desconforto por frio. (EMBRAPA, 2022)

A energia elétrica depende totalmente do sistema de fornecimento público, bem como o de água, tanto para consumo quanto para irrigação. Na análise do lugar, não foi identificada nenhuma iniciativa de autonomia no que diz respeito ao gerenciamento de resíduos e produção de energia. Além disso, apesar de já contar com uma infraestrutura, algumas edificações existentes encontram-se em estado ocioso e/ou com estrutura comprometida.



Figura 1: Mapa síntese da situação existente da estação. Fonte: elaborado pelos autores.

Após análise destes condicionantes, foi possível apontar desafios e oportunidades do lugar, destacando-se a topografia acidentada, baixo aproveitamento da área territorial, contaminação do solo com agrotóxicos, carência de infraestrutura apropriada para alunos e funcionários, estruturas ociosas e sem manutenção e a dependência do sistema público no fornecimento de energia e água. A biodiversidade, os visuais, a estrutura existente, e a proximidade com a comunidade local de agricultores mostraram-se como pontos fortes para a demonstração de práticas de agroecologia e como instrumento de regeneração de culturas.

Sendo assim, identificou-se o potencial da área a reflexão na ação sobre práticas tradicionais de agricultura familiar, sem perder de vista a preservação da paisagem natural, indo ao encontro das premissas da agroecologia e de práticas rurais sustentáveis que utilizam o solo preservando e fortalecendo os ecossistemas.

3. Discussão dos Resultados

Partindo do resultado das análises do lugar, propõe-se um projeto de regeneração da paisagem do local e um novo plano de usos, a partir de estratégias baseadas em princípios ecológicos. Sendo assim, a proposta inclui a requalificação e ampliação de estruturas físicas existentes, proporcionando uma infraestrutura de qualidade para funcionários e visitantes, com soluções pautadas na natureza, de baixo impacto ambiental e que utilizem técnicas construtivas e materiais locais, transformando-as em pontos de interesse ecopedagógico.

Para nortear as diretrizes da proposta geral da intervenção, adota-se como base as premissas da permacultura, um sistema criado na década de 70 por David Holmgren e Bill Mollison derivado do termo Agricultura Permanente (FERREIRA NETO, 2018). Trata-se de um conjunto de conhecimentos e estratégias que possui o intuito de planejar ambientes

humanos sustentáveis e produtivos, integrando seus diferentes componentes em equilíbrio e harmonia com a natureza (MOLLISON, 1994 apud FERREIRA NETO, 2018). Mollison (1994) classifica estes componentes da seguinte forma: Componentes do local (água, terra, paisagem, clima, plantas), Componentes energéticos (tecnologias, conexões, estruturas, fontes), Componentes Sociais (apoio legal, pessoas, cultura, comércio e finanças), Componentes abstratos (tempo, dados, ética). Dentro destes componentes, existem três princípios éticos: cuidar da terra, cuidar das pessoas e cuidar do futuro. A aplicação destes princípios, na prática, culmina no “design permacultural”, onde os diferentes componentes energéticos são distribuídos pelo território em harmonia com os componentes do local, de acordo com sua intensidade de uso e fluxo eficiente de energias. Cada elemento deve, preferencialmente, cumprir o maior número de funções possível, otimizando o sistema e seus processos. (MOLLISON, 1994)

A partir destes princípios, da análise do terreno e seus condicionantes foram pensadas estratégias de projeto considerando um planejamento espacial dividido em 3 fases temporais, que representam processos de sucessão natural de infraestrutura e da biodiversidade. Cada fase considera aspectos sociais, econômicos e ambientais relacionados ao lugar e incluem:

- FASE 1: Manter a vegetação nativa existente e aumentar margem arborizada nas bordas das encostas; Demolir/reciclar estruturas em estado degradado e ociosas, e reformar estruturas existentes de apoio aos funcionários, trazendo maior conforto e eficiência energética aos espaços construídos; Implementar dispositivos de geração de energia, como biodigestor rural e painéis fotovoltaicos;
- FASE 2: Transformar áreas cultiváveis e com solo já impactado em módulos experimentais de cultivo com Sistema Agroflorestal (SAF), mantendo apenas plantações não híbridas ou não transgênicas e introduzindo novas espécies que contribuam para a bio diversificação;
- FASE 3: Implantar novas estruturas de apoio aos visitantes em áreas com topografia e vegetação natural já impactadas; Explorar os visuais para o Vale do Rio das Antas ao norte e sudoeste com mirantes de contemplação e observação de vida selvagem; Implementar rota de visitação que passe por pontos de interesse ecopedagógico e atravesse as diferentes zonas.

3.1. Macrozoneamento

Além das intervenções serem pensadas em fases de implantação, estas foram distribuídas de acordo com o zoneamento ecológico proposto por Mollison (1994), vide tabela 1 e mapa do macrozoneamento, figura 2. A tabela 1 contém o programa de necessidades geral da proposta, incluindo estruturas: (a) existentes a serem mantidas sem intervenções; (b) existentes requalificadas e (c) aquelas que foram construídas e/ou implementadas.

Tabela 1: Distribuição do programa de necessidades, considerando as cinco zonas da permacultura (MOLLISON, 1994). Fonte: elaborado pelos autores.

| | ZONA 0 | ZONA 1 | ZONA 2 | ZONA 3 | ZONA 4 | ZONA 5 |
|--|---|---|--|--|---|--|
| COMPONENTES ENERGÉTICOS: ESTRUTURAS | Casa dos trabalhadores rurais (2) Centro de visitantes (3) contendo: refeitório, sala múltiplo uso, estufas, banco de sementes, setor administrativo, alojamento temporário para alunos e mirante sudoeste | Galpão agrícola (3) contendo: carpintaria e armazenamento de máquinas e equipamentos agrários | Depósitos(1) Fábrica de ração(1) Aviário (1) | Armazéns de forragem(1) Abrigos para os animais não humanos(1) | Mirante norte(3) | |
| COMPONENTES DO LOCAL: PLANTAS E ANIMAIS | Temperos e ervas(3) Hortaliças e legumes(3) Jardins naturalistas(3) | Cobertura vegetal seca(3) Árvores produtivas de pequeno porte(3) Legumes e hortaliças(3) Galinhas soltas(1) Abelhas sem ferrão(3) | Cobertura vegetal seca Plantio denso(3) Pomares de médio porte(3) Vaca de leite(3) Aves de postura(1) Peixes(1) | Pomares não podados(3) Pastagem(1) Quebra ventos(1) Gado(1) Ovinos(1) Caprinos(1) | Plantas semi-manejadas(3) Árvores de grande porte(3) Agrofloresta | Zona sem interferência: vida selvagem(1) trilhas ecológicas* |
| COMPONENTES ENERGÉTICOS: TECNOLOGIAS E FONTES | Cisterna(3) Painéis fotovoltaicos(3) | Saneamento ecológico(3) Composteira(3) Biodigestor(3) | Açudes - lagos artificiais(1) | Açudes - lagos artificiais(1) | Madeira(3) | |

Estas estruturas estão distribuídas ao longo de cinco zonas, de acordo com as análises preliminares e com as premissas do Design Permacultural. Na proposta do novo macrozoneamento do terreno, figura 2, pode-se observar a divisão em módulos experimentais distribuídos ao longo das cinco zonas. Estas zonas consideram as distâncias percorridas, a hierarquia de usos e de manutenção dos sistemas.



Figura 2: Mapa de macrozoneamento da proposta de regeneração. Fonte: elaborado pelos autores.

O conjunto da paisagem foi pensado para ser um local de experimentação e reflexão, uma biblioteca a céu aberto, contendo diferentes exemplos de soluções baseadas na natureza, aplicadas desde o plano de uso do sítio, no design dos sistemas agroecológicos e nos edifícios. Desta forma, cria-se um percurso de aprendizagem com um raio de aproximadamente 230 metros, denominado “Rota ecopedagógica”, figura 3, que transpassa entre as diferentes zonas e escalas, permeando entre espaços externos da paisagem rural e internos aos edifícios.

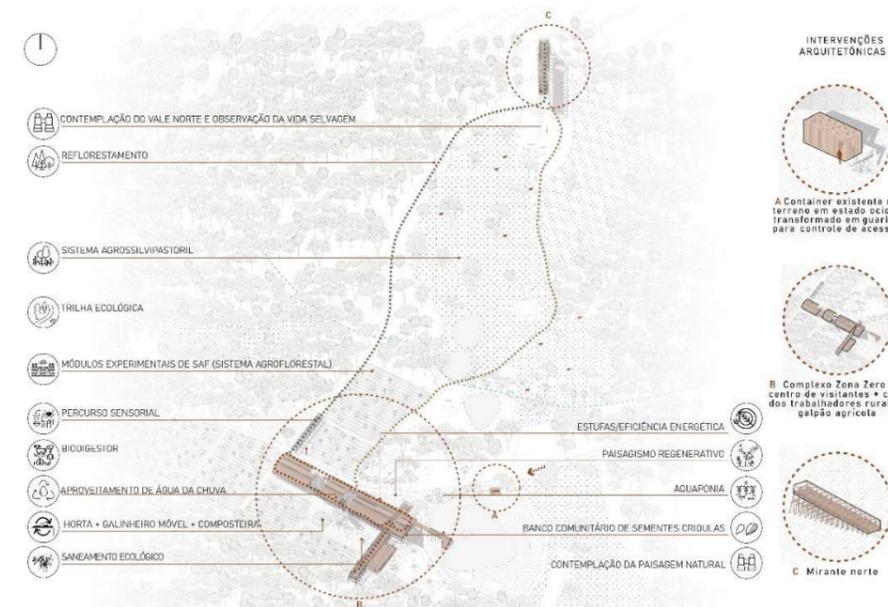


Figura 3: Rota ecopedagógica. Fonte: elaborado pelos autores.

3.2. Complexo Zona Zero e Um

O local que concentra as atividades centrais da estação é denominado “Complexo Zona Zero e Um”, vide figura 4, ocorrem as principais intervenções no ambiente construído. Após levantamentos de patologias das edificações existentes, foram propostas as demolições e a reciclagem dos edifícios ociosos e com estrutura comprometida. Também foi possível identificar as estruturas que poderão ser reaproveitadas na nova proposta, mantendo suas fundações em concreto armado e algumas paredes externas em alvenaria autoportante. A partir da observação dos eixos existentes, dos enquadramentos visuais, e do percurso solar, as ampliações seguem sobre o solo já impactado em uma malha de aproximadamente 3m x 3m, identificada nas pré-existências. A leitura da coordenação modular existente pautou a expansão do programa, para dar continuidade ao conjunto em um sistema modular que remete as estruturas de crescimento contínuo como os “mat-building” de Smithson (1974).

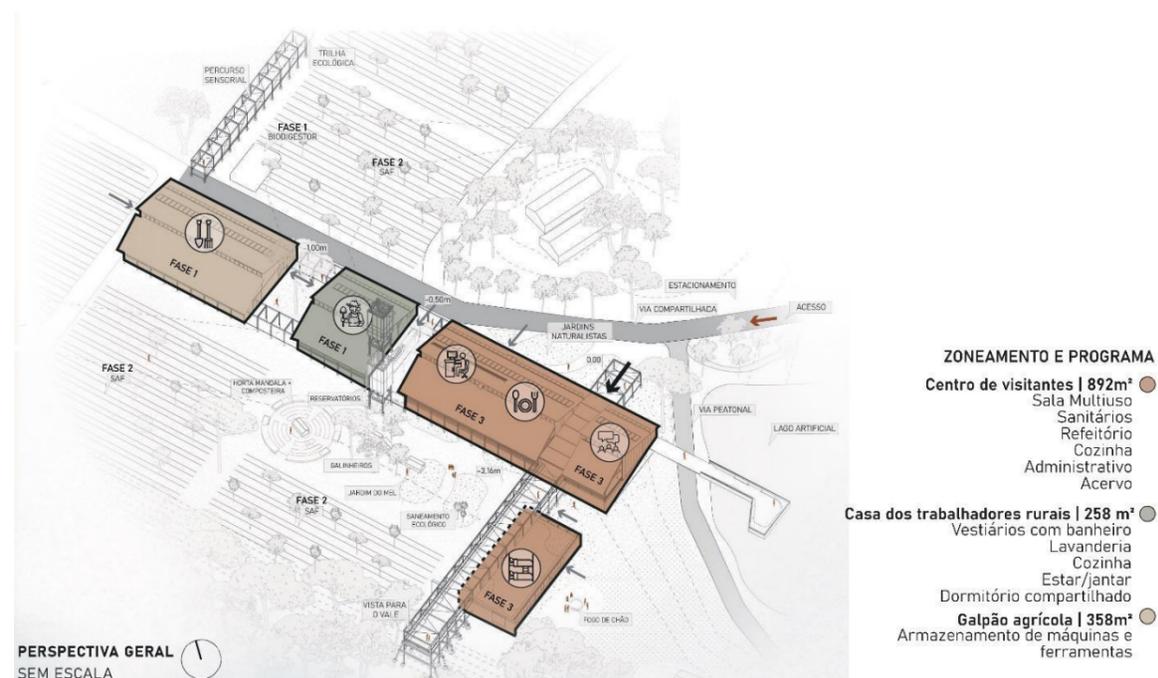


Figura 4: Axonométrica de implantação do Complexo Zona Zero e Um. Fonte: elaborado pelos autores.

Na fachada nordeste, estufas acopladas às edificações atuam não somente na produção de alimentos e eficiência energética, mas trazem também unidade ao complexo junto da base de deck de madeira e de coberturas padronizadas que repousam sobre as edificações novas e reformadas, apoiadas sobre uma estrutura de madeira que acontece tanto nos espaços abertos quanto fechados, vide figura 5.



Figura 5: Perspectivas das fachadas do complexo Zona Zero e Um. Fonte: elaborado pelos autores.

3.2.1. Produção de alimentos

As estufas e hortas desempenham um papel bastante importante também no âmbito da sustentabilidade social, pois além de servirem como ferramentas de ensino, geram frutas, legumes e hortaliças livres de agrotóxicos que são consumidos na própria estação, podendo o excedente ser doado às escolas públicas da cidade para a merenda escolar.



Figura 6: Produção de alimentos no Complexo Zona Zero e Um. Fonte: elaborado pelos autores.

3.2.2. Gestão de resíduos

As fezes dos animais da estação são utilizadas em um biodigestor de 108m³, onde é gerado biogás que pode ser aproveitado nas cozinhas e aquecedores, figura 7. Já as águas servidas (cinzas e pretas) são encaminhadas para o saneamento ecológico, onde, após passar pelas fossas sépticas, são encaminhadas aos filtros anaeróbios plantados, e por fim ao círculo de bananeiras, onde parte da água é absorvida pelo solo e parte absorvida pelas raízes das bananeiras.

3.2.3. Aproveitamento da água

O sistema de coleta de água pluvial, figura 7, nas coberturas e armazenamento em cisternas permite que a mesma seja utilizada para irrigação das plantas e descarga dos sanitários. Os lagos artificiais existentes, também podem contribuir na irrigação das plantações em épocas de estiagem. Além disso, recomenda-se uma sondagem do território para abertura de poço artesiano, a fim de minimizar a dependência do sistema no fornecimento de água potável.

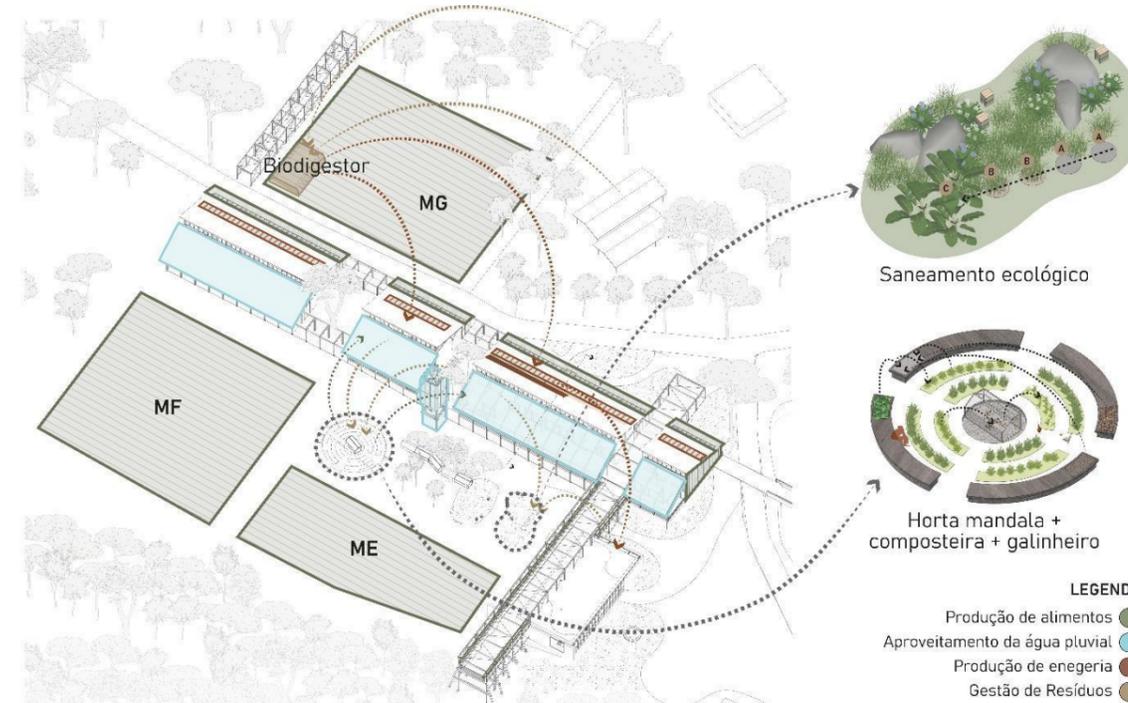


Figura 7: Sistema de soluções baseadas na natureza. Fonte: elaborado pelos autores.

3.2.4. Energia

A cobertura atua também como suporte para os painéis fotovoltaicos, que geram energia elétrica pelo sistema aberto, onde a energia gerada para o sistema é abatida da conta de luz. Já os coletores solares aquecem a água que é encaminhada ao boiler e reservatório na área técnica, para ser utilizada nos chuveiros do alojamento e casa dos funcionários.

Além disso, as edificações que compõem o Complexo Zona Zero e Um contam com estratégias passivas de iluminação, ventilação e aquecimento, tendo em vista as recomendações da carta psicrométrica para a região em que inserem-se, e o clima temperado do local. O partido formal, o posicionamento de aberturas e escolha de materialidade foram pensados a partir destas premissas desde a concepção do projeto. Devido às condições climáticas, dispositivos ativos de aquecimento também são adotados para complementar o conforto ambiental no inverno, como lareiras e fogão a lenha no alojamento e casa dos trabalhadores rurais.

No centro de visitantes e casa dos trabalhadores rurais, as paredes voltadas ao sudoeste possuem isolamento térmico em lã de ovelha, assim como a coberturas e os pisos, evitando perda de calor para o ambiente externo. Na fachada de maior incidência solar, neste caso nordeste, estão as estufas, que auxiliam no aquecimento de dias frios, graças às suas vedações em policarbonato que permitem passagem de radiação solar e piso de pedra que atua na inércia térmica. No alojamento, o sombreamento ao noroeste, isolamento com lã de ovelha nas paredes e pisos e uma cobertura verde garantem o conforto térmico. Nos dias mais quentes, as aberturas permitem a ventilação natural, onde os usuários podem controlar as condições de conforto conforme suas necessidades, figura 8.

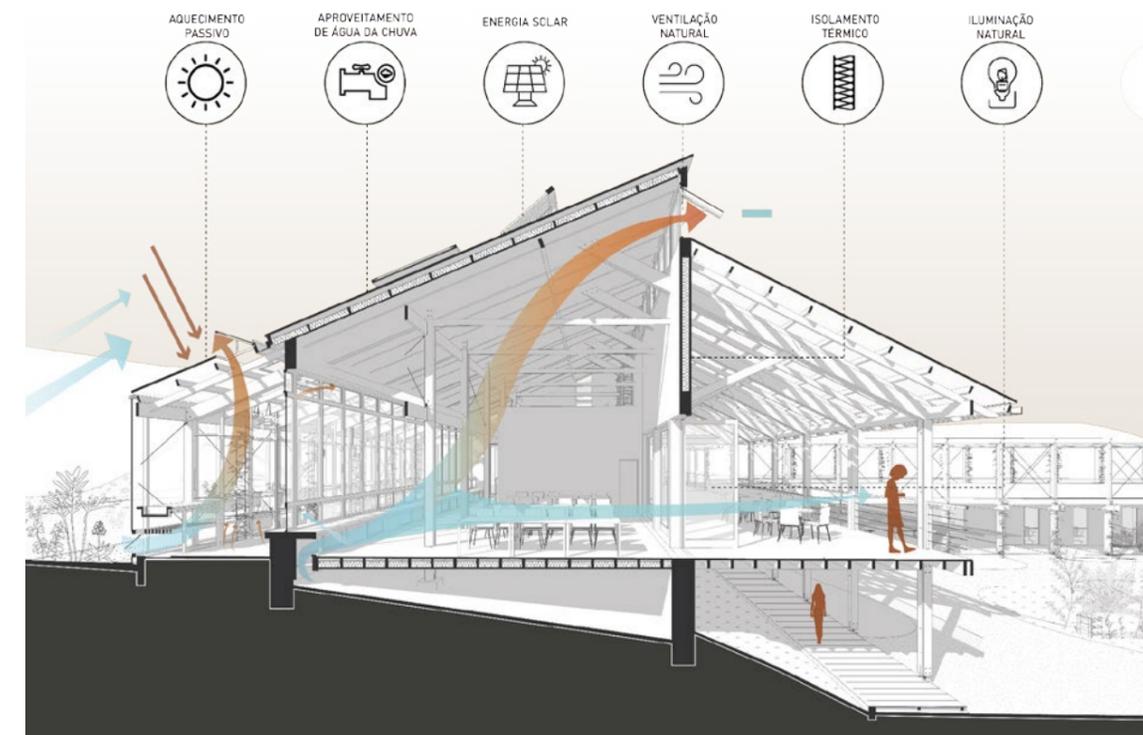


Figura 8: Soluções de arquitetura bioclimática. Fonte: elaborado pelos autores.

3. Conclusão

A partir da pesquisa bibliográfica, este artigo apresentou a importância de agroecossistemas sustentáveis no processo de regeneração das paisagens rurais. A fim de identificar estratégias para a implementação deste processo, utilizou-se como estudo de caso uma estação experimental existente, localizada na zona rural da serra gaúcha, ligada a uma instituição de ensino onde alunos dos cursos relacionados à agropecuária realizam atividades práticas. Nas análises do lugar, não foi identificada nenhuma iniciativa de autonomia energética ou gestão de resíduos, tampouco de práticas agrícolas ecológicas. Sendo assim, verificou-se neste lugar a oportunidade de projeto de regeneração da paisagem, servindo como exemplo de aplicação de soluções baseadas na natureza desde a escala macro até a arquitetônica.

As premissas do design permacultural (MOLLISON, 1994), que propõem a otimização do sistema através da setorização do território ao longo de cinco zonas, mostraram-se como uma importante ferramenta para o planejamento territorial rural, e permearam toda a proposta de intervenção. Desta forma, a área das zonas destinadas às plantações foi dividida em diferentes módulos experimentais de cultivo agroecológico, distribuídos de acordo com suas características físico-geográficas e com a zona em que estão inseridos. Neste sentido, a implementação da transição em diferentes fases temporais fez-se necessária, já que o processo de regeneração da paisagem engloba elementos vivos que dependem do tempo da natureza, que difere do tempo dos elementos arquitetônicos. Além disso, a observação da influência do sol, dos ventos e da topografia refletiram-se de maneira significativa nas estratégias de



implantação e de arquitetura bioclimática, garantindo uma ocupação territorial estratégica com otimização de meios e economia de recursos em todas as escalas.

Por fim, entende-se que este estudo pode oferecer subsídio sobre estratégias projetuais de planejamento e regeneração de territórios rurais, conscientes sobre a relação da necessidade de práticas agrícolas sustentáveis com os Objetivos de Desenvolvimento sustentável da ONU frente aos desafios sociais e climáticos da atualidade.

Referências

- ALTIERI, Miguel. A. Agroecologia, Agricultura camponesa e Soberania alimentar. **Revista Nera**, [S. l.], n. 16, p. 22–32, 2012. DOI: 10.47946/rnera.v0i16.1362. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/nera/article/view/1362>. Acesso em: 25 fev, 2023.
- BOFF, Leonardo. Sustentabilidade: tentativa de definição. **Jornal do Brasil**, 2012. Disponível em: <https://www.mobilizadores.org.br/wp-content/uploads/2014/05/sustentabilidade-tentativa-de-definio.pdf>. Acesso em: 04 abr 2022.
- CAPORAL, Francisco Roberto e COSTABEBER José Antônio. **Agroecologia: Alguns conceitos e princípios**, 2004. Disponível em: <https://www.fca.unesp.br/Home/Extensao/GrupoTimbo/Agroecologia-Conceitoseprincipios.pdf>. Acesso em 20 fev, 2023.
- EMBRAPA, Bento Gonçalves. Disponível em: <https://www.embrapa.br/uva-e-vinho/dados-meteorologicos/bento-goncalves>. Acesso em 04 abr 2022.
- FERREIRA NETO, Djalma Nery. **Uma alternativa para a sociedade: caminhos e perspectivas da permacultura no Brasil**, [s.n.], São Carlos, 2018.
- MOLLISON, Bill; SLAY, R, M. **Introdução à Permacultura**. Tradução: André Soares. PNFC, MA, Fundação Daniel Efraim Dazcal, Brasília, 1998.
- NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**, 2012. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em 27 fev, 2023.
- PRIMAVESI, Ana Maria. Técnicas de cultivo na Agricultura Ecológica. **Revista Attalea Agronegócios**, [S. l.], nº 143, p. novembro, 2018.
- SMITHSON, Alison. How to recognise and read Mat Building. **Architectural Design**, vol. 9, (sept. 1974), pp. 573-590. Reino Unido, 1974.
- WAHL, Daniel Christian. **Design de culturas regenerativas**. Bambual Editora LTDA, 2020.
- YIN, Robert K. Estudo de caso: planejamento e método. Translation: Cristhian Matheus Herrera. **Edition-Porto Alegre: Bookman**, 2015.

Avaliação da iluminância no Centro de Pesquisa e Educação Científica da Universidade Estadual de Goiás de acordo com as normas brasileiras

Evaluation of illuminance at the Center for Research and Scientific Education at the Goiás State University of according to brazilian standards

Grace Kelly do Nascimento Silva Santiago, Arquiteta e Urbanista, UEG

gracesantiago.arq@gmail.com

Haroldo Dias Flauzino Neto, Arquiteto e Urbanista, Mestre em Projeto e Cidade, UFG

haroldodiasflauzino@gmail.com

Fabiolla Xavier Rocha Ferreira Lima, Arquiteta e Urbanista, Doutora em Arquitetura e Urbanismo, UFG

fabiolla_lima@ufg.br

Pedro Henrique Gonçalves, Arquiteto e Urbanista, Doutor em Estruturas e Construção Civil, UFG

pedrogoncalves@ufg.br

Resumo

Possuir conhecimento sobre medidas e recursos de iluminância é essencial para o estabelecimento de parâmetros de projeto em arquitetura diante de um viés amplamente discutido sobre manutenção e concepção do conforto visual. O uso correto de iluminação natural e artificial proporciona a sensação de bem-estar e aumento da nitidez visual. Os instrumentos preconizadores e de orientação para este estudo, como por exemplo, as normas da NBR 15215/4 (ABNT, 2003) e NBR 8995/1 (ABNT, 2013), levam em consideração a avaliação pós-ocupação, uma vez que se tornam norteadores com relação à iluminação ideal para as necessidades humanas e o uso específico do ambiente, evitando risco à saúde dos usuários. Alternativas para otimização da iluminação incluem uso de barreiras de proteção das vidraças e avaliação e estudo do entorno imediato e, sempre que possível, prever o dinamismo da paisagem. Tem-se como objeto de análise uma sala de aula do Centro de Pesquisa e Educação Científica (CEPEC) da Universidade Estadual de Goiás (UEG).

Palavras-chave: Conforto lumínico; Avaliação pós-ocupação; Conforto visual.

Abstract

Having knowledge about illuminance measurements and resources is essential for establishing design parameters in architecture in the face of a widely discussed bias on maintaining and designing visual comfort. The correct use of natural and artificial lighting provides a sense of well-being and increased visual clarity. The recommending and guiding instruments for this study, such as the standards of NBR 15215/4 (ABNT, 2003) and NBR 8995/1 (ABNT, 2013), take into account the evaluation post-occupation, since they become guidelines regarding the ideal lighting for human needs and the specific use of the environment, avoiding risk to the health of users. Alternatives for optimizing lighting include the use of glass protection barriers and evaluation and study of the immediate surroundings and, whenever possible, predicting the dynamism of the landscape. The object of analysis is a classroom at the Research and Scientific Education Center (CEPEC) at the Goiás State University (UEG).

Keywords: *Lumine comfort; Post-occupation evaluation; Visual comfort.*

1. Introdução

Centros de Pesquisa e Educação Científica são estabelecimentos de apoio e assistência a pesquisadores que objetivam propiciar atenção a estudos laboratoriais ou em salas de aula compartilhadas. O Centro de Pesquisa e Educação Científica (CEPEC) da Universidade Federal de Goiás (UEG) foi implantado com o objetivo de promover a difusão do conhecimento na universidade e houve a necessidade de projetar um espaço específico para tais atividades, para assegurar a qualidade dos estudos a serem desenvolvidos com maior adequação física, espacial e de conforto ambiental.

O processo de ensino e aprendizagem entre aluno e professor devem ser considerados ao projetar um edifício de cunho educacional. São inúmeros os fatores que influenciam na assimilação do conteúdo e um dos principais é o conforto ambiental e suas frentes específicas, que asseguram a qualidade e o bem-estar do indivíduo. Diante deste contexto, é possível pontuar aspectos que conduzem para se refletir quanto às possibilidades e contribuições por meio de pesquisas sobre as condições de edifícios educacionais (KOWALTOWSKI, 2011).

Segundo Chvatal (2014), a luz natural no ambiente construído promove dinâmicas capazes de interferir na intensidade, no contraste e até mesmo na cor. A ineficiência de luz natural e/ou artificial podem interferir nos estudos e manuseios de equipamentos de pesquisa e até mesmo nas sensações de acolhimento, aconchego e permanência.

Este estudo tem como objetivo apontar diretrizes projetuais que proporcionem o conforto visual por meio de recursos de iluminância disponíveis e sua distribuição, sendo eles natural e/ou artificial das salas de aula do CEPEC/UEG. Explicitar tais estudos em detalhes compreende a necessidade de: (a) quantificar o potencial de luz no ambiente, por meio de monitoramento com equipamento (luxímetro); (b) avaliar a quantidade de iluminação natural e artificial da sala de aula; (c) analisar a necessidade de iluminação artificial, se as existentes atendem às normas e garantem qualidade visual no ambiente e (d) verificar as exigências específicas para o sistema de iluminação para salas de aula.

O presente estudo reforça a importância das normas no processo de projeção e aponta pontos relevantes de reflexão sobre o arquiteto possuir domínio e conhecimento sobre a área geográfica do objeto de estudo, além de promover reflexões na fase de concepção do projeto aliado ao conforto ambiental e principalmente, a intervenção do arquiteto no pós-ocupação para sanar problemas em projetos institucionais.

2. Revisão bibliográfica

2.1 Conforto visual e iluminação para salas de aula

Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (2014), para propor uma boa iluminação deve-se levar em consideração o tipo de atividade que será realizada para o bom desempenho de atividades humanas praticadas dentro de um edifício. É muito importante levar em consideração o conforto visual. Ele é responsável por garantir que o ser humano desenvolva atividades visuais com o máximo de perspicácia possível com menor esforço, evitando assim riscos à saúde e reduzindo acidentes.

Lamberts, Dutra e Pereira (2014), apontam que uma iluminância suficiente e bem distribuída, ausência de ofuscamento, contrastes adequados e bom padrão de sombras são aspectos de grande relevância a serem considerados e estes aspectos devem ser trabalhados em conjunto para se garantir uma boa iluminação. Segundo os autores, “A iluminação inadequada pode causar fadiga visual, dor de cabeça e irritabilidade, além de provocar erros e acidentes” (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014).

Uma característica marcante de uma boa iluminação é que ela passa despercebida. Ela é vital para uma boa comunicação entre professor e alunos e entre os próprios alunos também durante apresentações e trabalhos em grupos. Proporciona maior segurança em oficinas, laboratórios e pavilhões de esportes (LICHT.DE ©, 2023).

A boa iluminação aumenta a capacidade de concentração dos alunos, facilitando sua evolução acadêmica, podem ajudar na criação de um equilíbrio entre estimulação e relaxamento gerando bem-estar.

Segundo Licht.De © (2023), a disposição correta das luminárias e com a melhor escolha de iluminação, as salas podem ser utilizadas de forma flexível. A iluminação deve proporcionar boas condições para todos os usuários da sala sem influência da disposição das mesas ou cadeiras.

Todas as paredes devem ser bem iluminadas e a garantia de um brilho uniforme na sala é necessária, buscando evitar diferenças expressivas na luminância, que podem causar fadiga visual e redução da concentração.

A luz artificial (variável) deve complementar a luz do dia quando necessário. A instalação de cortinas e persianas e de luminárias com sistemas ópticos apropriados tem como objetivo reduzir o ofuscamento excessivo. Desta maneira, pode-se regular a incidência da luz do dia de acordo com a posição do Sol (LICHT.DE ©, 2023).

Na região da lousa deve haver luminárias reguláveis para a redução dos reflexos. Armários e prateleiras devem ser iluminados para que papéis e objetos sejam armazenados e localizados com maior facilidade. Luminárias suspensas com elementos de iluminação direta e indireta levam iluminação ao teto, criando uma iluminação espaçosa e agradável (LICHT.DE ©, 2023).

De acordo com as recomendações da NBR 8995/1 (ABNT, 2013), o ideal é considerar 500 a 750 lux para sala de aula com desenvolvimento de desenho técnico, para se obter bons resultados de trabalho. Também é a luminosidade ideal para salas de ensino prático e salas de escolas noturnas.

2.2 Avaliação pós-ocupação

Segundo ONO, ORNSTEIN, VILLA e FRANÇA (2018), avaliação pós ocupação tem como objeto central o ambiente construído. São percebidas as muitas variáveis que agem no ambiente, no comportamento humano e nas relações entre eles. Os usuários passam a maior parte do tempo no interior de edificações e desempenhos considerados inferiores, do ambiente construído, podem trazer prejuízo à qualidade de vida.

[...] a avaliação pós-ocupação (APO) é um procedimento que contribui para a comprovação correta da aplicação de princípios e conceitos em processo de projetos, seja em arquitetura, no urbanismo ou no design (ONO, WALBE, BARBOSA e LIMONGI 2018).

De acordo com ONO, ORNSTEIN, VILLA e FRANÇA (2018), as análises e recomendações provenientes da (APO), incluindo a avaliação do impacto ambiental de empreendimentos até a microavaliação pós-ocupação de ambientes específicos são baseadas em conhecimento da realidade urbana, através de levantamentos de campo que permitem a criação de bancos de dados e indicadores de qualidade.

[...] a avaliações devem contribuir para que a repetição de erros seja evitada e que novas soluções surjam [...] (ONO, ORNSTEIN, VILLA e FRANÇA 2018).

ONO, ORNSTEIN, VILLA E FRANÇA (2018), afirmam que as avaliações de APO têm como prioridade o conforto, saúde, segurança e satisfação de seus usuários, comprovados através das medições, simulações, observações e outras avaliações técnicas.

2.3 Normas e regulamentos voltados para iluminação

A NBR 8995/1 - Iluminação de ambientes de trabalho (ABNT, 2013), orienta que para um ambiente ter uma boa iluminação, deve-se considerar diversos fatores como: tipo de atividade que será exercida naquele determinado ambiente, a luz que incide no ambiente, se será somente artificial ou se tem iluminação natural, para avaliar se o ambiente sofre com ofuscamento ou falta de luz. Ela também determina alguns critérios que devem ser adotados no processo de projeção para garantir condições visuais adequadas, tendo como objetivo a

geração de um balanço razoável com uso de soluções energeticamente funcionais, e enumera todos os requisitos de iluminação em escritórios.

Dentre eles os principais são: 1) distribuição da luminância, 2) iluminância, 3) ofuscamento, direcionalidade da luz, 4) aspectos da cor luz e superfícies, 5) cintilação, 6) luz natural, 7) manutenção. Seguindo estes parâmetros é possível satisfazer os aspectos quantitativos e qualitativos além de promover um conforto visual promovendo um bom desempenho e transmitindo uma sensação de bem-estar (ABNT/2013).

A distribuição de luminância é responsável por coordenar o nível de adaptação dos olhos. É possível ampliar a nitidez visual e a sensibilidade ao contraste. Devem ser evitadas luminâncias muito altas devido ao risco de ofuscamento. Contrastes muito altos provocam fadiga visual. Luminâncias muito baixas culminam com áreas de trabalho sem estímulo. Enquanto a Iluminância corresponde à luz distribuída na superfície das áreas de trabalho e seu entorno imediato qual seu impacto e como os usuários percebem e realizam suas atividades de forma visual e confortável. As NBRS 15215/4 (ABNT, 2003) e 8995/1 (ABNT, 2013), indicam valores de iluminância que garantem a segurança de seus usuários.

O conceito de ofuscamento apresenta em sua teoria a sensação visual promovida por excesso de luminosidade. Pode ser devido a reflexões em superfícies especulares. Deve ser reduzido o ofuscamento buscando prevenção de erros, fadiga e acidentes. O ofuscamento deve ser reduzido por meio de proteção contra visão direta das lâmpadas ou por escurecimento de janelas por anteparos. A direcionalidade tem por objetivo destacar objetos, revelar texturas e otimizar a aparência das pessoas em uma determinada área.

Por fim, é possível classificar dois aspectos de cor pela seguinte subdivisão: 1) Uma lâmpada próxima à cor branca deve conter aparência de cor da própria lâmpada e 2) O poder de reprodução de cor. A aparência da cor pode ser definida pela temperatura da cor referida (luz emitida). Há uma divisão de três grupos de lâmpadas conforme suas temperaturas de cor correlata conforme a Tabela 01, abaixo:

Tabela 01: Temperatura de cor

| Aparência da cor | Temperatura de cor correlata |
|------------------|------------------------------|
| Quente | Abaixo de 3 300 k |
| Intermediária | 3 300 K a 5 300 K |
| Fria | Acima de 5 300 K |

Fonte: ABNT (2013).

A NBR 8995/1 (ABNT, 2013) disponibiliza uma tabela com a quantidade de lux ideal para cada tipo de ambiente. Neste estudo será considerado o item 22 (escritórios) da tabela: *Planejamento dos ambientes (áreas), tarefas e atividades com a especificação da iluminância, limitação de ofuscamento e qualidade da cor.* A tabela especifica que, para ambientes de escritório como estações de projeto assistido por computador, para escrever, ler ou processar

dados, deve-se adotar 500 lux de iluminância na superfície de estudo para atender às necessidades dos usuários.

A NBR 15215 (ABNT, 2003) - Iluminação natural - Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações - Método de medição estabelece diretrizes e métodos para verificação experimental das condições de iluminância e luminância para ambientes internos. A referida norma será detalhada no tópico seguinte.

3. Metodologia

Tem-se como objeto de estudo o Centro de Pesquisa e Educação Científica (CEPEC) da Universidade Estadual de Goiás (UEG), localizado na cidade de Anápolis, Rodovia BR-153, n. 3.105, Fazenda Barreiro do Meio (Figura 01). Este objeto de estudo trata-se de uma pesquisa experimental com uso de instrumentos e procedimentos técnicos, tais como um equipamento luxímetro da marca Mastech Ms6612 e softwares, como por exemplo, o Excel (onde foram geradas as tabelas. Groat e Wang (2013) definem a pesquisa experimental como uma tipologia de verificação de dados comum e frequente na sua utilização.



Figura 01: Estrutura física do Centro de Pesquisa e Educação Científica CEPEC/UEG. Fonte: Universidade Estadual de Goiás, 2021. Disponível em: www.ueg.br/cepec.

A coleta de dados objetiva pontuar critérios de Avaliação de Pós-Ocupação (APO), com intuito de avaliar o desempenho lumínico sob o ponto de vista técnico do CEPEC/UEG. Coletou-se dados através de medições *in loco* com variações de horários e observância direta. Antes da coleta de informações foram definidos: parâmetros, métodos, instrumentos, dados técnicos e subjetivos.

Os parâmetros usados no desenvolver da pesquisa para avaliação da luminosidade da edificação, definição dos dados para a coleta e locais e períodos presentes tiveram como referência a aplicação da NBR 15215 (ABNT, 2003) sobre Iluminação natural – Parte 4:

Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações – Método de medição, descritos a seguir.

Foram armazenados dados apenas de iluminação natural e artificial seguindo as recomendações da NBR 15215/4 (ABNT, 2003): a medição da iluminância deve ser utilizada na altura da superfície de trabalho (paralelas ou acima), em duas épocas do ano (solstícios de inverno e verão). A iluminância interna e externa devem ser medidas simultaneamente para obtenção do DF. A norma orienta uma quantidade mínima de pontos suficientes para caracterização do plano em análise. Para obtenção do número mínimo de pontos necessários para a avaliação do nível de iluminação natural (com erro inferior a 10%), deve ser determinado o índice do local (K). Para descobrir o K deve ser aplicada a fórmula que a norma disponibiliza na Tabela 02 e na equação abaixo.

Fórmula (K)

$$K = \frac{C.L}{Hm.(C+L)}$$

Tabela 02: Erros máximos aceitáveis

| Fator | Erro |
|-----------------------------|--------|
| Resposta espectral | 6% |
| Sensibilidade à temperatura | 1% / K |
| Resposta ao efeito cosseno | 3% |
| Resposta a linearidade | 2% |
| Acurácia | 10% |

Fonte: NBR 15215/4 (ABNT, 2003).

Esse índice mostra o número mínimo de pontos a serem medidos, buscando melhorar a iluminância do ambiente. O ambiente deve ser dividido em áreas iguais com o formato de um quadro. A iluminância E é medida no centro de cada área. Pontos muito próximos às paredes devem ser evitados com afastamento de no mínimo 0,5 m.

De acordo com a NBR 15215/4 (ABNT, 2003) a medição da iluminância externa horizontal deve ser realizada com mínimo de obstrução possível em áreas de sombra. O luxímetro deve estar protegido da incidência dos raios advindos diretos do Sol. Em linhas gerais, analisar a iluminância nos proporciona a possibilidade de constatar a melhor combinação entre iluminação e localidade. São distintas as funções da iluminação externa, o que possibilita iluminar a sala de aula, por exemplo, de forma específica, seja para o ambiente todo ou um local específico, procedimento que objetiva viabilizar o uso do espaço e de equipamentos de estudo.

A NBR 15215/4 (ABNT, 2003) sugere que para avaliar o brilho das superfícies de trabalho e de seu entorno devem ser feitas as medidas de luminância como sugerido a seguir:

a) medir luminâncias na área central de desenvolvimento da atividade visual; b) medir luminâncias nas áreas adjacentes que influenciam no desenvolvimento da atividade visual; c) medir luminâncias de superfícies muito brilhantes mesmo que não estejam dentro do campo visual de 120°; d) determinar as luminâncias mesmo quando a superfície, dentro do ângulo sólido de 60° ou de 120°, estiver em um plano diferente daquele da superfície de trabalho; Recomenda-se ainda: a) direcionar o sensor para a superfície ou objetos em estudo, certificando-se que estejam contidos no ângulo sólido do sensor; b) certificar-se que o sensor esteja o mais próximo possível do que seria a posição dos olhos do ocupante do posto de trabalho NBR 15215/4 (ABNT, 2003).

As medições foram feitas no dia 24 de janeiro de 2023 (solstício de verão), na sala 03 do bloco 2 do CEPEC/UEG (Figuras 02, 03 e 04). A primeira avaliação foi feita às 11h e as subsequentes foram feitas com intervalo de 3h, sendo a última às 20h. Em sequência, tem-se os parâmetros recomendados pela norma NBR 15215/4 (ABNT, 2003), foi aplicada uma malha dentro da sala de aula com metragem de 42,48m².

Foi obtido um número mínimo de (K): 16 pontos, descritos na Tabela 03.

Tabela 03: Distribuição de pontos para medições

| K | Número de Pontos |
|----------------|------------------|
| K < 1 | 9 |
| 1 K < 2 | 16 |
| 2 K < 3 | 25 |
| K 3 | 36 |

Fonte: NBR 15215/4 (ABNT, 2003)

Foram considerados 26 pontos para manter uma divisão proporcional conforme a NBR 15215/4 (ABNT, 2003). Os pontos ficaram com 0,50 cm de afastamento das paredes no eixo Y e distâncias de 1,20 e 1,52 no eixo X. Foi considerado o plano de superfície de trabalho para avaliação H_m: 0,76.



Figura 02: Planta Bloco 2 CEPEC e Planta de Distribuição de pontos. Fonte: Universidade Estadual de Goiás, 2021. Disponível em: www.ueg.br/cepec.



Figura 03: Foto externa edifício. Fonte: elaborado pelos autores.



Figura 04: Foto interna da sala estudada. Fonte: elaborado pelos autores.

4. Resultados

Com base nos dados coletados foram geradas planilhas para avaliação dos resultados. As planilhas representam a variação de luminância do plano em estudo. A cada intervalo foi considerada a medição externa e a medição interna com, e sem, interferência de luz artificial.

Analisando a Tabela 04 e relacionando-as com as outras, observa-se que a parte da manhã é o período em que a sala recebe maior intensidade solar. A quantidade de luminosidade recebida nos planos de trabalho é intensa pois o edifício está posicionado de forma que sua fachada principal seja nascente. O edifício também recebe interferência solar proveniente do reflexo do espelho d'água na parte externa. Comparando as tabelas dos outros horários, essa é a com maior intensidade de luminosidade tanto interna quanto externa.

Tabela 04: Levantamento de dados às 11h

| AVALIAÇÃO 11 H | | | |
|-----------------------------------|--------|--------|-------|
| Iluminação Natural | 660 | 618 | |
| 1.050 | 1.090 | 950 | 846 |
| 1.172 | 1.169 | 1.064 | 1.019 |
| 1.508 | 1.679 | 1.505 | 1.487 |
| 2.400 | 2.600 | 2.450 | 2.440 |
| 4.480 | 5.110 | 5.050 | 4.150 |
| 9.600 | 10.270 | 10.250 | 6.810 |
| Iluminação Externa: 18.000 | | | |

| AVALIAÇÃO 11 H | | | |
|-----------------------------------|--------|--------|-------|
| Natural +Artificial | 984 | 830 | |
| 1.333 | 1.548 | 1.210 | 1.172 |
| 1.613 | 1.616 | 1.548 | 1.309 |
| 1.987 | 2.010 | 1.930 | 1.943 |
| 2.920 | 2.950 | 2.850 | 2.770 |
| 4.800 | 5.560 | 5.510 | 4.660 |
| 10.300 | 10.670 | 11.080 | 7.420 |
| Iluminação Externa: 18.100 | | | |

Fonte: elaborados pelos autores.

| AVALIAÇÃO 20 H | | | |
|---------------------------------|-----|-------|-----|
| Artificial | 233 | 162,4 | |
| 306 | 360 | 316 | 228 |
| 328 | 358 | 349 | 273 |
| 269 | 313 | 309 | 277 |
| 305 | 338 | 335 | 283 |
| 273 | 320 | 285 | 262 |
| 223 | 269 | 274 | 22 |
| Iluminação Externa: 0.16 | | | |

Fonte: elaborados pelos autores.

A Tabela 05 com as medições feitas às 14 horas tem variações muito próximas à da Tabela 04. Observa-se que baixou minimamente a intensidade de luz dentro da sala. Mesmo com a diminuição dos valores, ainda continuam fora das orientações da NBR 8995/1 (ABNT, 2013) e ultrapassam os 500 lux, causando luminância intensa aos olhos dos usuários.

Tabela 05: Levantamento de dados às 14h

| AVALIAÇÃO 14 H | | | |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|
| | 527 | 486 | |
| 833 | 821 | 632 | 596 |
| 822 | 829 | 805 | 765 |
| 1.037 | 976 | 1.085 | 1.027 |
| 1.796 | 1.898 | 1.838 | 1.755 |
| 3.210 | 4.510 | 3.930 | 3.290 |
| 6.650 | 7.500 | 8.530 | 5.330 |
| Iluminação Externa: 14.300 | | | |

| AVALIAÇÃO 14 H | | | |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|
| Natural +Artificial | 819 | 685 | |
| 1.161 | 1.205 | 920 | 806 |
| 1.195 | 1.214 | 1.175 | 1.053 |
| 1.429 | 1.555 | 1.380 | 1.342 |
| 1.968 | 2.150 | 2.050 | 2.010 |
| 3.450 | 4.100 | 3.990 | 3.400 |
| 5.280 | 8.450 | 9.090 | 6.050 |
| Iluminação Externa: 14.300 | | | |

Fonte: elaborados pelos autores.

Na Tabela 06 ao comparar os dados de medição, notou-se que com as luzes apagadas a sala em boa parte não atinge 500 lux. O fundo da sala de aula começa a escurecer e próximo à janela ainda continuam intensos os pontos de iluminância, o que ultrapassa as recomendações da NBR 8995/1 (ABNT, 2013). Ainda na Tabela 05, constatou-se que às 17h, com as luzes acesas, a sala de aula obtém resultados mais aproximados do que é recomendado. No trecho onde está localizada a janela, os números continuam elevados, até mesmo pela ausência de cortinas ou película de proteção mais eficiente.

A última avaliação foi feita às 20h (Tabela 06) sem a presença da iluminação natural. Nesse sentido, foi possível analisar com precisão a iluminação artificial proposta para o ambiente. Observa-se que nenhum dos pontos atende à quantidade mínima de lux exigida pela NBR 8995/1 (ABNT, 2013) para atividades em sala de aula.

Tabela 06: Levantamento de dados às 20h

Devido à abertura muito extensa da janela ao fundo da sala e à ausência de cortinas, há recepção de grande intensidade de luminância. Com base nos dados coletados, pode-se concluir que a sala não atende à norma NBR 8995/1 (ABNT, 2013), pois apresenta excesso de luminosidade na maior parte do dia. Além disso, por não seguir os parâmetros recomendados pela norma, há prejuízo à nitidez visual e à sensibilidade ao contraste, causando reflexos nas superfícies e ofuscamento para os usuários.

O único horário em que os níveis estão mais próximos aos valores recomendados pela NBR 8995/1 (ABNT, 2013) é o das 17h, com as lâmpadas ligadas. Devido à movimentação do Sol, a sala tem um sombreamento maior, promovendo maior conforto aos usuários neste horário. Em boa parte do dia, os níveis de iluminância estão acima do valor recomendado pela norma, causando desconforto aos usuários. Outro fator que interfere na iluminância da sala consiste nos raios solares que batem no espelho d'água e refletem no ambiente, o que promove excesso de brilho e causa ofuscamento aos usuários.

5. Considerações finais

Com base nas análises das medições *in loco*, pode-se concluir que a distribuição dos pontos de iluminância na sala de aula variam de acordo com os horários, as condições climáticas e a orientação solar do edifício.

Com a finalidade de promover melhorias nas condições de iluminação natural e artificial da sala de aula do CEPEC deve-se utilizar recursos básicos de conforto visual e, na medida do possível, aumentar a eficiência para sistemas de iluminação. Deve-se trabalhar a redistribuição da iluminação artificial seguindo os parâmetros e preconizações que a NBR 8995/1 (ABNT, 2013) estabelece, com o objetivo de empregar as frentes de conforto necessárias para o edifício educacional analisado.

No período diurno observou-se um elevado índice de ofuscamento por ausência de barreiras ativas/passivas. No período noturno a quantidade de iluminância não é compatível com o que é preconizado pela NBR 8995/1 (ABNT, 2013) pois orienta um valor mínimo de 500 lux acima da superfície de trabalho. No período da manhã observa-se uma claridade



intensa na sala como um todo, no entanto, próximo às paredes, é mais intensa a iluminância. O meio é mais escuro, o que pode ser causado pela absorção das paredes brancas. No período da tarde, tem-se a presença de sombras na superfície das paredes e o centro da sala fica mais claro.

As limitações foram horários para acesso à sala sem interferência dos usuários. A NBR 15215/4 (ABNT, 2003) orienta fazer as medições em duas estações diferentes: solstício de inverno e solstício de verão. No estudo foi possível coletar dados apenas no solstício de verão. Recomenda-se fazer novas medições no solstício de inverno para comparação. Devem ser realizados estudos baseados em soluções e diretrizes para trabalhar o excesso de luminosidade, estudos para uma nova proposta de iluminação, com objetivo de atender ao período noturno de forma mais eficiente. Sugere-se também estudo de avaliação de condições térmicas.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15215/4** Iluminação natural – Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações – Método de medição. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8995/1** – Iluminação de ambientes de trabalho. Parte: 1 interior. Rio de Janeiro, 2013.

CHVATAL, Karin M. S. **Avaliação do procedimento simplificado da NBR 15575 para determinação do nível de desempenho térmico de habitações**, Ambiente Construído: v. 14 n. 4 (2014): Edição Especial Avaliação de Desempenho de Produtos e Sistemas Construtivos Inovadores.

GROAT, Linda; WANG, David. *Architectural research methods*. 2ª ed. New Jersey: Wiley, 2013.

KOWALTOWSKI, Doris C. C. K. **Arquitetura escolar: o projeto do ambiente de ensino**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 13-14p. ISBN 9788579750113.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência energética na arquitetura**. 3ª ed. Rio de Janeiro, 2014.

LICHT.DE © 2023. **Licht Wissen 02 Good Lighting for a Better Learning Environment**. Editora Christiane Kersting, Disponível em: <<https://www.licht.de/en/service/publications-and-downloads/lichtwissen/-series-of-publications>>. Acesso em: 20 fev. 2023.

ONO, Rosana, ORNSTEIN Walbe Sheila, VILLA Barbosa Simone, FRANÇA Limongi Galbiatti Judite Ana. **Avaliação pós-ocupação: na arquitetura, no urbanismo e no design: da teoria à prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2018.

Caminhos para o Desenvolvimento Sustentável na Região do Baixo Paraíba do Sul

Paths for Sustainable Development in the Region of Low Paraíba do Sul River

Nayara Felix Barreto, Mestre em Engenharia Ambiental, Prefeitura Municipal de São João da Barra.

eng.nayarafelix@gmail.com

Thaís Nacif de Souza Riscado, Doutoranda em Modelagem e Tecnologia para Meio Ambiente Aplicadas em Recursos Hídricos, Instituto Federal Fluminense.

tnacif@gmail.com

Maria Inês Paes Ferreira, Pós-doutora em Gestão Integrada dos Recursos Naturais, Instituto Federal Fluminense.

ines_paes@yahoo.com.br

Resumo

No presente trabalho objetiva-se apresentar estratégias para promoção do desenvolvimento sustentável na Região Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana do estado do Rio de Janeiro (RH-IX/ERJ), a partir do resultado da aplicação de um sistema de indicadores denominado “avaliação de prosperabilidade”, desenvolvido à luz da Agenda 2030 da ONU, considerando a gestão integrada das águas como fio condutor para alcançar suas metas. Esse sistema funciona como ferramenta de apoio à decisão para gestores de recursos hídricos e combina sete dimensões da sustentabilidade com princípios associados à gestão integrada e participativa das águas. O sistema de indicadores foi desenvolvido a nível regional, partindo do caso da RH-VIII (Rio de Janeiro, Brasil) e do Distrito Regional de Nanaimo (Ilha de Vancouver, Canadá). No artigo aborda-se um exemplo de aplicação desta metodologia na RH-IX/ERJ. O sistema socioambiental (SSA) em estudo apresenta aspectos positivos, mas também fragilidades em relação aos princípios de sustentabilidade que compõem a avaliação de prosperabilidade, sendo propostas sugestões para superar os desafios detectados, aproveitando suas potencialidades.

Palavras-chave: Agenda 2030, ODS 6; Sustentabilidade; Gestão integrada de recursos hídricos

Abstract

The present work aims to present strategies to promote sustainable development in the Lower Paraíba

do Sul and Itabapoana Hydrographic Region of the state of Rio de Janeiro (RH-IX/ERJ), from the result of the application of a system of indicators called *thrivability appraisal*, specially developed in light of the UN 2030 Agenda, considering integrated water resources management as the main guideline to achieve its goals. This system works as a decision support tool for water resource managers and combines the seven dimensions of sustainability with principles associated with integrated and participatory water management procedures. The indicator system was developed at the regional level, starting from the case of RH-VIII (Rio de Janeiro, Brazil) and the Regional District of Nanaimo (Vancouver Island, Canada). The article presents an example of the application of this methodology in the RH-IX/ERJ, where the lower course of the Paraíba do Sul river basin is located. We conclude that the socio-environmental system (SSA) under study has positive aspects, but also weaknesses in relation to the sustainability principles that constitutes the *thrivability appraisal*, and suggest alternatives to overcome the detected challenges, taking advantage of its potential.

Keywords: 2030 Agenda, SDG 6; Sustainability; Integrated Water Resources Management.

1. Introdução

Para fins de gestão de recursos hídricos, o estado do Rio de Janeiro (ERJ) está dividido em nove Regiões Hidrográficas (Resolução CERHI-RJ nº 107 de 22 de maio de 2013), cada qual com o seu comitê de bacia (INEA, 2013). A Região Hidrográfica Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana ou RH-IX está situada no Norte-Noroeste do Estado do Rio de Janeiro, e foi definida pela Resolução nº 107/2013 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro – CERHI/RJ (CEIVAP, 2018), conforme apresentado na Figura 1.

A RH-IX compreende os municípios de Quissamã, São João da Barra, Cardoso Moreira, Italva, Cambuci, Itaperuna, São José de Ubá, Aperibé, Santo Antônio de Pádua, Natividade, Miracema, Laje do Muriaé, Bom Jesus do Itabapoana, São Francisco do Itabapoana, Porciúncula e Varre-Sai em sua totalidade e parcialmente os municípios Trajano de Moraes, Conceição de Macabu, Carapebus, Santa Maria Madalena, Campos dos Goytacazes e São Fidélis (INEA, 2013). A figura 2 apresenta os municípios que fazem parte da RH-IX, área de atuação do Comitê do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana (CBH BPSI).



Figura 1 – Mapa das Regiões Hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro - Fonte: INEA- RJ (2013).



Figura 2 – Área de atuação do CBH – Baixo Paraíba do Sul -Fonte: Comitê de Bacia do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana (2022).

Objetiva-se com este trabalho utilizar a metodologia de “avaliação de prosperabilidade”, baseada num sistema de indicadores composto por 49 parâmetros elencados em função de 7 princípios da sustentabilidade, para avaliar o sistema socioambiental (SSA) do Comitê de Bacia do Baixo paraíba do Sul e Itabapoana (CBH-BPSI), usando dados levantados junto ao Comitê por meio da aplicação de questionário e dados secundários obtidos por levantamento bibliográfico. Espera-se assim obter um diagnóstico das ações já realizadas pelo Comitê, verificar como se este vem contribuindo consistentemente para a conservação e gestão das águas em sua região hidrográfica e quais pontos são necessários melhorias, com vistas a alcançar o desenvolvimento sustentável em sua área de atuação.

2. Procedimentos Metodológicos

A avaliação da prosperabilidade é uma metodologia para avaliações ambientais que integra princípios de sustentabilidade (OSTRON, 2004) aos interesses norteadores da gestão de recursos comuns (LARSON, WIEK; KEELER, 2015), aplicando-os à gestão de bacias hidrográficas. Isso inclui reconhecer a relevância de áreas protegidas para práticas de conservação dos recursos hídricos, bem como a complexidade envolvida nos mecanismos de governança vinculados a sua gestão (FERREIRA et al., 2017; MACHADO et al., 2019; MAFORT et al., 2019).

O método alia uma abordagem que integra elementos associados à resiliência ecossistêmica com princípios de sustentabilidade de SSA (sistema socioambiental), em contextos de governança democrática, com o viés de redução da pobreza, vislumbrando a possibilidade de um modelo de desenvolvimento aderente aos ODS da Agenda 2030, pontuando sete princípios de sustentabilidade: 1. Integridade do SSA; 2. Eficiência e manutenção dos recursos; 3. Oportunidades de vida e sustento suficientes; 4. Engajamento da sociedade civil e governança democrática; 5. Equidade inter e intra-geracional; 6. Interconexão escalas local/nacional/global; e 7. Prevenção e adaptabilidade.

Três questões-chave de pesquisa orientaram a aplicação da metodologia em questão, no que diz respeito à percepção ambiental dos informantes-chave: “Quais são os aspectos ambientais percebidos que impactam negativamente as bacias hidrográficas e a biodiversidade?”; “Como prevenir a perda de biodiversidade em áreas não protegidas?”; e “Como proteger bacias hidrográficas relacionadas ao território em estudo?”. A sustentabilidade das bacias hidrográficas e a conservação ambiental estão intrinsecamente ligadas. Por isso é importante interpretar os dados recolhidos de forma a avaliar as principais barreiras, assimetrias, desafios de governança e impactos negativos sobre bacias hidrográficas e biodiversidade (FERREIRA et al., 2017).

A partir de características importantes para a gestão sustentável, integrada, descentralizada e participativa dos recursos hídricos, para cada um dos sete princípios de sustentabilidade Ferreira et al. (2017) propuseram um conjunto de quatro componentes e três testes de interesse comum descritos por Larson, Wiek e Keeler (2015), resultando num total de 49 parâmetros necessários à avaliação. Uma atribuição de notas variando de 0 a 20 é feita para cada componente, sendo assim, os princípios de sustentabilidade possuem três níveis de pontuação, de acordo com critérios específicos: 0 (situação socioambientalmente insustentável), 10 (situação intermediária em termos de desenvolvimento sustentável) e 20 (situação promotora do desenvolvimento sustentável, à luz da Agenda 2030 da ONU (MAFORT et al., 2019).

Além dos quatro subcomponentes principais, cada uma das sete dimensões da sustentabilidade que compõem o sistema de indicadores contempla ainda três testes de aderência aos interesses comuns, nos quais a pontuação 20 é obtida quando há aderência aos três testes, pontuação 10 para aderência a dois testes e pontuação 0 nos outros casos. Na figura 3, pode-se observar uma representação simplificada e funcional da metodologia descrita (MACHADO et al., 2019).

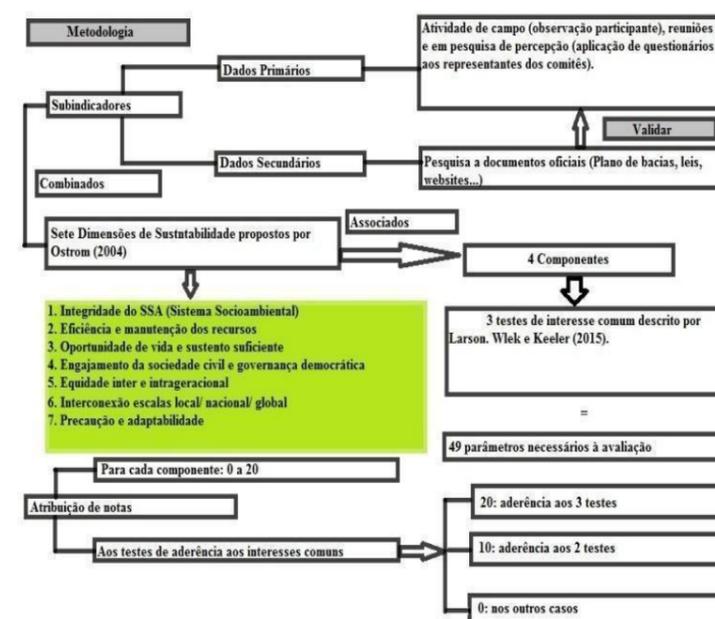


Figura 3 - Esquema metodológico da avaliação de prosperabilidade. Fonte: MACHADO et al. (2019).

A metodologia descrita emprega subcomponentes, pontuados via dados secundários e validados por meio de pesquisa de percepção ambiental com informantes-chave. O detalhamento dos critérios empregados para a atribuição dos pontos de cada subcomponente é descrito por Soares (2021). Os dados secundários empregados na pontuação da avaliação foram obtidos por meio de pesquisa a documentos oficiais, tais como o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro, o Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, Relatórios e Boletins do Instituto estadual do Ambiente (INEA-RJ), Revisão 03 do Produto Final 02 – Diagnóstico e Prognóstico da Região Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana, legislação ambiental de nível Federal e Estadual, pesquisa bibliográfica em trabalhos acadêmicos, entre outros (relatórios e notícias em: websites oficiais, órgãos ambientais, agências reguladoras e de recursos hídricos, empresas e organizações não governamentais).

Os dados primários que validam a pontuação dos subcomponentes basearam-se em aplicação de questionário semiestruturado respondido por 22 informantes-chave, pertencentes a diversas organizações envolvidas na governança colaborativa ambiental da região, e com atuação ou representação no CBH BPSI. O questionário foi composto por três seções. A primeira seção contemplou sete perguntas de informações gerais, tais como: idade, escolaridade, envolvimento organizacional, entre outros. A segunda seção foi composta por oito perguntas sobre a RH IX do ERJ e a terceira seção foi composta por cinco perguntas sobre o processo de tomada de decisão sobre a gestão dos recursos ambientais na RH IX. As repostas ao questionário (coletadas em 2019) serviram para validar a pontuação obtida por meio da pesquisa documental e bibliográfica realizada, e a pontuação final foi apresentada e validada pela Plenária do CBH-BPSI em 2022.

A pontuação final de cada princípio componente da avaliação de prosperabilidade foi interpretada com o auxílio de uma escala do tipo Likert, em cinco níveis, usualmente

empregada em trabalhos do campo de gestão integrada de recursos hídricos (MUNKHSULD et al., 2020) conforme apresentado na tabela 2: os princípios que tiveram como soma uma nota de 0 a 20 são considerados muito ruins, 30 ou 40 ruins, 50 ou 60 regular, 70 ou 80 bom e 90 ou 100 excelente no que diz respeito a sustentabilidade.

Tabela 1: Pontuação Final e Resultado da Análise com base na Avaliação da Prosperabilidade.

| Pontuação Final de Cada Princípio | Resultado da Análise |
|-----------------------------------|----------------------|
| De 0 a 20 | Muito Ruim |
| 30 ou 40 | Ruim |
| 50 ou 60 | Regular |
| 70 ou 80 | Bom |
| 90 ou 100 | Excelente |

Fonte: Autores (2022) - adaptado de Mulkhsould et al., 2020.

3. Aplicações e/ou Resultados

O Ministério do Meio Ambiente coloca a água na centralidade da Agenda 2030, entendendo o ODS 6 como promotor da “prosperidade sustentável” das sociedades humanas (MMA, 2018). Nesse contexto, a metodologia de avaliação da prosperabilidade é uma ferramenta alternativa que auxilia a gestão dos recursos hídricos à luz da Agenda 2030. O quadro 1 apresenta a atribuição de notas durante a aplicação da metodologia em questão para a RH-IX. A atribuição de notas com base nos sete princípios da sustentabilidade levou em conta a tabulação e à análise dos dados obtidos por meio dos questionários, que validaram a pesquisa documental.

Quadro 1: Resultado das atribuições de notas de acordo com a Metodologia da Prosperabilidade.

| PRINCÍPIOS | SUBCOMPONENTES E TESTES | NOTAS E ANÁLISES | INTERPRETAÇÃO COM O AUXÍLIO DE UMA ESCALA DO TIPO LIKERT |
|--|-------------------------|------------------|--|
| 1 Integridade do SSA | 1.1 | 20 | RUIM |
| | 1.2 | 0 | |
| | 1.3 | 0 | |
| | 1.4 | 0 | |
| | TESTE (i) | OK | |
| | TESTE (ii) | NÃO OK | |
| | TESTE (iii) | OK | |
| TOTAL = 30 | | | |
| 2 Eficiência e manutenção dos recursos | 2.1 | 20 | RUIM |
| | 2.2 | 20 | |
| | 2.3 | 0 | |
| | 2.4 | 0 | |
| | TESTE (i) | OK | |
| | TESTE (ii) | NÃO OK | |
| | TESTE (iii) | NÃO OK | |

| | | | |
|---|------------|--------|---------|
| 3 Existência de meios de subsistência e oportunidades suficientes | TOTAL = 40 | | RUIM |
| | 3.1 | 10 | |
| | 3.2 | 10 | |
| | 3.3 | 20 | |
| | 3.4 | 0 | |
| | TESTE (i) | NÃO OK | |
| | TESTE (ii) | NÃO OK | |
| TESTE (iii) | NÃO OK | | |
| TOTAL = 40 | | | |
| 4 Engajamento da sociedade civil e governança democrática | TOTAL = 40 | | REGULAR |
| | 4.1 | 20 | |
| | 4.2 | 20 | |
| | 4.3 | 10 | |
| | 4.4 | 10 | |
| | TESTE (i) | NÃO OK | |
| | TESTE (ii) | NÃO OK | |
| TESTE (iii) | OK | | |
| TOTAL = 60 | | | |
| 5 Equidade inter e intrageracional | TOTAL = 60 | | REGULAR |
| | 5.1 | 20 | |
| | 5.2 | 10 | |
| | 5.3 | 10 | |
| | 5.4 | 10 | |
| | TOTAL (i) | OK | |
| | TOTAL (ii) | NÃO OK | |
| TOTAL (iii) | NÃO OK | | |
| TOTAL = 50 | | | |
| 6 Interconectividade e entre as escalas local/nacional/global | TOTAL = 50 | | REGULAR |
| | 6.1 | 20 | |
| | 6.2 | 0 | |
| | 6.3 | 0 | |
| | 6.4 | 20 | |
| | TESTE (i) | OK | |
| | TESTE (ii) | NÃO OK | |
| TESTE (iii) | OK | | |
| TOTAL = 50 | | | |
| 7 Precaução e adaptabilidade | TOTAL = 50 | | RUIM |
| | 7.1 | 10 | |
| | 7.2 | 10 | |
| | 7.3 | 10 | |
| | 7.4 | 10 | |
| | TESTE (i) | NÃO OK | |
| | TESTE (ii) | OK | |
| TESTE (iii) | NÃO OK | | |
| TOTAL = 40 | | | |

Fonte: Autores (2019) - Elaborado de acordo com os resultados obtidos pela presente pesquisa, tendo como referências FERREIRA et al. (2017), Machado et al. (2019) e MAFORT et al. (2019).

No princípio “integridade do SSA”, as notas atribuídas consideraram os aspectos ambientais e impactos negativos a eles relacionados encontrados na pesquisa documental e evidenciados pelos resultados do questionário aplicado durante a pesquisa (Figura 4): a poluição doméstica, a erosão e assoreamento, o desmatamento, a ocupação irregular e o uso do solo.

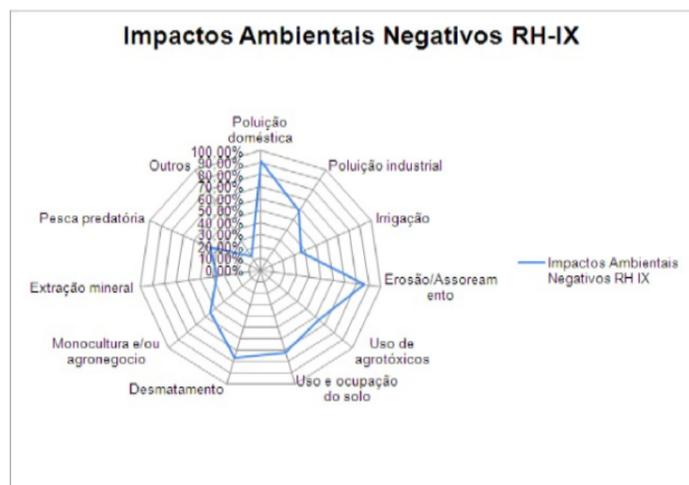


Figura 4: Os principais impactos ambientais negativos na RH-IX. Fonte: Autores (2019).

No princípio “eficiência e manutenção dos recursos” se obteve 20 pontos por existir monitoramento da água a longo prazo em múltiplos pontos na bacia hidrográfica, em função do sistema SIGA-CEIVAP. No caso da RH-IX, nem todos os usuários estão cadastrados e outorgados, sendo, portanto, atribuídos 10 pontos referente ao quesito de cadastro atualizado de usuários. Neste princípio também se encontra o subcomponente associado aos sistemas de tratamento de esgoto e instalações de saneamento básico. A RH-IX obteve pontuação intermediária neste quesito, assim como no subcomponente associado à existência de estratégias de enfrentamento das condições de escassez hídrica sazonal. A RH-IX não satisfaz simultaneamente às condições dos testes de interesse e por isso não pontuou.

Para os subcomponentes associados a existência de meios de subsistência e oportunidades suficientes, a RH-IX pontuou apenas no quesito da linha de pobreza, uma vez que a maior parte dos municípios que compõem a RH-IX apresentam um IDH entre 0.556 – 0.699, (IBGE/PNDU, 2010). Já em referência aos três testes de interesse comum, a RH-IX não pontuou.

O princípio engajamento da sociedade civil e governança democrática na RH-IX foi considerada regular. Foram obtidos 20 pontos nos subcomponentes relacionados à existência de arranjos de governança colaborativa. Contudo, pontuação intermediária foi atribuída tanto quanto ao envolvimento de todos os setores da sociedade, como às deficiências na comunicação eficiente dos comitês de bacia e de outros organismos de gestão ambiental com público em geral. A questão da comunicação também influenciou a não obtenção de pontuação nos testes associados a este princípio.

No princípio “equidade inter e intrageracional”, foram obtidos 20 pontos no subcomponente associado a legislação atual e nos subcomponentes associados ao caso de populações tradicionais, foram obtidos 10 pontos pois, apesar da pesca artesanal praticada a partir do Porto de Atafona ser uma importante atividade econômica na região, o cenário pesqueiro regional é afetado pela exploração de petróleo realizada na Bacia de Campos desde

a década de 1970 e pela erosão e consequente avanço do mar no litoral de Atafona desde a década de 1960 (FERNANDEZ et al., 2006; FALCÃO, 2013).

No princípio “interconectividade entre as escalas local/ nacional/global” foram obtidos 20 pontos no subcomponente associado a existência de programas específicos para Educação, estímulo à ciência cidadã nas ações de monitoramento ambiental construídos coletivamente em oficinas, de forma a envolver parcerias nacionais e/ou internacionais e 20 pontos no subcomponente associado rede hidrométrica e estações fluviométricas conectadas a sistemas interligados de informações regionais/nacionais de recursos hídricos. Em relação à aderência dos três testes de interesse comum, a RH-IX obteve aderência nos quesitos (i) e (iii).

Por fim, no princípio “precaução e adaptabilidade”, relacionado às políticas ambientais, a existência de um plano de bacia hidrográfica detalhado, foco em indicadores ambientais para garantir o fornecimento de bens e serviços do ecossistema e Unidades de Conservação da bacia hidrográfica criadas por legislação específica, foram contabilizados 10 pontos em cada item analisado e dos três testes de interesse comum, houve aderência apenas ao quesito (ii).

4. Conclusões

No presente artigo apresenta-se a avaliação da prosperabilidade como uma metodologia alternativa e holística. O emprego da avaliação de prosperabilidade à RH-IX comprovou a hipótese de que ela pode ser considerada como um sistema de indicadores de sustentabilidade que possibilita uma integrada dos sistemas socioambientais, sendo capaz de auxiliar gestores ambientais nos processos de decisão à luz da Agenda 2030 da ONU e tendo como foco a gestão participativa dos recursos hídricos e.

Em relação à pontuação atribuída a cada princípio e aos seus subcomponentes, pode-se concluir que os principais desafios da RH-XI são relacionados à integridade do SSA, à eficiência e manutenção dos recursos, à existência de meios de subsistência e oportunidades suficientes e à precaução e adaptabilidade. Com base nesses resultados, percebe-se a necessidade de propor e apoiar projetos de recuperação de mata ciliar, promover campanhas contra o desmatamento e incentivo ao reflorestamento, ampliar a rede de tratamento de efluentes domésticos e propor estratégias de valorização dos pescadores artesanais, criadores e pequenos produtores rurais, ofertando aos mesmos, apoio técnico científico em parceria com Universidades e acesso a programas de educação ambiental e recuperação de áreas degradadas. Em relação ao setor industrial, é importante a intensificação da fiscalização sobre atividades degradadoras e o cumprimento das medidas compensatórias estabelecidas nos processos de licenciamento ambiental. No tocante à precaução e à adaptabilidade, planejar e propor estratégias para enfrentar a escassez hídrica e as mudanças climáticas e ambientais é fundamental.

Referências

ANA - Agência Nacional de Águas (Brasil). **Alternativas organizacionais para gestão de recursos hídricos** /Agência Nacional de Águas. - Brasília: ANA, 2013.



AGEVAP. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul** – Resumo 2007. Disponível em: <<http://www.ceivap.org.br/downloads/cadernos/PSR-020-R0.pdf>>. Acesso em: 11 jun. 2020.

AGEVAP. **Relatório anual 2014**. Disponível em: <<http://agevap.org.br/conteudo/relatorio-de-atividades-agevap-2014.pdf>>. Acesso em: 07 jun. 2020.

AGEVAP. **Relatório de Gestão 2017: Comitê Baixo Paraíba do sul e Itabapoana**. Disponível em: <<http://cbhbaixoparaiba.org.br/downloads/relatorio-de-gestao-2017.pdf>>. Acesso em: 07 jun. 2020.

AGEVAP. **Relatório de situação da Bacia do Rio Paraíba do Sul**. 2018. Resende, RJ: CEIPAP. Disponível em: <<http://www.ceivap.org.br/conteudo/relsituacao2018.pdf>>. Acesso em: 11 jun. 2020.

AGEVAP. **Revisão 03 do Produto Final 02 – Diagnóstico e Prognóstico da Região Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana**. 2020. Disponível em: <http://www.sigaceivap.org.br:8080/publicacoesArquivos/ceivap/arq_pubMidia_Processo_591-2019_PFO2_BPSI.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2021.

ANDERIES, J.; JANSSEN, M.; OSTROM, E. A Framework to Analyze the Robustness of Social ecological Systems from an Institutional Perspective. **Ecology and Society**, v. 9, n. 1, 9 jun. 2004.

CBH BPSI, **Comitê da Bacia Hidrografia do Baixo do Paraíba do Sul e Itabapoana, Campos dos Goytacazes, RJ**, 2019: CBHBAXOPARAIBA. Disponível em: www.cbhbaixoparaiba.org.br/. Acesso em: 08 jul. 2020.

CEIVAP. **Relatório anual de acompanhamento das ações executadas com os recursos da cobrança pelo uso da água**. Resende, RJ: CEIVAP, 2015. Disponível em: <<http://ceivap.org.br/downloads/relatorio-anual-de-acompanhamento-pap-2015.pdf>>. Acesso em: 11 jun. 2020.

CEIVAP. **Relatório anual de mapeamento de fontes de recursos disponíveis**. Resende, RJ: CEIPAV, 2015. Disponível em: <<http://ceivap.org.br/downloads/relatorio-anual-de-mapeamento-de-fontes-de-recursos-disponiveis-2015.pdf>>. Acesso em: 11 jun. 2020.

CEIVAP. **Relatório de Diagnóstico 2018**. Resende, RJ: CEIPAV, 2015. Disponível em: <http://www.ceivap.org.br/conteudo/relsituacao2018.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2020.

CLARK, S. G.; VERNON, M. E. Governance Challenges in Joint Inter-Jurisdictional Management: The Grand Teton National Park, Wyoming, Elk Case. **Environmental Management**, v. 56, n. 2, p. 286–299, ago. 2015.

FALCÃO, H. G. **Conflito, Territorialidade e Mudança: Um Estudo sobre a Dinâmica na Pesca de Atafona - São João da Barra - RJ**. 2003. Dissertação - Universidade Federal Fluminense.

FERNANDEZ, G. B.; ROCHA, T. B.; PEREIRA, T. G.; FIGUEREDO JR, A. G. 2006. **Morfologia e Dinâmica da Praia entre Atafona e Grussaí, Litoral Norte do Estado do Rio de Janeiro**. VI Simpósio Nacional de Geomorfologia, GO, 2006.

FERREIRA, G. R. **Qualidade ambiental e sua contribuição no planejamento urbano: estudo de caso de São João da Barra/RJ**. 2017. Dissertação (Mestrado) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense. Campos dos Goytacazes.

FERREIRA, M. I. P. et al. Thrivability Appraisals: A Tool for Supporting Decision-making Processes in Integrated Environmental Management. **The International Journal of Sustainability Policy and Practice**, v. 13, n. 3, p. 19–36, 2017.

INEA. **Conexão Mata Atlântica** - Rio de Janeiro, RJ: INEA, 2019. Disponível em: <<https://inea.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=2a8b5c83f8f94676b1aaa13f601218fd>>. Acesso em: 11 jun. 2020.

INEA. **Resolução do Conselho Estadual de Recursos Hídricos n. 107 de 22 de maio de 2013**. Disponível em: <http://arquivos.proderj.rj.gov.br/inea_imagens/downloads/cerhi/ResCERHI_107_RHs_AprovCERHI_Aprov12jun13.pdf>. Acesso em: 16 out. 2018.

IPEA, ODS - **Metas Nacionais dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: Proposta de Adequação**. Brasília, DF: IPEA, 2018. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/180801_ods_metas_nac_dos_obj_de_desenv_susten_propos_de_adequa.pdf>. Acesso em: 06 nov. 2018.

LARSON K. L., WIEK A., KEELER L. W. A comprehensive sustainability appraisal of water governance in Phoenix, AZ. **Journal of Environmental Management** 116 (2015) 58e71.

Brasil. Lei Nº 3.239 de 02 de agosto de 1999. **Institui a política Estadual de Recursos Hídricos; Cria o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos; Regulamenta a constituição Estadual**, em seu artigo 261, parágrafo 1º, inciso VII; e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.cbhbaixoparaiba.org.br/downloads/LEI%203239.pdf>>. Acesso em: 07 jun. 2020.

Brasil. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União: seção 1**, Brasília, DF, ano 135, n. 6, p. 471-474, 9 jan. 1997

MACHADO et al. **Agenda 2030 e gestão sustentável das águas: aplicação da metodologia “avaliação de prosperabilidade” à bacia hidrográfica do Rio UNA-RJ**. IX- REA, 2019.

MACHADO et al. Avaliação integrada da sustentabilidade de sistemas socioambientais: Estudo comparativo de indicadores e índices. In: VIII Reunião de Estudos Ambientais, 2018, Porto Alegre. **ANAIS da 8 Reunião de Estudos Ambientais**. Porto Alegre: Editora Interciencia, 2018. v. 1 p. 41-50.

MACHADO, R. P. **Prosperabilidade: uma proposta metodológica holística para avaliação da sustentabilidade de sistemas socioambientais**. 2018. Dissertação (Mestrado) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense. Campos dos Goytacazes, RJ.



MARFORT, A.V.L.; **Indicadores de sustentabilidade aplicados a regiões estuarinas: utilização da metodologia da prosperabilidade na zona costeira da Região Hidrográfica do Rio de Janeiro**. 2019. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental). Instituto Federal Fluminense, Campos dos Goytacazes, RJ.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **ODS / Indicadores**. MMA, 2018. Disponível em: <www.mma.gov.br/phocadownloadpap/ods_ex/ods6-ods-indicadores-e.xlsx>. Acesso em: 02 dez. 2018.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Revitalização de Bacias hidrográficas**. MMA, 2018. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/agua/bacias-hidrograficas/revitaliza%C3%A7%C3%A3o-de-bacias-hidrogr%C3%A1ficas.html>>. Acesso em: 19 mar. 2019.

MUNKHSULD et. al. 2020. Application of the City Blueprint Approach in Landlocked Asian Countries: A Case Study of Ulaanbaatar, Mongolia. **Water** 2020, 12, 199; doi:10.3390/w12010199

ONU – Organizações da Nações Unidas. **Agenda 2030**. UN, 2015. Disponível em: <http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E>. Acesso em: 17 out. 2018.

OSTROM, Elinor. 2009. A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. **Science**, v. 325, n. 5939, p. 419-422.

Plataforma AGENDA 2030. Disponível em: http://www.agenda2030.com.br/os_ods/. Acesso em: 17 mar. 2019.

SEA/INEA – Secretaria Estadual de Ambiente. **Elaboração do plano estadual de recursos hídricos do estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, RJ: INEA, 2019. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zwew/mdyy/~edisp/inea0062195.pdf>>. Acesso em: 11 jun. 2020.

SOARES, Dhandara Lino. **Gestão sustentável das águas: estudo do sistema socioambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Grande, Região Hidrográfica do Rio Dois Rios, com o sistema de indicadores “Avaliação de Prosperabilidade**. 2021. Dissertação (Mestrado) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense. Campos dos Goytacazes, RJ. Disponível em <ww.ppea.iff.edu.br>. Acesso em: 27 nov. 2023.

Confecção e análise da resistência a compressão de um material alternativo para alvenaria sustentável a partir de areia de fundição e plástico.

Manufacturing and analysis of the compression resistance of an alternative material for sustainable masonry from foundry sand and plastic.

Ângela Lassen- Graduada em Engenharia Civil, UNIJUÍ. Bolsista CNPq - Programa de Educação Tutorial

angela.lassen@sou.unijui.edu.br

Ana Júlia Martins Gramville- Graduada em Engenharia Civil, UNIJUÍ. Bolsista CNPq - Programa de Educação Tutorial;

ana.gramville@sou.unijui.edu.br.

Nadine Jantsch - Graduada em Engenharia Civil pela UNIJUÍ.

jantschnadine@gmail.com

Laura Valentini Dessooy- Graduada em Engenharia Civil, UNIJUÍ. Bolsista CNPq - Programa de Educação Tutorial

laura.dessooy@sou.unijui.edu.br

Diorges Carlos Lopes- Docente do curso de graduação em Engenharia Civil da UNIJUI, Tutor - Programa de Educação Tutorial

diorges.lopes@unijui.edu.br

Resumo

A fundição é um processo ágil na obtenção de peças metálicas acabadas, onde para cada tonelada de areia que entra no processo, uma quantidade equivalente de resíduo é gerada. E o plástico é um polímero amplamente utilizado por seu baixo custo e aplicação diversificada em todos os setores da sociedade, porém, conta com sistema insuficiente de reciclagem. Neste contexto, por meio deste trabalho, realizaram-se ensaios técnicos com produção de forma artesanal e dosagens empíricas, visando a utilização desses dois resíduos, o plástico e a areia de fundição, como matéria prima de um material alternativo para uso em alvenaria. O resultado obtido mostrou-se satisfatório onde todos os corpos de prova ultrapassaram a resistência de 6 Mpa no que

diz respeito aos ensaios de compressão axial, apresentando-se como uma possível opção para a reutilização desses resíduos.

Palavras-chave: Alvenaria. Polipropileno. Areia de Fundição.

Abstract

Foundry is an agile process in obtaining finished metal parts, where for each ton of sand that enters the process, an equivalent amount of waste is generated. And plastic is a widely used polymer due to its low cost and diverse application in all sectors of society, however, it has an insufficient recycling system. In this context, through this work, technical tests were carried out with artisanal production and empirical dosages, aiming at the use of these two residues, plastic and foundry sand, as raw material for an alternative material for use in masonry. The result obtained was satisfactory where all the test specimens exceeded the resistance of 6 MPa with regard to the axial compression tests, presenting itself as a possible option for the reuse of these residues.

Keywords: Masonry. Polypropylene. Foundry sand.

Introdução

Esta pesquisa tem como objetivo principal, a análise da resistência a compressão de um compósito produzido artesanalmente a partir da areia de fundição e do plástico como uma alternativa sustentável para utilização em alvenaria, vindo a substituir tijolos e/ou blocos tradicionais, os quais são amplamente utilizados na construção civil. Afim de ressaltar a importância deste trabalho, destaca-se Pisani (2005), o qual afirma que, há séculos o crescimento populacional em conjunto com suas atividades afins, vem agredindo severamente o meio ambiente, sendo incontestável a relevância da busca por edificações mais sustentáveis.

De acordo com Roque (2002), a alvenaria é a agregação de unidades (tijolos, blocos, pedras, etc.), as quais são unidas geralmente por meio de argamassa, a qual possui propriedades mecânicas próprias, capazes de compor elementos estruturais, formando então, paredes, muros e/ou alicerces de uma edificação.

A areia que é utilizada na fabricação de peças fundidas geralmente não é renovável e o seu beneficiamento vem causando danos ambientais. Porém, é o material mais utilizado por apresentar um melhor benefício econômico. Ao mesmo tempo que fornece uma produção de qualidade, ao ser utilizada repetidas vezes ela deve ser substituída, acumulando uma enorme quantidade de resíduos que são descartados em aterros industriais, prejudicando o meio ambiente (COUTINHO NETO, 2004).

A enorme quantidade consumida de plástico no país, conjuntamente com a baixa porcentagem de reciclagem, de acordo com o Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE) apenas 22,1% de todo o plástico produzido em 2018 foi reciclado, acabam por gerar um grave problema ambiental. Para solucioná-lo, são necessárias novas formas de reciclagem ou reaproveitamento desses resíduos.

Couto A., Couto J. e Teixeira (2006, p.5) enaltecem que “o uso de materiais reciclados irá encorajar indústrias e governos a investigar novas tecnologias para reciclar, e para criar uma rede de suporte mais larga para futura reciclagem e reutilização”.

1. Procedimentos Metodológicos

No que diz respeito a caracterização, essa pesquisa é classificada como aplicada, em que apresenta procedimentos de uma pesquisa quantitativa. Do ponto de vista da forma de abordagem, a pesquisa pode ser classificada como exploratória e experimental.

Na primeira etapa, foi realizada a revisão da literatura, que baseou-se em livros, revistas, artigos científicos, notícias, sites, trabalhos de conclusão de curso e normas, referentes a areia de fundição, plásticos e alvenarias. O próximo passo da pesquisa em questão, foi a coleta dos materiais para serem utilizados na fabricação do compósito. Após, foi feita a produção, onde foram realizados ensaios laboratoriais e, por fim, a análise dos resultados.

O método de fabricação do compósito foi de forma artesanal, no qual o traço foi determinado através de um método empírico, adicionando os materiais no recipiente até obter uma consistência adequada. O material foi fabricado dentro de uma capela de exaustão por conta dos gases e odores liberados.

Para determinar a resistência, realiza-se o ensaio de compressão axial. O ensaio consiste em avaliar a reação de um molde cilíndrico quando comprimido. O processo funciona com um corpo de prova, sendo submetido a uma força axial. Tal ensaio segue as regulamentações da NBR 5739 (2018). Nesse ensaio, o corpo de prova é submetido a um carregamento que aumenta progressivamente até a ruptura da amostra. O valor da força exercida no momento da ruptura indica a resistência máxima que o corpo de prova suporta.

Para a fabricação foram utilizados os seguintes materiais: Fogareiro a gás, panela, espátula, capela de exaustão, vibrador de concreto, moldes de corpos de prova, termômetro infravermelho, EPIs (luvas e máscaras), areia de fundição e plástico do tipo Polipropileno, o qual já foi adquirido em sua forma granulada.

2. Aplicações e/ou Resultados

Após alguns ensaios e experiências com traços, acabou sendo priorizada a composição com 65% de areia de fundição e 35% de plástico. Realizou-se testes em dois moldes de tamanhos distintos.

3.1. MOLDE 5 CM X 10 CM

Na confecção dos corpos de prova, não foi possível realizar vibração nos moldes 5 cm x 10 cm por conta das dimensões do mesmo se aproximarem das dimensões do vibrador.

Nessa composição, a mistura apresentou-se em forma pastosa e com alta viscosidade, conforme a Figura 01.



Figura 01: Mistura, CP 5x10 cm. Fonte: Autoria própria (2022).

Quando feito o resfriamento através de choque térmico, por meio de contato com a água em temperatura ambiente, os corpos de prova apresentaram uma aparência uniforme e lisa na região superior.

Realizaram-se 12 corpos de prova (CP), os quais foram resfriados a partir de choque térmico. Posteriormente, os 12 CPs foram pesados e em seguida designados a ensaios de compressão. Os resultados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Peso e resistência a compressão - CP 5x10 cm

| | Peso (g) | MPa | Observações |
|---|----------|-----------|-------------|
| 1 | 255 | 31,8 2 | ... |
| 2 | 306 | 23,5 | ... |
| 3 | 270 | 16,1 1 | ... |
| 4 | 255 | 16,0 4 | ... |
| 5 | 266 | 23 | ... |
| 6 | 254 | 26,6 3 | ... |

| | | | |
|--------------|------------|-------------------|----------------------------------|
| 7 | 255 | 12,4 5 | (Possuía falha / Grandes Vazios) |
| 8 | 254 | 22,3 5 | ... |
| 9 | 260 | 23,1 | ... |
| 10 | 263 | 27,2 3 | ... |
| 11 | 296 | 6,91 | (Possuía falha / Grandes Vazios) |
| 12 | 270 | 12,4 6 | ... |
| Média | 267 | 20,1 3 | ... |

Fonte: Autoria própria (2022).

Internamente o material apresenta vazios por consequência da sua fabricação artesanal. A Figura 02 apresenta um corpo de prova após o ensaio de compressão, onde é possível visualizar uma grande quantidade de vazios.



Figura 02: CP com vazios. Fonte: Autoria própria (2022).

Como pode-se observar na Figura 3, há uma grande variação de resistência entre os corpos de prova usados como amostra. Há a possibilidade da explicação estar nos vazios e também na forma como estes estão localizados dentro do corpo de prova, pois o CP 11 apresentava grandes vazios e obteve resistência de 6,91 MPa, enquanto o CP 7, que também apresentou vazios, porém, em menores quantidades, obteve resistência de 12,45 MPa.

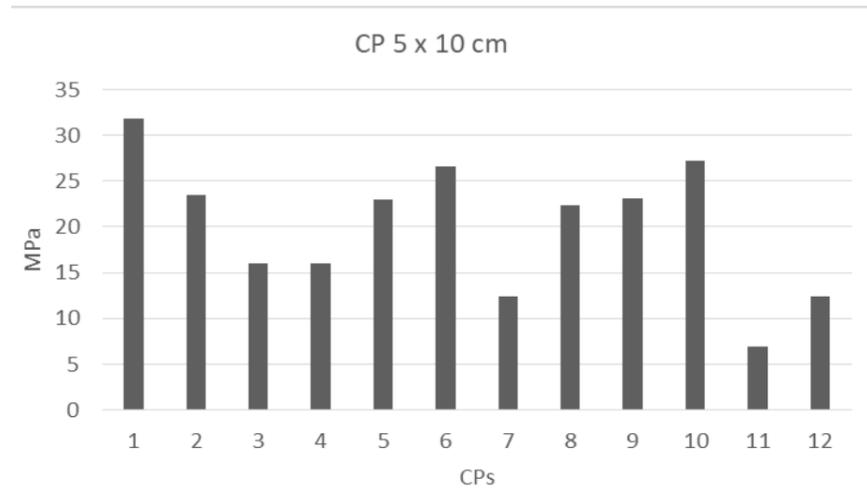


Figura 3: Gráfico das Resistências dos CPs 5x10 cm. Fonte: Autoria própria (2022).

3.2. MOLDE 10 CM X 20 CM

Com o uso dos moldes 10 cm x 20 cm foi possível realizar a vibração da mistura, a qual auxilia na obtenção de uma composição mais homogênea e adensada.

Para a moldagem dos corpos de prova, a mistura é introduzida dentro do molde, sendo dividida em três camadas, com o procedimento da vibração nas duas primeiras camadas por 60 segundos cada, como é apresentado na Figura 04. Após o preenchimento do molde, o resfriamento se deu por meio de choque térmico.



Figura 04: Vibrando o compósito. Fonte: Autoria própria (2022).

A Figura 05 apresenta um corpo de prova antes e após seu rompimento. Conforme a Figura 05 B, pode-se observar que o núcleo também contém vazios, mesmo após passar pelo processo de vibração.

Foi possível notar que a maioria dos vazios localiza-se entre a segunda e terceira camada, tendo em consideração o fato da última camada não possibilitar a vibração por consequência da mistura apresentar um calor elevado e que acabaria transpondo o molde, tornando insalubre o trabalho do operador do vibrador.

A) CP após desmolde



B) CP após ensaio de compressão

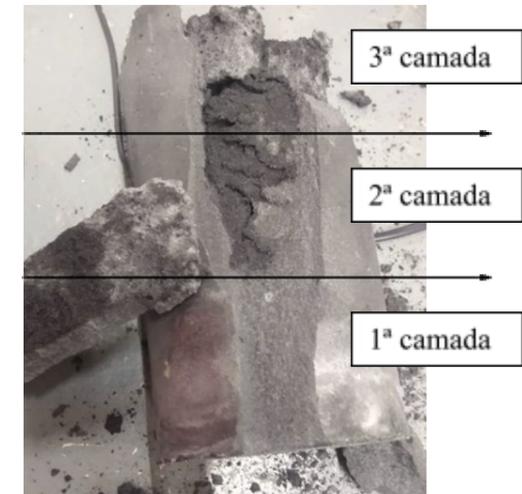


Figura 05: Corpo de prova 10x 20 cm- vazios. Fonte: Autoria própria (2022).

A menor resistência encontrada foi de 7,6 MPa, no CP 3, que apresentou falhas em sua região superior, porém, a resistência se aproxima da encontrada no CP 12, o qual obteve 7,84 MPa e não apresentava falhas externas. A maior resistência obtida foi de 19,51 MPa, do CP 8, a qual não possuía nenhum material reaquecido em sua composição.

Efetuaram-se 12 corpos de prova, os quais foram resfriados a partir de choque térmico, pesados e em seguida ensaiados quanto à compressão. Resultados expostos na Tabela 2.

Tabela 2: Peso e resistência à compressão - CP 10x20 cm

| | Peso (kg) | MPa | Observações |
|--------------|------------------|--------------|--|
| 1 | 2.283 | 10,45 | ... |
| 2 | 2.213 | 12,04 | ... |
| 3 | 2.173 | 7,6 | Falha na parte superior |
| 4 | 2.136 | 16,06 | ... |
| 5 | 2.198 | 13,87 | Falha ao lado na parte superior |
| 6 | 2.213 | 15,85 | ... |
| 7 | 2.199 | 10,65 | ... |
| 8 | 2.306 | 19,51 | Feito na panela limpa / sem sobras reaquecidas |
| 9 | 2.284 | 8,99 | ... |
| 10 | 2.250 | 11,99 | ... |
| 11 | 2.105 | 13,63 | ... |
| 12 | 2.070 | 7,84 | ... |
| Média | 2.20 | 12,31 | ... |

Fonte: Autoria própria (2022).

Como pode-se observar na Figura 6, também há uma grande variação de resistência entre os corpos de prova usados como amostra. Contudo, nessa fase de ensaios, percebe-se que pode haver outra explicação além dos vazios, que seria o reaquecimento das sobras de uma mistura para compor parte de outra.

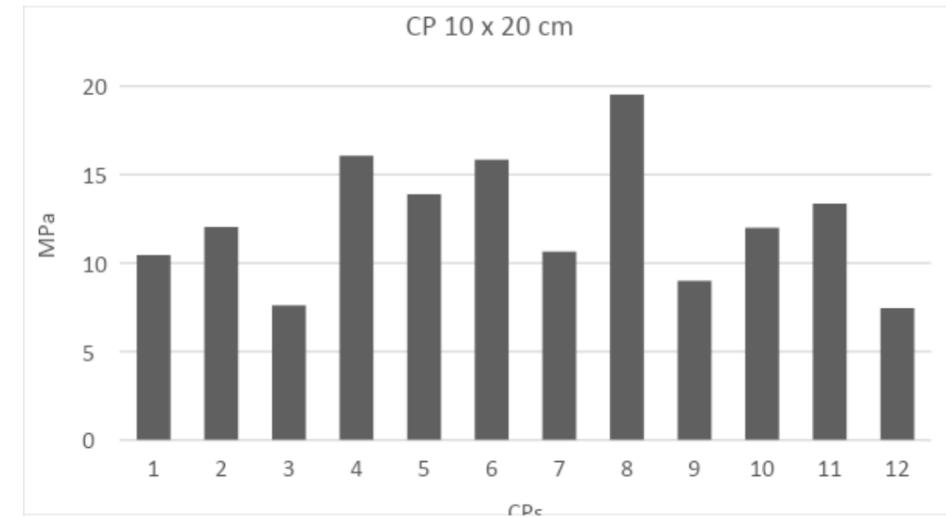


Figura 6: Gráfico da Resistência dos CPs 10x20 cm. Fonte: Autoria própria (2022).

Com intuito de reaproveitar o material que já passou pelo processo, realizou-se o reaquecimento da mistura utilizada em corpos de prova que apresentaram vazios e defeitos. A Tabela 3 expõem os resultados.

Tabela 3: Peso e resistência a compressão, CP 10x20 cm, Reaquecidos.

| | Peso (g) | MPa | Observações |
|---|-----------------|------------|--|
| 1 | 2,603 | 2,86 | ... |
| 2 | 1,956 | 3,83 | Derretido novamente o CP 8 que obteve a maior resistência no ensaio anterior |

Fonte: Autoria própria (2022).

Pode-se observar a comparação entre a resistência inicial obtida e a resistência encontrada após um reaquecimento na Figura 7.



Figura 7: Gráfico da Resistência Inicial VS Reaquecida. Fonte: Autoria própria (2022).

Na comparação, fica evidente a redução significativa na resistência, principalmente no CP 8, que inicialmente obteve uma resistência de 19,51 MPa e, após reaquecimento, retornou apenas 3,83 MPa. Em vista disso, para a confecção da maioria dos CPs do ensaio anterior, encontravam-se no fundo da panela sobras remanescentes, as quais passaram por reaquecimento, portanto os CPs tiveram sua resistência final afetada.

De acordo com a ABNT NBR 15270-1 (2017), a resistência característica à compressão dos blocos cerâmicos estruturais deve ser considerada a partir de 6,0 MPa, referida à área bruta. Já a resistência à compressão dos blocos cerâmicos de vedação, calculada na área bruta, deve atender ao valor mínimo de 1,5 MPa, se o bloco for usado com os furos na vertical deve atender 3,0 MPa.

Comparando os resultados apresentados nas Tabelas 1, 2, 3 e 4, observou-se que, apesar de apresentar vazios e defeitos, todos os corpos de prova superaram os 6 MPa, conforme pode se observar no Figura 08, chegando numa média de 12,31 MPa para o corpo de prova de 10 cm x 20 cm, e 20,13 MPa para os corpos de prova de 5 cm x 10 cm.

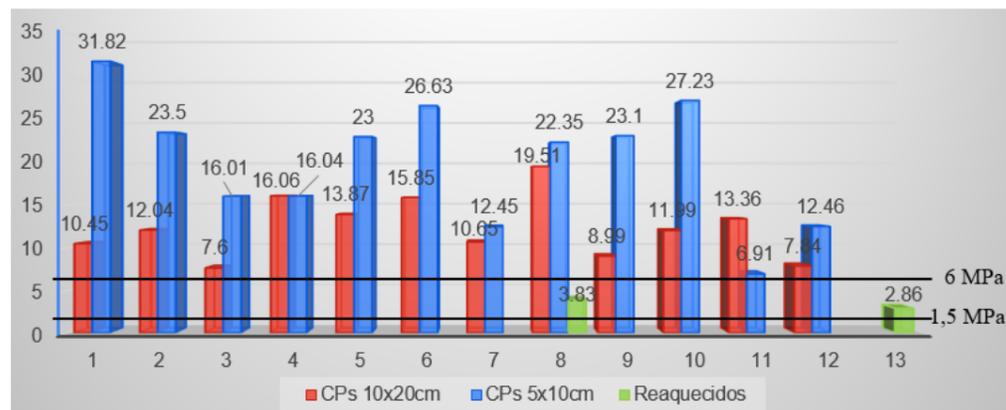


Figura 8: Gráfico da Comparação com a NBR 15270-1. Fonte: Autoria própria (2022).

Já no reaquecimento do composto a resistência reduziu drasticamente, porém, com valores ainda aceitáveis quando comparados com a resistência de um bloco ou tijolo de vedação, conforme é possível verificar na Figura 9.

A figura 9 apresenta a diferença entre as resistências médias entre os CPs 5 x 10 cm e os 10 x 20 cm.

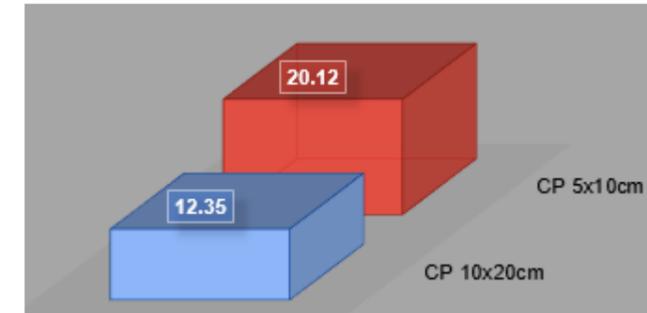


Figura 9: Gráfico da Resistência média CPs. Fonte: Autoria própria (2022).

Observando a diferença de aproximadamente 7,7 MPa, compreende-se que o formato geométrico interfere na resistência obtida.

3.3. TEMPERATURA

A temperatura foi aferida após o plástico estar derretido e a mistura estar em forma pastosa. Foram encontrados valores entre 206 °C e 281 °C, conforme mostra a Figura 10.



Figura 10: Temperatura aferida. Fonte: Autoria própria (2022).

4 Considerações Finais

Analisando a resistência à compressão da mistura composta por 65% de areia de fundição e 35% de plástico, exposta no Gráfico 5, conclui-se que o produto pode ser



utilizado para alvenaria estrutural. Considerando também que a execução ocorra através de extrusão, usufruindo de uma temperatura mais controlada, contando com um sistema a vácuo ou um esquema de prensagem que vise retirar vazios, e sem utilizar sobras anteriores reaquecidas, sua resistência poderá ser ainda mais elevada e mais simétrica entre os corpos de prova. Conforme o exibido no Gráfico 6, nota-se uma significativa diferença entre as resistências dos moldes de tamanhos distintos, então presume-se que seu tamanho e geometria influenciam em sua resistência final.

Referências

COUTINHO NETO, Benedito. **Avaliação do reaproveitamento de areia de fundição como agregado em misturas asfálticas densas**. 2004. 96f. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18137/tde-10022011-101639/pt-br.php>.

COUTO, Armanda Bastos; COUTO, João Pedro; TEIXEIRA, José Cardoso. Desconstrução: uma ferramenta para a sustentabilidade da construção. *In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DA GESTÃO DO PROCESSO DE PROJECTO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS – NUTAU*, 6., 2006, São Paulo. **Anais eletrônicos...** São Paulo, 2006. Disponível em: <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/6792/1/095NUTAU.pdf>.

PISANI, M. J. **Um material de construção de baixo impacto ambiental: o tijolo de solo cimento**. São Paulo: Sinergia, 2005. Disponível em: http://www.aedificandi.com.br/aedificandi/N%C3%BAmero%201/1_artigo_tijolos_solo_cimento.pdf.

Sustentabilidade aplicada em equipamentos de interesse social: estudo de caso em Cachoeirinha/RS

Sustainability applied to equipment of social interest: a case study in Cachoeirinha/RS

Bárbara de Ávila Nunes, UNISINOS - Universidade do Vale do Rio dos Sinos

Patricia de Freitas Nerbas, UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Resumo

O meio em que vivemos influencia diretamente nas oportunidades existentes ao longo da vida. Um meio socialmente ativo e com consciência cultural contribui para a construção coletiva e individual de pertencimento ao espaço ocupado e um espaço propício ao desenvolvimento socioeconômico da população. O presente artigo busca a discussão de estratégias de sustentabilidade socioambiental aplicadas em áreas de vulnerabilidade social, sob o condicionante da escassez de recursos e a promoção da participação comunitária ao projeto. Como objeto de estudo utiliza-se a proposta de um Instituto Cultural e Social localizado na cidade de Cachoeirinha, na região metropolitana de Porto Alegre, projetado sob aplicação da metodologia de pesquisa em duas etapas: revisão bibliográfica e entrevista ao usuário. Como resultado, obtém-se o projeto para o instituto de forma sistêmica ao entorno existente e com a aplicação de estratégias sustentáveis aplicadas ao projeto.

Palavras-chave: Sustentabilidade; Impacto Social; Equipamento comunitário

Abstract

The environment in which we live directly influences existing opportunities throughout life. A socially active environment with cultural awareness contributes to the collective and individual construction of belonging to the occupied space and a space conducive to the socioeconomic development of the population. This article seeks to discuss socio-environmental sustainability strategies applied in areas of social vulnerability, under the condition of scarce resources and the promotion of community participation in the project. As an object of study, it is used the proposal of a Cultural and Social Institute located in the city of Cachoeirinha, in the metropolitan region of Porto Alegre, designed under the application of the research methodology in two stages: bibliographical review and user interview. As a result, the project for the institute is obtained in a systemic way to the existing surroundings and with the application of sustainable strategies applied to the project.

Keywords: Sustainability; Social Impact; Community Equipment



1. Introdução

O direito e acesso à cultura é garantido pelo estado e deve chegar à todas as camadas sociais da população (BRASIL, 1988). Entretanto, é possível observar que equipamentos de interesse cultural acabam, muitas vezes, sendo concentrados nos grandes centros das grandes cidades (CARMO, 2022). Dessa forma, a população de baixa renda que vive longe dos grandes centros urbanos acaba com acesso restrito ou inexistente às áreas de acesso cultural da cidade devido a necessidade de deslocamento e o fator econômico atribuído a isso. Mas de que forma é possível democratizar o acesso à cultura, fazendo com que esse direito chegue aos locais de maior vulnerabilidade social? É preciso que as comunidades possuam amparo do poder público, acesso a recursos público-privados e incentivo a projetos que estimulem o acesso à educação, reconhecimento artístico-cultural e profissionalização da população. Por meio das expressões artísticas é possível que comunidades em situação de vulnerabilidade social tornem-se protagonistas nos diversos aspectos sociais (PONTES, 2021).

O projeto a ser apresentado busca dar espaço de qualidade ao instituto fundado em 2020, que hoje está localizado em uma residência alugada, de aproximadamente 80m², na cidade de Cachoeirinha/RS, mantido com ajuda de doações e leis de apoio e incentivo à cultura. A necessidade surge com o amplo crescimento do projeto, que com pouco tempo de existência tem expandido de maneira significativa e abraçado cada vez mais iniciativas de cunho cultural e artístico nas comunidades em que está inserido.

O município de Cachoeirinha, localizado no estado do RS, ocupa a 4^o posição em densidade demográfica do estado enquanto está na 491^o posição em área territorial (IBGE, 2010). A alta densidade demográfica deve-se ao fato de ser uma cidade predominantemente residencial.

Com o passar dos anos Cachoeirinha começou a abrigar cada vez mais residentes e os pontos atrativos e de incentivo à cultura e lazer foram deixados de lado. Existe hoje uma grande defasagem de espaços que fomentem atividades culturais na cidade e, em decorrência disso, a população busca pelas cidades vizinhas para os momentos de lazer e apreciação da cultura local.

A partir disso, nota-se que quem mais sofre com a situação são as comunidades à margem do município em questão, que estão localizadas em maior parte, em áreas não regularizadas, oriundas de antigas ocupações e que permanecem até hoje em situação de vulnerabilidade social. A partir dessa análise percebe-se a necessidade de um olhar atento a quem vive nessas áreas da cidade e a geração de espaços que incentivem a organização popular, o senso de pertencimento, consciência cultural e promovam a ascensão socioeconômica da população.

2. Metodologia

Como forma de atingir o objetivo proposto optou-se por uma metodologia em duas etapas: Na primeira etapa buscou-se referenciais teóricos acerca do assunto abordado. Resultante da primeira etapa de pesquisa, aplicou-se uma segunda etapa, referente a aplicação de entrevista como meio de obter informações gerais sobre o funcionamento e história do instituto

existente, como forma de garantir um projeto que contemplasse as lacunas existentes na sede existente.

2.1 Referenciais Teóricos

A revisão bibliográfica permeou todo o desenvolvimento da pesquisa. Na primeira etapa foram pesquisados temas relacionados aos processos de projeto de arquitetura para Institutos Sociais e Culturais de atendimento infantil e na identificação de estratégias de sustentabilidade de sustentabilidade socioambiental pertinentes ao contexto do Instituto Ágora. Foram delimitados filtros para selecionar os artigos e materiais a serem lidos e estudados, foram eles: filtro 01 – busca por publicações científicas e/ou estudos de caso similares a área e temática de projeto; filtro 02 – leitura do título, resumo e palavras chaves para seleção de materiais a serem lidos, busca por palavras como sustentabilidade, escassez de recursos e vulnerabilidade social; filtro 03 – leitura completa de introdução e conclusão do texto, para verificar a adequação na temática de projeto e leitura dinâmica do material. Após os 3 filtros avaliados, o material foi selecionado, para completa leitura e análise.

2.2 Entrevista

A participação comunitária em projetos desenvolvidos para a própria comunidade é um processo de capacitação e empoderamento e a prática desse processo gera a identidade de grupo e noção associativa (NOIA, 2017). Apesar da existência de um desejo pela implementação de um processo colaborativo com a comunidade para o desenvolvimento do projeto, devido ao curto prazo para realização, somado ao isolamento controlado ainda existente na época gerado pela pandemia do COVID-19, não foi possível realizar esse método como um todo. Entretanto, para a definição de atividades a serem atendidas, estimativa de áreas e demais questões relacionadas as premissas de projeto foram feitas visitas ao local e entrevista com ator chave no instituto: a presidente e fundadora do Ágora, Sônia Zanchetta.

A entrevista foi realizada na atual sede do Instituto a partir de um roteiro definido com base nas questões levantadas durante a revisão bibliográfica. Apesar da estruturação prévia de um questionário, seguiu-se a metodologia de entrevista semiestruturada. Este método de entrevista foca em um assunto principal a partir do qual é formulado o roteiro de perguntas, entretanto, durante a conversa é possível que surjam questões espontâneas que não haviam antes sido delimitadas (MANZINI 1990/1991, p. 154). Durante a conversa, foi mencionada a importância da participação da família como um todo em projetos como o desenvolvido e o desejo da presidente do instituto por um espaço maior que pudesse atender à demanda e fosse mais próximo à área de abrangência. Algumas das perguntas feitas durante a entrevista podem ser verificadas no quadro abaixo:

| PERGUNTAS | RESPOSTAS |
|--|--|
| Qual o público alvo do instituto? | Hoje o instituto atende, principalmente, crianças e adolescentes, mas busca-se atender cada vez mais as famílias como um todo. |
| Quantas pessoas são atendidas em média? | Cerca de 80 - 100 pessoas, mas observa-se um crescimento acelerado na adesão às atividades oferecidas. |
| Quais as principais atividades ofertadas hoje? | Biblioteca, aulas de música, dança e teatro, apresentações culturais e apoio psicopedagógico. |
| Como o instituto é mantido? | Com o auxílio de doações, voluntariado e leis de apoio e incentivo à cultura. |
| Qual a projeção do instituto, onde espera-se chegar? | A busca é por um local que acolha e auxilie no desenvolvimento social da área atendida e das famílias como um todo, atendendo desde os filhos até os avós, de maneira integrativa e sistêmica. |

Quadro 01: Entrevista – perguntas e respostas. Elaborada pelas autoras, 2021.

O local de implantação de Institutos desta natureza é um fator fundamental para a abrangência social e a acessibilidade da população dos serviços oferecidos. Como forma de melhoria na condição de vida de jovens e crianças muitos projetos sociais são voltados a essa faixa etária, entretanto, é importante que a família e/ou rede de apoio também possua condições para dar suporte nessa jornada (FEIJÓ, MACEDO, 2012).

Quando mencionamos o termo sustentabilidade, dos três principais pontos atrelados a ele, a questão social é o que, geralmente, é menos explorado. É preciso criar espaços que promovam a interdisciplinaridade e a promoção da interação social de forma a transformar comunidades em organismos vivos e integrados (CAVALCANTE, 2019). Portanto o lugar para implantação do Instituto foi identificado a partir da leitura dos condicionantes sociais, econômicos e as distâncias percorridas dos bairros de atuação (Vila da Paz, Jardim Conquista e Jardim Vitória).

3. Ágora: Instituto Cultural e Social – pré-existência

Fundado em 2020 o Ágora, Instituto Cultural e Social, abriga projetos voltados à leitura, ensino de música, apoio psicopedagógico, aulas de arte e ensinamentos multidisciplinares voltados à cultura. Localizado hoje em uma residência alugada de aproximadamente 80m, o Instituto Ágora é mantido com auxílio de doações e leis de apoio e incentivo à Cultura. As imagens do local onde o projeto é mantido podem ser visualizadas abaixo.

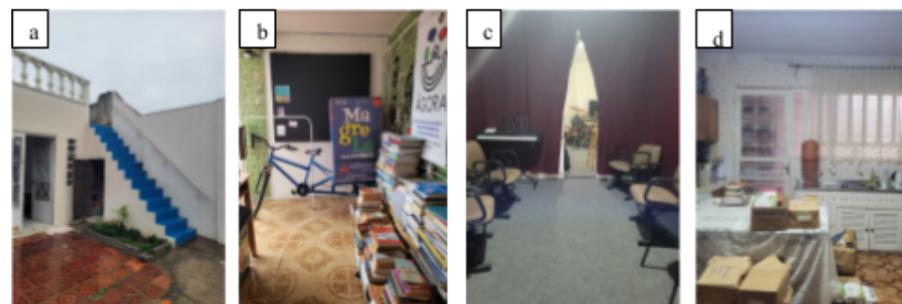


Figura 2: Localização atual do instituto: a) área externa; b) biblioteca; c) sala para aulas de música; d) cozinha experimental. Fonte: Autoras, 2021.

3.1 A proposta para a nova sede

A necessidade da nova sede surge com o amplo crescimento do instituto, que com pouco tempo de existência tem expandido de maneira significativa abraçado cada vez mais projetos de cunho cultural e artístico nas comunidades em que está inserido. A proposta para a nova localização considerou, principalmente, a facilidade de acesso à comunidade atendida. Na localização atual percebe-se que o Ágora se encontra distante do centro da área de atuação (Figura 1.a – demarcado em branco). Diante disso, buscou-se uma área central aos bairros atendidos (Figura 1.a – demarcado em amarelo) e com proximidade a diferentes equipamentos de interesse social (Figura 1.b). Além disso, o fato de ser um terreno público (estadual) e estar atualmente sem uso traz viabilidade à proposta.

Com base na matéria divulgada pelo jornal Correio do Povo, 2016, estima-se que a área de abrangência do instituto atenda cerca de 1,6 mil famílias. Outro dado importante, adquirido diretamente com a secretaria das 6 escolas de ensino público localizadas a um raio de 1km do terreno (Figura 1.a), o número de alunos nessa área é de aproximadamente 1.800.

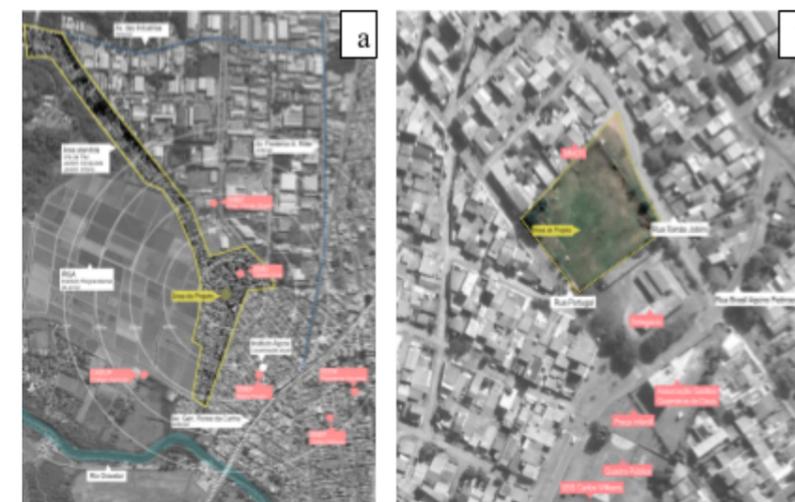


Figura 1: a) Área de abrangência e escolas públicas do entorno; b) Localização do terreno proposto para implantação do projeto com identificação de pontos de interesse próximos ao local. Fonte: elaborado pelos autores a partir de imagem retirada do Google Maps, 2021.

3.2 O Programa

Conforme mencionado anteriormente, o projeto busca dar um espaço de qualidade para instituto já existente e que possui diversas atividades já estabelecidas, conforme mencionado em entrevista. Dessa forma, a proposta mantém essas atividades existentes, e busca atuar em 3 diferentes frentes, são elas:

Ensino: Através do incentivo à leitura, aulas de música, dança, teatro e agricultura, busca-se de maneira interdisciplinar a aprendizagem de crianças e jovens.

Apoio: Como um espaço de construção social busca-se trazer a sensação de pertencimento local e coletivo através de práticas que incentivem a integração enquanto comunidade e auxiliem nos anseios individuais a partir do apoio e acompanhamento psicopedagógico.

Geração de renda: Através de oficinas que contribuam para a geração de renda, como aulas de corte e costura, artesanato, cerâmica e a prática gastronômica na cozinha experimental.

3.3 Condicionantes e estratégias projetuais

“A relação com o lugar é fundamental para a arquitetura; nenhum projeto de qualidade pode ser indiferente ao seu entorno. Projetar é estabelecer relações entre partes de um todo” (MAHFUZ, 2004). A partir das informações coletadas a respeito da pré-existência do instituto e das atividades ofertadas, deu-se início ao partido arquitetônico a partir da análise do local. Por ser uma área originária de ocupações irregulares é possível perceber que o desenho das quadras deu-se de maneira orgânica, conforme o crescimento populacional. O grão do local é pequeno e, em alguns momentos disperso, e existe uma variação entre grandes áreas vazias (como o caso do terreno escolhido) e pequenos espaços entre as edificações (Figura 3.a).

A maior parte das edificações no entorno possui até 2 pavimentos, o que sugere que a edificação a ser implantada seja de baixa altura, mantendo certa regularidade visual com o local (Figura 3.b).

Pela análise é possível perceber que esta é uma área predominante residencial. Entretanto, existe um número expressivo de edificações de uso misto, com pequenos comércios locais, o que gera movimento no entorno e torna esse um ponto de interesse local.

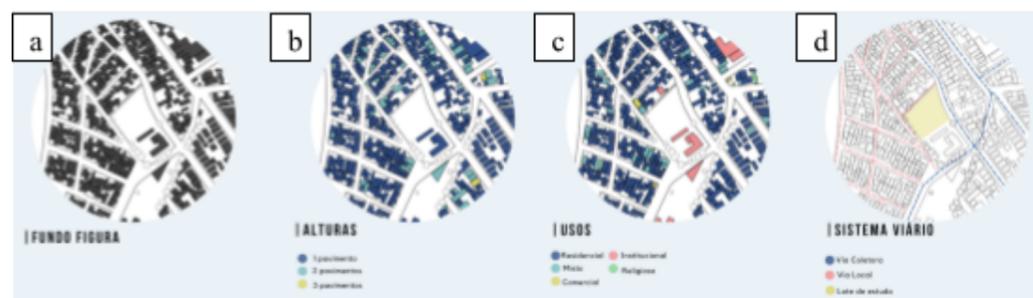


Figura 3: Aspectos locais: a) fundo figura; b) alturas no entorno; c) usos do entorno; d) sistema viário.
Fonte: elaborado pelos autores, 2021.

A partir da análise das condicionantes apresentadas acima, optou-se por respeitar a escala existente, com a proposta de um edifício térreo. Como forma de trazer a sensação de acolhimento e segurança, além de criar espaços de permanência e horta coletiva interna, foi proposta a utilização de um edifício pátio.

A arquitetura do pátio, em suas mais variadas formas e significados, teve também sua ressonância nos espaços urbanos, na medida em que, enquanto espaço fechado, encerrado entre paredes ou partes da mesma ou de outras edificações, limitava um espaço que poderia ser de

uso público, mas íntimo o suficiente para dar-lhe a conotação de proteção, aconchego e reunião. (DIAS, CAMPOS, 2012)

Como estratégia para melhor ventilação e iluminação natural, gerou-se a fragmentação das barras propostas inicialmente que, além dos benefícios mencionados, também permite a construção em fases, conforme viabilidade econômica – necessidade observada durante entrevista, uma vez que os recursos financeiros são escassos e não contínuos, dessa forma, a construção em fases permite a ampliação de forma planejada e conforme o crescimento do projeto. A forma fragmentada também faz referência às residências do entorno, que possuem grão irregular, como é possível analisar na figura 3.a.

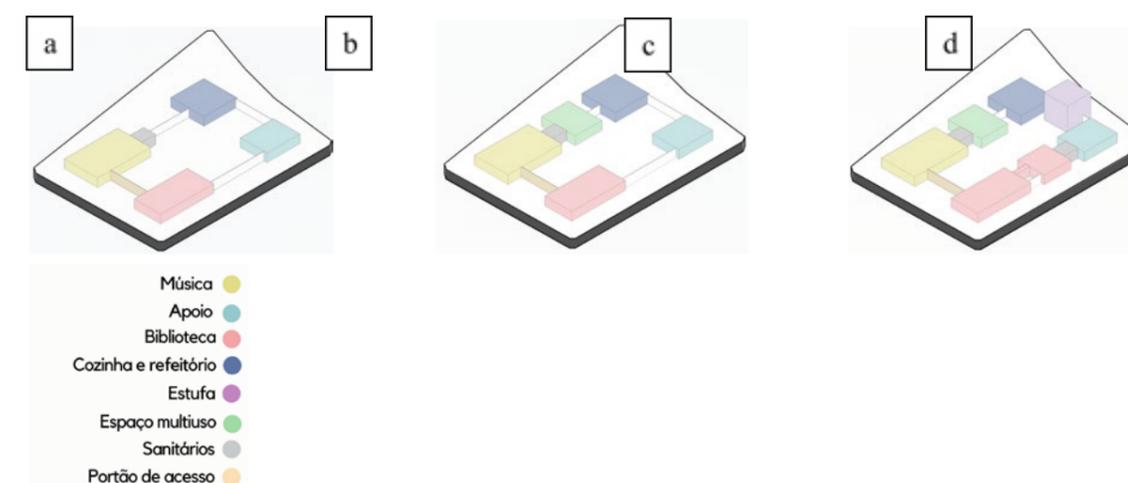


Figura 4: Diagrama fases de construção: a) Fase 1; b) Fase 2; c) Fase 3; d) Legenda.
Fonte: elaborado pelos autores, 2021.

Fase 1 (Figura 4.a): A primeira fase do instituto conta com a escola de música, biblioteca, refeitório e setor de apoio psicopedagógico, atividades já presentes e em funcionamento hoje. Além disso, um dos blocos de sanitários é incluído. As demais áreas são cercadas por muro vazado em tijolo, gerando permeabilidade visual, mas mantendo a segurança que o local exige.

Fase 2 (Figura 4.b): Na segunda fase de construção é incluído o bloco multiuso, destinado ao uso da população para oficinas diversas, apresentações e organização comunitária.

Fase 3 (Figura 4.c): Na terceira fase a biblioteca é expandida, tendo agora um espaço exclusivo para o setor infantil. É criada também a estufa, para auxiliar na manutenção da horta e incluído o segundo bloco de sanitários, conforme aumento de frequentadores no local.

As hortas urbanas proporcionam benefícios tanto ambientais quanto sociais, são capazes de incentivar a educação ambiental comunitária e dar suporte à diversidade e segurança alimentar (COSTA, SAKURAI, 2021). Mais do que um espaço produtivo busca ser um resgate ao contato e a origem do alimento que chega à nossa mesa. A horta, localizada no

pátio central do projeto, abastece o refeitório do programa e também é parte importante na educação ambiental e de cultivo para todas as gerações. Optou-se por fazer a horta elevada, facilitando as funções de manejo e colheita, de forma mais ergonômica.

Buscou-se gerar um ciclo completo dos alimentos, eles saem da horta e estufa e vão para a cozinha e refeitório e então passam para as composteiras, diminuindo desperdícios. As composteiras foram projetadas junto aos bancos das hortas, em dois módulos diferentes que podem ser combinados. Foram propostos módulos de 1,80mX0,60mX0,45m e módulos de 1,80mX0,60mX0,45m que podem ser combinados para gerar diferentes possibilidades.



Figura 5: a) Pátio do edifício com localização de horta central com espaços de permanência; b) banco-composteira aberto demonstrando uso; c) banco-composteira fechado, utilizado como banco. Fonte: elaborado pelos autores, 2021.

3.4 Sustentabilidade socioambiental aplicada na materialidade do projeto

Como forma de integrar a edificação ao entorno existente, foram propostos materiais presentes nas residências da região, como a madeira e o tijolo. A estrutura foi toda pensada de forma modular, facilitando a execução e possibilitando que seja feita de maneira integrativa, com auxílio da população local o que, além de trazer benefícios à população, através do auxílio técnico e ensino sobre métodos construtivos que pode, futuramente, gerar melhorias nas residências a partir da experiência, também permite, conforme mencionando anteriormente, a construção em fases – viabilizando o projeto economicamente conforme a entrada de recursos financeiros.

Foi utilizado o módulo de 1,20m em todo o projeto, considerando as medidas do tijolo de solo-cimento utilizado (30x15x7,5cm), evitando quebras e desperdícios de material. A cobertura foi pensada em telhas metálicas termo acústicas com iluminação zenital por claraboias. A estrutura do telhado é em madeira serrada com básculas em vidro duplo nas laterais.

Para que fosse possível trazer mais dinamismo às fachadas com o jogo de janelas que variam de alturas foram criados planos em madeira para colocação das esquadrias, que são marcados pelo uso da cor e dispensam o uso de vergas e contra-vergas, já que o peso é distribuído no restante da estrutura.

A entrada ao instituto é marcada por um grande portão com transparência composto por uma estrutura em madeira e fechamento em policarbonato translúcido. A ideia é que os portões fiquem parcialmente abertos durante a semana, permitindo a entrada dos frequentadores diários, mas mantendo a segurança do local. Aos finais de semana os portões podem ser completamente abertos, fazendo um convite a comunidade a conhecer e desfrutar do espaço.



Figura 6: Fachada Sudoeste demonstrando a materialidade do edifício e o portão de entrada. Fonte: elaborado pelos autores.

Leve, forte e flexível: além de ser uma alternativa econômica quando comparado com outros materiais como a madeira, o Oriented Strand Board (OSB), é um material de ótimo desempenho e propriedades mecânicas (MONTJOY, 2022). O OSB foi utilizado em diferentes ambientes do projeto, para diferentes aplicações. As salas de música foram propostas no conceito “*box in the box*”, que diminuem o ruído e vibrações do ambiente externo, contribuindo para melhor qualidade acústica do ambiente. Nas paredes dessas salas o OSB aparece como alternativa de isolamento acústico aliado à lã de rocha – a maneira disposta que gera diferentes inclinações contribui para difusão do som no ambiente (Figura 7.a).



Figura 7: Utilização de OSB no projeto: a) painéis acústicos nas salas de música; b) mobiliário proposto em OSB - biblioteca. Fonte: elaborado pelos autores.

Além disso, os painéis em OSB também aparecem como elemento no forro tanto do edifício multiuso quanto das salas de música. Nesses casos ele está localizado de forma a gerar a difusão da luz nos ambientes, como é possível observar na figura 8. Na biblioteca e

demais ambientes o OSB foi utilizado como alternativa de fácil acesso para a construção de mobiliário (Figura 7.b).

De forma a tornar a edificação sustentável, diferentes estratégias projetuais foram pensadas. Dentre elas, destaca-se as que aparecem no corte perspectivado abaixo:

- 01 - Janelas altas que contribuem para a qualidade do ar através da ventilação higiênica dos ambientes;
- 02 - Forro dos ambientes fechados funciona como prateleira de luz, garantindo maior aproveitamento da luz natural, além de reduzir a incidência solar nos ambientes;
- 03 - Painéis acústicos internos suspensos de maneira inclinada no forro auxiliam na difusão da luz que entra pelas zenitais, proporcionando luz indireta;
- 04 - Recolhimento de água da chuva através da inclinação dos telhados e demarcado pela cor azul das calhas, demarcando o fluxo da água no projeto;
- 05 - Janelas em diferentes alturas contribuem para o efeito chaminé e a saída de ar quente no ambiente, proporcionando maior conforto térmico através da ventilação cruzada.
- 06 - Pátio interno com horta coletiva e vegetação, trazendo maior contato com a natureza, segurança e criando espaços de permanência e convívio;
- 07 - Na área infantil são marcados no chão as aberturas da zenital através da pintura colorida, trazendo uma forma dinâmica de aprendizagem;
- 08 - Reservatório em concreto moldado in loco com saída de água para irrigação da horta, facilitando a rotina de cuidados com o espaço e reutilizando a água da chuva.

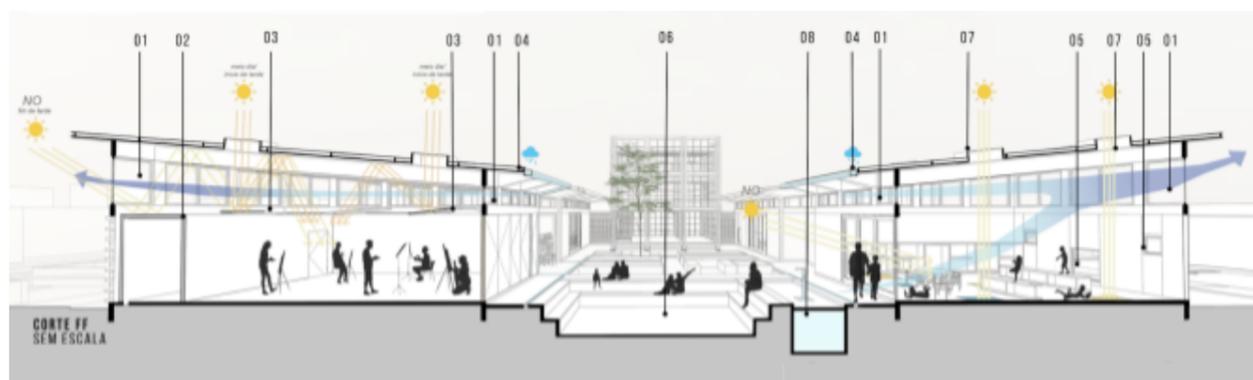


Figura 8: Corte perspectivado com foco em estratégias de sustentabilidade adotadas em projeto. Fonte: elaborado pelos autores.

4. Conclusão ou Considerações Finais

A partir da revisão bibliográfica acerca do assunto é possível identificar a importância da participação comunitária em projetos de equipamento de interesse social, principalmente ao gerar o sentimento de pertencimento e identidade de grupo. Com a metodologia adotada, através de entrevista, foi possível observar questões intrínsecas a cada território, de forma que a participação dos usuários a que se destinam os projetos de institutos sociais é imprescindível para que esses atuem de forma assertiva ao público que se destina. Da mesma forma, mostrou-se de extrema importância que a localização de equipamentos de caráter social seja pensada de maneira próxima a outros locais de uso similar, garantindo fácil acesso da população atendida e criando uma rede de apoio social interligada.

Através do objeto de estudo desenvolvido foi possível verificar na prática o emprego da sustentabilidade dentro dos três pilares de atuação:

Econômico: através de escolhas de materialidade e métodos construtivos que permitam a construção de espaços com escassez de recursos e em fases – de acordo com a disponibilidade financeira.

Social: através da promoção de espaços que contribuam para a ascensão social de comunidades em situação de vulnerabilidade.

Ambiental: pelo emprego de materiais e práticas que incentivem a utilização de recursos naturais de forma consciente e implementado atividades que ampliem a percepção ambiental de forma individual e coletiva.

Referências

- BASSÔA, Fernanda. Famílias sem infraestrutura tem destino incerto em Cachoeirinha. **Correio do Povo**, 19 de abril de 2016. Disponível em: <<https://www.correiodopovo.com.br/not%C3%ADcias/geral/fam%C3%ADlias-sem-infraestrutura-t%C3%AAm-destino-incerto-em-cachoeirinha-1.199875>> Acesso em: 27 de janeiro, 2023.
- BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil:** promulgada em 5 de outubro de 1988. 4. Ed. São Paulo: Saraiva, 1990.
- CARMO, Adriana. Democratizar o acesso à cultura: uma agenda urgente e importante. **Estado de Minas**, 18 de agosto, 2022. Disponível em: <https://www.em.com.br/app/noticia/opiniaio/2022/08/18/interna_opiniaio,1387324/democratizar-o-acesso-a-cultura-uma-agenda-urgente-e-importante.shtml> Acesso em: 22 de janeiro, 2023.



CAVALCANTE, Lis. A dimensão social da sustentabilidade. *Archdaily*, 20 de outubro de 2019. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/867027/a-dimensao-social-da-sustentabilidade>> Acesso em: 25 de janeiro, 2023.

COSTA, B. M. da; SAKURAI, T. A participação comunitária em projetos de soluções baseadas na natureza na cidade de São Paulo: estudo das hortas urbanas, Horta da Dona Sebastiana, Agrofavela-Refazenda e Horta Popular Criando Esperança. *Revista LABVERDE*, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 171-195, 2021. DOI: 10.11606/issn.2179-2275.labverde.2021.188679. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/revistalabverde/article/view/188679>. Acesso em: 02 fev. 2023.

DIAS, F. V.; CAMPOS, M. M. **Pátios: Espaço de introversão e captura da paisagem.** Segundo Colóquio Ibero Americano, Belo Horizonte, 2012.

FEIJÓ, M. R.; MACEDO, R. M. S. **Família e projetos sociais voltados para jovens: impacto e participação.** Campinas, 2012.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Brasileiro de 2010.** Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

MAHFUZ, Edson. Reflexões sobre a construção da forma pertinente. *Vitruvius*, 4 de fevereiro, 2004. Disponível em: <arquitextos 045.02: Reflexões sobre a construção da forma pertinente (1) | vitruvius> Acesso em: 04 de fevereiro de 2023.

MANZINI, E. J. **A entrevista na pesquisa social.** Didática, São Paulo, v. 26/27, p. 154, 1990/1991.

MONTJOY, Valeria. Paineis OSB em interiores: de um material humilde a um recurso de design. *Archdaily*, 30 de abril de 2022. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/980110/paineis-osb-em-interiores-de-um-material-humilde-a-um-recurso-de-design>> Acesso em: 27 de janeiro de 2023.

NOIA, Paula Regina. **Participação e qualidade do ambiente construído na habitação: processo e produto no programa Minha Casa Minha Vida - Entidades.** 2017. Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

PONTES, Márcio Miranda. A importância do acesso à arte nas comunidades carentes. *SABRA: Sociedade Artística Brasileira*, 13 de agosto de 2021. Disponível em: <<https://www.sabra.org.br/site/acesso-arte/>> Acesso em: 22 de janeiro, 2023.

Soluções Estruturais em Bambu: Estudo de caso da ponte Orangutan Haven - Indonésia

Bamboo Structural Solutions: Orangutan Haven Bridge Case Study – Indonesia

Lorena dos Santos Pereira Raposo, mestranda, Universidade Estadual de Londrina – UEL.

lorena.sraposo@uel.br

Jorge Daniel de Melo Moura, doutor, Universidade Estadual de Londrina – UEL.

jordan@uel.br

Resumo

Na busca por materiais de baixo impacto, devido ao sistema predatório da construção civil, o bambu surge como uma alternativa viável. Com base nisso, o presente artigo tem por objetivo, por meios de levantamento bibliográfico e estudo de caso da ponte de bambu Orangutan Haven de Jörg Stamm, mostrar o emprego deste material vegetal e, desta forma, verificar a eficiência das soluções adotadas pelo Stamm na utilização do bambu e evidenciar sua maleabilidade. Observou-se, após análise da fundação até cobertura desta obra, soluções adotadas que associaram tanto técnicas executadas até os anos 2000 como adaptações inovadoras para destacar a arquitetura e o material vegetal, como o predomínio do bambu em toda a construção, bem como soluções como o assoalho em pinbo e cobertura em três camadas.

Palavras-chave: Ponte em bambu; Jörg Stamm; Dendrocalamus asper; Baixo impacto.

Abstract

In the search for low-impact materials due to the predatory nature of the construction industry, bamboo emerges as a viable alternative. Based on this, the present article aims to demonstrate the use of this plant material and verify the efficiency of the solutions adopted by Jörg Stamm in the use of bamboo, through a literature review and case study of the Orangutan Haven bamboo bridge. It was observed, after analyzing the foundation to the covering of this work, that solutions were adopted that combined both techniques executed up to the 2000s and innovative adaptations to highlight the architecture and the plant material, such as the predominance of bamboo throughout the construction, as well as solutions such as the pinbo flooring and three-layered roof.

Keywords: *Bamboo bridge; Jörg Stamm; Dendrocalamus asper; Low impact.*

1. Introdução

A busca por soluções sustentáveis na construção civil tem sido amplamente incentivada para mitigar os impactos ambientais decorrentes do crescimento populacional e das mudanças culturais. Isso se deve à percepção de que o modelo atual de aproveitamento de recursos naturais é predatório e insustentável. Nesse contexto, materiais lignocelulósicos, como a madeira de reflorestamento (Pinus e Eucalipto) e o bambu, têm se destacado como opções sustentáveis na construção civil (CARBONARI et al., 2017; RADAİK, 2018).

De acordo com Souza, Leão e Quaresma (2020), o bambu é um material interessante devido à sua flexibilidade de plantio, podendo ser encontrado em várias regiões e utilizado para diferentes fins, como reparação de solos degradados, contenção de encostas, produção de celulose, construção civil e até alimentação. Seu uso é bastante evidente em países do Oriente, como China, Japão e Indonésia, e também em certos países da América do Sul, como Equador, Colômbia e Costa Rica. No Brasil, o uso de bambu ainda está sendo consolidado, mas já é encontrado em diferentes regiões do país devido à sua adaptabilidade ao clima local, tanto com espécies nativas como exóticas. São catalogadas cerca de 232 espécies nativas e 174 endêmicas de bambu no Brasil (DRUMOND e WIEDMAN, 2017; PEREIRA e BERALDO, 2008; OLIVEIRA, 2006; NOIA, 2012; FILGUEIRAS e GONÇALVES, 2004).

O bambu se destaca em relação a outros materiais estruturais pela sua alta produtividade, já que em apenas dois anos e meio após a brotação, apresenta alta resistência mecânica. Comparado com a madeira de pinus e eucalipto, o bambu é mais vantajoso para uso estrutural devido ao seu rápido crescimento, que leva cerca de 3 a 5 anos, enquanto as outras espécies levam de 7 a 8 anos e 12 a 15 anos, respectivamente. Além disso, sua anatomia tubular e oca confere um peso específico relativamente baixo, tornando-o uma opção leve e resistente. Seu desempenho mecânico em relação à tração é notável, o que levou alguns autores a chamá-lo de "aço vegetal" (CARBONARI et al., 2017; PADOVAN, 2010; SANTOS, 2019; SHIMIZU, 2008).

O bambu possui particularidades únicas, tais como: a) é um material ancestral que foi muito estudado no Oriente e em alguns países da América; b) é fácil de ser obtido; c) apresenta particularidades anatômicas, físicas e mecânicas distintas dos outros materiais lignocelulósicos. Além disso, é um material relevante e de baixo impacto, como será evidenciado através do estudo de caso da ponte Orangutan Haven, projetada por Jörg Stamm em 2017, que demonstra as várias possibilidades de uso do bambu na construção, desde o piso até a cobertura. O objetivo deste artigo é mostrar a eficiência das soluções adotadas no projeto da ponte, destacando a maleabilidade do bambu.

2. Procedimentos Metodológicos

Busca-se, através deste estudo, aumentar o conhecimento sobre os possíveis modos de utilização do bambu na construção de pontes. Para isso, utilizou-se como objeto de estudo a Bridge Bamboo Urugutan (Ponte de bambu da reserva Orangutan Haven, OUH), analisando-se as soluções adotadas em sua construção. O processo de análise baseou-se na revisão bibliográfica da obra, com uma análise específica de cada solução adotada, desde a fundação até a cobertura. Também foram comparadas as soluções recomendadas pela norma E-100 peruana e a obra literária do arquiteto Oscar Hidalgo-López (2003), que explora as descobertas sobre o material, desde o plantio até as tecnologias de construção em bambu. O objetivo é destacar a eficiência das soluções adotadas na utilização do bambu na construção da ponte, bem como apresentar informações relevantes sobre o material e suas possibilidades na construção civil.

O projeto da ponte de bambu de Jörg Stamm foi criado em 2017 com a ajuda do arquiteto Lukas Zollinger (OCCO, 2023), com o objetivo de simbolizar a sustentabilidade e o respeito à natureza. A ponte está localizada no norte de Sumatra, na Indonésia, e é considerada a ponte mais longa da Ásia, com um vão de 30 metros, largura de 5,6 metros e altura de 12,6 metros. Foi construída como a entrada da reserva Orangutan Haven, que ocupa uma área de 48 hectares e foi projetada para suportar veículos de até 2 toneladas e pedestres. A ponte é composta principalmente de materiais naturais e locais, e foi construída em 8 meses (JORGSTAMM, 2022; OCCO, 2023).

No projeto, foi priorizada a utilização de materiais naturais e locais, com destaque para o bambu *Dendrocalamus asper*, também conhecido como bambu-gigante no Brasil e Petung na Indonésia. Esse tipo de bambu foi escolhido como membro principal das estruturas, devido à sua altura e retidão, propriedades mecânicas elevadas e disponibilidade em toda a Ásia. Além disso, o bambu é relativamente fácil de cortar, o que o tornou o material vegetal mais utilizado na construção da ponte, desde o piso até a cobertura. O bambu utilizado na obra foi coletado a uma distância de 50 km do local. Com exceção do vidro utilizado na cobertura, das barras metálicas roscadas nas ligações e da fundação em concreto, todas as outras partes da ponte são compostas exclusivamente de bambu, destacando a intenção de minimizar o impacto ambiental da obra. As soluções adotadas na construção da ponte, que serão descritas a seguir, permitem discutir os diversos usos do bambu na construção civil e abrir novas perspectivas para a utilização desse material na atualidade (JIN LOW, 2022).

3. Resultados

Os aspectos levantados no artigo, via revisão da bibliografia sobre a obra, permitiram a realização de uma análise da ponte Orangutan Haven, e mostram com excelentes soluções projetuais, com boa execução, promovendo a durabilidade do material e, conseqüentemente, da obra. Primeiramente, a solução concebida por Stamm para a fundação foi posicionar um bloco de concreto nas extremidades da travessia, figura 1 (JORGSTAMM, 2022).

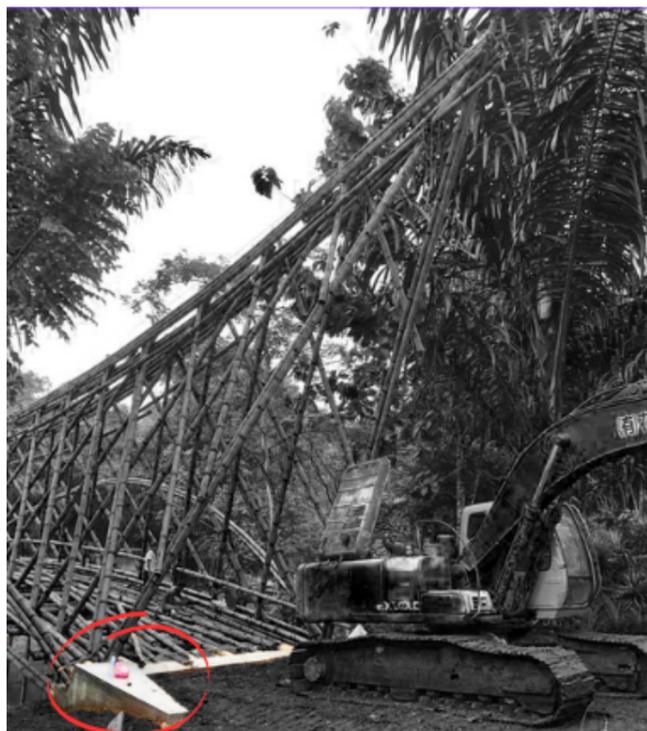


Figura 1: Fundação de concreto. Fonte: Adaptado com base em JORGSTAMM (2022).

Na sequência, para a estruturação da ponte utilizou-se de três colmos de bambu (em vermelho) nas extremidades conectados com barra de ferro rosqueada. Para a estruturação do piso, foi necessário posicionar vigas transversais compostas de 2 colmos de bambu (em amarelo) que estão apoiando tanto a esta viga em vermelho como os colmos estruturais do piso (em verde). Estes elementos que conferem sustentação do assoalho, como também aos pilares (em azul) (Figura 2).



Figura 2: Estrutura da ponte OUH. Fonte: Adaptado com base em JORGSTAMM (2022).

Inicialmente, Stamm adotava como solução de assoalho em suas pontes esteiras de bambu concretadas. No entanto, esse recurso construtivo levava à deformação devido ao peso do concreto, então Stamm investigou outras soluções. Após ter contato com Antonio Giraldo em 2002, criador do piso de bambu em formato de arco, encontrou a solução adequada. A técnica que Giraldo trabalhava era segmentar o bambu com uma serra de mesa e retirar os nós presentes nas peças através do corte com o facão para mantê-las ainda em arco. Em seguida, conectava-as por meio de um cabo com 6 mm de espessura e, nas extremidades deste conjunto, fixava a peça (Figura 3 – à esquerda) (MURRER e JIN LOW, 2022). Seguindo este princípio, Stamm readaptou a técnica com a intenção de melhorar a estética. Em vez de utilizar o cabo, adotou as cavilhas de palmeira de meia polegada (1,27 cm) (Figura 3 – à direita) para a junção das peças por meio de pregação, denominando esta técnica como placa Pinboo. Este modelo de assoalho foi adotado na ponte Orangutan Haven, sendo aplicado perpendicularmente ao sentido de travessia.

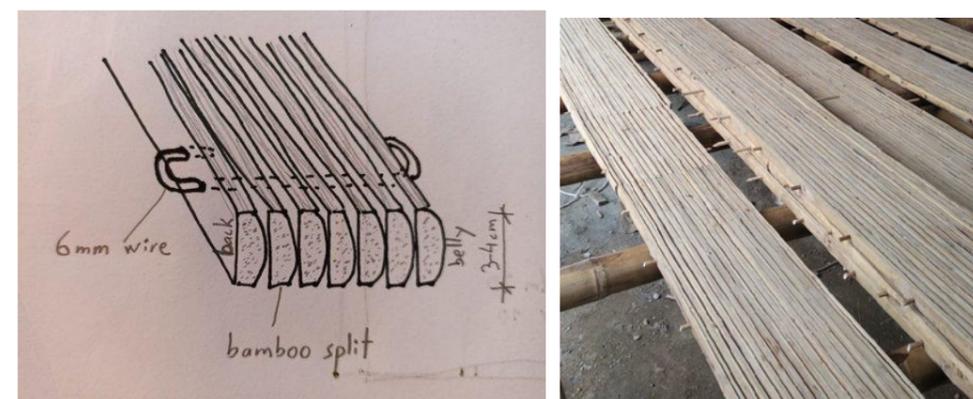


Figura 3: Solução de Giraldo e o sistema Pinboo. Fonte: MURRER e JIN LOW (2022).

Em relação aos pilares, Stamm adotou a solução de cruzá-los em forma de “X”. Deste modo, no cruzamento das peças as conexões ocorreram em três diferentes pontos, sendo: a) próxima ao guarda-corpo; b) no centro e c) próxima ao topo (Figura 4).



Figura 4: 3 pontos de conexão do pilar. Fonte: Adaptado com base em JORGSTAMM (2022).

Em relação à cobertura, segundo Jin Low (2022), a obra adotou o método de bambu bangli, que consiste em três camadas, baseado na versão tradicional de telhas de cinco camadas originárias do distrito de Bangli, em Bali. A base é construída com caibros da mesma espécie de bambu utilizada na ponte (*Dendrocalamus asper*), e as peças são lançadas com espaçamento de 60 cm e apoiadas sobre as terças sustentadas pelas vigas longitudinais descritas na figura 1. Na camada superior, são posicionadas as ripas ou sarrafos de bambu asper, com conexão nas vigas por meio de pinos de bambu com 12 cm de espaçamento. Na última camada, vem o plano de telhas (40 cm) que cobre a estrutura, composto de bambu *Gigantichloa pruriens* em formato retangular com chanframento em sua extremidade. A parte posterior da telha consiste de uma lâmina solta na ponta, que se encaixa nas ripas. As telhas são dispostas de 8 a 12 cm de distância devido à retração ocasionada pela secagem natural, já que são posicionadas na cobertura ainda úmidas, em estado verde e sem revestimento. Esta adoção ocorre em razão de formarem uma camada natural de cera que protege o material contra fungos (Figura 5) (JIN LOW, 2022).



Figura 5: Estrutura em 3 camadas da cobertura. Fonte: JIN LOW (2022).

A ponte foi projetada seguindo o estilo local Karo e Batak, caracterizado pelo uso de grandes pilares de madeira apoiados em pedras planas para protegê-los da umidade. Esses pilares sustentam as vigas longitudinais conhecidas como "labe-labe", que percorrem toda a extensão da ponte. A cobertura também se destaca pelo telhado tradicionalmente em palha, sem treliças internas para oferecer mais espaço interno. Além disso, há o uso de beirais triangulares com frontões projetados, que se estendem além da edificação (HISOUR, 2023).

O projeto da ponte adotou o uso da viga "labe-labe" e de um frontão triangular marcando a entrada. Além disso, foram utilizadas curvas na sua extensão, de forma que a altura central é menor e as extremidades se estendem ao céu. A luz natural entra na ponte por meio de uma pequena porção envidraçada na cumeeira do telhado, permitindo também a ventilação natural através dessa abertura. Essa solução forma um sistema de chaminé que proporciona corrente de ar ao usuário (Figura 6). As aberturas nas laterais destacam essa iluminação e ventilação (OCCO, 2022; HISOUR, 2023).



Figura 6: Estrutura em 3 camadas da cobertura. Fonte: JIN LOW (2022).

4. Análises dos Resultados

Em primeiro lugar, é importante ressaltar que a fundação da ponte segue os princípios básicos de construções em madeira, que é impedir a ascensão da umidade do solo para a peça estrutural. Para isso, foi adotada a solução de sapatas de concreto ou blocos estruturais (CARDOSO, 2000).

Ao observar as fotos da ponte, é possível notar que suas conexões nas vigas são similares às recomendações presentes na norma peruana E100. De acordo com essa norma, o espaçamento entre as barras não pode exceder o menor espaçamento em três vezes a altura da viga ou $\frac{1}{4}$ do vão (E 100, 2017).

Devido à sua extensão de 30 metros, foi necessário utilizar mais de uma cana para vencer o vão da ponte. Conforme explicado por Ubidia (2015), para unir as canas longitudinalmente, é importante que os diâmetros dos bambus sejam semelhantes e que o corte ocorra próximo ao diafragma (nó). A conexão entre as peças deve ser feita com uma barra a menos de 3 cm da extremidade dessa ligação, sendo necessário ainda dois pares de barras aplicados na junta de maneira perpendicular entre si (Figura 7).

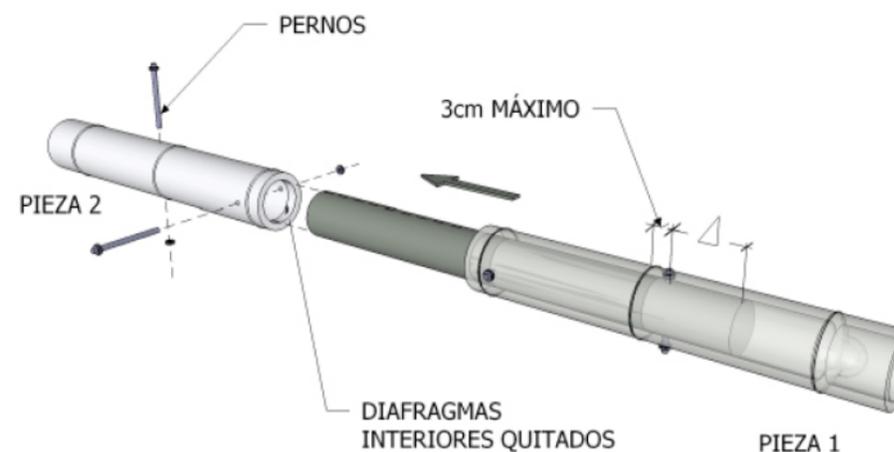


Figura 7: Ligação das canas. Fonte: UBIDIA (2015).

Segundo Hidalgo-López (2003) pela característica excelente do comportamento do bambu à compressão e à tração, bem como sua particularidade de curvatura natural e seu baixo peso específico, permite que este material possa ser empregado na construção de pontes. Assim, permitindo a substituição de pontes de madeira pelas de bambu. Stamm em 2017 inovou o sistema empregado na construção de pontes ao utilizar esta técnica de pilares cruzados em forma de “X” associado com a conexão em três pontos da cana de bambu nos pilares verticais.

A malha empregada no telhado segue a ideia tradicional das coberturas clássicas das residências com: caibros, ripas e telhas. No entanto, a obra destaca a maleabilidade do sistema ao permitir um formato curvo à cobertura. O aspecto singular é o uso do bambu em todo o projeto desta cobertura, evidenciando seu baixo impacto.

Em suma, Stamm projetou a ponte pensando em cada detalhe e destacando a versatilidade deste material, demonstrando diferentes empregos e resistência, bem como recorrendo a uma arquitetura marcante. O projeto comprova que este material é resistente, permitindo liberdade de criação ao projetista.

5. Considerações Finais

Ao buscar soluções de baixo impacto e rapidez na construção, o bambu se mostra um material extremamente importante devido ao seu desempenho, tornando-se um material vegetal de destaque por sua alta resistência e versatilidade. Apesar de ser uma planta ancestral, o bambu ainda representa um desafio na utilização estrutural, especialmente em sua forma roliça. Este projeto contribui para evidenciar as qualidades construtivas do bambu e se torna uma demonstração relevante e criativa de como ele pode ser utilizado.



O projeto de construção da ponte Orangutan Haven é um exemplo notável de como o bambu *Dendrocalamus asper* pode ser utilizado na construção de pontes, através de várias soluções construtivas importantes. Os pilares são amarrados, e as vigas distribuem as forças. O bambu é mantido a uma distância do solo para evitar contato com a umidade, e as lâminas em arco são usadas para compor o assoalho (pinboo). A estruturação da cobertura demonstra o uso otimizado do bambu e permite um sistema tradicional de ripas e caibros. A curvatura natural do bambu permite uma estética agradável e criativa, além de permitir grandes vãos, como neste caso, uma ponte de 30 metros em apenas 8 meses.

Este projeto destaca as inúmeras vantagens do bambu para a construção civil, tornando-se uma alternativa viável devido à facilidade de obtenção, abundância no território nacional e adaptabilidade ao clima do país, bem como seu baixo impacto ambiental. No entanto, questões culturais ainda precisam ser consideradas, especialmente em relação à conscientização e capacitação profissional. A aceitação da tecnologia descrita aqui é um processo que depende de uma abordagem abrangente para enfrentar os desafios associados à construção em bambu.

Referências

CARBONARI, G. et al. BAMBU – O AÇO VEGETAL. **MIX Sustentável**, v. 3, n. 1, p. 17, 2017.

CARDOSO, R. J. **Arquitetura com Bambu**. 2000. Dissertação (Mestre em Arquitetura e Urbanismo) - UFRGS - PROPARG Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Programa de Pós-Graduação, Porto Alegre, 2000.

DRUMOND, P. M.; WIEDMAN, G. **Bambus no Brasil: da Biologia à Tecnologia**. Rio de Janeiro: ICH, 2017.

E.100: **Norma técnica bambú**. Peru: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. 2017

FILGUEIRAS, T.S.; GONÇALVES, A.P.S. A Checklist of the Basal Grasses and Bamboos in Brazil (POACEAE). *Bamboo Science and Culture: The Journal of the American Bamboo Society* 18(1): 7-18. 2004.

HIDALGO-LÓPEZ O. **Bamboo: the gift of the God's**. D'vinni Ltda., Bogotá, Colômbia. 2003.

HISOUR. **Arquitetura Batak**. 2023. Disponível em: <<https://www.hisour.com/pt/batak-architecture-28697/>>. Acesso em: 20 jan. 2023.

JIN LOW, E. **Bamboo Green Roofs: Orangutan Haven**. 2022. Disponível em: <<https://www.betterbamboobuildings.com/home/bamboo-green-roofs-orangutan-haven>>. Acesso em: 14 dez. 2022.

_____. **Dendrocalamus Asper: giant bamboo**. Disponível em: <<https://www.betterbamboobuildings.com/home/hello-asper>>. Acesso em: 14 dez. 2022.

_____. **3-layer Bamboo Roof Shingles**. 2022. Disponível em: <<https://www.betterbamboobuildings.com/home/3-layer-bamboo-roof-shingles>>. Acesso em: 14 dez. 2022.

JÖRG STAMM. **Bamboo Construction**. 2022. Disponível em: <<https://www.jorgstamm.com/about>>. Acesso em: 14 dez. 2022.

_____. **A look at some projects**. 2022. Disponível em: <<https://www.jorgstamm.com/projects>>. Acesso em: 14 dez. 2022.

MURRER, G.; JIN LOW, E. **The Story of Pinboo Boards**. 2022. Disponível em: <<https://www.betterbamboobuildings.com/home/the-story-of-pinboo>>. Acesso em: 14 dez. 2022.

NOIA, P. R. **Sustentabilidade socioambiental: Desenvolvimento de sistemas construtivos em Bambu no Vale do Ribeira, SP**. 2012. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo de São Paulo, São Paulo, 2012.

OCCO LIVING. **The Bamboo Bridge Orangutan Haven 2017**. 2023. Disponível em: <<https://occoliving.com/Bamboo-Bridge>>. Acesso em: 20 jan. 2023.

OLIVEIRA, T. F. C. S. **Sustentabilidade e Arquitetura: uma Reflexão sobre o Uso do Bambu na Construção Civil**. 2006. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2006.

PADOVAN, R. B. **O Bambu na Arquitetura: design de conexões estruturais**. 2010. Dissertação (Mestre em Design) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru, 2010.

PEREIRA, M. A.; BERHALDO, A. L. **Bambu de Corpo e Alma**. Bauru, SP: Canal6, 2008.

RADAIK, C. E. **Cadeia produtiva do bambu como material construtivo e sua aplicação: Estudo de caso no estado de São Paulo**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo de São Paulo, São Carlos, 2018.

SANTOS, T. O. **Produção de bambu laminado colado: propriedades e aplicações**. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Materiais) – Universidade Federal de São Carlos – Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Materiais, Sorocaba, 2019.

SHIMIZU, J. Y. **Pinus na silvicultura brasileira**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008., 2008.

UBIDIA, J. M. **Manual de Construcción: Construir con Bambú caña de guayaquil**. Red Internacional de Bambú y Ratán INBAR. Terceira edição adaptada para Peru. Peru, 2015. UNESCO (org.). **Inventory of earthen architecture**. 1 ed. 2012.



Projeto de habitação com sistemas mistos em bambu no município de Florianópolis

House design with bamboo mixed systems in Florianopolis' city

Giulia Barbosa da Luz, estudante de graduação, Instituto Federal de Santa Catarina.

giulia.bl@aluno.ifsc.edu.br

Luciana da Rosa Espíndola, professora doutora, Instituto Federal de Santa Catarina.

luciana.espindola@ifsc.edu.br

Resumo

O processo da construção civil causa diversos impactos ao meio ambiente devido ao uso excessivo de materiais não renováveis e aos resíduos gerados ao longo do seu ciclo de vida. Por isso, soluções com materiais sustentáveis estão sendo cada vez mais demandadas. O bambu pode ser um ótimo material para a construção, porém no Brasil não existem muitas informações sobre o uso deste em residências. Para demonstrar seu potencial como material de edificações, este trabalho tem como principal objetivo desenvolver o projeto de uma habitação utilizando sistemas mistos de bambu no município de Florianópolis, Santa Catarina. Primeiro, foi feita a seleção da espécie de bambu com base em levantamento bibliográfico e questionário com empresas de Florianópolis. Também, foram definidas diretrizes para o projeto com base em levantamentos bibliográficos sobre as especificidades do bambu. E, por fim, com base no programa de necessidades, foi elaborado o projeto arquitetônico da habitação utilizando os *softwares* Revit e Autocad.

Palavras-chave: Bambu; Sistema construtivo; Estrutura; Projeto

Abstract

The civil construction process causes several impacts to the environment due to the excessive use of non-renewable materials and the waste generated throughout its life cycle. Therefore, solutions with sustainable materials are being increasingly demanded. Bamboo can be a great material for construction, but in Brazil there is not much information about its use in homes. To demonstrate its potential as a building material, this work has as main objective to develop the design of a house using mixed bamboo systems in the city of Florianopolis, Santa Catarina. First, the bamboo species was selected based on a bibliographic survey and a questionnaire with companies in Florianopolis. Also, guidelines for the project were defined based on bibliographic surveys on the specificities of bamboo. And, finally, based on the needs program, the architectural design of the house was elaborated using Revit and Autocad software.

Keywords: Bamboo; Constructive system; Structure; Design.

1. Introdução

Historicamente, a construção civil brasileira utiliza matéria-prima não renovável e consome muita energia no transporte e no processamento de seus insumos (ROTH; GARCIAS, 2011). Como consequência, ocorre aumento das chuvas, do calor, dos incêndios, da devastação florestal e vegetal, da poluição das águas e do ar, da erosão do solo, da perda de espécies animais (XIAO; INOUE; PAUDEL, 2008; LARUCCIA, 2014). Portanto, há uma demanda urgente por materiais renováveis, com baixo consumo de energia.

O bambu aparece como uma alternativa construtiva atraente e de baixo custo. É um material natural, de crescimento rápido, com ótimas características físicas e muito versátil, permitindo a construção de edificações com diferentes funcionalidades (HUANG, 2019). Para a construção de edificações, o bambu possui ótimas propriedades físico-mecânicas (MARÇAL, 2008) e pode apresentar um rendimento superior à madeira (BERALDO; ALEIXO, 2019).

O bambu tem o potencial de equilibrar as emissões de gases de efeito estufa, visto que absorve CO₂ durante a fotossíntese no seu crescimento e o mantém retido durante a vida útil da edificação (REUBENS, 2010; CALDAS et al., 2020). Ele também pode auxiliar na redução da geração de resíduos sólidos (PADOVAN, 2010), e no controle da erosão do solo e na proteção de taludes e mananciais (KIGOMO, 2007; BERALDO; ALEIXO, 2019).

Além das questões ambientais positivas, seu custo de produção é baixo, incluindo as etapas de cortes e de transporte (BERALDO; ALEIXO, 2019). E a sua utilização vem proporcionando trabalho, renda e moradia para pessoas de baixa renda (OLIVEIRA, 2006).

A forma tradicional de aplicar o bambu na construção é com elementos em colmos. Entretanto, este colmo pode ser trabalhado para obter outros produtos básicos, como: lâminas, lascas, ripas ou partículas, conforme a finalidade desejada (MOIZÉS, 2007).

Atualmente, o bambu laminado colado (BLC) tem recebido grande destaque mundialmente, pois o material é mais homogêneo quando comparado ao bambu em sua forma natural, sofrendo menos deformações e apresentando alta resistência. Ele permite a industrialização da construção, com seus benefícios, como racionalização e precisão. O BLC aumenta as possibilidades de seções e de comprimentos comerciais disponíveis (PEIXOTO, 2008).

Na construção de edificações, o bambu pode ser utilizado como elemento estrutural e de vedação, exceto em chaminés e lugares perto de fogo (XIAO; INOUE; PAUDEL, 2008). Como elementos estruturais, o bambu pode ser utilizado em pilares, vigas, fundações, lajes, treliças, entre outros. Salientando que, por ser um material biodegradável, os elementos de bambu devem estar protegidos contra umidade e tratados adequadamente para preservar sua durabilidade (BENAVIDES, 2019).

O Brasil possui construções que demonstram o potencial do bambu, mas sua prática ainda pode ser considerada incipiente - movida, principalmente, por projetistas e construtores engajados na causa da sustentabilidade. Para ampliar sua disseminação, é necessário ter e divulgar o conhecimento específico do material e da sua cadeia produtiva (LIBRELOTTO; OSTAPIV, 2019).

Com isso, objetivo deste trabalho é desenvolver o projeto de uma habitação com sistemas construtivos mistos de bambu para o município de Florianópolis, Santa Catarina.

2. Procedimentos Metodológicos

Para o desenvolvimento do projeto, foi definida uma habitação térrea unifamiliar, tendo como referência o modelo geral de habitações de interesse social no Brasil, com dois quartos, uma cozinha, um banheiro e uma sala de estar. A população da edificação é de quatro pessoas. O terreno selecionado para a habitação tem aproximadamente 20 metros de largura e 50 metros de comprimento, localizado no norte da ilha de Florianópolis, estado de Santa Catarina.

Primeiro, foram definidas diretrizes para o projeto com base em levantamentos bibliográficos sobre as especificidades do bambu como material de construção, em autores como Benavides (2019), Guaduabamboo (2022), Lopez (2003), Ludwig e Souza (2019) e Tongji University (2010).

Em paralelo, foi feita a seleção da espécie de bambu a ser utilizada no projeto e de suas propriedades físicas e mecânicas, com base em levantamento bibliográfico (CARBONARI et al., 2017) e questionário aplicado com empresas de Florianópolis que trabalham com construções em bambu.

O programa de necessidades para a concepção de um anteprojeto arquitetônico da habitação foi feito com base na NBR 15575-1 - Edificações Habitacionais - Norma de Desempenho - Parte 1: Requisitos Gerais (ABNT, 2021).

No desenvolvimento geral do projeto e dos subsistemas da habitação, foram utilizados o software Autodesk Revit 2023 e Autodesk AutoCAD 2022 versões educacionais.

3. Resultados

A espécie de bambu escolhida para a habitação foi a *Dendrocalamus asper* conforme dados das empresas questionadas na região do município de Florianópolis. Os bambus dessa espécie podem alcançar até 30 m, com diâmetro entre 08 e 20 centímetros e entrenós entre 20 e 45 centímetros segundo Hossain M. A. et al., 2018. E a espessura das paredes do colmo é de 04 centímetros em média (LIBRELOTTO; OSTAPIV, 2019, p. 19). E, para o dimensionamento estrutural, observa-se que este bambu apresenta o valor de 51,15 MPa de resistência à compressão paralela às fibras de colmos com nós (CARBONARI et al., 2017). Destaca-se que todo elemento de bambu deverá ser previamente tratado para manter a durabilidade.

Conforme as especificidades do bambu e questões de racionalização da construção, as principais diretrizes estabelecidas para este projeto foram: a adoção de paredes com 20 cm de espessura conforme a espécie; a concentração das paredes hidráulicas, para facilitar nas possíveis soluções técnicas mistas ao bambu e para otimização na execução desse subsistema; a colocação de aberturas em paredes opostas nos ambientes para garantir a ventilação cruzada, visando reduzir os custos com climatização e manter os elementos de bambu secos; um beiral

significativo e a elevação da habitação do solo para a proteger os elementos externos de bambu contra as intempéries.

Após estudos de layout e de volumetria, o projeto da habitação para uma família de quatro pessoas resultou em uma área de 64,60 m², com dois quartos, dois banheiros, sala, cozinha e lavanderia. As áreas cobertas da garagem e do pátio permitem uma extensão da habitação e integração com as atividades na área externa (Figura 1). O pé direito da edificação é de 3,80 m e o pavimento térreo está elevado sobre o solo 50 cm, como recomendado pelas bibliografias e pela empresa de Florianópolis (Figuras 2 a 4).

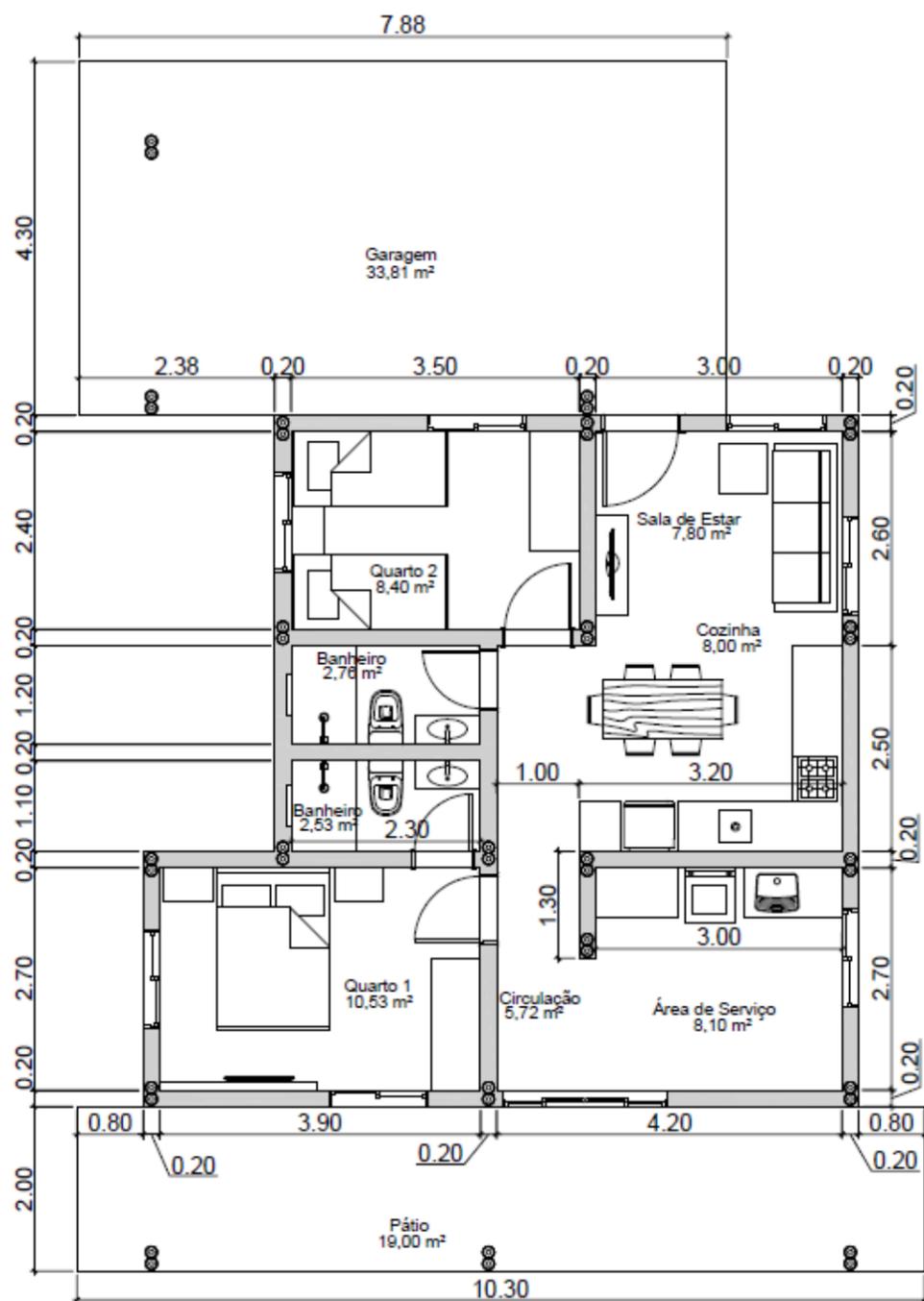


Figura 1: Planta da habitação proposta em bambu. Fonte: elaborado pelos autores.

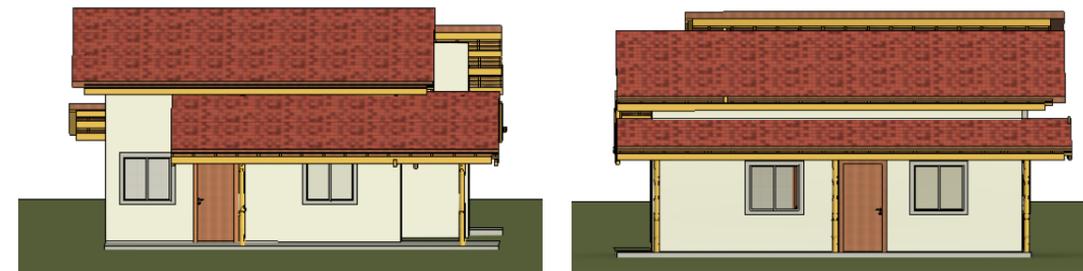


Figura 2: Fachadas frontal (a) e posterior (b) da habitação. Fonte: elaborado pelos autores.



Figura 3: Volumetria frontal da habitação. Fonte: elaborado pelos autores.



Figura 4: Volumetria posterior da habitação. Fonte: elaborado pelos autores.

Para o subsistema estrutural foi escolhido o sistema pilar-viga com o bambu na sua forma natural roliça. Os pilares e as vigas foram estimados com colmos duplos, conforme a Figura 5. A quantidade de colmos necessária para resistir aos esforços solicitantes não foi calculada. Assim como a locação dos pilares foi estimada na planta da habitação, mas também precisa ser verificada em estudos futuros.

Sobre as vigas, tem-se as lajes constituídas por painéis maciços de bambu laminado cruzado. E sobre as lajes, tem-se o subsistema de cobertura com treliças com peças de bambu laminado colado.



Figura 5: Pilar (a) e viga (b) com colmos duplos. Fonte: elaborado pelos autores.

Entre pilares e vigas, as paredes são formadas por painéis de vedação, não autoportantes. A parte central da vedação é uma ossatura de bambu laminado colado, preenchido com um material isolante termoacústico - como a lã de vidro. As camadas internas e externas de fechamento dessa ossatura variam conforme o ambiente.

Em geral, na camada externa da edificação, sobre a ossatura de bambu, tem uma chapa de OSB de bambu, uma membrana hidrófuga para proteção contra umidade externa e a placa cimentícia de acabamento. Já para as camadas do interior da casa, optou-se pelas placas de gesso acartonado (ST) ou taliscas usinadas de bambu. Para as áreas molhadas dos banheiros, área de serviço e cozinha foi utilizada uma placa de gesso acartonado resistente à umidade (RU) (Figura 6).

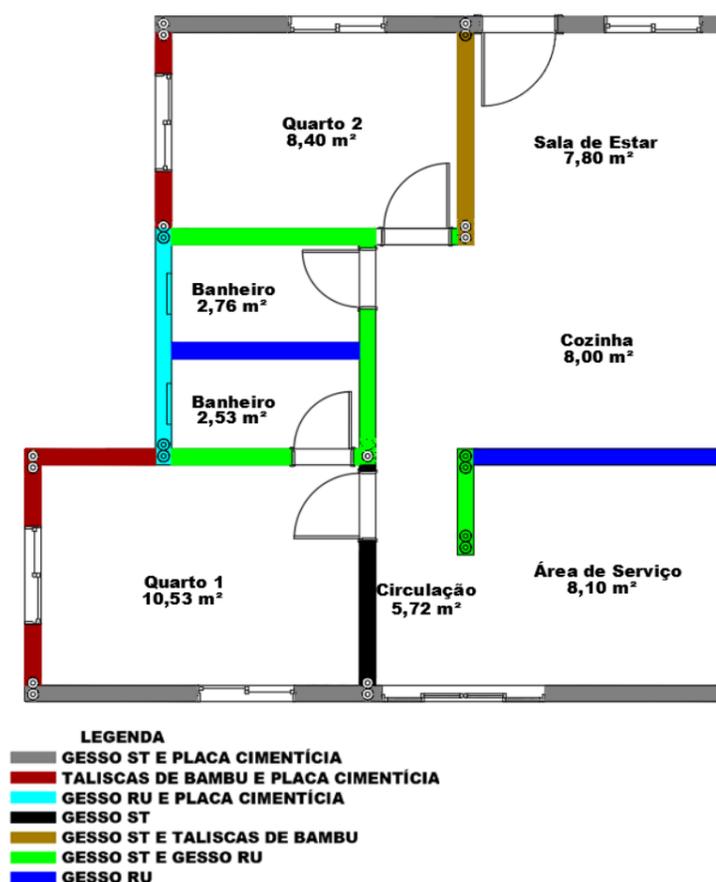


Figura 6: Painéis de vedação internos e externos conforme ambientes. Fonte: elaborado pelos autores.

No total, foram propostos sete tipos de composições para as paredes, com camadas de diferentes materiais conforme os ambientes, ilustrados nas Figuras 7 a 14. Observa-se que a ossatura de bambu deve apresentar vergas e contravergas nas aberturas das esquadrias.

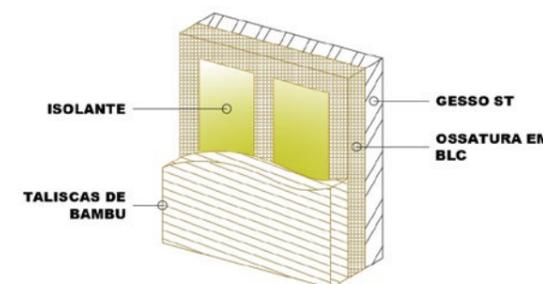


Figura 7: Vedação com taliscas de bambu e gesso ST. Fonte: elaborado pelos autores.

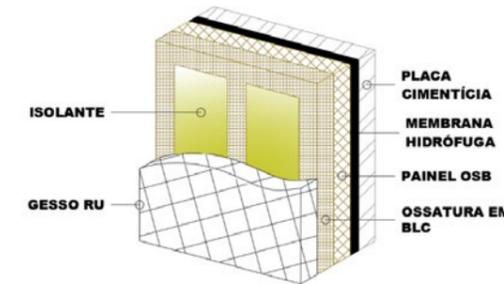


Figura 8: Vedação com placa cimentícia e gesso RU. Fonte: elaborado pelos autores.

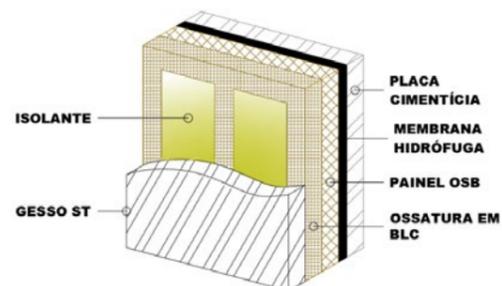


Figura 9: Vedação com placa cimentícia e gesso ST. Fonte: elaborado pelos autores.

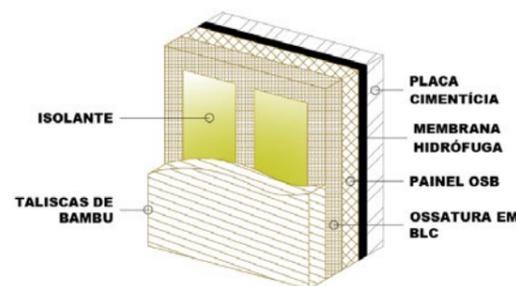


Figura 10: Vedação com placa cimentícia e taliscas de bambu. Fonte: elaborado pelos autores.

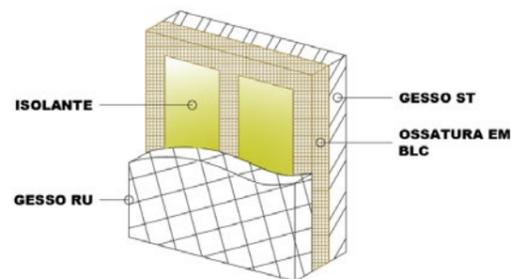


Figura 11: Vedação com gesso ST e gesso RU. Fonte: elaborado pelos autores.

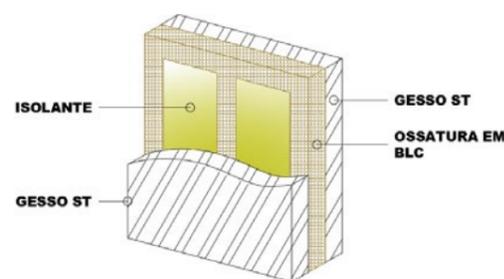


Figura 12: Vedação com gesso ST em ambos os lados. Fonte: elaborado pelos autores.

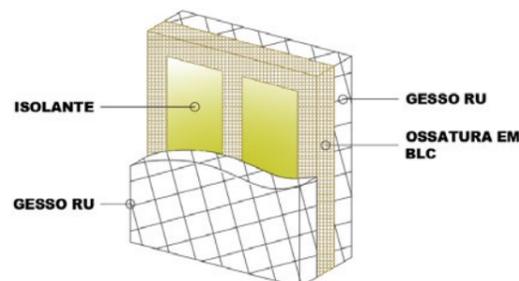


Figura 13: Vedação com gesso RU em ambos os lados. Fonte: elaborado pelos autores.

Por fim, o subsistema da cobertura é composto por telhas cerâmicas e estrutura com ripas, caibros, terças e treliças constituídos por peças de bambu laminado colado (Figura 56). As telhas são cerâmicas do tipo italiana (Figura 14).

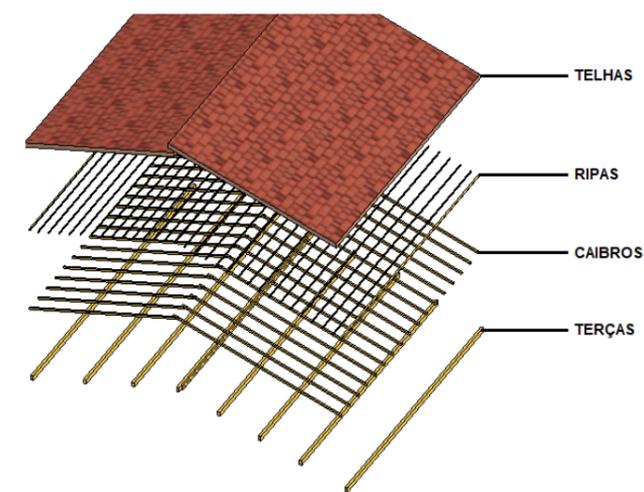


Figura 14: Componentes da cobertura. Fonte: elaborado pelos autores.

A seleção do bambu laminado colado para os elementos da cobertura foi motivada pela facilidade de montagem, e também pela homogeneidade e pelo aproveitamento de peças com pequenas dimensões, como as ripas.

A cobertura foi dividida em quatro partes, com inclinações de 30%: a parte frontal, sobre a garagem; as duas partes do meio, cobrindo os ambientes interiores; e a parte de trás, cobrindo o pátio (Figura 14). A estrutura de ripas, caibros e terças estão sobre meias treliças do tipo Howe. O dimensionamento estrutural da cobertura foi calculado e detalhado no trabalho de Luz (2023).

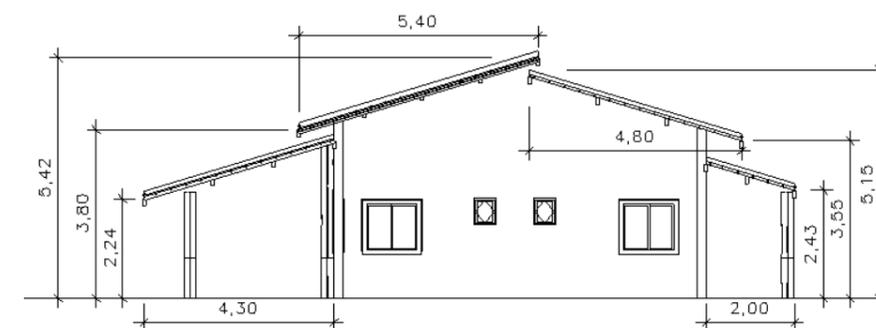


Figura 14: Fachada lateral destacando as quatro águas da cobertura. Fonte: elaborado pelos autores.

4. Considerações Finais

Este trabalho buscou aprofundar os pontos positivos do bambu e suas aplicações na engenharia civil visando estimular o seu uso no Brasil. Com pesquisas realizadas em fontes bibliográficas e as propostas elaboradas para a habitação, foi possível confirmar que o bambu é um material que proporciona diversas possibilidades arquitetônicas e estruturais. Ainda que necessitando de mais aprofundamento de detalhes para a habitação, comprovou-se que o bambu pode ser uma solução adequada para tornar as construções mais sustentáveis.

Para o desenvolvimento do projeto arquitetônico da habitação proposta, as normas da ABNT auxiliaram nas decisões de layout e conforto ergonômico. Para a composição dos subsistemas da construção foram adotadas diferentes técnicas com bambu, como: painéis de parede estruturados com ossatura em BLC; vedação interna de ambientes secos com taliscas usinadas; ripas, caibros, terças e treliças em BLC; laje em painéis de bambu contraplacado; e pilares e vigas com colmos duplos de bambu roliço. A seleção destas técnicas com bambu foi realizada após analisar suas potencialidades em trabalhos práticos realizados por outros autores, conforme citados anteriormente. E a seleção da espécie de bambu foi baseada em relatos de projetistas e construtores de bambu no município de Florianópolis.

Para a análise estrutural, observou-se que a norma brasileira de bambu é restrita para os sistemas de bambu roliço. Assim, para complementar, as análises das peças de bambu laminado colado da cobertura foram feitas com base norma brasileira de madeira, que inclui madeira lamelada colada.

No processo deste projeto, a modelagem com o detalhamento técnico dos elementos e dos componentes dos subsistemas em bambu no *software* Revit foi uma dificuldade encontrada, por não existirem famílias e *templates* com informações prontas de possíveis produtos em bambu. Também, para certos detalhes da estrutura da cobertura, como a ligação entre as peças das treliças, o *software* não permitiu os cortes necessários para realizar os entalhes das peças. Por isso, pelo tempo de pesquisa, foi necessário mesclar informações elaboradas em 2D e 3D, nos *softwares* AutoCAD e Revit.

Salienta-se que, neste projeto, não foram realizadas análises sobre a viabilidade econômica e comercial do bambu roliço e do bambu laminado colado (BLC). Esta é uma questão importante que deve ser avaliada em estudos futuros para facilitar a disseminação das construções em bambu, com materiais devidamente tratados e certificados.

Também, propõe-se para estudos futuros, a realização de ensaios e estimativas para avaliar o desempenho dos diversos sistemas construtivos com bambu, incluindo os desempenhos térmico e acústico e demais questões relacionadas à durabilidade do material conforme o clima ao qual se insere. Estes aspectos são fundamentais para a qualidade e a vida útil da construção, pontos relevantes considerados para análise de financiamento público das habitações sociais.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-1: **Edificações habitacionais - Desempenho Parte 1: Requisitos Gerais**. 5 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

BENAVIDES, A. S. J. **Manifestações patológicas e decisões projetuais que incidem na durabilidade do bambu em edificações no sul do Brasil**. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.

BERALDO, A. L.; ALEIXO, R. P. **Bambu: características e aplicações na construção civil e em arquitetura**. Bauru: Canal 6, 2019. 108 p.

CALDAS, L. R.; RODRIGUEZ, L.; MENEZES, B.; TOLEDO FILHO, R. Avaliação do potencial de mitigação das mudanças climáticas com o uso de colmos de bambu na construção civil brasileira. *Lalca: Revista Latino-Americana em Avaliação do Ciclo de Vida*, [S.l.], v. 4, p. 1-18, 19 dez. 2020.

CARBONARI, G.; SILVA JUNIOR, N.; PEDROSA, N. H.; ABE, C. H.; SCHOLTZ, M. F.; ACOSTA, C. C. V.; CARBONARI, L. T. Bambu – o aço vegetal. *Mix Sustentável*, [S.l.], v. 3, n. 1, p. 17-25, 12 mar. 2017. Disponível em: <https://ojs.sites.ufsc.br/index.php/mixsustentavel/article/view/1876/1052> . Acesso em: 11 abr. 2022.

GUADUA BAMBOO. **Timarai Bamboo Beach Resort**. Disponível em: <https://www.guaduabamboo.com/blog/timarai-bamboo-beach-resort> . Acesso em: 06 maio 2022.

HUANG, Z. **Application of Bamboo in Building Envelope**. Guangzhou: Springer Nature Switzerland AG, 2019. 338 p.

KIGOMO, B. N. **Guidelines for Growing Bamboo**. Nairobi: Kenya Forestry Research Institute (Kefri), 2007. Disponível em: <https://www.humanitarianlibrary.org/sites/default/files/2014/02/Guidelines%20for%20growing%20bamboo.pdf> . Acesso em: 25 maio 2022.

LARUCCIA, M. M. Sustentabilidade e Impactos Ambientais da Construção Civil. *Revista Eniac Pesquisa*, Guarulhos, v. 3, n. 1, p. 69-84, 30 jun. 2014. Disponível em: https://ojs.eniac.com.br/index.php/EniacPesquisa/article/view/124/pdf_21. Acesso em: 06 maio 2022.

LIBRELOTTO, L. I.; OSTAPIV, F. (org.). **Bambu: caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Florianópolis: Grupo de Pesquisa Virtuhab/UFSC, 2019. 204 p.

LÓPEZ, O. H. **Bamboo The Gift Of The Gods**. Bogotá, 2003. 553 p.

LUZ, G. B. **Projeto de uma habitação em bambu com dimensionamento da cobertura para o município de Florianópolis**. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2023.

LUDWIG, A. H.; SOUZA, L. D. **Estudo de caso: casa de bambu na ecovila mãe terra**. 2019. 73 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Unievangélica, Anápolis, 2019.

MARÇAL, V. H. **Uso do Bambu na Construção Civil**. 2008. 60 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.



MOIZÉS, F. A. **Painéis de Bambu, uso e aplicações: uma experiência didática nos cursos de design em Bauru, São Paulo.** 2007. 113 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Desenho Industrial, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2007.

OLIVEIRA, T. F. C. **Sustentabilidade e arquitetura: uma reflexão sobre o uso do bambu na construção civil.** 2006. 136 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Dinâmicas do Espaço Habitado, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2006.

PADOVAN, R. B. **O bambu na arquitetura: design de conexões estruturais.** 2010. 183 f. Dissertação (Pós-Graduação) - Curso de Design, Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2010.

PEIXOTO, L. K. **Sistema Construtivo em Bambu Laminado Colado: proposição e ensaio de desempenho estrutural de uma treliça plana do tipo Warren.** 2008. 205 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

REUBENS, R. **Bamboo in Sustainable Contemporary Design.** Beijing: International Network For Bamboo And Rattan (INBAR), 2010. 183 p. Disponível em: <https://www.inbar.int/wp-content/uploads/2020/05/1489549243.pdf>. Acesso em: 25 maio 2022.

ROTH, C. G.; GARCIAS, C. M. **Construção Civil e a Degradação Ambiental.** Desenvolvimento em Questão, [S. l.], v. 7, n. 13, p. 111–128, 2011. Disponível em: <https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/desenvolvimentoemquestao/article/view/169>. Acesso em: 06 maio 2022.

TONGJI UNIVERSITY. **Solar Decathlon 2010: Deliverable#7 Project Manual.** Shanghai: Tongji University, 2010. 350 p. Disponível em: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjHh-T6zuL7AhWxK7kGHYEuAIUQFnoECBMQAQ&url=https%3A%2F%2Fbuilding-competition.org%2Ffile%2F5909f18d2dd2ae339ba37307%2F40de3565eddd704fa06c67dd9a6044eccb0946407889cb4d54df30ac4b094b80&usq=AOvVaw3jMq1tPJtErj54Kb9Fw7yG&cshid=1670248158010460>. Acesso em: 3 set. 2022.

XIAO, Y.; INOUE, M.; PAUDEL, S. K. (ed.). **Modern Bamboo Structures.** Londres: Taylor & Francis Group, 2008. 314 p.

Diretrizes para o Design Sustentável de Produtos com resíduos de madeira: uma revisão da literatura.

Guidelines for Sustainable Product Design with wood waste: a literature review.

Polyanna Astrath Costa, Mestranda, UFPR.

polyanna.astrath@ufpr.br / polyastrath@gmail.com

Marta Karina Leite, Doutora, UTFPR/UFPR.

martaleite@utfpr.edu.br

Resumo

Os resíduos sólidos urbanos (RSU) são um desafio para o desenvolvimento sustentável dos territórios, dados do Plano Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2022) apontam que 45,3% dos RSU gerados no Brasil são materiais orgânicos, e dentre esses materiais estão os resíduos de madeira provindos de poda urbana e varrição. Ribanski e Belini (2019) apontam duas possibilidades para a reutilização dos resíduos de madeira, o desenvolvimento de produtos de maior valor agregado e o uso para fins energéticos, sendo que, para os autores, “o reprocessamento de resíduos de madeira e a sua transformação em produtos de maior valor agregado (PMVA) é a melhor maneira de valorizá-los”. Partindo desta problemática, o presente artigo busca identificar e propor diretrizes para a reutilização e valorização sustentável dos resíduos de madeira através do design de produtos, por meio de revisões de literatura e de uma redação analítica. A partir dos desdobramentos das análises das revisões, foi possível identificar três diretrizes para o design sustentável de produtos com resíduos de madeira.

Palavras-chave: Design de Produtos; Design Sustentável; Resíduos de madeira.

Abstract

Urban solid waste is a challenge for the sustainable development of territories, data from the National Solid Waste Plan (BRASIL, 2022) point out that 45.3% of urban solid waste generated in Brazil are organic materials, and among these materials are wood waste from urban pruning and sweeping. Ribanski and Belini (2019) point out two possibilities for the reuse of wood waste, the development of products with higher added value and the use for energy purposes, and, for the authors, "the reprocessing of wood waste and its transformation into products with higher added value is the best way to valorize them". Based on this problematic, the present article seeks to identify and propose guidelines for the reuse and sustainable valorization of wood waste through product design, through literature review and analytical writing. From the analysis of the reviews, it was possible to identify three guidelines for the sustainable design of products with wood waste.

Keywords: Product Design; Sustainable Design; Wood Waste.

1. Introdução

O conceito de Sustentabilidade em Design surgiu na década de 1960, em um momento histórico em que a eficiência da produção como fator de bem-estar social foi questionada. A incerteza quanto à capacidade do mercado de fornecer soluções adequadas para os problemas da humanidade resultou em reflexões sobre a importância dos designers se voltarem para a realidade social e os impactos negativos da produção e consumo em massa sobre o meio ambiente (CESCHIN & GAZIULUSOY, 2020). Desde então, várias estratégias para a sustentabilidade no escopo do design têm sido desenvolvidas e implementadas, começando com o *green design* de Victor Papanek na década de 1970, que procurou redesenhar produtos com o objetivo de diminuir seus impactos e aumentar sua eficiência e longevidade.

Atualmente, a pesquisa em design para sustentabilidade coloca seu foco em estudo sobre transições para um futuro sustentável, pensando não apenas em produtos e serviços, mas na transformação através do design de sistemas sociais, tecnológicos e políticos (CESCHIN & GAZIULUSOY, 2020). O framework (figura 1) proposto por Ceschin & Gaziuluzoy (2020) demonstra os estágios de evolução e amadurecimento do design para a sustentabilidade:

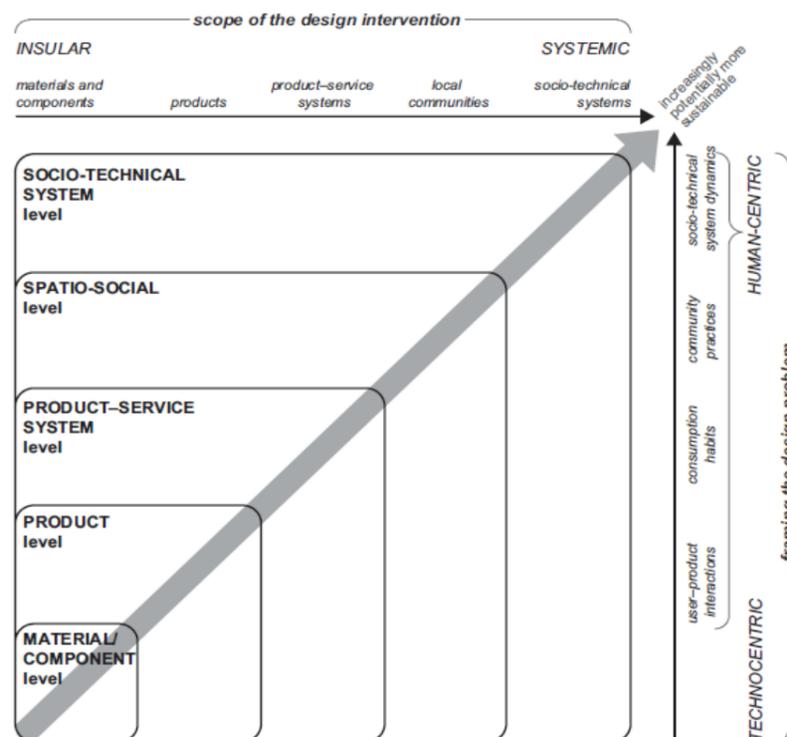


Figura 1: Framework Design para a sustentabilidade. Fonte: Ceschin & Gaziuluzoy (2020)

Subdividir a sustentabilidade em dimensões contribui para seu desenvolvimento estratégico e sua efetivação. A dimensão ambiental trata das ações que impedem a biosfera e a

geosfera de esgotarem seus limites, ou seja, inibem que as ações do homem causem fenômenos irreversíveis para o planeta, como por exemplo, o aquecimento global. Já a dimensão social, trata de ações que garantam aos indivíduos seus direitos e preenchimento das suas necessidades, através da coesão social e da equidade de acesso aos recursos globais. Por último, a dimensão econômica tem como princípio de que o modelo de desenvolvimento sustentável deve ser economicamente viável e pautado pela busca da equidade social (CHAVES et al., 2019; SANTOS et al., 2018; VEZOLLI et al., 2018).

Ao se pensar em cidades e territórios, a busca pelo desenvolvimento sustentável é uma agenda primordial. A Organização das Nações Unidas (ONU) propõe 17 objetivos norteadores em prol deste desenvolvimento, e as cidades e as relações que nela acontecem estão contempladas no objetivo 11: “Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis”, e perpassam por todos os outros objetivos (ONU, 2021).

De acordo com Krucken (2009), o design tem o potencial de contribuir para o desenvolvimento sustentável de um território, ao mesmo tempo em que preserva sua identidade e suas características culturais. O território é entendido pela autora como uma região geográfica que é caracterizada por uma combinação de fatores naturais, culturais e sociais. Esta abordagem ampla permite uma compreensão mais profunda da relação entre o território e seus habitantes, e possibilita a identificação de oportunidades de desenvolvimento sustentável.

No âmbito deste trabalho, destaca-se a estratégia de gestão de resíduos (SANTOS et al., 2018; CESCHIN & GAZIULUSOY, 2020). A gestão de resíduos busca reintegrar economicamente resíduos através da legislação, acordos voluntários, informações e escolhas tecnológicas. Segundo Santos et al. (2018), com políticas de gestão de resíduos, passa-se a ter um olhar estratégico para os aterros sanitários, e quando bem implementadas, geram “benefícios econômicos pelo aumento da eficiência econômica na extração e uso..., redução no orçamento necessário aos serviços de coleta, tratamento e descarte de resíduos... e criam mercados para os recicláveis”.

Os resíduos sólidos são um grande desafio para os territórios no que tange o desenvolvimento sustentável, no Brasil, em 2020, foram geradas 82,5 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos (RSU) e se observa que a geração de lixo no Brasil aumenta, principalmente após a pandemia da COVID-19, enquanto a infraestrutura para a destinação adequada não acompanha este crescimento. Uma razão possível para esse aumento foram as novas dinâmicas sociais que, em parte, foram transferidas para as residências devido às orientações de distanciamento social. (ABRELPE, 2021).

Dados do Plano Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2022) apontam que 45,3% dos RSU gerados no Brasil são materiais orgânicos, e dentre esses materiais estão os resíduos de madeira provindos de poda urbana e varrição. Estima-se também que são geradas pela indústria de madeira mais de 39 mil toneladas/ano de resíduos. Além disso, cerca de 1,8 milhões de toneladas de resíduos de madeira foram gerados pela construção civil em 2018. O plano também aponta que os resíduos de madeira estão entre as principais tipologias de resíduos geradas pelas atividades portuárias, de mineração e agrossilvopastoris. A destinação destes resíduos é bastante diversificada, quando não utilizados para a queima para a geração de energia térmica, seus destinos mais frequentes são os aterros sanitários; lixões; solo;

compostagem; queima descontrolada e reciclagem (ULIANA, 2005; RASEIRA, 2013; RIBANSKI & BELINI, 2019).

Ribanski e Belini (2019) também apontam duas possibilidades para a reutilização dos resíduos de madeira, o desenvolvimento de produtos de maior valor agregado e o uso para fins energéticos, sendo que, “o reprocessamento de resíduos de madeira e a sua transformação em produtos de maior valor agregado é a melhor maneira de valorizá-los”. Ainda, para os autores, o desenvolvimento de novos produtos utilizando os resíduos madeireiros surgem como uma solução para a inserção dessa matéria-prima no ciclo produtivo, dando vida, gerando uma viabilidade econômica, promovendo a economia circular, e assim contribuindo para a sustentabilidade.

Sendo o design a disciplina que busca projetar novos artefatos/produtos, e a gestão de resíduos uma das estratégias proveniente do design para sustentabilidade, questiona-se como essa estratégia pode contribuir com a gestão dos resíduos de madeira, proporcionando a sua valorização e agregando para o desenvolvimento sustentável dos territórios. Assim, o presente artigo busca identificar e propor diretrizes para a reutilização e valorização sustentável dos resíduos de madeira através do desenvolvimento de produtos, por meio de revisões de literatura e de uma redação analítica.

2. Procedimentos metodológicos

Para se explorar de qual forma o design pode contribuir para a valorização sustentável dos resíduos de madeira através do desenvolvimento de produtos e extrair diretrizes projetuais para isso, primeiramente foi realizada uma Revisão Bibliográfica Assistemática acerca das estratégias de Design para Sustentabilidade que podem ser empregadas no desenvolvimento dos artefatos com resíduos de madeira, a seleção de trabalhos foi feita a partir da indicação de especialistas sobre o tema e de professores e pesquisadores do programa de pós-graduação em design da UFPR. Também foram selecionados artigos, livros, teses e dissertações encontradas nas citações das publicações recomendadas. Os trabalhos com conteúdo que contribuem com a construção deste artigo foram incluídos no seu escopo.

Também foi realizada uma Revisão Bibliográfica Sistemática para identificar os principais constructos sobre a o desenvolvimento de artefatos com resíduos de madeira, bem como entender como este tópico vem sendo abordados no campo do Design para a Sustentabilidade, além de buscar trabalhos prévios já realizados unindo as temáticas.

Para a revisão foi utilizado o RBS Roadmap proposto por Conforto, Amaral e Silva (2011), que consiste em 15 etapas distribuídas em três fases: entrada, processamento e saída. Na fase de entrada, foi organizado o protocolo de pesquisa com as informações importantes para guiar a elaboração da revisão e leitura dos artigos. O protocolo desta pesquisa, bem como seus parâmetros definidos nesta fase, está explicitado no Quadro 1.

Quadro 1: RBS Roadmap

| RBS Roadmap | | | |
|-------------|------------------|------|---------|
| Fontes | Periódicos CAPES | BDTD | BLUCHER |

| | | | |
|--|---|---|---|
| Problema | Como desenvolver produtos de maior valor agregado com resíduos de madeira a partir da ótica das três dimensões da sustentabilidade? | | |
| Objetivos | Identificar iniciativas que utilizam madeira provinda de resíduos; identificar estratégias de Design para Sustentabilidade no desenvolvimento de produtos de resíduo de madeira; identificar fundamentos teóricos e constructos sobre a intersecção dos temas. | | |
| Palavras-chave / Strings de busca | Madeira; resíduo de madeira; design; sustentabilidade; wood; wood waste; design; sustainability. | Madeira; resíduo de madeira; design; sustentabilidade | |
| Crítérios de Inclusão | Publicado entre 2012 e 2022, escrito em língua inglesa ou portuguesa; revisado por pares; apresentar conteúdo que esteja relacionado às palavras-chave. | Publicado entre 2012 e 2022; estar disponível online; apresentar conteúdo que esteja relacionado às palavras-chave. | Estar relacionado às palavras-chave. |
| Método | As palavras-chave serão pesquisadas de forma combinada no filtro de busca "assunto" conforme os critérios de inclusão. Os resultados serão lidos, aplicando-se o filtro 1: leitura de títulos, resumos e palavras-chave. Os artigos selecionados devem ser baixados e lidos conforme filtro 2: exclusão dos artigos duplicados e leitura de introduções e conclusões. Os artigos selecionados no filtro 2 deverão ser acomodados no Mendeley para leitura completa e fichamento, e assim passar pelo filtro 3 que seleciona apenas aqueles que o tema está relacionado ao problema desta revisão. | | Os títulos dos artigos serão lidos, selecionando-se aqueles relacionados às palavras-chaves de busca. Os trabalhos cujo título foi julgado alinhados ao tema, serão baixados. Após ler-se o resumo, introdução e conclusão dos artigos, os ainda considerados alinhados ao tema de pesquisa serão lidos na íntegra e selecionados apenas aqueles que o tema está relacionado ao problema desta revisão. |
| Ferramentas | Mendeley para o fichamento das publicações | | |

A RBS resultou em 16 publicações, sendo 1 tese, 1 dissertação e 14 artigos, publicados entre os anos de 2013 e 2020.

Por fim, uma Revisão Bibliográfica Integrativa sobre design de produtos com madeira provinda de poda urbana foi feita para se entender sobre o processo criativo e de desenvolvimento de produtos com esse tipo de resíduo e levantar alguns insights sobre o tema. A Revisão de Literatura Integrativa é um método mais amplo, que permite cruzar os dados da revisão de literatura teórica e empírica, possibilitando ao pesquisador a análise do conhecimento preexistente sobre o tema investigado (POMPEO et al., 2009). Essa revisão buscou responder à pergunta “quais iniciativas de design usam madeira de poda urbana e como contribuem para a sustentabilidade?” e para isso buscou-se artigos publicados em periódicos, pesquisa em bancos de dados, consulta a lista de referências bibliográficas, teses, dissertações e livros. Para tal, foram definidas como palavras-chaves os termos abaixo em português e inglês, que foram utilizados em conjunto nas plataformas de busca selecionadas:

- Resíduos; poda urbana; design; sustentabilidade.
- Waste; urban pruning; design; sustainability.

A busca levou em conta publicações dos últimos 10 anos, disponíveis em inglês ou português disponíveis de forma gratuita nas bases de dados científicos: Portal de Periódicos da CAPES; Google Acadêmico, portal de editoras, bancos de teses e dissertações de universidades. Também foram levadas em conta publicações recomendadas por especialistas no tema bem como publicações encontradas nas referências dos trabalhos encontrados em bancos de dados. Assim, foi realizada a leitura parcial e completa das publicações, a fim classificá-las como relevantes ou não para responder à pergunta central da revisão integrativa. No total, foram analisados 7 trabalhos publicados entre 2011 e 2020.

Por fim, uma redação analítica acerca do identificado nas revisões foi realizada para se traçar as diretrizes.

3. Resultados e discussão

Com os resultados obtidos nas revisões, foi possível segmentar as descobertas em alguns temas que contribuem para a identificação de diretrizes para a reutilização e valorização sustentável dos resíduos de madeira através do desenvolvimento de produtos, sendo eles:

- Desenvolvimento de produtos com madeira de resíduos:

Barata et al. (2021) destacam três abordagens para reutilizar madeiras de resíduo através do desenvolvimento de produtos: design autoral, processo de design na cadeia de produção, e incentivo público para destinação sustentável da madeira, neste caso, o design pode servir de ferramenta para treinamentos que ensine a população utilizar as madeiras como fonte de renda e como ferramenta para o desenvolvimento de artefatos que podem ser utilizados pelas próprias instituições públicas.

Em outra direção, foi apontada a possibilidade de aproveitamento dos resíduos de madeira nos laboratórios didáticos de faculdades de design, pois estas madeiras possuem propriedades físicas e mecânicas que permitem seu manuseio para o desenvolvimento de produtos. Além disso, foi observado que entre designers existe interesse no uso dessa matéria prima, porém a falta de informação e acesso são um empecilho, desta forma, o uso destes resíduos na graduação traria mais familiaridade a matéria prima recuperada, podendo potencializar seu uso em projetos futuros (BARTHOLOMEU, 2020; BARTHOLOMEU & SOUSA, 2020; SOUSA, 2020).

Barbosa et al. (2011) desenvolvem pequenos objetos de madeira (POMs) escolhendo a madeira de resíduo de acordo com o projeto especificado. Bispo et al. (2020) ressaltam a importância da escolha correta da madeira, e Bumgardner & Nicholls (2020) acrescentam a técnica da biomimética para o desenvolvimento. Maleski et al. (2017) destacam que objetos menores são mais desafiadores.

Brito et al. (2016) afirmam que o desenvolvimento de produtos com madeira de resíduos se torna plausível e viável em larga escala e Silva et al. (2018) acrescentam que para essa viabilidade é necessário apresentar um detalhamento técnico do artefato.

Pitti et al. (2020) colocam que as maiores dificuldades para se trabalhar com o desenvolvimento de produtos com madeira recuperada são a falta de financiamento, de espaço para armazenagem, a variedade dos tipos de madeiras, e o nicho de mercado. Em contrapartida, colocam as vantagens e oportunidades para o uso da matéria prima:

possibilidade de produtos únicos e feitos sob demanda, promove a economia circular e a sustentabilidade, foco na customização/produção sob demanda, possibilidade de certificações, e aumento do interesse do público por produtos sustentáveis.

- Tipo de artefatos desenvolvidos:

Os autores Bumgardner & Nicholls (2020), Pereira (2017) e Silva et al. (2018) tratam em seus trabalhos o desenvolvimento de mobiliários com o uso de madeira provida de resíduos; já Gralow & Gomes (2016) e Raseira (2013) abordam sobre o desenvolvimento de superfícies com a matéria prima, sendo que os primeiros autores focam no desenvolvimento de superfícies de revestimento na marchetaria e a segunda foca sua dissertação na marchetaria. Outras categorias de artefatos que foram identificadas são: joalheria (MALESKI ET AL., 2017), utensílios domésticos (KLINGENBERG, 2020) e brinquedos (BISPO ET AL., 2020).

Ferrolli et al. (2020) em seu artigo apontam possibilidades para o aproveitamento de madeiras de resíduos de poda através do design. Os autores trazem diversos exemplos de utilização de várias partes de uma árvore: raízes, galhos e troncos. Dentre os exemplos estão móveis, luminárias, itens decorativos e móveis para jardim. Na publicação de Sousa (2020) é feito um levantamento de designers e artesãos que trabalham com madeiras de resíduos, e listadas as categorias de artefatos: utensílios domésticos, decoração, mobiliários, luminárias, esculturas, canetas, joias e brinquedos.

Com a revisão foi possível concluir que existe uma gama variada de objetos que vêm sendo produzidos com madeiras de resíduos, mostrando a versatilidade do material. Vale destacar que mobiliários são os itens que apareceram com maior frequência nas publicações levantadas, porém, são os pequenos objetos de madeira (POMs) aqueles que mais valorizam os resíduos. Também é possível concluir que são desenvolvidos tanto objetos funcionais quanto objetos que possuem apenas a função estética.

- Processo criativo:

No trabalho de Silva et al (2018), primeiramente foram analisados os resíduos de madeira disponíveis e depois foram geradas alternativas de utilização deles no design de mobiliários, empregando o conceito de modularidade e de reprodutibilidade, e valorizando a singularidade em cada artefato. Os autores destacam que o maior desafio foi gerar soluções passíveis de serem reproduzidas em escala industrial devido às diferenças nas estruturas físicas dos resíduos.

Já Gralow e Gomes (2016) desenvolveram revestimentos de superfícies com resíduos de madeira que foram previamente padronizados em geometrias pré-estabelecidas através da técnica de encaixe. No mesmo segmento de artefatos, Brito et al. (2016) desenvolveram primeiramente requisitos projetuais e depois geraram alternativas através das técnicas de brainstorming e *folding paper*, com base nas alternativas geradas foram selecionados resíduos de madeira para serem utilizados no desenvolvimento.

Kilngenberg et al (2020), para o desenvolvimento de tábuas de corte, coletaram madeiras de arborização urbana e tiveram seu processo de desenvolvimento baseado na definição do público-alvo, de requisitos estéticos, funcionais, normativos,

tecnológicos e ambientais para o produto, análise de similares e técnicas de brainstorming. Assim, foram geradas alternativas de produtos para serem prototipadas utilizando técnicas convencionais de marcenaria. Na maioria dos casos foi preferido manter as formas e desenhos naturais da madeira, e para isso, foram feitas adaptações das alternativas para valorizar as peças de madeira durante a produção.

Na revisão foi possível identificar dois macrofluxos criativos:

Criar através da madeira: se trata do desenvolvimento do artefato por meio da madeira, ou seja, primeiro se tem os resíduos que serão trabalhados e levando em conta suas características físicas e químicas é realizada a criação do produto. Nessa metodologia, pode ou não haver tratamento prévio dos resíduos antes do desenvolvimento dos artefatos.

Criar para a madeira: é feita a ideação e desenvolvimento do artefato e com base nos requisitos estabelecidos e nas alternativas desenvolvidas busca-se uma peça de resíduo de madeira que se adequa ao desenvolvimento. Nessa metodologia, vale ressaltar que, para se valorizar o resíduo pode ser necessária a adequação da alternativa criada com base nas características do resíduo de madeira que será utilizado na sua produção.

As duas metodologias criativas identificadas são aplicadas nas fases de geração de alternativas e desenvolvimento do processo de design, e estão interligadas a fase de compreensão do problema que as antecede e, posteriormente, a fase de avaliação. Sendo assim necessário entender o contexto no qual o artefato será desenvolvido.

- Valor agregado:

Silva et al. (2018) afirmam que para tais resíduos, antes incinerados e tidos como problema, agora, a partir do desenvolvimento de novos produtos, podem ser entendidos como artefatos alto valor agregado. Maleski et al. (2017) corroboram ao afirmar que o uso da madeira provinda de resíduos de madeiras de lei foi tido como uma alternativa de material sustentável para o desenvolvimento de joias, destacando-se a valorização do material através do processo de design, bem como a aceitação dos artefatos pelo público que percebe a madeira como um material nobre e possui com ele relações afetivas. Bumgardner & Nicholls (2020), Kilngenberg et al (2020) e Pereira (2017) reforçam que os produtos desenvolvidos com resíduos de madeira foram bem aceitos pelo público, reforçando a valorização do material através do design. Barbosa et al., (2011) acrescentam que o desenvolvimento de POMs agrega valor a resíduos que seriam destinados a queima, além de otimizar o gasto energético e produtivo para o processamento e transformação desses resíduos

- Sustentabilidade:

Os autores Souza et al. (2020) relacionam os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU com os vários tipos de reuso que podem acontecer com a madeira de poda. No que se tange ao desenvolvimento de pequenos produtos de madeira (POM), o ODS 8 (metas 8.5, 8.6) e ODS 10 (meta 10.2) podem ser alcançados por estarem associados a: geração de emprego e renda, com possibilidade de empregar mão de obra de comunidades carentes; melhoria da economia local; apoio ao empreendedorismo; aproveitamento econômico de resíduos, com baixo custo de

obtenção de matéria prima (muitas vezes gratuita); e fabricação de produtos diversos acessíveis a várias faixas de renda.

A estratégia de gestão e reintegração de resíduos e de extensão de ciclo de vida de um material estão intrínsecas em todas as publicações que participaram da revisão, e dentre elas 3 relacionam, direta ou indiretamente, que o uso de resíduos de madeira colabora com a economia circular. A estratégia do ecodesign está presente em 6 dos trabalhos, pois neles é, pensando desde a escolha da matéria prima até seu destino. O design para a transição sustentável está presente em 2 trabalhos, uma vez que pensa não apenas em produtos e serviços, mas na transformação através do design de sistemas sociais, tecnológicos e políticos (CESCHIN & GAZIULUSOY, 2020).

Além destas, outros princípios de sustentabilidade observados na revisão foram: fortalecimento e valorização de recursos locais, promoção da economia criativa, promoção da organização em rede e promoção da conscientização e educação para a sustentabilidade

Analisando a literatura em prol da geração das diretrizes, foram elencados os princípios de sustentabilidade identificados nas revisões de literatura, bem como ferramentas e técnicas criativas, uso da matéria prima, tipologia dos artefatos. Também foram analisados os dois macrofluxos criativos identificados. Com essas análises, foi possível identificar as principais diretrizes para a reutilização e valorização sustentável dos resíduos de madeira através do desenvolvimento de produtos.

A respeito dos princípios de sustentabilidade, foram identificadas estratégias e ações para: escolha de recursos de baixo impacto ambiental; extensão da vida útil com revalorização dos materiais; fortalecer e valorizar recursos locais; promover a economia local; promover organizações em rede; valorizar a reintegração de resíduos; promoção da educação para a economia sustentável; valorizar recursos e competências locais; promover a educação em sustentabilidade; e instrumentalizar o consumo responsável. Portanto, é fundamental que ir de encontro com elas seja uma diretriz para a valorização sustentável destes resíduos.

É notável através da revisão que a transformação de resíduos por meio do design de produtos os valoriza, independente da metodologia criativa utilizada, porém, partimos do entendimento que ao se criar através da madeira é possível valorizar com mais ênfase às características únicas de cada resíduo. Essa valorização da unicidade dos resíduos permite um uso mais amplo dessa matéria prima que é diversa e não possui um padrão nem uma frequência previsível de disponibilidade. Além disso, este método potencializa a estratégia de sustentabilidade: “valorizar recursos e competências locais”. Dessa forma, se estabelece como uma diretriz utilizar a metodologia criativa “criar através da madeira”.

A grande diversidade de resíduos de madeira encontrados limita o desenvolvimento de alguns tipos de produtos devido às suas dimensões e características físico-químicas. Assim, é possível entender que os pequenos objetos de madeira, além de serem indicados como a maneira mais eficaz de se valorizar o resíduo de madeira, também possibilitam melhor aproveitamento dos diversos formatos e madeiras que são descartadas. Portanto, pode-se entender que são a maneira mais eficaz de se reutilizar o resíduo de madeira de forma sustentável, se tornando assim uma diretriz.

Em suma, as diretrizes para a reutilização e valorização sustentável dos resíduos de madeira através do desenvolvimento de produtos identificadas através das revisões de literatura e da análise são:

- a. Ir de encontro com os princípios de sustentabilidade acima citadas;
- b. Valorizar os resíduos utilizando a metodologia “criar através da madeira”, assim, valorizando as características únicas de cada resíduo de madeira;
- c. Contemplar o desenvolvimento de pequenos objetos de madeira (POMs).

4. Conclusão ou Considerações Finais

Com este estudo foi possível entender o estado da arte a respeito do desenvolvimento de produtos com resíduos de madeira em prol da sustentabilidade. As diretrizes identificadas representam a síntese do que a literatura indica como práticas que garantam que o reuso dos resíduos de madeira contribuam com a sustentabilidade através do design. O resultado deste estudo pode contribuir para estudos de caso de iniciativas que façam o reuso de resíduos de madeira através do design a fim de verificar se as práticas são, de fato, sustentáveis.

Como trabalhos futuros, pretende-se identificar novas diretrizes e validar as já elencadas através de entrevistas e questionários com designers e artesãos que utilizam resíduos de madeira como matéria prima para seu trabalho. Com a complementação deste levantamento, pretende-se construir e validar um framework que instrua novos designers a utilizarem o material de forma sustentável.

Referências

- ABRELPE, Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2021**. 2021 Disponível em <<https://abrelpe.org.br/panorama-2021/>> Acesso em: 29 Agosto de 2022.
- BARATA, Tomás Queiroz Ferreira et al. Management of waste from the pruning of urban greenery. Experiences in São Paulo, Brazil. **AGATHÓN| International Journal of Architecture, Art and Design**, v. 9, p. 232-243, 2021.
- BARBOSA, Juliana Cortez et al. Aproveitamento de resíduos da indústria madeireira para utilização em pequenos empreendimentos econômicos solidários. In: **3rd International Workshop - Advances in Cleaner Production, Cleaner Production Initiatives and Challenges for a Sustainable World**, São Paulo, SP, maio de 2011.
- BARTHOLOMEU, Clara de Souza; SOUSA, Cyntia Santos Malaguti de; BRAZOLIN, Sérgio. De árvore invasora à matéria-prima—pesquisa sobre o potencial de uso da leucena para o design de produtos. **Estudos em Design**, v. 28, n. 2, 2020.
- BARTHOLOMEU, Clara de Souza; "Do resíduo arbóreo ao design de produto: um estudo da madeira da Leucena", p. 100. In: **Anais do 13º Seminário Internacional NUTAU 2020**. São Paulo: Blucher, 2020.
- BIDONE, Francisco Antônio (Org.). **Resíduos sólidos provenientes de coletas especiais: eliminação e valorização**. Brasília: FINEP/PROSAB, 2001. 216 p.

BISPO, Luiz Fernando Pereira; Nolasco, Adriana Maria; Kilngenberg, Debora; Dias Júnior, Ananias Francisco; Souza, Elias Costa de; "Aceitação de brinquedos de madeira fabricados com resíduos da arborização urbana", p. 55-61. In: **Anais do 13º Seminário Internacional NUTAU 2020**. São Paulo: Blucher, 2020.

BRITO, Bruna Ramires; DOS SANTOS FORCATO, Marcelo; MOURA, Monica Cristina. "REUTILIZAÇÃO DA MADEIRA TEMPORÁRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM PRODUTO DE SUPERFÍCIES.", p. 1894-1905. In: **Anais do 12º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design (2016)**. São Paulo: Blucher, 2016.

BUMGARDNER, Matthew S.; NICHOLLS, David L. Sustainable practices in furniture design: A literature study on customization, biomimicry, competitiveness, and product communication. **Forests**, v. 11, n. 12, p. 1277, 2020.

CESCHIN, Fabrizio; GAZIULUSOY, İdil. **Design for sustainability: A multi-level framework from products to socio-technical systems**. Oxon: Routledge, 2019.

CHAVES, Liliane Iten. et al. **Design para a sustentabilidade: Dimensão Social**. Curitiba, PR: Insight, 2019.

CONFORTO, Edivandro Carlos; AMARAL, Daniel Capaldo; SILVA, Sérgio Luis da. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. **8º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto. Anais do 8º CBGDP**. Porto Alegre, 2011.

FERROLI, Paulo Cesar Machado; Librelotto, Lisiane Ilha; Silva, Ialê Ziegler Libanio da; Geraldo, Natália; "Poda e manejo de vegetação urbana: oportunidades de projeto", p. 36-41. In: **Anais do 13º Seminário Internacional NUTAU 2020**. São Paulo: Blucher, 2020.

GRALOW, Adriana; GOMES, Luiz Vidal. "ECODESIGN DE SUPERFÍCIE: UM ESTUDO DE CASO.", p. 5033-5044 In: **Anais do 12º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design (2016)**. São Paulo: Blucher, 2016.

KLINGENBERG, Debora; Nolasco, Adriana Maria; Dias Júnior, Ananias Francisco; Bispo, Luiz Fernando Pereira; Souza, Elias Costa de; "Aproveitamento de resíduos da arborização urbana em POMs e sua aceitação pelo público consumidor ", p. 47-54. In: **Anais do 13º Seminário Internacional NUTAU 2020**. São Paulo: Blucher, 2020.

KRUCKEN, Lia. **Design e Território: Valorização de identidades e produtos locais**. São Paulo, SP: Studio Nobel, 2009.

MALESKI, Fernanda et al. REUTILIZAÇÃO DE MADEIRA DE LEI NO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE JOIAS. **MIX Sustentável**, v. 3, n. 3, p. 78-86, 2017.

ONU - Organização das Nações Unidas. **17 Objetivos para transformar nosso Mundo**. 2019. Disponível em < <https://nacoesunidas.org/pos2015> >. Acesso em 11 abr. 2021.

PAPANÉK, Victor; FULLER, R. Buckminster. **Design for the real world**. 1972.

PEREIRA, Helder Alexandre Amorim. **O design de mobiliário para valorização dos resíduos de madeiras amazônicas**. 2017. 152 f. Tese (Doutorado em Biotecnologia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2017.



PEREIRA, Luiz Carlos Fernandes. **O Design para a Economia Circular, repensando a forma como fazemos as coisas**. 2020. 153 f., il. Dissertação (Mestrado em Design)—Universidade de Brasília, Brasília, 2020.

PITTI, Anna R.; ESPINOZA, Omar; SMITH, Robert. The case for urban and reclaimed wood in the circular economy. **BioResources**, v. 15, n. 3, p. 5226-5245, 2020.

POMPEO, Daniele Alcalá; ROSSI, Lídia Aparecida; GALVÃO, Cristina Maria. Revisão integrativa: etapa inicial do processo de validação de diagnóstico de enfermagem. **Acta paulista de enfermagem**, v. 22, p. 434-438, 2009.

RASEIRA, Cristine Bassols. **Design e Tecnologia aplicados a Resíduos de Madeira: Especificações para o Processo de Corte a Laser em Marchetaria**. Orientador: Prof. Dr. Wilson Kindlein Júnior. 2013. 168 f. Dissertação - Programa de Pós-Graduação em Design. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

RIBASKI, Nayara Guetten; BELINI, Ugo Leandro. Urban wood solid waste use. **Brazilian Journal of Technology**, v. 2, n. 3, p. 742-757, 2019.

SANTOS, Agnaldo et al. **Design para a sustentabilidade: dimensão econômica**. Curitiba: Insight, 2018.

SILVA, Geislayne Mendonça; NASCIMENTO, Claudete Catanhede do; SILVA, Jean Machado Maciel; "Concepção de produtos para a utilização de resíduos madeireiros de espécies arbóreas da Amazônia", p. 37-50. In: **Anais do 13º Congresso Pesquisa e Desenvolvimento em Design (2018)**. São Paulo: Blucher, 2019.

SOUSA, Cyntia Santos Malaguti de; "Resíduos da arborização urbana na prática do design - uma abordagem exploratória", p. 94-99. In: **Anais do 13º Seminário Internacional NUTAU 2020**. São Paulo: Blucher, 2020.

SOUZA, Caroline Almeida; Guimarães, Camila Camolesi; Velasco, Giuliana Del Nero; "Reaproveitamento de resíduos de poda e sua colaboração para atingir os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável", p. 83-88. In: **Anais do 13º Seminário Internacional NUTAU 2020**. São Paulo: Blucher, 2020.

ULIANA, Lis Rodrigues. **Diagnóstico da geração de resíduos na produção de móveis: subsídios para a gestão empresarial**. 2005. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, University of São Paulo, Piracicaba, 2005.

POP RUAS JUD: Um exemplo de inovação social no Judiciário

POP RUAS JUD: An example of social innovation in the Judiciary

Fernanda de Oliveira Lopes, Graduada e Pós Graduada em Direito.

deoliveirafernanda@gmail.com

Resumo:

Diante da necessidade de dar efetividade ao direito humano básico de acesso à justiça, o Conselho Nacional de Justiça constituiu a Política Nacional de Atenção às Pessoas em Situação de Rua, o POP RUAS JUD. Adotando a metodologia do estudo de caso, o presente artigo analisa o relatório que embasou a referida Política como um exemplo da prática do Legal Design, tendo em vista que apresenta o processo de desenvolvimento e a adoção de ferramentas inovadoras para a construção do documento final que de fato concedesse acesso à justiça a pessoas em situação de rua. Considera-se, portanto, um exemplo de inovação social no judiciário.

Palavras-chaves: Acesso à Justiça; Legal Design; Inovação Social.

Abstract:

Faced with the need to give effect to the basic human right of access to justice, the National Council of Justice constituted the National Policy for Attention to Homeless People, POP RUAS JUD. Adopting the case study methodology, this article analyzes the report that supported the aforementioned Policy as an example of the practice of Legal Design, considering that it presents the development process and the adoption of innovative tools for the construction of the final document that would in fact grant access to justice to homeless people. It is therefore considered an example of social innovation in the judiciary.

Keywords: Access to Justice. Legal Design. Social Innovation

1. Introdução

A base do Legal Design é estabelecer uma conexão multidisciplinar entre advogados, designers, cientistas de dados e outros profissionais para facilitar a compreensão do direito pelas pessoas, tornando-se uma ferramenta social. A convergência de diversas áreas do conhecimento para tornar o direito mais acessível e próximo das pessoas, fomenta o acesso à justiça ao colocar o ser humano no centro.

O uso do Legal Design no Judiciário impacta diretamente o acesso à justiça, seja pelo uso de ferramentas para modificar os fluxos de trabalho e torná-lo mais célere (com entrega efetiva do direito para as pessoas), seja por usar linguagem simples para facilitar a compreensão da sociedade sobre seus direitos.

Considerando as transformações reais que vem acontecendo no meio jurídico, o uso do Legal Design é um exemplo de inovação social, tendo em vista que aumenta o acesso à justiça, direito social básico.

Neste contexto, o objetivo do presente artigo é apresentar, através da análise do relatório de constituição do POP RUAS JUD, uma política voltada para o acesso à justiça de pessoas em situação de rua, alijadas do mínimo existencial e sem organização institucional, bem como a sua efetiva implementação, que fez uso de ferramentas de Design.

2. Referencial Teórico

2.1. Acesso à Justiça

O acesso à justiça é o mais básico dos direitos humanos (CAPPELLETTI, 1988). Para materializá-lo, deve-se buscar um sistema jurídico moderno e igualitário, utilizando-se instrumentos como o Legal Design para cumprir efetivamente o direito de levar justiça para todos.

Tramitavam no Brasil 77,3 milhões de processos em 2021, segundo Relatório Justiça em Números do Conselho Nacional de Justiça – CNJ (2022) e, considerando que o tempo médio de duração de um processo é longo, não há efetivo acesso à justiça pela população. E, não obstante a quantidade de processos que arrombam as portas da justiça e congestionam seus corredores, não há quaisquer perspectivas de obtenção da tutela de direitos justa, efetiva e em prazo razoável e no lugar de acesso à justiça, o que se tem é um cenário de tragédia, causado pelo esgotamento dos recursos públicos alocados ineficazmente para a solução de conflitos (WOLKART, BECKER, 2019).

Segundo Wolkart e Becker (2019), o uso efetivo da tecnologia pelo sistema jurídico se insere neste momento para moldar o novo cenário de resolução de disputas criado pelo advento da internet. Para Sussikind (2015), os efeitos das inovações atuais e futuras só podem ser corretamente analisados e previstos a partir de uma abordagem que considere a tecnologia como capaz não só de melhorar procedimentos que já existem, mas também de alterar substancialmente a forma como funciona o sistema.

Importante destacar o acesso à justiça, que além dos meios tradicionais, há outros mais recentes e inovadores como as Law Techs ou Legal Techs, com novas possibilidades de acesso à justiça, democratizando as relações jurídicas e sociais (MERLONE, 2020).

O impacto dessas tecnologias está alterando a forma de atuação dos advogados, através da automatização da produção de contratos e petições, análise computadorizada de riscos em volumes massivos de documentos, predição do resultado de decisões judiciais por algoritmos (CEPI, 2018.)

Zanoni (2021) observa que o Estado deve estar aberto às inovações no contexto da realidade social e, para isso é preciso considerar efetivamente as diferenças sociais no serviço público. Nesta perspectiva, a ONU recomenda, para a implementação da Agenda 2030, o uso de inovação, com imersão nos problemas, olhar multidisciplinar, parcerias, cocriação e gestão de dados (ZANONI, 2021).

O Objetivo de Desenvolvimento Sustentável nº 16 da Agenda 2030 é “Paz, Justiça e Instituições Eficazes”. Para tanto, deve-se promover sociedades pacíficas e inclusivas para o desenvolvimento sustentável, proporcionar o acesso à justiça para todos e construir instituições eficazes, responsáveis e inclusivas em todos os níveis (ODS Brasil). Segundo Zanoni (2021), os três poderes (Executivo, Legislativo e Judiciário) devem adotar medidas inovadoras construídas a partir de imersões nos problemas, cocriação e parcerias.

2.2. Legal design

À medida que a adoção da tecnologia digital começa, o sistema jurídico (incluindo faculdades de direito, escritórios de advocacia, tribunais e outras instituições importantes como entidades governamentais locais) também se envolvem com métodos de design como um meio de alcançar mudanças incrementais e radicais, sendo, portanto, uma mudança significativa tendo em vista o relativo conservadorismo observado nas instituições jurídicas (JACKSON *et al.*, 2020).

Sherwin (2007) observa que a prática do direito deve se adaptar às novas condições culturais e tecnológicas, logo, os advogados devem recorrer a uma retórica multimodal para comunicação efetiva. É o que o autor chama de “alfabetização visual”.

O Legal Design é um movimento nascente que busca tornar o sistema jurídico mais eficiente e melhor para as pessoas, porém não se trata de uma área de estudo consolidada, antes deve ser vista como uma área emergente de pensamento e prática, cujos escopos e conteúdos estão evoluindo e sendo desenvolvidos (PERRY-KESSARIS, 2019). Foi desenvolvido a partir do trabalho em design visual, da centralidade humana, da tecnologia cívica e da formulação de políticas participativas, tendo em vista que tanto advogado, quanto o designer compartilham o mesmo foco: melhorar estrategicamente os resultados das pessoas em um sistema e resolver problemas complexos (HAGAN, 2020).

Resumidamente, destacam-se os ensinamentos sobre Legal Design de Hagan (2020), do Legal Design Lab da Universidade de Standford: (i) linguagem simples, utilizando palavras de fácil entendimento e compreensíveis para pessoas leigas; (ii) composição visual, colocando a informação clara, em formato consumível, equilibrando texto e elementos visuais; (iii) ferramentas interativas, personalizadas e responsivas que ajudam a focar na principal informação e entendê-la; (iv) assistência inteligente, fornecendo

previsões e conselhos com orientações específicas para a tomada de decisões; (v) jornada completa, definindo coordenadores de tarefas para proporcionar uma experiência contínua por meio de um processo; e (vi) redesenho do sistema, fazendo procedimentos reais, regras, formas e organizações mais úteis e intuitivos.

O Legal Design vai além da mera visualização, embora inclua o uso de ferramentas de comunicação gráfica, não se limita a elas. Em vez disso, funde o pensamento jurídico e o design thinking ao propor a inclusão do uso de métodos e ferramentas de design que não sejam gráficos para fins legais, concentrando-se na forma como as ferramentas visuais são criadas e efetivamente utilizadas em um negócio jurídico ou redação legislativa (WALLISER, *et al.* 2017).

Walliser *et al.* (2017) oferecem uma estrutura para o Legal Design em etapas: a) identificar as necessidades do usuário por meio da observação e da empatia; b) definir os objetivos do projeto por meio da comunicação, visualização e prototipagem; c) comunicar efetivamente em linguagem simples; d) adaptar-se a públicos com múltiplas necessidades por intermédio do discurso visual; e e) apoiar funções jurídicas graças a uma combinação ideal das linguagens escritas e visuais.

Segundo Holtz e Coelho (2020), Visual Law é uma subárea do Legal Design cujo objetivo principal é melhorar a comunicação jurídica a partir de elementos visuais, tornando-a mais efetiva. A visualização é uma técnica usada em muitas disciplinas para gerenciar enormes quantidades de informações e os advogados poderiam se beneficiar disso, tendo em vista que fazer mapas da lei pode aumentar a clareza e eficiência na análise e comunicação jurídica (MCCLOSKEY, 1998).

Importante destacar, conforme observa Walliser *et al.* (2017), que a visualização legal é quase sempre usada de forma híbrida, combinando palavras e imagens para aumentar a eficácia da comunicação, tendo em vista a necessidade de detalhamento e refinamento quando a lei impõe deveres às pessoas.

Para Walliser *et al.* (2017), o uso de ícones pode melhorar a compreensão e eficácia do usuário, destacando certos aspectos de um texto legal e destacam que a padronização de símbolos ou ícones pode ter consequências significativas, tendo em vista que uma vez digitalizado e disponibilizado em software de fácil utilização, os usuários individuais podem criar contratos visuais e outros documentos aprimorados por imagem para si mesmos.

2.3. Inovação Social

Ricaldoni (2018) destaca que o conceito de inovação social pode ser entendido sinteticamente como inovações que geram melhoria social e transformações reais. E, ainda, por meio do Design encontra-se métodos e ferramentas para identificar problemas e oportunidades na busca por soluções. Além disso, o Design também é reconhecido como um pilar para o desenvolvimento de inovações, o que inclui também as inovações sociais (CIPOLLA, 2012).

Para promover um desenvolvimento sustentável, que diminua efetivamente os problemas sociais impactados pelo sistema judiciário colapsado, entende-se que é importante a participação ativa de todos. Conforme sugere Brown (2017), cada um deve fazer sua parte,

pois as inovações para o enfrentamento dos desafios atuais devem ultrapassar os domínios dos cientistas e engenheiros.

São diversas as definições de inovação social, conforme exemplifica Bignetti (2011):

Quadro 1. Definições de inovação social segundo diferentes autores e fontes.
Chart 1. Definitions of social innovation according to several authors.

| Autor | Conceito |
|--|---|
| Taylor (1970) | Formas aperfeiçoadas de ação, novas formas de fazer as coisas, novas invenções sociais. |
| Dagnino e Gomes (2000, in Dagnino et al, 2004) | Conhecimento – intangível ou incorporado a pessoas ou equipamentos, tácito ou codificado – que tem por objetivo o aumento da efetividade dos processos, serviços e produtos relacionados à satisfação das necessidades sociais. |
| Cloutier (2003) | Uma resposta nova, definida na ação e com efeito duradouro, para uma situação social considerada insatisfatória, que busca o bem-estar dos indivíduos e/ou comunidades. |
| Stanford Social Innovation Review (2003) | O processo de inventar, garantir apoio e implantar novas soluções para problemas e necessidades sociais. |
| Novy e Leubolt (2005) | A inovação social deriva principalmente de: satisfação de necessidades humanas básicas; aumento de participação política de grupos marginalizados; aumento na capacidade sociopolítica e no acesso a recursos necessários para reforçar direitos que conduzam à satisfação das necessidades humanas e à participação. |
| Rodrigues (2006) | Mudanças na forma como o indivíduo se reconhece no mundo e nas expectativas recíprocas entre pessoas, decorrentes de abordagens, práticas e intervenções. |
| Moulaert et al. (2007) | Ferramenta para uma visão alternativa do desenvolvimento urbano, focada na satisfação de necessidades humanas (e empowerment) através da inovação nas relações no seio da vizinhança e da governança comunitária. |
| Mulgan et al. (2007) | Novas ideias que funcionam na satisfação de objetivos sociais; atividades inovativas e serviços que são motivados pelo objetivo de satisfazer necessidades sociais e que são predominantemente desenvolvidas e difundidas através de organizações cujos propósitos primários são sociais. |
| Phills et al. (2008) | O propósito de buscar uma nova solução para um problema social que é mais efetiva, eficiente, sustentável ou justa do que as soluções existentes e para a qual o valor criado atinge principalmente a sociedade como todo e não indivíduos em particular. |
| Pol e Ville (2009) | Nova ideia que tem o potencial de melhorar a qualidade ou a quantidade da vida. |
| Murray et al. (2010) | Novas ideias (produtos, serviços e modelos) que simultaneamente satisfazem necessidades sociais e criam novas relações ou colaborações sociais. Em outras palavras, são inovações que, ao mesmo tempo, são boas para a sociedade e aumentam a capacidade da sociedade de agir. |

As inovações sociais e o design para a inovação social focam em promover mudança social, e incluem uma participação ativa dos cidadãos. É destacado o caráter progressivo do processo de transformação, e que iniciativas podem emergir prescindindo do Estado, do mercado ou de designers para o atendimento das demandas identificadas (CIPOLLA, 2017).

Acerca da inovação social, Assogba (2007) esclarece que se trata de qualquer iniciativa tomada em um determinado contexto social com o objetivo de dar respostas novas, desafiando dicotomias tradicionais, através de democracia participativa, com o fito de evitar burocratização.

Conforme aponta Manzini (2008), o termo “inovação social” se refere a mudanças na forma como os indivíduos ou as comunidades agem para resolver problemas ou explorar novas oportunidades. O autor considera que as habilidades do Design são necessárias para o processo de inovação social na medida em que oferecem novas soluções a problemas (velhos ou novos) e propor cenários para a construção de visões compartilhadas sobre futuros sustentáveis.

3. Metodologia:

A metodologia adotada no presente artigo baseou-se em uma pesquisa exploratória e qualitativa com o objetivo de apresentar o uso de Legal Design no Poder Judiciário brasileiro como exemplo de inovação social, considerando seu impacto no direito humano de acesso à justiça às pessoas em situação de rua.

Realizou-se uma revisão de literatura sobre acesso à justiça, Legal Design e inovação social para contribuir com o referencial teórico do trabalho. Para Grant e Booth (2009), as revisões de literatura procuram reunir o conhecimento em uma área temática.

Na análise da construção do normativo para o Poder Judiciário utilizou-se como base a metodologia do estudo de caso. Segundo Yin (2005), um estudo de caso é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real.

O site do Conselho Nacional de Justiça foi utilizado na pesquisa desk como referência para o serviço apresentado como inovação social, destacando-se o uso do relatório do POP RUAS JUD que contém o processo de desenvolvimento do documento. Salienta-se que a pesquisa desk é uma busca de informações em fontes diversas (websites, livros, revistas, blogs, artigos, entre outros)

4. Resultados

Passamos a analisar o relatório do PROGRAMA POP RUA JUD, que tem por objetivo promover acesso à justiça para as pessoas de rua. A construção do normativo jurídico (Resolução 425/2021) com vistas a estabelecer a Política Nacional de Atenção às Pessoas em Situação de Rua adotou e vem adotando ferramentas de Design Thinking, como se verá na análise a seguir.

A Resolução 425/2021, criada como desdobramento do trabalho aqui analisado, institui, no âmbito do Poder Judiciário, a Política Nacional de Atenção a Pessoas em Situação de Rua e suas interseccionalidades com o objetivo de:

- (i) assegurar o amplo acesso à justiça às pessoas em situação de rua, de forma célere e simplificada, a fim de contribuir para superação das barreiras decorrentes das múltiplas vulnerabilidades econômica e social, bem como da sua situação de precariedade e/ou ausência habitacional;
- (ii) considerar a heterogeneidade da população em situação de rua;
- (iii) monitorar o andamento e a solução das ações judiciais envolvendo a temática;
- (iv) propor medidas concretas e normativas para o aperfeiçoamento de procedimentos e o reforço à efetividade dos processos judiciais, por meio da implantação e modernização de rotinas, a organização, especialização e estruturação dos órgãos competentes de atuação do Poder Judiciário;
- (v) promover o levantamento de dados estatísticos relativos aos números, à tramitação e a outros dados relevantes sobre ações judiciais que envolvam pessoas em situação de rua, visando dar visibilidade à política e promover a gestão das ações voltadas ao aprimoramento e sua efetividade;
- (vi) estimular a adoção de medidas preventivas de litígios que envolvam as pessoas em situação de rua no âmbito do sistema multiportas, como Centros de

Conciliação, Laboratórios de Inovação e Centros de Inteligência do Poder Judiciário;

- (vii) estimular a atuação articulada com os demais poderes, por seus órgãos integrantes do Sistema de Justiça, órgãos gestores das políticas de Assistência Social e de Habitação, dentre outras políticas, comitês interinstitucionais e centros locais de assistência social, como Centro de Referência de Assistência Social (CRAS), Centro de Referência Especializado em Assistência Social (CREAS), Centro ou CREAS Pop, e Organizações da Sociedade Civil;
- (viii) fomentar e realizar processos de formação continuada de magistrados e servidores judiciários e demais órgãos do poder público, bem como organizar encontros nacionais, regionais e seminários de membros do Poder Judiciário, com a participação de outros segmentos do poder público, da sociedade civil, das comunidades e outros interessados;
- (ix) estimular a cooperação administrativa e judicial entre órgãos judiciais e outras instituições, nacionais ou internacionais, incluindo centros de pesquisa, instituições de pesquisa e universidades em favor dos direitos e garantias das pessoas em situação de rua;
- (x) assegurar o acesso das pessoas em situação de rua à identificação civil básica e ao alistamento eleitoral;
- (xi) promover e garantir os direitos humanos de crianças e adolescentes em situação de rua, reconhecendo-as como sujeitos de direitos, em consonância com Estatuto da Criança e do Adolescente; e
- (xii) dar especial atenção aos programas, projetos, serviços, ações e atividades direcionados para as pessoas em situação de rua com deficiência e mobilidade reduzida, observando-se o disposto na Lei no 13.146/2015 (Lei Brasileira de Inclusão).

O Conselho Nacional de Justiça (CNJ) é a instituição responsável por capitanear o processo de aperfeiçoamento do Poder Judiciário brasileiro e promover a evolução e adequação do serviço judiciário às necessidades da sociedade. Com o desafio de abrir as portas da Justiça aos mais vulneráveis, das pessoas invisibilizadas, alijadas do mínimo existencial, sem organização institucional para vocalizar o abismo socioeconômico em que sobrevivem, o CNJ promoveu estudos com o intuito de implementar a política judicial de atenção à População em Situação de Rua (PSR) por meio do atendimento prioritário, diferenciado, empático e sem burocracia nos Tribunais brasileiros, possibilitando o acesso à Justiça de modo célere, simplificado e efetivo, com a sensibilidade que o tema exige (POP RUA JUD). Tal trabalho resultou na aprovação da Resolução n. 425/2021 cujo objetivo foi acima transcrito, de forma que destacaremos abaixo os estudos e as ações operacionalizadas ao longo da formulação, com exemplos de ferramentas de Design Thinking para alcançar o resultado pretendido: acesso à justiça para pessoas em situação de rua.

4.1 O processo de projeto

A descrição do projeto a seguir foi extraída do Relatório de atividades CNJ, coordenado por Flávia Moreira Guimarães Pessoa (2022) e fornece a base da análise de suas

características como um processo de Legal Design. Buscou-se, entretanto, elaborar a descrição de modo a contribuir com os objetivos do presente artigo.

Atividade 1: Pesquisa empírica qualitativa

Objetivo: Múltiplos olhares e perspectivas

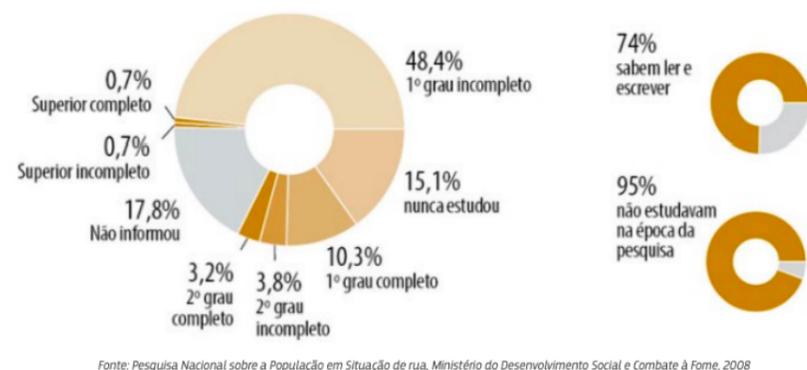
Método: (a) estudos de casos de boas práticas no Poder Judiciário; (b) entrevista semiestruturada com pessoas em situação de rua; (c) oficinas de imersão nos problemas e brainstorming para busca de soluções com especialistas do sistema de justiça e organizações não governamentais; e (d) estudos de trabalhos científicos e doutrinários acerca do assunto.

Atividade 2: Pesquisa quantitativa

Método: (a) entrevistas; (b) estatísticas oficiais das pessoas em situação de rua - números das capitais dos estados da região Sudeste do Brasil, ou seja, Belo Horizonte, São Paulo, Rio de Janeiro e Vitória.

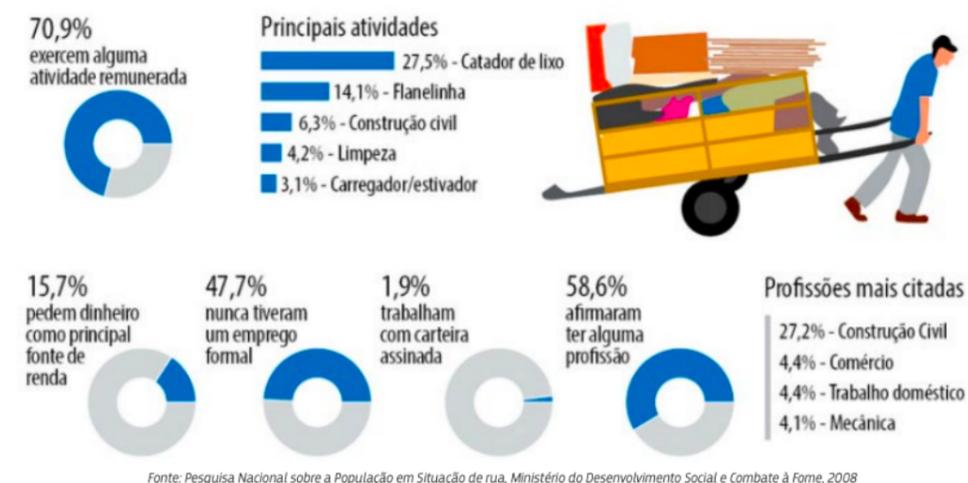
1) Resultados Estatísticos:

Formação escolar



*Figura 1: Formação Escolar. Figura extraída do Relatório POP RUA JUD

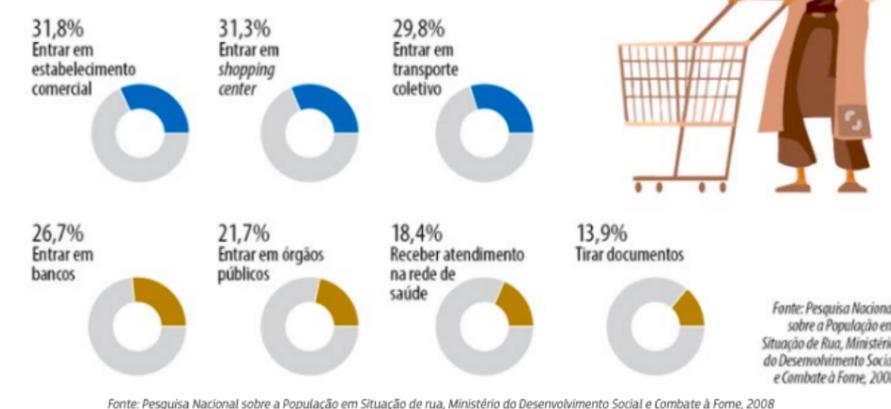
Trabalho e renda



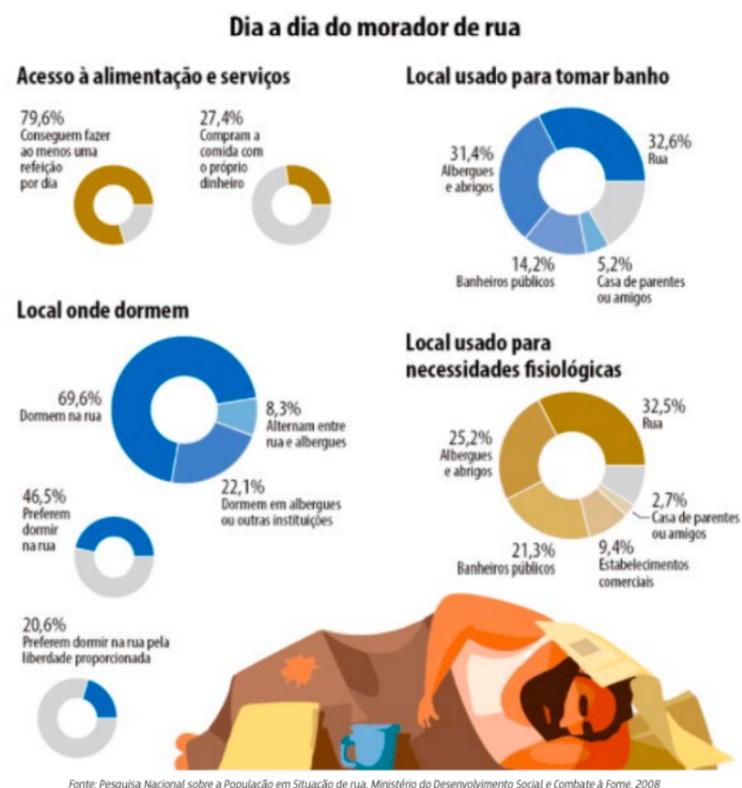
*Figura 2. Trabalho e renda. Figura extraída do Relatório POP RUA JUD.

Discriminações sofridas

Percentual de moradores que sofreram experiências de impedimento de acesso ou realização de atividade



*Figura 3: Discriminações. Figura extraída do Relatório POP RUA JUD



*Figura 4: Cotidiano do morador de rua. Figura extraída do Relatório POP RUA JUD

Principais problemas detectados:

1. Ausência de documentos de identificação pessoal, derivada de falta de acesso à emissão do documento, perda, furto, retirada compulsória;
2. Não recebimento de benefícios governamentais – excluídos digitais. Exemplo: o auxílio emergencial, instituído no ano de 2020 exigia o preenchimento de formulário disponibilizado em plataforma digital. Posteriormente, todos tinham que inserir um número de telefone celular no App Caixa para receber a mensagem de confirmação por SMS ou por meio telefônico;
3. Falta de interesse nos albergues e abrigos públicos - o sistema de intimações para comparecimento aos atos judiciais ou cumprimento de decisões judiciais precisa considerar outros locais de vivência da pessoa em situação de rua (ou como é chamado “situação de calçada”) como os atendimentos pelos movimentos sociais;
4. Política de saúde - Em relação ao Sistema Único de Saúde (SUS), a ausência de documentos ainda se constitui como barreira de acesso, a despeito da existência de legislação que determina que o atendimento deva ser feito independentemente de a pessoa estar em posse de documento de identificação;
5. Serviços de oferta obrigatória pelo Governo – Assegurar o acesso amplo, simplificado e seguro aos serviços e aos programas que integram as políticas públicas de saúde, educação, previdência, assistência social, moradia, segurança,

cultura, esporte, lazer, trabalho e renda é, entre outros, um dos objetivos da Política Nacional para a População em Situação de Rua; e

6. Dificuldade de inserções sociais que decorrem da falta de um CEP para fornecer em situações como a busca de um emprego, preenchimento de cadastros públicos ou privados.

Atividade 3: busca de boas práticas (inspiradoras) em políticas públicas governamentais

Busca de referenciais de atendimento à população em situação de rua, com possíveis soluções a serem consideradas pelas políticas judiciais (verifica-se a adoção de pesquisa desk).

1. Projeto Rua de Direitos.

Instituído em 2015, em parceria com o Serviço Voluntário de Assistência Social (Servas) e com o Tribunal de Justiça do Estado de Minas Gerais (TJMG). Ele oferece serviços básicos de identificação civil, atendimento médico, exames básicos de saúde e orientação jurídica, entre outros modos de conscientização e inclusão social.

2. ONGs de atendimento à população em situação de rua com serviço itinerante da Defensoria Pública.

3. Justiça itinerante especializada na erradicação do sub-registro de nascimento

No estado do Rio de Janeiro, o Tribunal de Justiça possui o Programa Justiça Itinerante, por meio do qual juízes e servidores, bem como membros do Ministério Público e Defensoria Pública vão ao encontro de cidadãos para promover a regulamentação documental dos cidadãos entre outras iniciativas.

4. Programa Ruas (Justiça Federal de São Paulo):

Objetiva assegurar o acesso das pessoas em situação de rua e albergados à justiça, a partir do atendimento a essa parcela da população pela Defensoria Pública da União (DPU) e trâmite processual célere, humanizado e desburocratizado no Juizado Especial Federal de São Paulo (JEF/SP), rompendo os paradigmas institucionais nas duas instituições, uma vez que o atendimento é realizado fora da sede da Defensoria, em local específico na cidade de São Paulo, e no Judiciário com tratamento processual prioritário, inclusivo e desburocratizado (no Serviço Franciscano de Solidariedade - Sefras), organização mantida pela Congregação Franciscana, que há mais de 100 anos atende a esse público. Na Justiça Especial Federal, o processo recebe identificação própria no sistema e passa a ter trâmite célere e com acompanhamento especial assim que a DPU ingressa com a ação. Uma vez que o processo está identificado pelo projeto, prescinde do comprovante de residência, mediante declaração do atendimento pela entidade Sefras.

Ou seja, para atender à população de rua, verificou-se que o comprovante de residência era uma barreira, pelo o que, adotou-se um fluxo específico para este grupo vulnerável obter acesso à justiça – a centralidade humana aqui foi essencial para a efetividade do direito.

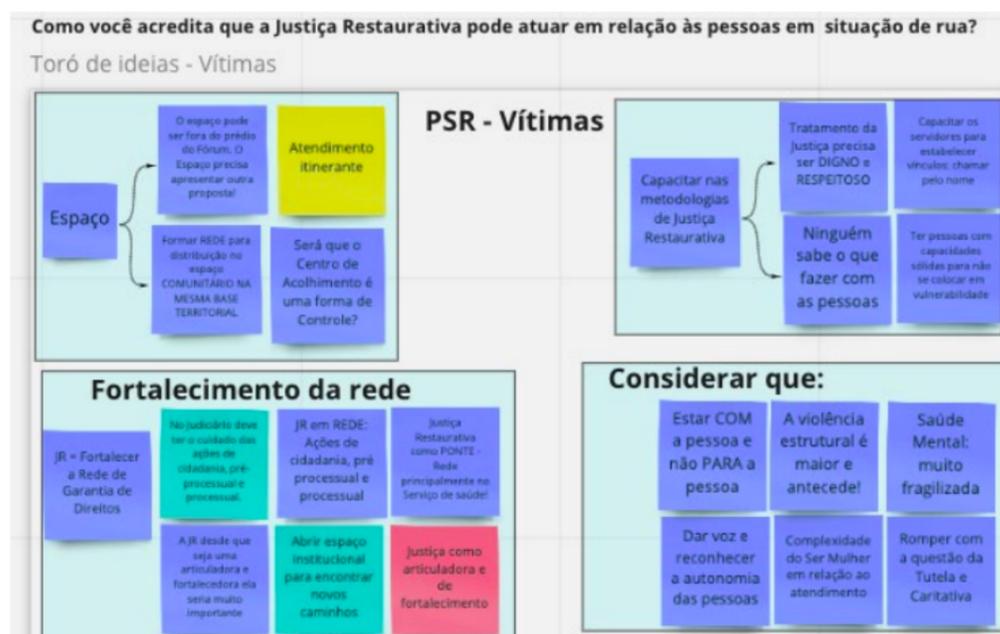
Atividade 4: Encontros com atores interinstitucionais – um olhar de fora para dentro.

1. Reunião dia 26/03/2021 – apresentação de trabalhos, projetos e ações com os seguintes participantes: Conselho Nacional dos Direitos Humanos; Movimento Nacional de Meninos e Meninas de Rua (MNMMR); Instituto Nacional de Direitos Humanos da População de Rua (In RUA); Movimento Nacional População de Rua (MNPR); Associação Nacional Pastoral do Povo de Rua.
2. Reunião dia 29/04/2021 – apresentação do Projeto “Rua do Respeito”, parceria do Tribunal de Justiça do Estado de Minas Gerais com o Ministério Público de Minas Gerais e o Serviço Social Autônomo Servas.
3. Reunião 31/05/2021 – os convidados apresentaram aos membros do grupo de trabalho detalhes do Programa RUAS “A Rua na Justiça – Uma experiência de acesso à justiça à população em situação de São Paulo”, criado em setembro de 2011, e resultante de parceria firmada entre o Juizado Especial Federal de São Paulo e a DPU, com o objetivo de assegurar o acesso à justiça por pessoas em situação de rua e albergados.
4. Reunião dia 21/06/2021 – imersão nos problemas para obtenção da identificação civil das pessoas em situação de rua.
5. Reunião dia 08/07/2021 – Possibilidades de aplicabilidade da Justiça Restaurativa nos conflitos que envolvem pessoas em situação de rua. A reunião foi conduzida, inicialmente, por técnicas de empatia, por meio das quais os participantes foram convidados para se colocar no lugar das pessoas em situação de rua, identificando o que sentem, ouvem, falam, fazem e veem em relação à atuação do Judiciário, bem como suas dores e necessidades, conforme mapa de empatia abaixo.



*Figura 5: Mapa de empatia. Figura extraída do Relatório POP RUA JUD

Em um segundo momento, o grupo participou de um “toró de ideias” ou ideação quanto à aplicabilidade da Justiça Restaurativa para as pessoas em situação de rua que se encontram em situação de vítima:



*Figura 6. “Toró de ideias”. Figura extraída do Relatório POP RUA JUD

Nesta reunião foram aplicadas ferramentas de Design Thinking para entender a possibilidade de utilização da Justiça Restaurativa no âmbito da política judicial de acesso à justiça de pessoas em situação de rua.

No dia 20/07/2021, o Grupo de Trabalho Resolução Ruas foi recebido no Sefras Chá do Padre, localizado na rua Riachuelo, 268 – Centro – São Paulo. Inicialmente, foi feita uma escuta entre os participantes sobre as questões que envolvem as pessoas em situação de rua. Depois foram feitas entrevistas semiestruturadas com as pessoas em situação de rua, a fim de se obter insights acerca das dificuldades para o exercício do pleno acesso à justiça às pessoas em situação de rua.

A reunião em questão aconteceu no local em que as pessoas de rua são habituadas a conviverem. Assim, com aproximação e olhar empático, o Grupo realizou entrevistas com estas pessoas, buscando entender o contexto de suas vidas e os impactos da política de acesso à justiça.

Atividade 5: Ações de implementação da Resolução CNJ 425/2021 (desenho de fluxos permanentes de acesso à justiça)

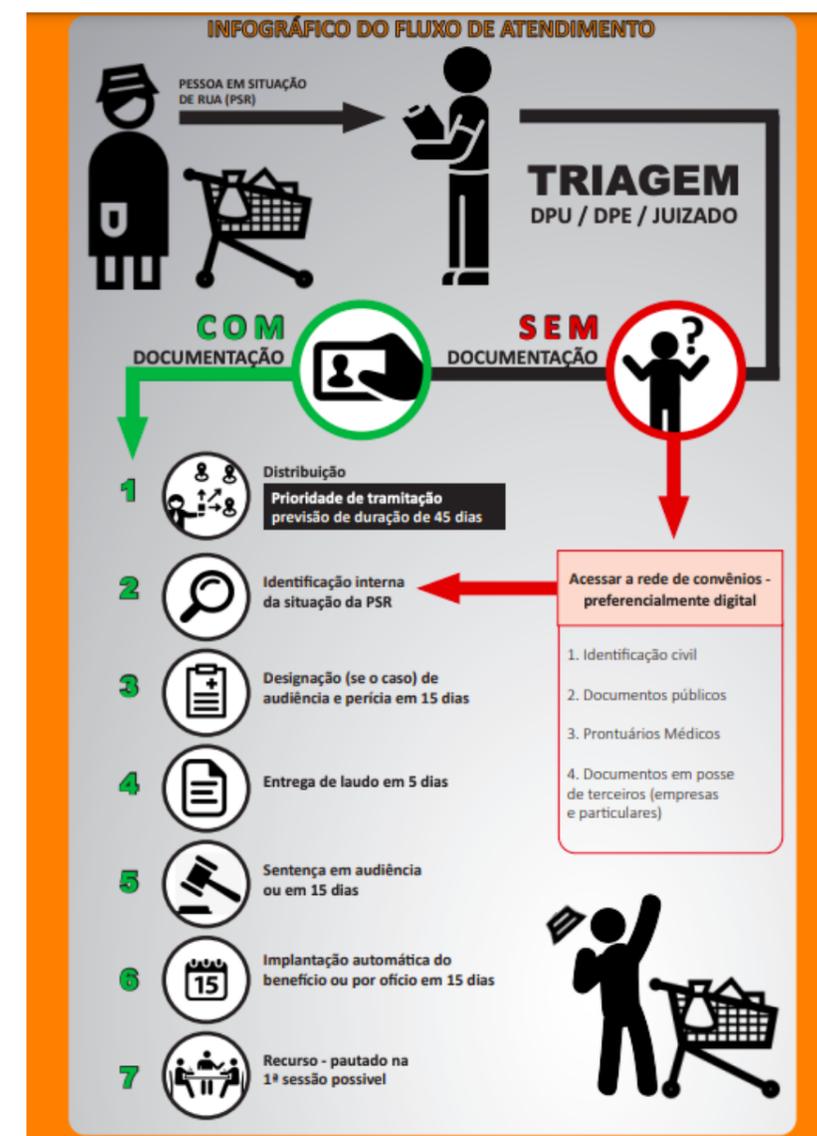
Após a aprovação da referida resolução, passou-se a atuar na promoção de ações que viessem a implementar a Política de Atenção a Pessoas em Situações de Rua e suas Interseccionalidades.

1. Oficina de Design Sprint RUAS CNJ:

Dentro da perspectiva empática e colaborativa que permeou toda a construção da política e a título de orientação aos tribunais para os possíveis caminhos para implantação da política, foi desenvolvida uma oficina utilizando a metodologia de Design Sprint para criar

fluxos permanentes de acesso à justiça, de itinerância e capacitação empática e ativa. Importante destacar que as mesas temáticas para o desenvolvimento dos fluxos contaram com a participação de magistrados e servidores dos diversos segmentos de justiça e do CNJ, além de atores do sistema de justiça, academia e representantes do movimento social.

O resultado da Oficina de design sprint RUAS foi o desenho de Trilhas para implantação da Resolução CNJ n. 425/2021.



*Figura 7. Trilhas. Figura extraída do Relatório POP RUA JUD

2. Webinar Conselho Nacional de Justiça

O resultado dos trabalhos foi apresentado em um webinar, transmitido pelo canal do YouTube do Conselho Nacional de Justiça, no dia 11 de novembro de 2021, cujo objetivo foi debater ações para implementação da Política de Atenção a Pessoas em Situação de Rua.

3. Programa de Formação de Formadores de Magistrados

4. Projeto-Piloto: 1º Mutirão POP RUA JUD CNJ – Brasília (Protótipo)

No dia 14 de dezembro de 2021, o TJDF e a Justiça Federal – Seção Judiciária do Distrito Federal (JF/DF) realizaram o 1º Mutirão PopRuaJud, cujo objetivo foi o atendimento jurídico a pessoas em situação de rua.



Foto 13: registro visual do resultado preliminar da Oficina Design Sprint – Trilhas Judiciário na Rua

*Figura 8. Resultado da Oficina de Design Sprint. Figura extraída do Relatório POP RUA JUD

4.2 Análise do processo de projeto

4.2.1 Desenvolvimento do projeto como um processo de Legal Design

Considerando as principais características do Legal Design, destacamos cada item enumerado pela Margareth Hagan (2020) e o uso no contexto do Programa POP RUA JUD.

- (i) linguagem simples, utilizando palavras de fácil entendimento e compreensíveis para pessoas leigas.

A conclusão do trabalho resultou na elaboração do Relatório do POP RUA JUD com todo o trabalho realizado para a construção da Resolução CNJ n. 425/202. O referido relatório utiliza linguagem simples, com o passo a passo de medidas a serem adotadas pelo Poder Judiciário para atenderem pessoas em situação de rua. Tal relatório é sintético, objetivo e detalhado para que efetivamente se adote tais medidas e se alcance o acesso à justiça destas pessoas.

- (ii) composição visual, colocando a informação clara, em formato consumível, equilibrando texto e elementos visuais.

Além da composição visual da pesquisa qualitativa que foi realizada, o relatório contempla um infográfico do fluxo de atendimento de pessoas em situação de rua. Assim, entende-se claramente os caminhos que o Poder Judiciário deve seguir para atender de maneira empática e humana tais pessoas.

- (iii) ferramenta interativa, personalizadas e responsivas que ajudam a focar e entender as informações.

Ao longo de todo o projeto, adotou-se ferramentas interativas como reuniões com diversos grupos relacionados para entender o problema e desenhar as soluções possíveis. Além disso, destaca-se a reunião realizada em 08/07/2021 em que se aplicou técnicas de empatia mediante a qual os participantes se colocaram no lugar das pessoas em situação de rua, criando um mapa de empatia.

- (iv) assistência inteligente, fornecendo previsões e conselhos com orientações específicas para a tomada de decisões.

O Programa estabelece todos os passos para a efetiva adoção da Política Nacional de Atenção às Pessoas em Situação de Rua. Através da realização de uma Oficina de Design Sprint, criou-se fluxos permanentes de acesso à justiça, itinerância e capacitação empática e ativa, a título de orientação aos tribunais de possíveis caminhos para implantação da política. Como resultado, foi realizado o desenho de caminhos para implantação do previsto na Resolução CNJ n. 425/2021. Ou seja, há orientações detalhadas e específicas para a tomada de decisão pelo Poder Judiciário.

- (v) jornada completa, definindo coordenadores de tarefas para proporcionar uma experiência contínua por meio de um processo.

Após a elaboração do trabalho, aplicando todos os métodos aqui analisados, houve a apresentação de um webinar, transmitido pelo canal do YouTube do Conselho Nacional de Justiça no dia 11/11/2021, cujo objetivo foi debater ações para implementação da Política de Atenção a Pessoas em Situação de Rua. Em seguida realizou-se um Programa de Formação de Magistrados e, por fim, para completar a jornada do projeto, foi realizado

um Projeto-Piloto, o 1º Mutirão POP RUA JUD CNJ – Brasília, como um protótipo, cujo objetivo foi o atendimento jurídico a pessoas em situação de rua.

- (vi) redesenho do sistema, fazendo procedimentos reais, regras, formas e organizações mais úteis e intuitivos.

A Política Nacional de Atenção às Pessoas em Situação de Rua estabelecida pela Resolução CNJ n. 425/2021 redesenha o sistema de atendimento de tais pessoas pelo Poder Judiciário, adotando medidas e ferramentas que promovem o efetivo acesso à justiça.

A construção de um normativo jurídico (a Resolução em questão) estruturado com o olhar empático para os principais usuários dessa norma: as pessoas em situação de rua, define a aplicação prática do Legal Design. Adotou-se ferramentas para que a norma fosse adequada e efetiva para aquele grupo de pessoas. A elaboração do POP RUAS JUD não se limitou à visão do Poder Judiciário para a questão. Durante todo o processo houve escuta ativa tanto dos usuários (as pessoas em situação de rua), quanto de parceiros e partes relacionadas àquele contexto. Além disso, houve uma preocupação em treinar e monitorar um protótipo daquilo que ficou estabelecido no normativo para verificar a sua aplicabilidade e efetividade.

4.2.2 Caracterização do projeto como um processo de inovação social no Poder Judiciário

O Programa POP RUA JUD é uma iniciativa que deve ser considerada inovação social no âmbito do Poder Judiciário, tendo em vista que alterou a maneira pela qual as pessoas em situação de rua conseguem acessar a justiça, um direito humano básico. E, para alcançar tal objetivo, o referido Programa foi estabelecido e construído através de participação ativa, tanto das pessoas em situação de rua, quando dos demais participantes do processo, através da aplicação de ferramentas de Design.

5. Conclusões

O acesso à justiça é um direito humano básico e, conforme observado pela ONU na Agenda 2030, todos os Poderes devem buscar implementar tal direito através da adoção de medidas inovadoras.

Assim, para a construção da Política Nacional de Atenção às Pessoas em Situação de Rua, o Legal Design foi aplicado a partir da centralidade humana – pessoas em situação de rua. Ou seja, para estabelecer a referida Política e efetivamente conceder acesso à justiça a tais pessoas, o Poder Judiciário usou ferramentas inovadoras com olhar empático e total foco em solucionar o problema de acesso à justiça sob a perspectiva das pessoas em situação de rua.

Neste sentido, o modelo adotado para a construção da Política em questão é um exemplo de inovação social no âmbito do Poder Judiciário, tendo em vista o seu impacto diretamente relacionado às pessoas em situação de rua e, ainda, a adoção do Legal Design para a elaboração do documento.

Em pesquisas futuras pretende-se aprofundar as ferramentas e princípios utilizados no desenvolvimento do POP RUA JUD para a construção de um modelo geral a ser adotado pelo Poder Judiciário a fim democratizar o acesso à justiça.

Referências:

ASSOGBA, Yao. Innovation sociale et communauté: Une relecture à partir des sociologies classiques. **ARUC-ISDC**, 2007. Disponível em: http://classiques.uqac.ca/contemporains/assogba_yao/innovation_soc_communaute/innovation_soc_texte.html. Acesso em: 08/01/2023.

Bignetti, L.P. As inovações sociais: uma incursão por ideias, tendências e focos de pesquisa. **Ciências Sociais Unisinos**, Vol. 47, N. 1, 2011.

Brown, T. **Change by design**, 2017.

Cappelletti, M.; Garth, B. **Acesso à justiça**. Tradução: Ellen Gracie Northfleet. Porto Alegre: Fabris, 1988.

Centro de Ensino e Pesquisa em Inovação (CEPI). **O futuro das profissões jurídicas: Você está preparad@? Sumário executivo da pesquisa qualitativa “Tecnologia, profissões e ensino jurídico”**. São Paulo: FGV DIREITO SP, 2018. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/28628/Sum%c3%a1rio%20Executivo%20da%20Pesquisa%20Quantitativa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 22 Ago. 2022.

Cipolla, C. Design social ou design para a inovação social? Divergências, convergências e processos de transformação. In: **Ecovisões projetuais: pesquisas em design e sustentabilidade no Brasil**. Organização Alfredo Jefferson de Oliveira, Carlo Franzato, Chiara Del Gaudio. – São Paulo: Blucher, 2017.

Cipolla, C. (org.). **Inovação social e sustentabilidade: Desenvolvimento local, empreendedorismo e design**. Rio de Janeiro: e-Papers, 2012.

Coelho, A.Z. e Holtz, A.P. **Legal Design/Visual Law – Comunicação entre o universo do Direito e os demais setores da sociedade**. Thomson Reuters. 2020.

Justiça em números 2022, Conselho Nacional de Justiça. – Brasília: CNJ, 2022. Disponível em: <https://www.cnj.jus.br/pesquisas-judiciarias/justica-em-numeros/>. Acesso em 10/01/2023.

Grant, M.J.; Booth, A. (2009), A typology of reviews: an analysis of 14 review types and associated methodologies. **Health Information & Libraries Journal**, v.26, p. 91-108.

Hagan, M. **Law by Design**. Disponível em: <https://www.lawbydesign.co/>. Acesso em: 13 jul. 2020.

Jackson, D.; Miso, K.; Sievert, J. R. The Rapid Embrace of Legal Design and the Use of Co-Design to Avoid Enshrining Systemic Bias. **DesignIssues**: Volume 36, 2020.



Manzini, Ezio. **Design para a inovação social e sustentabilidade: comunidades criativas, organizações colaborativas e novas redes projetuais**. Rio de Janeiro: E-papers, 2008.

Mccloskey, Matthew. Visualizing the Law: Methods for Mapping the Legal Landscape and Drawing Analogies. **Washington Law Review**, Vol. 73, 1998.

Merlone, Nicholas. **Papel do Advogado 4.0**: Surfar a onda das novas tecnologias. Disponível em https://www.colunapolitica.com.br/img_conteudos/1573953392.622-arquivo_pdf-N.pdf. Acesso em: 7 set. 2020.

ODS BRASIL. Disponível em: <https://odsbrasil.gov.br/objetivo/objetivo?n=16>

Perry-Kessaris, Amanda. Legal Design for Practice, Activism, Policy, and Research. **Journal of Law and society**, v.46, n. 2, p. 188, jun. 2019. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/jols.12154>. Acesso em: 23 mar. 2022

POP RUA JUD – Disponível em:

<https://www.cnj.jus.br/wp-content/uploads/2022/04/programapopruajud-trilhas-11042022-2.pdf>

Ricaldoni, T.F. **Design participativo para a transformação social**: a elaboração de um projeto de negócio e inovação social em um modelo alternativo de cumprimento penal (APAC), 2018. Disponível em <https://bit.ly/3Uh4rHk>. Acesso em 10/01/2023.

Sherwin, R. K. A Manifesto for Visual Legal Realism. **Loyola of Los Angeles Law Review (2007)**. Disponível em <https://digitalcommons.lmu.edu/lr/vol40/iss2/8/>. Acesso em: 22 set. 2022.

Walliser, G. B.; Barton, T. D.; Haapio, H. From Visualization to Legal Design: A Collaborative and Creative Process. **American Business Law Journal**, Volume 54, 2017.

Wolkart, E.N.; Becker, D. Da Discórdia analógica para a Concórdia digital. In Feigelson, B.; Becker, D.; Ravagnani, G. (org). **O advogado do amanhã**: estudos em homenagem ao professor Richard Sussikind. São Paulo: RT, 2019.

Yin, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

Zanoni, L.O., Direitos humanos e inovação no setor público: sincronismos para um pacto global de igualdade e solidariedade. In: **Inovação Judicial**: fundamentos e práticas para uma jurisdição de alto impacto. Coord.: Lunardi, F.C. e Clementino, M.B. Escola Nacional de Formação e Aperfeiçoamento de Magistrados — Enfam, 2021. Disponível em: <http://www.enfam.jus.br/wp-content/uploads/2021/12/Livro-Inovacaojudicial.pdf>

Revisão Sistemática da Literatura: Jogos educativos para o ensino dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODSs).

Systematic Literature Review: Educational games for teaching the Sustainable Development Goals (SDGs).

Rita Knobel Borges, estudante e bolsista PET Design, IFSC

ritakborges1@gmail.com

Carla Arcoverde de Aguiar Neves, doutora, IFSC.

carcoverde@ifsc.edu.br

Resumo

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU (ODSs) podem ser ensinados e aprendidos por meio da utilização de jogos. Sendo assim, com o intuito de conhecer mais este contexto, realizou-se uma revisão sistemática de literatura (RSL), a qual buscou compreender quais formatos e ferramentas já foram utilizados para desenvolver jogos educacionais sobre sustentabilidade e ODS. A estratégia de busca foi feita no site Periódicos CAPES. A pesquisa resultou em nove artigos, publicados entre 2017 e 2022 em seis países. Enquanto alguns autores trabalharam as ODS de forma ampla, outros focaram em um dos objetivos. Os jogos e estratégias descritos variaram em formato, ambientação, métodos, público-alvo e avaliação dos resultados. Jogos educativos sobre os ODS são uma boa estratégia de ensino e aprendizagem, com amplas e diferentes possibilidades de abordagem e impactos, as quais serão exploradas neste trabalho.

Palavras-chave: Design para a sustentabilidade, Educação ambiental, jogos educativos, Revisão Sistemática da Literatura.

Abstract

The United Nations' Sustainable Development Goals (SDGs) can be taught and learned through games. Thus, we conducted a systematic literature review (SLR) to understand this context better and identify the formats and tools already used to develop educational games about sustainability and SDGs. We made the search strategy through the CAPES Periodicals website. The research resulted in nine articles published between 2017 and 2022 in six countries. While some authors worked on the SDGs in a general way, others focused on one of the objectives. The described games and strategies varied in format, setting, methods, target audience, and evaluation of results. Educational games about the SDGs are a good teaching and learning strategy with vast and diverse possibilities of

approach and impacts, which will be explored in this work.

Keywords: *Design for sustainability, Environmental education, educational games, Systematic Literature Review.*

1. Introdução

A crise global socioambiental tem se agravado, tornando-se cada vez mais evidente a necessidade de mudanças em torno dos valores e comportamentos mantidos pela mentalidade atual fundada no desenvolvimento ligado ao lucro (LEFF, 2001). Em seu livro *Sociedade de risco - Rumo a uma outra modernidade*, Beck (2011) argumenta que a exploração irracional de recursos visando o crescimento econômico gera um ciclo de riscos que se perpetuam, mantendo a sociedade em um estado de crise contínua. Alguns dos fatores que contribuem com a perpetuação da crise socioambiental que vem acontecendo nos últimos anos, são a manipulação da informação, a desinformação e a falta de consciência ambiental. Dentro deste contexto, a Educação Ambiental (EA) e a Educação para o Desenvolvimento Sustentável (EDS) surgem como importantes ferramentas de conscientização e enfrentamento da crise.

A Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável foi adotada pela assembleia-geral da ONU em 2015. Ela foi desenvolvida durante 3 anos, logo após a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (Rio+20) em 2012, e envolveu, na sua construção, pesquisas com milhares de pessoas, assim como a participação de diversos estados-membros das Nações Unidas (RIECKMANN, 2017). Dentro dessa agenda estão os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODSs) e seus 169 alvos. “O objetivo dos 17 ODS [...] é garantir uma vida sustentável, pacífica, próspera e equitativa na Terra para todos agora e no futuro.” (RIECKMANN, 2017, p. 11)

Ou seja, resgata-se a palavra “desenvolvimento” e a coloca no contexto de se almejar, globalmente, um presente e um futuro melhor. Estes objetivos tratam de forma holística os maiores e mais importantes desafios para a população, tendo sido pensados de forma a englobar as três dimensões do desenvolvimento sustentável: econômica, social e ambiental de forma equilibrada, integrada e indivisível (ONU, 2015).

O quarto objetivo é “Educação de qualidade”, que além de estar presente dentro dos ODSs, é uma importante estratégia quando se trata de se entender e alcançar todos eles (UNESCO, 2016). Inseridos em um contexto de ensino, os 17 objetivos servem como excelentes recursos pedagógicos. Eles podem ser usados em salas de aula e em outros ambientes de aprendizagem para tratar e problematizar o desenvolvimento sustentável de forma prática, ampla e realista.

A inserção dos jogos como metodologia ativa de ensino, tem acontecido em diversos ambientes de ensino por muitos anos. É uma técnica que se baseia na utilização de atividades lúdicas para incentivar os estudantes a se envolverem, se concentrarem e se manterem motivados durante o processo de aprendizagem (CHARLTON; WILLIAMS, 2005). Segundo Ackerman (1999), a brincadeira é um dos métodos ancestrais que os seres humanos sempre

utilizaram para aprender. Dessa forma, os jogos educativos se utilizam dessa característica para promover o aprendizado de forma mais eficaz e agradável.

A utilização de elementos atrativos, como desafios, elementos visuais e narrativas, são alguns exemplos de características de jogos educativos, que podem servir de estímulo em diversas áreas do conhecimento. No contexto da educação voltada para o desenvolvimento sustentável, os jogos podem ser particularmente eficazes, ajudando os alunos a desenvolver habilidades importantes nessa área, como resolução de problemas, pensamento crítico, criatividade e colaboração (DIELEMAN; HUISINGH, 2006).

Este trabalho é um recorte de uma pesquisa que está em processo, cujo objetivo final é desenvolver um jogo com a finalidade de apoiar a educação ambiental através do compartilhamento dos ODSs. Esta investigação se propõe a entender quais formatos e ferramentas já foram discutidos para o desenvolvimento de jogos educacionais sobre sustentabilidade e ODSs, por meio de uma revisão sistemática de literatura.

1. Procedimentos Metodológicos

A fim de se alcançar uma visão amplificada de informações existentes sobre o tema proposto, realizou-se uma Revisão Sistemática de literatura (RSL). Esse tipo de revisão é considerada rigorosa, pois nela se define uma estratégia e um método de investigação científica sistemática para realizar buscas, coletar dados, analisar e descrever resultados. O método, também, proporciona a possibilidade de repetição da busca até se chegar aos objetivos da revisão (CONFORTO; AMARAL, 2011; FERENHOF; FERNANDES, 2016). Ferenhof e Fernandes (2016) analisaram métodos já existentes de revisões. Observaram suas vantagens, desvantagens e lacunas e através dessa investigação desenvolveram um método pragmático e detalhado de revisão sistemática, o *Systematic Search Flow* (SSF).

A realização da revisão sistemática de literatura do presente trabalho utilizou-se do SSF. O método é dividido em quatro fases e cada uma delas possui em ordem 5, 1, 1 e 1 subfases que os autores definem como “Atividades”.

Na fase 1 (Protocolo de pesquisa), as atividades são: definição da estratégia de busca, consulta em bases de dados, gestão de documentos, padronização e seleção dos documentos e composição do portfólio de documentos. Nessa fase, é definida a estratégia de busca, com procedimentos, delimitações e descritores específicos. Após a busca, os documentos são organizados e selecionados de acordo com a temática da pesquisa.

Na fase 2 (Análise), os dados coletados são consolidados com a leitura dos documentos do portfólio. É recomendado o uso de uma planilha eletrônica para o agrupamento e combinação dos dados.

Na fase 3 (Síntese), as conclusões tiradas nas etapas anteriores são condensadas em relatórios que permitem a geração de novos conhecimentos. É sugerido o uso da matriz de conhecimento para ajudar os pesquisadores a escrever nessa etapa.

A fase 4 (Escrita) é destinada à escrita científica, com a consolidação dos resultados considerando o tema proposto para a pesquisa e os resultados das últimas duas etapas.

Nesta revisão sistemática foram seguidas todas as fases e passos do SSF. A pesquisa efetuada passou por um processo de refinamento da estratégia de busca, tendo em vista a temática proposta e suas especificidades. A busca foi feita com a finalidade de explorar trabalhos que tenham sido criados com a temática de jogos educativos para o ensino e com a temática da sustentabilidade que citasse ou usasse os ODSs em seu conteúdo. Foram utilizados recursos a fim de excluir trabalhos que envolvessem jogos virtuais ou digitais.

Essa busca foi feita em 15 de janeiro de 2023, tendo como delimitação de tempo os últimos 10 anos (2013 a 2023). Mediante filtros do próprio sistema de consulta retirou-se resultados em alemão, russo e japonês. Os descritores da busca (query) foram: *roleplaying game* OR *game* E *sustainable* E *education* E *development goals* NÃO online NÃO virtual NÃO digital. A consulta foi feita no Periódicos CAPES. O resultado inicial da busca com os filtros descritos anteriormente resultou em 92 documentos. Esses foram analisados de forma mais ampla e filtrados. Tendo em vista o enfoque da temática na construção e no estudo de jogos, em um segundo momento descartou-se todos os resultados que não tiveram descritores relacionados com “Game”. Após essa seleção restaram 25 trabalhos.

Por último, foram retirados os trabalhos que claramente não se relacionavam com a temática geral da pesquisa, como, por exemplo, aqueles que envolviam o tema “educação física”. Retirou-se, também, os trabalhos em que o documento completo não foi localizado. Dessa forma, sobraram 19 documentos.

Todos os documentos selecionados foram organizados em um portfólio virtual no software Zotero.

Por meio da leitura dos títulos, resumos e palavras-chave passaram para a próxima fase de análise os que mais se encaixavam com o objetivo da pesquisa. Documentos com a temática muito distante do enfoque foram descartados. Por fim obteve-se 9 textos alinhados com a temática da busca.

Os resultados da segunda, terceira e quarta fase do processo de análise são discutidos a seguir

2. Análises dos Resultados ou Discussões

Os nove artigos que passaram para a segunda fase do SSF, de forma geral, discutem sobre o uso da gamificação, dos jogos e da aprendizagem a base de jogos (*Game Based Learning*) como ferramentas com o intuito de trazer e incentivar o conhecimento e compromisso social em relação aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

A partir da leitura e análise dos artigos selecionados foram identificadas as características apresentadas na tabela 1.

Tabela 1: Autor(es), país, ano, ODSs, formato de jogo, ambientação do jogo, ferramentas usadas, tipo de resultado, referentes a parte dois da RSL.

| Autor(es) | País | ODS(s) | Formato de jogo | Ambientação do jogo | Ferramentas usadas (métodos e modelos) | Tipo de resultado |
|--|------------|-----------------------------|-------------------|--|--|--------------------|
| Chen e Ho (2022) | Taiwan | Todos | Jogo de tabuleiro | Cada jogador representa um país | Design interativo, o modelo ADDIE e The evolutionary game theory (EGT) | Qualitativo |
| Tejedor, Segalàs, Barrón et al. (2019) | Espanha | Todos | NA | NA | Aprendizagem de serviço, aprendizagem baseada em problemas, aprendizagem orientada a projetos, jogos de simulação e estudos de caso. | Descritivo |
| Coll e Fernández (2021) | Espanha | Todos | Gamificação | NA | Metodologia reversa, aprendizagem de serviço e Core design loop (Gary, 2018) | Qualitativo |
| Miller, Wentzel, Clark e Hurst (2019) | Inglaterra | Todos, mas focado no ODS 12 | Jogo de cartas | Jogadores competem para lançar sua usina de reciclagem | Abordagem de pensamento sistêmico | Quali/quantitativo |
| Kozak (2020) | Ucrânia | Todos | Diversos | NA | NA | Descritivo |
| Gizzi (2019) | Itália | ODS 12 | Jogo-objeto | Descarte gamificado | Pesquisa com o usuário e sessões de co-design em conjunto do <i>Minimum Viable Product (MVP)</i> | Quantitativo |
| Vasconcelos e Seingyai (2022) | Brasil | Todos | Simulação | Diversas | Learning Sustainable Development (LSD) com modificações de Macebo | Qualitativo |
| Carreira, Aguiar, Onça e | Brasil | ODS 13 | Jogo de tabuleiro | Jogadores são CEOs de empresas | NA | Qualitativo |

| | | | | | | | |
|---|--------|-------|----------------------|---------------------|----|--------------|--|
| Monzoni (2017) | | | | | | | |
| Tsai, Liu, Chang e Chen (2021) | Taiwan | Todos | Jogo de tabuleiro | A ilha de Taiwan | NA | Quantitativo | |

Fonte: Autoria própria

Em relação aos locais de realização dos estudos (quadro 1) as nove publicações estão distribuídas em 6 localidades diferentes, sendo que há dois trabalhos de Taiwan (CHEN; HO, 2022; TSAI *et al.*, 2021), do Brasil (CARREIRA *et al.*, 2017; VASCONCELOS; SEINGYAI, 2022) e da Espanha (COLL; FERNÁNDEZ, 2021; TEJEDOR *et al.*, 2019) e um trabalho da Itália (GIZZI, 2019), Ucrânia (KOZAK, 2020) e Inglaterra (MILLER *et al.*, 2019).

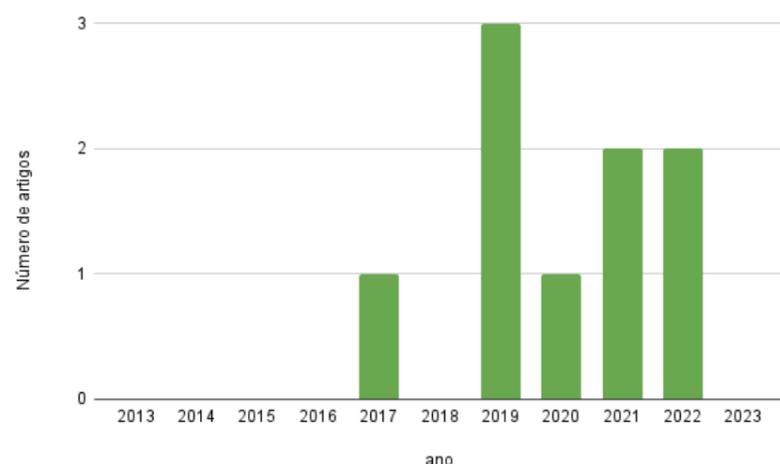


Figura 1: Distribuição das publicações por ano. Fonte: Autoria própria

Verifica-se, pelas informações da tabela 1 e da figura 1, que as publicações inseridas na pesquisa iniciaram em 2017 (CARREIRA *et al.*, 2017) sendo, portanto, um tema de pesquisa bastante contemporâneo. Dos nove trabalhos que se encaixam na temática proposta, três foram publicados em 2019 (ano com o maior número de trabalhos da revisão).

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU foram um dos critérios de busca da pesquisa e todos os artigos selecionados citaram eles. A grande maioria tratou dos objetivos de forma ampla e sem focar em um objetivo específico (CHEN; HO, 2022; COLL; FERNÁNDEZ, 2021; KOZAK, 2020; TEJEDOR *et al.*, 2019; TSAI *et al.*, 2021; VASCONCELOS; SEINGYAI, 2022). Os demais trabalhos deram enfoque a um dos ODSs. O objetivo 12 foi o foco de dois destes trabalhos (GIZZI, 2019; MILLER *et al.*, 2019) e o objetivo 13 foi o foco de um (CARREIRA *et al.*, 2017). Portanto, há uma grande diversidade dos objetivos trabalhados, mostrando a possibilidade de tratar dos 17 objetivos holisticamente, sem precisar necessariamente definir um enfoque em um deles.

Dois artigos que estão na revisão se referem a diversas estratégias pedagógicas e/ou jogos, sendo escritos de forma mais informativa e descritiva (KOZAK, 2020; TEJEDOR *et al.*, 2019). Os demais artigos focam em uma atividade ou jogo específico, tendo sido escritos para mostrar os conteúdos desenvolvidos e seus resultados (CARREIRA *et al.*, 2017; CHEN; HO, 2022; COLL; FERNÁNDEZ, 2021; GIZZI, 2019; MILLER *et al.*, 2019; TSAI *et al.*, 2021; VASCONCELOS; SEINGYAI, 2022).

Entre os que apresentaram jogos específicos, as ferramentas de desenvolvimento foram descritas com diferentes níveis de detalhamento, por somente três dos trabalhos analisados (CHEN; HO, 2022; GIZZI, 2019; VASCONCELOS; SEINGYAI, 2022). Foram citados os seguintes métodos e modelos: *Iterative design*, modelo ADDIE, *The Evolutionary Game Theory (EGT)*, co-design, *User Research* (Pesquisa com o usuário), *Minimum Viable Product (MVP)*, *Learning Sustainable Development (LSD)*.

Em seu trabalho, Chen e Ho (2022) apresentam uma descrição do processo de criação do jogo bastante completa, incluindo, além da descrição das regras, uma descrição do processo de design do jogo “*Design steps*”. Nesse ponto os autores descrevem as ferramentas usadas a fim de construir o jogo. Como o modelo ADDIE (ISFET, 2023) e o Design Iterativo (INTERACTION DESIGN FOUNDATION, 2021; SISODIYA, 2021) e os processos seguidos. Em relação às regras do jogo, os autores usaram a teoria evolutiva dos jogos (*The evolutionary game theory*) (CHENG *et al.*, 2020) para justificar o enfoque em grupos ao invés de indivíduos e, dessa forma, valorizar a tomada de decisão em grupo que traz diversos tipos de interação e aprendizados.

Já no trabalho de Gizzi (2019) as ferramentas usadas de forma a auxiliar o processo de construção da lixeira gamificada foram menos específicas. Para entender bem quais eram os alvos principais que deveriam ser seguidos no desenvolvimento do projeto, foram usadas sessões de co-design e pesquisa com o usuário. Além disso, nas fases de testes fez-se um modelo primário do produto “*Junkbox*” baseado no princípio do Produto Mínimo Viável (*Minimum Viable Product*) que é o produto mais simples que pode ser fabricado e testado com o objetivo de obter *feedback* imediato do público-alvo com o mínimo de risco econômico.

E por último o jogo desenvolvido por Vasconcelos e Seingyai (2022) foi baseado no modelo *Learning sustainable development (LSD)* um jogo de simulação que se estrutura por meio de cartas que dão os detalhes e eventos do jogo, jogado por meio de um processo de *storytelling* (narrativa coletiva) entre os jogadores (TORRES; MACEDO, 2000). Os autores do artigo analisado criaram o novo jogo através da adição de um baralho de cartas com os ODSs. Além de, também, novas cartas com novas tendências, debates e evoluções conceituais em relação ao desenvolvimento sustentável. Neste trabalho a ferramenta não foi explicitada, mas na área do design o que foi feito pelos autores poderia ser definido como um processo de inovação e re-design do jogo já existente.

Os tipos de jogos encontrados nos trabalhos da revisão foram: de cartas (MILLER *et al.*, 2019), um jogo-objeto (GIZZI, 2019), jogo de simulação (VASCONCELOS; SEINGYAI, 2022) e três de tabuleiro (CARREIRA *et al.*, 2017; CHEN; HO, 2022; TSAI *et al.*, 2021). Assim, a amostra indica que existem diferentes formatos de jogos que podem ser usados para a aprendizagem e, dentre eles, o tipo mais presente foi o Jogo de Tabuleiro.

Foram investigadas, também, as ambientações dos jogos da revisão sistemática. As ambientações são os cenários onde acontecem as situações do jogo, elas podem ter diversas inspirações como fantasia, mitologia, história, ficção-científica e realidade cotidiana (BETTOCCHI, 2000). Adams e Rollings (2007) descrevem, no livro “*Fundamentals of Game Design*”, os processos necessários para fazer o design de um jogo, e na etapa de elaboração destacam o mundo do jogo e a ambientação como elementos que delimitam características importantes, como o contexto cultural e os arredores físicos, que dão suporte ao processo de jogar o jogo. Com isso em vista, no contexto da RSL essas ambientações se tornam dados relevantes. Definir as ambientações foi desafiador pela diversidade de regras, propostas e narrativas dos jogos. Um dos jogos colocava os participantes, cada um atuando como o líder de um país, eles deveriam cumprir tarefas relativas aos 17 ODSs enquanto desenvolviam economicamente suas nações (CHEN; HO, 2022). No jogo “*Green Machine*” os jogadores representam empresas de reciclagem contratadas pelo governo para reciclar lixo doméstico, assim, os jogadores competem com o objetivo de serem os primeiros a lançar sua usina de reciclagem (MILLER *et al.*, 2019). Já no jogo “*The Celsius Game*” os jogadores personificam o papel de CEOs de empresas e podem tomar ações que podem reduzir ou aumentar as emissões de carbono, também, durante o jogo os jogadores podem optar por influenciar as políticas de redução de emissões de carbono do governo (CARREIRA *et al.*, 2017). Por fim, o cenário do jogo “*Be Blessed Taiwan*” é a ilha principal de Taiwan e as ilhas vizinhas, nesse jogo os alunos desempenham cinco funções: agricultores e pescadores, empresários, caçadores, ambientalistas e funcionários do governo (TSAI *et al.*, 2021). Logo, em uma visão mais ampla de jogos com objetivo de ensino do desenvolvimento sustentável e dos ODSs esses exemplos, aqui presentes, podem ser usados como inspiração para futuros jogos.

Das nove pesquisas analisadas, seis usaram recursos a fim de avaliar seus resultados (CARREIRA *et al.*, 2017; CHEN; HO, 2022; GIZZI, 2019; MILLER *et al.*, 2019; TSAI *et al.*, 2021; VASCONCELOS; SEINGYAI, 2022). Entre os artigos há uma grande variação na forma como os autores escolheram avaliar a eficácia e os resultados de seus projetos. Mas de forma geral entre os métodos citados, destaca-se o uso de pré e pós-testes para medir quanto os estudantes aprenderam (MILLER *et al.*, 2019; TSAI *et al.*, 2021), a observação da atividade sendo realizada pelo público (CARREIRA *et al.*, 2017; CHEN; HO, 2022; GIZZI, 2019), o uso de questionários com a finalidade de entender a percepção dos participantes em relação à atividade (CARREIRA *et al.*, 2017; MILLER *et al.*, 2019), e entrevistas e relatórios feitos com os participantes (CHEN; HO, 2022; VASCONCELOS; SEINGYAI, 2022). O resultado mais presente foi o resultado do tipo qualitativo, que cinco trabalhos tiveram (CARREIRA *et al.*, 2017; CHEN; HO, 2022; COLL; FERNÁNDEZ, 2021; MILLER *et al.*, 2019; VASCONCELOS; SEINGYAI, 2022). Além disso, tendo em vista o quadro 2, há uma enorme diversidade entre os sujeitos das pesquisas, desde alunos de jardim de infância até designers de jogos. Por fim, todos os autores consideraram que suas atividades tiveram resultados positivos, tanto em satisfação quanto em aquisição de conhecimento, chegando até a mudança de atitudes individuais e coletivas.

Tabela 2: Diferentes sujeitos envolvidos nos jogos e número de vezes que cada grupo foi citado em diferentes trabalhos.

| Sujeitos | Citado |
|--------------------------------------|--------|
| Alunos - Jardim de infância | 1 |
| Ensino fundamental | 1 |
| Institutos técnicos | 1 |
| Ensino médio | 3 |
| Graduação | 3 |
| Professores - Ensino Primário | 1 |
| Graduação | 1 |
| Voluntários de educação ambiental | 1 |
| Designers de jogos | 1 |
| Jogadores de jogos de tabuleiro | 1 |

Fonte: Autoria própria.

Carbonari e Librelotto (2022) sugerem que algumas informações podem ser importantes no processo de síntese e escrita de uma RSL, como a coleta de referências emergentes. Para definir essas sugestões dentre os nove artigos, todas as referências foram agrupadas e o recurso online “*Duplicate Word Finder*” (BENCE, 2018) foi utilizado com o objetivo de encontrar as referências e os autores que poderiam se repetir. Assim, o parâmetro da repetição foi adotado para se identificar trabalhos a serem lidos. Destaca-se aqui que a relação da repetição com a importância dos artigos pode não ser tão direta e os resultados dessa análise não são totalmente precisos.

A referência que aparece no maior número de trabalhos foi o Relatório de Brundtland (1987) sendo citado por 4 das pesquisas (KOZAK, 2020; TEJEDOR *et al.*, 2019; TSAI *et al.*, 2021; VASCONCELOS; SEINGYAI, 2022). O trabalho “*Games by which to learn and teach about sustainable development: exploring the relevance of games and experiential learning for sustainability*” também foi citado por 2 dos trabalhos (CARREIRA *et al.*, 2017; VASCONCELOS; SEINGYAI, 2022). Também foram citadas por ambos Tejedor e Kozak o “*Routledge Handbook of Higher Education for Sustainable Development*” (BARTH, 2016), “*Developing key competencies for sustainable development in higher education*” (BARTH *et al.*, 2007), “*Key competencies in sustainability: a reference framework for academic program development*” (WIEK; WITHYCOMBE; REDMAN, 2011) e “*Operationalising Competencies in Higher Education for Sustainable Development*” (WIEK *et al.*, 2016). Katja Brundiers foi uma das autoras que teve o nome citado, em diferentes publicações (BRUNDIERS; WIEK, 2010; BRUNDIERS; WIEK; REDMAN, 2010; WIEK *et al.*, 2014), em mais de um dos trabalhos analisados (CARREIRA *et al.*, 2017; KOZAK, 2020; TEJEDOR *et al.*, 2019). É interessante notar que autores da revisão se citam mutuamente. Tsai *et al.* (2021) citam Miller *et al.* e Chen e Ho citam Tsai *et al.*. Essas citações devem acontecer pelo alinhamento temático estabelecido no início da pesquisa.



3. Conclusão ou Considerações Finais

Neste artigo foi feita uma RSL visando um maior entendimento sobre que formatos, métodos e ferramentas existem relacionados ao desenvolvimento de jogos educacionais sobre sustentabilidade e ODSs. Considerando os nove artigos que compõem o portfólio bibliográfico, observou-se que o tema da pesquisa é recente no cenário internacional e que existe uma multiplicidade na forma com que os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável foram abordados nas publicações. Várias ferramentas de desenvolvimento foram usadas nos diferentes trabalhos e diversos tipos de jogos estiveram presentes na amostra, sendo os jogos de tabuleiros mais presentes nos projetos analisados. A revisão também mostrou as ambientações usadas em cada jogo, sendo diversas por conta das diferentes abordagens usadas. Além disso, os autores usaram diferentes recursos para avaliar seus projetos. Os resultados dos trabalhos foram predominantemente qualitativos e foram considerados, em sua maioria, positivos. Por último, apontou-se referências emergentes no conjunto de pesquisas investigadas. Essas informações têm o potencial de orientar o projeto em andamento ao mostrar diferentes formas de tratar a temática da sustentabilidade e dos ODSs em jogos educacionais. Junto a isso, a revisão mostrou a necessidade de avaliar os resultados de forma rigorosa, mesmo que predominantemente qualitativa, para entender melhor o impacto dos jogos na aprendizagem dos usuários. Destaca-se que a última atualização desta RSL foi realizada dia 27 de fevereiro de 2023 e que outras pesquisas sobre o tema podem ter sido publicadas após essa data.

Referências

- ADAMS, E.; ROLLINGS, A. **Fundamentals of Game Design**. [S. l.]: Pearson Prentice Hall, 2007.
- BARTH, M. et al. Developing key competencies for sustainable development in higher education. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, [s. l.], v. 8, n. 4, p. 416–430, 2007. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/14676370710823582/full/html>. Acesso em: 27 fev. 2023.
- BARTH, M. (org.). **Routledge handbook of higher education for sustainable development**. London ; New York, NY: Routledge, Taylor & Francis Group; Earthscan from Routledge, 2016. (Routledge international handbooks).
- BECK, U. **Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade**. 2. ed. São Paulo: Editora 34, 2011.
- BENCE, S. **Duplicate Word Finder**. [S. l.], 2018. Disponível em: <https://codepen.io/finnhvman/details/oPwXRa>. Acesso em: 27 fev. 2023.
- BETTOCCHI, E. **A linguagem visual no Role-playing Game**. [s. l.], 2000.
- BRUNDIERS, K.; WIEK, A. Educating Students in Real-world Sustainability Research: Vision and Implementation. **Innovative Higher Education**, [s. l.], v. 36, p. 107–124, 2010.

BRUNDIERS, K.; WIEK, A.; REDMAN, C. Real-world learning opportunities in sustainability: From classroom into the real world. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, [s. l.], v. 11, p. 308–324, 2010.

CARBONARI, L.; LIBRELOTTO, L. REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA PARA CENÁRIOS DE DESASTRE: | **MIX Sustentável**. [s. l.], 2022. Disponível em: <https://ojs.sites.ufsc.br/index.php/mixsustentavel/article/view/5653>. Acesso em: 13 jan. 2023.

CARREIRA, F. et al. The Celsius Game: An experiential activity on management education simulating the complex challenges for the two-degree climate change target. **The International Journal of Management Education**, [s. l.], v. 15, n. 2, Part B, Principles for Responsible Management Education, p. 350–361, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1472811717301040>. Acesso em: 15 jan. 2023.

CHARLTON, B.; WILLIAMS, R. L. Educational games: a technique to accelerate the acquisition of reading skills of children with learning disabilities. **International journal of special education**, [s. l.], v. 20, n. 2, 2005.

CHEN, F.-H.; HO, S.-J. Designing a Board Game about the United Nations' Sustainable Development Goals. **Sustainability** (Basel, Switzerland), Basel, v. 14, n. 18, p. 11197–, 2022.

CHENG, L. et al. Equilibrium analysis of general N-population multi-strategy games for generation-side long-term bidding: An evolutionary game perspective. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 276, p. 124123, 2020. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652620341688>. Acesso em: 26 fev. 2023.

COLL, J. N.; FERNÁNDEZ, F. R. GAME ODS: La gamificación a través del diseño de una actividad lúdica aplicable en el ámbito jurídico para la concienciación social. **Revista de Educación y Derecho**, [s. l.], n. 23, 2021. Disponível em: <https://revistes.ub.edu/index.php/RED/article/view/34445>. Acesso em: 15 jan. 2023.

CONFORTO, E. C.; AMARAL, D. C. **Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos**. [s. l.], 2011.

DIELEMAN, H.; HUISINGH, D. The potentials of games in learning and teaching about sustainable development. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 14, p. 837–848, 2006.

FERENHOF, H.; FERNANDES, R. **Desmistificando a revisão de literatura como base para redação científica: método ssf**. [s. l.], v. 21, 2016.

GIZZI, V. Junkbox, a waste management educational game for preschool kids. **Interaction Design and Architecture(s) Journal**, 2n 40, 46-56, 2019. Disponível em: http://ixdea.uniroma2.it/inevent/events/idea2010/index.php?s=10&a=10&link=ToC_40_P&link=40_3_abstract. Acesso em: 15 jan. 2023.

INTERACTION DESIGN FOUNDATION. Design iteration brings powerful results. **So, do it again designer!**. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://www.interaction-design.org/literature/article/design-iteration-brings-powerful-results-so-do-it-again-designer>. Acesso em: 26 fev. 2023.

ISFET. **ADDIE Model**. [S. l.], 2023. Disponível em: <https://www.isfet.org/pages/addie-model>. Acesso em: 24 fev. 2023.



KOZAK, O. Interactive exercises and games for sustainable development goals: How to develop sustainability competencies in higher education?. **Studia Periegetica**, [s. l.], v. 31, n. 3, p. 81–91, 2020. Disponível em: <https://studia-periegetica.com/gicid/01.3001.0014.5963>. Acesso em: 15 jan. 2023.

LEFF, E. **Epistemologia ambiental**. São Paulo: Cortez Editora, 2001. 240 p.

MILLER, J. L. et al. Green Machine: A Card Game Introducing Students to Systems Thinking in Green Chemistry by Strategizing the Creation of a Recycling Plant. **Journal of Chemical Education**, [s. l.], v. 96, n. 12, p. 3006–3013, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00278>. Acesso em: 15 jan. 2023.

ONU. Transforming our world: the 2030 **Agenda for Sustainable Development** | **Department of Economic and Social Affairs**. [S. l.], 2015. Disponível em: <https://sdgs.un.org/2030agenda>. Acesso em: 26 jan. 2023.

RIECKMANN, M. **Education for Sustainable Development Goals: learning objectives**; UNESCO publishing, 2017.

SISODIYA, M. **What Is Iterative Design? - Radiant Digital**. Em: 6 dez. 2021. Disponível em: <https://radiant.digital/what-is-iterative-design/>. Acesso em: 26 fev. 2023.

TEJEDOR, G. et al. Didactic Strategies to Promote Competencies in Sustainability. **Sustainability**, [s. l.], v. 11, n. 7, p. 2086, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/7/2086>. Acesso em: 15 jan. 2023.

TORRES, M.; MACEDO, J. Learning Sustainable Development with a New Simulation Game. **Simulation & Gaming**, [s. l.], v. 31, n. 1, p. 119–126, 2000. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/104687810003100112>. Acesso em: 26 fev. 2023.

TSAI, J.-C. et al. Using a Board Game to Teach about Sustainable Development. **Sustainability**, [s. l.], v. 13, n. 9, p. 4942, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/9/4942>. Acesso em: 15 jan. 2023.

UNESCO. Education 2030: Incheon Declaration and Framework for Action for the implementation of Sustainable Development Goal 4: Ensure inclusive and equitable quality education and promote lifelong learning opportunities for all - **UNESCO Digital Library**. [S. l.], 2016. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000245656>. Acesso em: 27 jan. 2023.

VASCONCELOS, V. V.; SEINGYAI, A. Planning for Sustainable Development: A Simulation Game. **Applied Environmental Education and Communication**, [s. l.], v. 21, n. 1, p. 42–54, 2022. Acesso em: 15 jan. 2023.

WIEK, A. et al. Integrating problem- and project-based learning into sustainability programs. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, v. 15, p. 431–449, 2014.

WIEK, A., BERNSTEIN MJ, FOLEY RW, COHEN M, FORREST N, KUZDAS C, KAY B, WITHYCOMBE KEELER, L. Operationalising Competencies in Higher Education for Sustainable Development. In Barth M, Michelsen G, Rieckmann M, Thomas I (Eds.) **Routledge Handbook of Higher Education for Sustainable Development**, pp. 241–260. Routledge: London and New York. 2016. p. 241–260.

WIEK, A.; WITHYCOMBE, L.; REDMAN, C. L. Key competencies in sustainability: a reference framework for academic program development. **Sustainability Science**, [s. l.], v. 6, n. 2, p. 203–218, 2011. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s11625-011-0132-6>. Acesso em: 27 fev. 2023.

UN World Commission on environment and Development. **Our Common Future**. Oxford: Oxford University Press, 1987. v. 1, 300 p. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2023.



Comparação do uso da armadura em alvenaria convencional e bloco (EPS) no projeto estrutural de uma edificação unifamiliar

Comparison of the use of reinforcement in conventional and block masonry (EPS) in the structural design of a single-family building

Lalesca Boeno Vicensi, Engenheira Civil, Universidade do Contestado (UNC).

E-mail: lalescavicensi@gmail.com

Patricia Zini, Mestranda no Programa de Mestrado Profissional em Engenharia Civil, Sanitária e Ambiental da Universidade do Contestado (UNC).

E-mail: patriciazini.eng@gmail.com

Rubia Mores, Professora no Programa de Mestrado Profissional em Engenharia Civil, Sanitária e Ambiental da Universidade do Contestado (UNC).

E-mail: rubia.mores@professor.unc.br

Aline Schuck, Professora no Programa de Mestrado Profissional em Engenharia Civil, Sanitária e Ambiental da Universidade do Contestado (UNC).

E-mail: aline.schuck@unc.br

Resumo

Este trabalho tem por objetivo comparar dois métodos de aplicação de cargas estruturais: alvenaria convencional e bloco de EPS (Poliestireno Expandido) para uma Edificação Residencial Unifamiliar, onde para o lançamento dos projetos estruturais foi utilizado o software Eberick V10. Foi desenvolvido para o dimensionamento estrutural em concreto armado, incluindo o lançamento da estrutura, análise, dimensionamento e detalhamento. Depois de dimensionar e analisar o projeto estrutural de alvenaria convencional com carga de parede de 1900 kgf/m³, com a cópia, substituiu as cargas das paredes para 400 kgf/m³ correspondente ao peso específico do bloco de EPS. Com os resultados comparativos do projeto estrutural de alvenaria convencional e o bloco de EPS, identifica – se que a carga vertical na fundação, atingiu uma boa redução em relação ao todo da edificação residencial unifamiliar. Mas, o peso das armaduras e os momentos sobre as vigas demonstrou pouca diferença, assim mesmo o projeto estrutural de bloco de EPS se destacou em relação a alvenaria convencional, reduzindo a quantidade de carga e de armaduras, tornando uma construção mais econômica e viável.

Palavras-chave: Projeto estrutural; Edificação unifamiliar; Materiais.

Abstract

The objective of this work is to compare two methods of application of structural loads for a Single Family Residential Building a) conventional masonry; b) EPS (Expanded Polystyrene) block, where the Eberick V10 software was used to launch the structural projects. According to Krüger and Silva (2019), it was developed for structural design in reinforced concrete, including the launching of the structure, analysis, design and detailing. After dimensioning and analyzing the structural design of conventional masonry with a wall load of 1900 kgf/m³, with the copy, it replaced the wall loads to 400 kgf/m³ corresponding to the specific weight of the EPS block. With the comparative results of the structural design of conventional masonry and the EPS block, it is identified that the vertical load on the foundation reached a good reduction in relation to the whole of the single-family residential building. But the weight of the reinforcements and the moments on the beams showed little difference, even so the structural design of the EPS block stood out in relation to conventional masonry, reducing the amount of load and reinforcement, making a more economical and viable construction.

Keywords: Structural design; Single-family building; Materials

1. Introdução

O projeto estrutural é extremamente importante para uma edificação, é nessa etapa que o responsável técnico utiliza todo o seu conhecimento e analisa qual a melhor maneira a executar uma estrutura, pensando em garantir a rigidez, qualidade, segurança e ao mesmo tempo economia. Para facilitar a etapa de dimensionamento e projeto estrutural, os softwares têm auxiliado e se tornado grandes aliados na construção civil. O que antes era calculado na mão por exemplo, atualmente pode ser feito no computador, um exemplo é o software Eberick V10, que realiza o dimensionamento dos elementos estruturais em pouco tempo, mas cabe ao responsável técnico saber usar e alterar conforme necessidade de acordo com seu conhecimento.

Neste artigo foi utilizado o software Eberick V10 para realizar o lançamento de dois projetos estruturais de alvenaria convencional e bloco de EPS (Poliestireno Expandido) para uma Edificação Residencial Unifamiliar. A alvenaria convencional é de bloco cerâmico de vedação com 9 furos nas dimensões de 14x19x29 cm (largura x altura x comprimento). Suas características são a alta dureza, boa resistência mecânica, ruptura frágil, alta estabilidade química e térmica, e baixa condutividade elétrica e térmica (CARASEK, et al., 2007, apud PEREIRA e COSTA, 2017, p.27). O bloco de EPS tem dimensões de 60x30x15cm (altura x comprimento x largura), caracterizado por ser um material leve, resistente ao fogo, estabilidade estrutural, não é necessário chapisco e reboco, estanqueidade à passagem de gases/fumaça, e isolamento térmico.

Esta pesquisa tem por objetivo comparar dois métodos de aplicação de cargas estruturais para uma residência unifamiliar a) alvenaria convencional; b) bloco de EPS (Poliestireno Expandido). Novos produtos são aplicados na construção civil, os quais apresentam boas propriedades físicas e mecânicas. Porém, em contrapartida, muitos profissionais acabam não utilizando esses recursos por falta de conhecimento sob o produto, sem saber quais os benefícios proporcionam para as obras, acabam permanecendo no uso de métodos tradicionais, como a alvenaria convencional. O bloco de EPS é um material mais utilizado em

edificações, se destaca por ser leve, facilidade de manuseio, sua dimensão proporciona maior rendimento por metros quadrados na fase de execução, é isolante térmico e econômico.

2. Material e Métodos

Este artigo apresenta um projeto estrutural, lançado em um software de cálculo, comparando dois tipos de alvenarias. Sendo baseado em um projeto Arquitetônico Residencial Unifamiliar, com Área Total de 102.83 m², que será executada na Rua A, Bairro São Cristovão na cidade de Concórdia – SC. O projeto prevê dois pavimentos para a residência, sendo que o andar de embaixo não terá o fechamento de paredes, somente o pilotis e em cima é o pavimento térreo com uma sala de estar, uma cozinha, três dormitórios, uma despensa/área de serviço, um banheiro, duas varandas, e uma escada para acesso ao pilotis. Na Figura 01 e 02 abaixo, a ilustração e a localização do terreno utilizado para a construção da Edificação Residencial Unifamiliar.



Figura 01: A) Terreno ainda com a vegetação; B) Frente do terreno em outro ângulo. Fonte: Autora (2020).



Figura 02: Localização do terreno destacada. Fonte: Adaptado do Google Earth (2020).

Para o desenvolvimento deste trabalho, obte-se a planta baixa da edificação já aprovada pela prefeitura de Concórdia -SC, desenhada no software AutoCAD onde foi essencial para poder fazer o lançamento estrutural das lajes, vigas e pilares, sob orientação técnica de um

Engenheiro Civil utilizou-se o software Eberick V10 para dimensionamento dos projetos estruturais. De acordo com Krüger e Silva (2019), o software Eberick é um programa criado pela empresa AltoQi, para o dimensionamento estrutural em concreto armado, incluindo o lançamento da estrutura, análise, dimensionamento e detalhamento. As normas de dimensionamento estão de acordo com a NBR 6118/2014 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento.

Para a realização dos comparativos utilizou-se das seguintes informações: Para a análise da estrutura de alvenaria convencional, utilizou-se de tijolo cerâmico de 9 furos com dimensões de 14x19x29cm (largura x altura x comprimento) e o seu peso específico de 1900 kgf/m³ conforme tabela 2 da ABNT 6120/19 item 5.4. Para a segunda comparação foi aproveitado o mesmo projeto estrutural, mas com a aplicação no lugar da alvenaria o uso de bloco de EPS com dimensões de 60x30x15 cm, mudando seu peso específico para 400 kgf/m³ recomendado pelo fabricante do bloco EPS na cidade de Concórdia. Deste modo alcançou os resultados das cargas e o quantitativo de armaduras para a comparação entre as alvenarias.

3. Resultados e Discussões

3.1 Requisitos Para Dimensionamento

De acordo com NBR 6120/19, item 3.8 as ações permanentes que ocorrem com valores praticamente constantes, durante a vida útil da construção ou ainda podem crescer com o tempo, visando um valor limite constante. As cargas permanentes aplicadas na Edificação Unifamiliar no projeto estrutural foram: Peso próprio da estrutura em concreto armado; Peso das paredes em alvenaria convencional e bloco de EPS; Peso do revestimento das lajes.

Para elementos de concreto armado a tabela 1 da NBR 6120/19 item 5.3 recomenda peso específico de 2500 kgf/m³. Onde esses elementos no projeto seriam pilares, vigas, lajes e sapatas, através das suas dimensões, o software Eberick estipula automaticamente a carga adequada ao peso próprio da estrutura.

Para a parede de alvenaria convencional no projeto usou-se o tijolo cerâmico vazado de 9 furos com dimensões de 14x19x29 cm e o peso específico de 1900 kgf/m³ de acordo com a tabela 2 da NBR 6120/19 item 5.4 sobre alvenaria de vedação. Para o lançamento da carga da parede, precisou colocar as informações das dimensões, onde todas as paredes ficaram com altura de 250 cm, e 15 cm de largura. O software permite colocar as aberturas das paredes, assim será mais preciso o resultado do carregamento de acordo com a planta baixa, porém no pilotis foi previsto carga com parede cheia, pois futuramente o proprietário fechará o outro pavimento. Para a parede de bloco de EPS com dimensões de 60x30x15 cm, conforme a NBR 6120/19 não específica a carga unitária, porém foi adotado 400 kgf/m³ conforme citado anteriormente. A altura e largura das paredes manteve a mesma do projeto de alvenaria convencional.

Conforme Pereira e Costa (2017) a carga de revestimento é empregue absolutamente sobre a laje, onde corresponde o elemento estrutural responsável em adquirir as cargas e transmitir para as vigas. De acordo com a tabela 04 da NBR 6120/19 do item 5.4, o peso para revestimento de pisos em edifícios residências é de 1,4 kN/m² para lajes de 7 cm de espessura,

equivalente a 140 kgf/m², porém no projeto estrutural foi utilizado peso de 150 kgf/m², sendo 10kgf/m² a mais como coeficiente de segurança. Para a cobertura a NBR 6120/19 estabelece na tabela 05 o peso da telha cerâmica em geral de 0,45 KN/m² e a tabela 06 o peso da telha com estrutura de madeira e inclinação com peso de 0,7 KN/m², totalizando em 1,15 KN/m² ou 115 kgf/m².

Segundo a NBR 8681/04 as cargas acidentais são as ações variáveis que agem nas edificações resultante do uso (pessoas, mobiliário, veículos, materiais diversos etc.). As lajes lançadas no pavimento térreo e cobertura foram lajes pré-moldadas com preenchimento em EPS conforme citado anteriormente, a carga acidental de acordo com a Tabela 10 da NBR 6120/19 no item 6.2 para edifícios residenciais cada cômodo tem uma carga, pensando na uniformização e um maior coeficiente de segurança da estrutura foi utilizado 250 kgf/m² de carga acidental. Na cobertura a laje foi adicionado carga extra de 2000 kgf/m² para suportar o peso de duas caixas d'água de 1000 L cada. No pavimento cobertura precisou usar laje maciça na aba de concreto do edifício residencial, de acordo com a tabela 10 da NBR 6120/19 com carga acidental de 150 kgf/m² e adotado espessura de 10 cm.

A NBR 6123/88 refere-se ao valor do vento onde é exibido pelo gráfico das isopletas de velocidades básicas, proporciona os valores estimados em m/s para cada região brasileira. Como a cidade de Concórdia – SC está localizada na região Oeste, foi considerado velocidade do vento de 42 m/s.

De acordo com a NBR 8681/04 no item 4.1, os estados limites é quando a estrutura exibe desempenho inconveniente com o objetivo final da construção. Pereira e Costa (2017) esclarecem que uma estrutura é dimensionada para conciliar a segurança, funcionalidade e durabilidade, mas, se não for possível atender a qualquer um desses elementos, quer dizer que ela atingiu um estado limite. Na análise estrutural do software Eberick que será examinado as ações na estrutura dos estados limites que podem ser estados limites últimos ou estados limites de serviço, podendo ser alterado conforme o projetista preferir de acordo com os erros apresentados.

Em concordância com a NBR 8681/04 no item 4.1.1, os estados limites últimos são caracterizados por:

- redução de equilíbrio, global ou parcial, onde a estrutura se comporte como um corpo rígido;
- ruptura ou deformação plástica exagerada dos insumos;
- modificação da estrutura, podendo ser completo ou uma parte, em sistema hipostático;
- instabilidade por deformação;
- instabilidade dinâmica.

A ABNT 8681/04 no item 4.1.2.1 explica que é durante a vida útil da estrutura que são observados os estados limites de serviço distintos por:

- fissuras ligeiras ou localizadas, que afetem a estética da edificação ou a durabilidade dela;
- deformações excedentes que prejudiquem a utilização normal da construção ou seu aspecto estético;

c) vibração em excesso ou desagradável.

No Eberick é possível modificar a configuração das propriedades dos materiais que serão usados para o lançamento dos elementos estruturais, deste modo foi empregado para vigas, pilares e lajes concreto de fck de 30 MPa, e para blocos e sapatas fck de 25 MPa. Vale ressaltar a escolha da classe de agressividade do local, foi baseada na tabela 6.1 da NBR 6118/14 no item 6.4.2, onde a cidade de Concórdia – SC seria de classe ambiental tipo II – Moderada - Urbana, com pequeno risco de deterioração da estrutura.

3.2 Lançamento da Estrutura

Com base no Projeto Arquitetônico existente desenvolvido no software AutoCAD, em extensão dwg, foi importado a planta baixa de arquitetura de cada pavimento para o software Eberick V10. Posteriormente, necessitou corrigir a escala do desenho e posicionar a origem do pavimento fundação, térreo e cobertura, com a finalidade de uniformizar a prumada. Para o lançamento estrutural dos pavimentos, foi efetuado com os comandos próprios de inserção de pilares, vigas, lajes e sapatas no Eberick V10. A tabela 01 abaixo mostra a quantidade de pilares, vigas, lajes e sapatas para cada pavimento.

Tabela 01. Quantitativos pilares, vigas, lajes e sapatas por pavimento.

| Pavimentos | Elemento Estrutural | Quantidade |
|----------------------------------|---------------------|------------|
| Fundação | Pilar | 18 |
| | Viga | 18 |
| | Sapata | 18 |
| Térreo (com nível intermediário) | Pilar | 18 |
| | Viga | 20 |
| | Laje | 14 |
| Cobertura | Pilar | 16 |
| | Viga | 18 |
| | Laje | 12 |

Fonte: Autora (2020).

Ao total, foram lançados 18 pilares, 56 vigas e 26 lajes, ressaltando que é uma edificação unifamiliar sob pilotis. No pavimento térreo está incluso o nível intermediário de 182 cm, criado para o lançamento do patamar da escada, foi inserido dois pilares e duas vigas neste nível para garantir o esforço gerado. Após os lançamentos de todos os pavimentos dos itens descritos na Tabela 01 acima, foi processada pelo método de análise estática linear para examinar possíveis erros. Teve necessidade de alterar seções de alguns pilares devido a carga de momento negativo existente. A maioria dos pilares foram lançados com seções de 15x30 cm, com exceção do P13 (Pilar nº13) 15x75 cm e o P17 (Pilar nº17) de 15x45 cm, os dois casos foram para resistir os esforços de momentos de três vigas chegando em cada pilar, devido a planta baixa da edificação não ter sido projetada pensando no estrutural e cuidar no alinhamento das paredes para seguir uma mesma direção.

Após o lançamento da estrutura no software Eberick, para as vigas de maior relevância do projeto foi necessário alterar as seções para atender os esforços do carregamento no vão. A maioria das vigas ficaram de 15x30 cm, mas após processar a estrutura para garantir os esforços precisou aumentar a V2 (Viga nº2) para 20x40 cm, devido a laje da varanda estar apoiada e engastada na mesma, teve momento negativo e momento torsor. No pavimento térreo a V8 foi alterada para 20x60 cm. Já no pavimento cobertura a V8 teve seção de 20x50 cm, foi suficiente para resistir o momento negativo e torsor, mesmo que a laje da varanda esteja apoiada nela, o carregamento da parede é menor por ser só o peso da estrutura do telhado.

As lajes lançadas no pavimento térreo e cobertura foram lajes pré-moldadas com preenchimento em EPS, e ainda no pavimento cobertura precisou usar laje maciça na aba de concreto do edifício residencial unifamiliar, todas com suas respectivas cargas acidentais e cargas de revestimentos necessárias para o lançamento das lajes detalhados anteriormente. Necessitou ainda fazer a uniformização das armaduras dos pilares, pois, o software Eberick lança diâmetros de armaduras aleatórios dos pilares por pavimento, por exemplo, um pavimento usa bitola de 8,0 mm no de cima de 10,0 mm, e muitas vezes com quantidades diferentes. O projetista precisa uniformizar em bitolas e quantidades todas as armaduras quando for possível, para garantir o alinhamento dos pilares, otimizar, economizar e facilitar na execução.

Depois de todas as análises necessárias pensando na rigidez da edificação e na otimização das armaduras, foi finalizado o projeto estrutural da edificação unifamiliar de alvenaria convencional. Em seguida, com a cópia do modelo estrutural citado anteriormente, realizou o projeto estrutural de bloco de EPS com a carga das paredes para 400 kgf/m³. Logo após a alteração das cargas das paredes para 400 kgf/m³, foi analisado as possibilidades de diminuir as seções dos elementos estruturais maiores lançadas na alvenaria convencional. Devido a carga da parede ser menor, conseqüentemente terá menos esforços na estrutura, tornando-se uma estrutura mais leve e econômica.

Foi possível reduzir a seção de algumas vigas, no pavimento térreo a V2 ficou de (15x50) cm e a V8 de (20x50) cm. No pavimento cobertura a V8 diminuiu para (15x50) cm, todas devido ao carregamento da parede ser mais leve, gerando menos deformação no vão. As sapatas e a escada foram lançadas, porém não interferiram no comparativo de resultados dos materiais empregados nas alvenarias.

3.3 Comparativo Estrutural

A intenção do estudo é analisar o comportamento de cargas na fundação da Edificação Unifamiliar, bem como foi realizado a troca das paredes de vedação de alvenaria de tijolos furados convencionais por paredes mais leves de bloco de EPS. Conforme já citado, após o lançamento do projeto estrutural de alvenaria convencional e do bloco de EPS foram processados e analisados os resultados correspondentes a erros gerados pelo software Eberick V10. Foram avaliados e corrigidos, vale ressaltar, que os projetos estruturais têm como prioridade garantir os fatores de segurança para posterior uso da Edificação Residencial

Unifamiliar. A seguir a figura 3 mostra o pórtico em 3D da Edificação Residencial Unifamiliar finalizado.

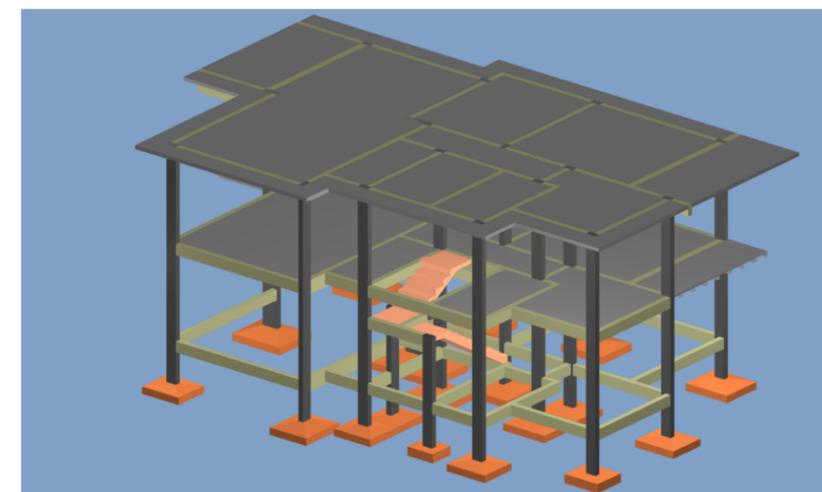


Figura 03: Pórtico 3D da Edificação Residencial Unifamiliar no software Eberick V10. Fonte: Autora (2020).

Ao processar os dois projetos estruturais, foi constatado os resultados da tabela 02 abaixo, que são definitivos no procedimento de cálculo do software Eberick V10.

Tabela 02. Resultado comparativo da análise estática linear.

| DESCRIÇÃO | ALVENARIA CONVENCIONAL | BLOCO (EPS) | RESULTADO |
|---|------------------------|-------------|-----------|
| Carga vertical peso próprio (tf) | 83,37 | 81,24 | 2,13 |
| Carga vertical adicional (tf) | 53,29 | 40,32 | 12,97 |
| Carga vertical acidental (tf) | 47,06 | 43,88 | 3,18 |
| Carga vertical água (tf) | 10,23 | 10,23 | 0,00 |
| Carga vertical total (tf) | 193,95 | 175,68 | 18,27 |
| Área aproximada (m ²) | 222,70 | 222,70 | 0,00 |
| Relação (kgf/m ²) | 870,89 | 788,85 | 82,04 |
| Deslocamento horizontal em X (limite 0,32) (cm) | 0,19 | 0,19 | 0,00 |
| Deslocamento horizontal em Y (limite 0,32) (cm) | 0,05 | 0,05 | 0,00 |
| Coefficiente gama-z em X (limite 1.10) | 1,07 | 1,06 | 0,01 |
| Coefficiente gama-z em Y (limite 1.10) | 1,06 | 1,05 | 0,01 |

Fonte: Autora (2020).

Com os resultados da tabela 02, percebe-se que reduziu de forma significativa a carga vertical total e o item relação no projeto estrutural de parede com Bloco (EPS). De acordo com Suporte AltoQi e Longo (2020) do software Eberick, isso acontece devido a carga por área não ser usual nos edifícios, ou seja, o item relação geralmente é entre (900 a 1300

kgf/m²), porém pela Edificação Residencial ser de bloco (EPS) deu abaixo do valor com 788,85 kgf/m². Quando é processada a estrutura nos resultados é emitido avisos, onde apareceu que a relação que a carga por área não era estrutural, porém não quer dizer que esteja equivocado o cálculo da estrutura, mas é para o projetista reavaliar e o aviso pode ser desconsiderado.

O software Eberick gera alguns relatórios finais, como resumos de aços, resumo de materiais, resumos de cargas, entre outros. Esses resultados auxiliaram para fazer as tabelas a seguir de comparação de cargas na fundação, de armaduras e de momentos fletores.

A tabela 03 abaixo mostra um estudo comparativo das cargas na fundação. Observa-se que houve uma diminuição considerável de carga total por pilar no valor de 44,39 tf, onde este valor em porcentagem é de (-364%). Com a redução do carregamento das paredes consequentemente a carga final na fundação será menor, gerando economia na quantidade de armaduras dela. Para visualizar melhor os resultados apresentamos ainda o gráfico 01 subsequente a tabela 03, que é a comparação das cargas máximas positivas, onde conforme a legenda a alvenaria convencional é a linha de cor vermelha, e o bloco de EPS de cor azul.

Tabela 03. Comparação das Cargas na Fundação.

| FUNDAÇÃO | Seção (cm) | ALVENARIA CONVENCIONA L | | BLOCO (EPS) | | REDUÇÃO POR PILAR | | REDUÇÃO POR PILAR | |
|----------|------------|-------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------|-------------------|------------|
| | | Positiva | Negativa | Positiva | Negativa | Positiva | Negativa | Positiva | Negativa |
| | | Carga Máxima (tf) | Carga Máxima (tf) | Carga Máxima (tf) | Carga Máxima (tf) | Carga (tf) | Carga (tf) | Carga (tf) | Carga (tf) |
| P1 | 15 x 30 | 11,93 | 0,00 | 9,56 | 0,00 | 2,37 | 0,00 | -19,87% | 0,00 |
| P2 | 15 x 30 | 8,09 | 0,00 | 6,11 | 0,00 | 1,98 | 0,00 | -24,47% | 0,00 |
| P3 | 15 x 30 | 13,79 | 0,00 | 11,37 | 0,00 | 2,42 | 0,00 | -17,55% | 0,00 |
| P4 | 15 x 30 | 13,99 | 0,00 | 11,75 | 0,00 | 2,24 | 0,00 | -16,01% | 0,00 |
| P5 | 15 x 30 | 14,53 | 0,00 | 11,85 | 0,00 | 2,68 | 0,00 | -18,44% | 0,00 |
| P6 | 15 x 30 | 9,71 | 0,00 | 7,16 | 0,00 | 2,55 | 0,00 | -26,26% | 0,00 |
| P7 | 15 x 30 | 3,10 | 0,00 | 2,23 | 0,00 | 0,87 | 0,00 | -28,06% | 0,00 |
| P8 | 15 x 30 | 14,65 | 0,00 | 11,11 | 0,00 | 3,54 | 0,00 | -24,16% | 0,00 |
| P9 | 15 x 30 | 13,96 | 0,00 | 11,54 | 0,00 | 2,42 | 0,00 | -17,34% | 0,00 |
| P10 | 15 x 30 | 16,04 | 0,00 | 13,40 | 0,00 | 2,64 | 0,00 | -16,46% | 0,00 |
| P11 | 15 x 30 | 4,83 | 0,00 | 3,95 | 0,00 | 0,88 | 0,00 | -18,22% | 0,00 |
| P12 | 15 x 30 | 11,29 | 0,00 | 8,75 | 0,00 | 2,54 | 0,00 | -22,50% | 0,00 |
| P13 | 15 x 75 | 22,69 | 0,00 | 19,13 | 0,00 | 3,56 | 0,00 | -15,69% | 0,00 |
| P14 | 15 x 30 | 12,41 | 0,00 | 9,61 | 0,00 | 2,80 | 0,00 | -22,56% | 0,00 |
| P15 | 15 x 30 | 13,55 | 0,00 | 10,32 | 0,00 | 3,23 | 0,00 | -23,84% | 0,00 |
| P16 | 15 x 30 | 15,23 | 0,00 | 12,87 | 0,00 | 2,36 | 0,00 | -15,50% | 0,00 |
| P17 | 15 x 45 | 20,75 | 0,00 | 17,93 | 0,00 | 2,82 | 0,00 | -13,59% | 0,00 |
| P18 | 15 x 30 | 10,44 | 0,00 | 7,95 | 0,00 | 2,49 | 0,00 | -23,85% | 0,00 |

| FUNDAÇÃO | ALVENARIA CONVENCIONA L | BLOCO (EPS) | REDUÇÃO POR PILAR | REDUÇÃO POR PILAR |
|-------------------|-------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | Carga Máxima (tf) | Carga Máxima (tf) | Carga (tf) | Carga (tf) |
| TOTAL (tf) | 230,98 | 186,59 | 44,39 | -364% |

Fonte: Autora (2020).

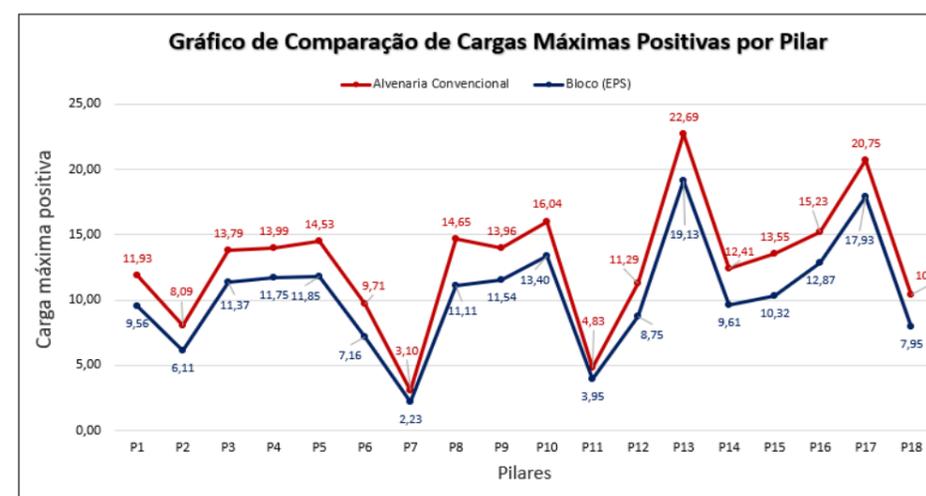


Gráfico 01. Comparação de Cargas Máximas Positivas por Pilar. Fonte: Autora (2020).

A tabela 04 mostra a comparação da quantidade de armaduras de acordo com cada projeto, verifica-se que reduziu o peso das armaduras em 166,70 kg considerando todas da estrutura, esse valor em porcentagem é de (-75%), é um resultado bem significativo que possibilita economia e ao mesmo tempo mantém a segurança do edifício. Percebe-se que teve maior variação as armaduras com diâmetros de 6,3 mm (aumentou) e 8,0 mm (diminuiu) onde foram usadas nas vigas. Porém, no bloco (EPS) necessitou do uso de armadura com bitola de 16,0 mm para garantir o momento negativo gerado no nó da V9 (15x30 cm). Em seguida, tem o gráfico 02 comparativos das armaduras para observar melhor o resultado.

Tabela 04. Comparação das armaduras totais da edificação unifamiliar.

| DESCRIÇÃO | ALVENARIA CONVENCIONA L | BLOCO (EPS) | VARIAÇÃO | | DIFERENÇA EM (%) |
|--------------|-------------------------|-----------------------|------------------|------------------|------------------------|
| | | | Peso +10% (kg) | Peso (kg) | |
| Aço | Diâmetro (mm) | Peso +10% (kg) | Peso (kg) | +10% (kg) | Peso + 10% (kg) |
| CA50 | 6.3 | 252,00 | 319,00 | -67,00 | -21% |
| CA50 | 8.0 | 726,60 | 591,40 | 135,20 | 23% |
| CA50 | 10.0 | 678,10 | 623,00 | 55,10 | 9% |
| CA50 | 12.5 | 570,90 | 525,80 | 45,10 | 9% |
| CA50 | 16.0 | 0,00 | 24,60 | -24,60 | -100% |
| CA60 | 5.0 | 426,40 | 403,50 | 22,90 | 6% |
| TOTAL | | 2654,00 | 2487,30 | 166,70 | -75% |

Fonte: Autora (2020).

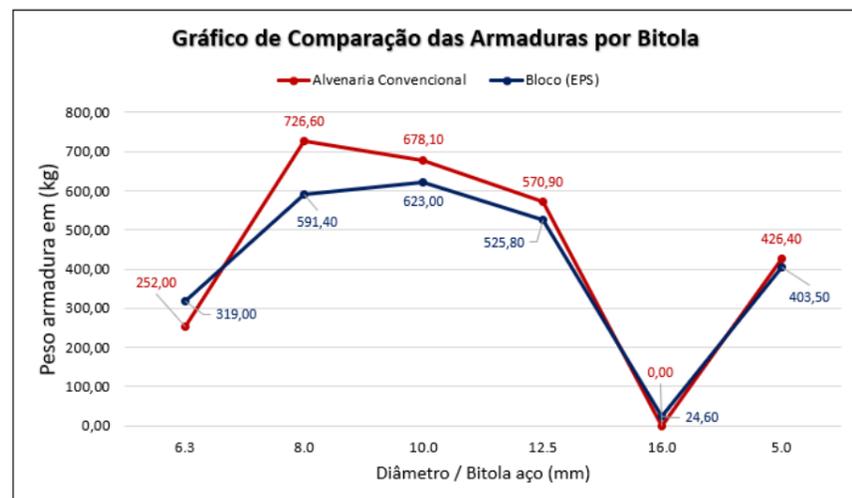


Gráfico 02. Comparação das armaduras por bitola. Fonte: Autora (2020).

Conforme a tabela 05 abaixo, temos a comparação de momentos fletores das vigas de cada projeto, o pavimento fundação não mudou os valores de momentos, mas, no pavimento térreo obteve mais diferença, se analisar pelos resultados totais de cada um, o térreo da alvenaria convencional o momento total é de 30739,51(kgf.m) onde o de bloco de EPS o momento total é de 24937,02 (kgf.m), resultando em uma redução de momento de 5802,49 (kgf.m) ou (23,27%). Com a média dos momentos de cada projeto estrutural, alcançou o valor de redução de momento por viga, onde apresenta no valor total 2132,24 (Kgf.m) a menos na edificação, onde este valor em porcentagem é de (255,26%). Com a mediana já citada, foi feito o gráfico 03 abaixo para ser mais visível a diferença dos valores.

Tabela 05. Comparação dos momentos fletores das vigas.

| Viga | Alvenaria convencional | | | | Bloco de EPS | | |
|------|------------------------|---------|-----------|----------|-----------------------|---------|-----------|
| | Pavimentos Md (kgf.m) | | | | Pavimentos Md (kgf.m) | | |
| Nome | Fundação | Térreo | Cobertura | Média Md | Fundação | Térreo | Cobertura |
| V1 | 621,62 | 538,19 | 659,80 | 606,54 | 621,62 | 587,63 | 676,35 |
| V2 | 546,72 | 2458,34 | 1154,00 | 1386,35 | 546,72 | 2240,75 | 1187,10 |
| V3 | 1010,07 | 866,08 | 292,21 | 722,79 | 1010,07 | 862,45 | 277,60 |
| V4 | 359,64 | 1530,25 | 1012,59 | 967,49 | 359,64 | 1037,20 | 1011,36 |
| V5 | 583,12 | 1295,85 | 539,53 | 806,17 | 583,12 | 989,30 | 561,27 |
| V6 | 1913,10 | 970,62 | 745,47 | 1209,73 | 1913,10 | 853,57 | 592,04 |
| V7 | 841,35 | 3299,87 | 2441,61 | 2194,28 | 841,35 | 2806,04 | 2114,16 |
| V8 | 394,33 | 4031,83 | 2021,82 | 2149,33 | 394,33 | 3516,23 | 1685,27 |
| V9 | 385,59 | 2040,77 | 1167,20 | 1197,85 | 385,59 | 1669,28 | 1188,31 |
| V10 | 242,22 | 503,04 | 319,20 | 354,82 | 242,22 | 269,98 | 348,88 |
| V11 | 689,61 | 3452,28 | 1967,54 | 2036,48 | 689,61 | 2888,00 | 1978,43 |
| V12 | 159,95 | 1118,58 | 0,78 | 426,44 | 159,95 | 765,87 | 0,79 |
| V13 | 188,65 | 842,88 | 1471,97 | 834,50 | 188,65 | 664,84 | 1472,78 |
| V14 | 1050,15 | 1409,89 | 233,32 | 897,79 | 1050,15 | 856,03 | 236,19 |
| V15 | 305,24 | 566,81 | 891,57 | 587,87 | 305,24 | 297,39 | 905,90 |
| V16 | 608,04 | 1973,30 | 395,81 | 992,38 | 608,04 | 1476,84 | 413,27 |
| V17 | 309,85 | 3215,24 | 823,40 | 1449,50 | 309,85 | 2569,12 | 848,29 |
| V18 | 996,78 | 146,34 | 1208,87 | 784,00 | 996,78 | 140,63 | 1254,46 |

ENSUS 2023 – XI Encontro de Sustentabilidade em Projeto – UFSC – Florianópolis – 05 a 07 de Junho de 2023.

| Viga | Alvenaria convencional | | | | Bloco de EPS | | |
|---------------|------------------------|----------|-----------|----------|-----------------------|----------|-----------|
| | Pavimentos Md (kgf.m) | | | | Pavimentos Md (kgf.m) | | |
| Nome | Fundação | Térreo | Cobertura | Média Md | Fundação | Térreo | Cobertura |
| V19 | 0,00 | 53,62 | 0,00 | 17,87 | 0,00 | 49,89 | 0,00 |
| V20 | 0,00 | 425,73 | 0,00 | 141,91 | 0,00 | 395,98 | 0,00 |
| TOTAL (kgf.m) | 11206,03 | 30739,51 | 17346,69 | 19764,08 | 11206,03 | 24937,02 | 16752,45 |

Fonte: Autora (2020).

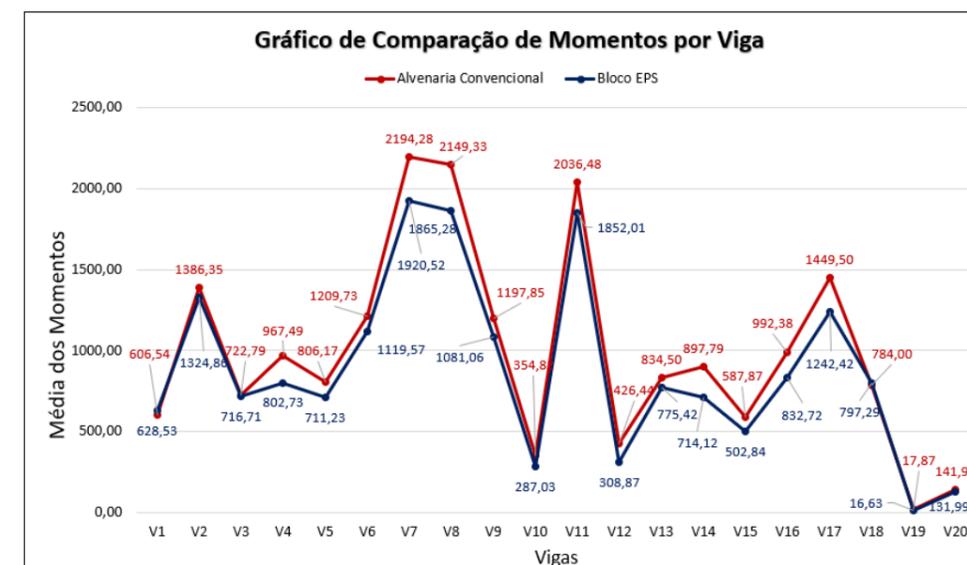


Gráfico 03. Comparação de momentos por viga. Fonte: Autora (2020).

Com os resultados comparativos do projeto estrutural de alvenaria convencional e o bloco de EPS, observa-se que a carga vertical na fundação, atingiu uma boa redução em relação ao todo da edificação residencial unifamiliar, mas, o peso das armaduras e os momentos sobre as vigas demonstrou pouca diferença. Assim mesmo o projeto estrutural de bloco de EPS se destacou em relação a alvenaria convencional, reduzindo a quantidade de carga e de armaduras, tornando uma construção mais econômica e viável.

4. Considerações finais

Com o software Eberick V10 foi realizado os projetos estruturais para uma Edificação Unifamiliar sob pilotis, possibilitou fazer a comparação de cargas e o uso das armaduras com paredes de alvenaria convencional de blocos cerâmicos vazados e com bloco de EPS fabricado na cidade de Concórdia – SC.

Uma das principais vantagens do software Eberick é a rapidez para finalizar o projeto estrutural, no final do lançamento, é possível obter as pranchas em dwg para posterior uso no software do AutoCAD. Porém, para realizar o projeto estrutural, é preciso ter um bom conhecimento técnico do engenheiro responsável, e saber o que precisa alterar para otimizar o projeto quanto a sua rigidez e garantia de segurança, analisar e corrigir os erros que o software exibe durante o dimensionamento, escolha de material, interpretação e melhor decisão de resultados apresentados de maneira geral no projeto.

Através dos resultados de comparações percebeu que o projeto estrutural de bloco de EPS, o peso da armadura diminuiu apenas em 166,70 kg e em porcentagem o valor é de (-75%), com as médias das vigas os momentos fletores totais reduziram em 2132,24 (Kgf.m) este valor em percentual é de (225,26%), mas ao comparar somente os pavimentos térreos dos projetos estruturais teve uma diferença de 5802,49 (kgf.m) ou (23,27%), que é uma boa redução para a Edificação Unifamiliar. Esse resultado não foi conforme o previsto, a ideia



inicial da comparação era reduzir mais esses itens, mas assim mesmo apresenta quantidades menores que a alvenaria convencional, sendo mais econômica e viável.

A carga vertical na fundação obteve uma boa redução no valor de 44,39 tf considerando a carga total por pilar na edificação, onde este valor em porcentagem é de (-364%), confirmando que é vantajoso o uso do bloco de EPS em uma edificação unifamiliar residencial. Ressaltando que o bloco EPS, reduz carga total na estrutura tornando-a mais rígida, pode reduzir a quantidade ou peso da armadura, diminui esforços das vigas no vão, economia, facilidade no manuseio, é leve, o tamanho dos blocos são maiores tornando uma execução mais ágil, é isolante térmico, entre outros.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118:2014**: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2014. 238 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120:2019**: Ações para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2019. 60 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6123:1998/Er2:2013**: Forças devido ao vento em edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 1988. 69 p

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8681:2004**: Ações e segurança nas estruturas -Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2003. 15 p.

KRÜGER, Marcelo Antônio; SILVA, Gilsinei da. PROJETO ESTRUTURAL DE UMA RESIDÊNCIA DE DOIS PAVIMENTOS. **Ignis: Periódico Científico de Arquitetura e Urbanismo, Engenharias e Tecnologia de Informação**, Caçador, v. 8, n. 2, p. 21-37, ago. 2019.

PEREIRA, Fernando; COSTA, Luiz Fernando. **ANÁLISE DAS CARGAS EM UM EDIFÍCIO DE CONCRETO ARMADO, QUANDO COMPARADO A UTILIZAÇÃO DE PAREDES DE VEDAÇÃO INTERNA DE ALVENARIA CONVENCIONAL E DRYWALL**. 2017. 81 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2017.

SUPORTE, AltoQi; LONGO, Luís Filipe. **Relação carga por área não usual para edifícios**. Disponível em: <https://suporte.altoqi.com.br/hc/pt-br/articles/115002204694-Rela%C3%A7%C3%A3o-carga-por-%C3%A1rea-n%C3%A3o-usual-para-edif%C3%ADcios>. Acesso em: 28 nov. 2020.

Estudo exploratório de estrutura de madeira roliça de eucalipto – Avaliação da tipologia *Whale Bone*

Exploratory study of eucalyptus round wood structure - Evaluation of the Whale Bone typology

Matheus Barreto de Góes, Universidade Federal de Minas Gerais

matheusbarretog@ufmg.br

Clécio Magalhães do Vale, Universidade Federal de Ouro Preto

clecio@ufop.edu.br

Geraldo Donizetti de Paula, Universidade Federal de Ouro Preto

Geraldo.paula@ufop.edu.br

Resumo

A madeira roliça de eucalipto se apresenta como uma alternativa dentre várias espécies disponíveis para serem utilizadas na construção civil considerando, principalmente, que seu emprego alivia a pressão sobre o consumo de espécies nativas. Apresentando características como durabilidade, baixo custo, baixa energia de produção etc., essa madeira é amplamente utilizada no Brasil para a construção de estruturas e coberturas. O presente trabalho visa estudar o modelo *Whale Bone* (“costela de baleia”) – uma tipologia estrutural originalmente construída na Escócia, com uso de matéria prima e materiais encontrados localmente naquele país – fazendo uma adaptação da estrutura para a realidade nacional, substituindo a matéria prima original pela madeira roliça de eucalipto, bem como empregando outras técnicas e componentes de construção encontrados em nossa região. A metodologia utilizada para a investigação foi um estudo qualitativo da estrutura, partindo inicialmente da reprodução da estrutura em uma maquete eletrônica, em seguida passando a uma representação da estrutura em maquete física em uma escala reduzida. Os trabalhos realizados com maquete digital foram capazes de reproduzir as proporções do modelo original, assim como o modelo em maquete física permitiu demonstrar mediante simulação de ensaio de resistência que o comportamento da estrutura seria similar ao do modelo original.

Palavras-chave: Estrutura de madeira; Pré-fabricação; Sustentabilidade.

Abstract

Eucalyptus roundwood presents itself as an alternative among several species available for use in civil construction, considering, mainly, that its use alleviates the pressure on the consumption of native species. With characteristics such as durability, low cost, low production energy, etc., this wood is widely used in Brazil for the construction of structures and roofs. The present work aims to study the Whale Bone mode – a structural typology originally built in Scotland, using raw materials and materials found locally in that country – making an adaptation of the structure to the national reality, replacing the material original raw material for round eucalyptus wood, as well as using other construction techniques and components found in our region. The methodology used for the investigation was a qualitative study of the structure, starting initially from the reproduction of the structure in an electronic model, then moving on to a representation of the structure in a physical model on a reduced scale. The works carried out with a digital model were able to reproduce the proportions of the original model, as well as the model in a physical model allowed demonstrating through simulation of resistance tests that the behavior of the structure would be similar to that of the original model.

Keywords: *Wooden structure; Prefabrication; Sustainability*

1. Introdução

Este trabalho demonstra um estudo de viabilidade para construção do experimento “*whale bone*”, desenvolvido por Chrisp, Cairns e Gulland (2003), que, devido a apresentar uma valorização de materiais e mão de obra locais, pouca necessidade de utilização de materiais industrializados, tomamos como referência para a investigação inicial do desenvolvimento das potencialidades da madeira roliça de eucalipto de pequeno diâmetro.

O trabalho de Chrisp, Cairns e Gulland (2003), faz parte do que foi nomeado pelos autores como “*Rural Community Technology Projects*” (Projetos Tecnológicos Comunitários Rurais). Foi proposto para comunidades rurais da Escócia e utiliza materiais renováveis obtidos localmente e tecnologias disponíveis nessas comunidades, com o objetivo de construir edifícios econômicos e de alta qualidade para fins residenciais, educacionais e comunitários.

Esse sistema estrutural foi desenvolvido para a utilização da madeira roliça, que é um subproduto da gestão florestal na região. O material é comumente utilizado para produção de celulose, papel, ou como combustível. Além disso, o projeto foi criado de forma que a sua construção possa ser realizada por trabalhadores locais, utilizando técnicas artesanais, como carpintaria, marcenaria e serralheria, sem a necessidade de um alto grau de industrialização e importação de materiais externos.

O modelo conceitual, desenvolvido em 2001, foi destinado inicialmente para uma organização de caridade chamada *Kids in Need and Distress (KIND)* – Crianças em necessidade e sofrimento - localizada na vila de Straiton, na região Sul de Ayrshire, na Escócia, Reino Unido. Atualmente a edificação faz parte de um complexo de camping chamado Balbeg Country Holidays, e é denominada Rabbie Burns Lodge. A área construída é de 350 m², em um único piso, com a estrutura toda feita em madeira roliça. O projeto levou 6 meses para ser projetado, e 6 meses para ser construído (CHRISP; CAIRNS; GULLAND, 2003).

Chrisp, Cairns e Gulland (2003), afirmam que nos últimos anos, a Escócia foi inundada com “*kits* de casas pré-fabricadas”, e embora essas casas tenham um preço acessível, elas não fazem uma ligação com o patrimônio arquitetônico do interior do país. Além disso, os “*kits*” fazem pouco uso de materiais locais, e muitas vezes requerem mão de obra especializada, e outros componentes importados. Portanto, a solução proposta foi a produção de um sistema construtivo que se ligasse à arquitetura tradicional rural, com uma abordagem ambientalmente sustentável, e utilizasse materiais, tecnologia e mão de obra encontrados localmente.

Os autores também comentam que mesmo que as tendências atuais possam indicar o contrário, a Escócia possui uma rica história na tradição em arquitetura com madeira. Muitas estruturas medievais foram revestidas de madeira e castelos possuíam coberturas com madeira. Movimentos recentes buscaram combinar as tradições de arquitetura vernácula rural escocesa com a paisagem rural moderna a fim de produzir novas soluções conceituais. A partir desta premissa, o projetista Charles Gulland desenvolveu o desenho da estrutura *Whale Bone* (Figura 1).



Figura 1: Vista da estrutura *Whale Bone* em perspectiva. Fonte: Chrisp, Cairns e Gulland (2003)

A estrutura se baseia em pórticos triangulares de cinco peças, sendo uma linha, e duas empenas, que funcionam como estrutura de fechamento lateral e estrutura de cobertura. As empenas são fixadas na extremidades da linha, e as duas asnas são colocadas estabelecendo uma conexão triangular entre a linha e cada uma das empenas.

A linha é elevada do chão e fixada nos postes de fundação de acordo com a inclinação do terreno. As empenas são pré-tensionadas em um gabarito enquanto ainda estão verdes para facilitar o procedimento, e no momento da montagem são unidas na parte superior por chapas de aço. A disposição dos pórticos é feita em pares. Cada par é associado aos postes de fundação (Figura 2) de forma inclinada, fazendo com que o arranjo final seja uma estrutura triangular em duas direções. Isso resulta em uma maior estabilidade lateral e resistência à ação dos ventos.

Essa tipologia tem potencial arquitetônico significativo pois a forma resultante se aproxima ao formato de uma abóbada, que gera um espaço interno mais aproveitável do que seria

gerado apenas com o formato triangular. Essa alternativa pode ser observada em algumas casas construídas pelos arquitetos brasileiros Rodrigo Lefèvre e Sérgio Ferro, durante os anos 70 e 80, no estado de São Paulo (Guimarães, 2006). Lefèvre também apresenta desenhos esquemáticos com exemplos de possibilidades de utilização do espaço interno de uma abóbada. Além da área de piso ser livre de pilares, possibilitando uma melhor divisão e maior aproveitamento geral, a altura gerada pelo arco permite a divisão do pé direito com a criação de mezaninos ou um segundo piso.



Figura 2: Vista da ligação entre os postes de fundação e as linhas. Fonte: Chrisp, Cairns e Gulland (2003)

2. Procedimentos Metodológicos

Uma primeira abordagem para a pesquisa ocorreu com a finalidade de se estimar as dimensões da estrutura assim como de se familiarizar com a concepção estrutural proposta.

As medidas informadas para o protótipo estrutural são:

- Altura interna: 360 cm na parte central
- Largura interna: 520 cm
- Diâmetro das empenas: entre 9 e 10 cm
- Diâmetro da linha: 25 cm

Para simular a estrutura foi feita alteração na medida da largura interna, reduzindo de 520cm para 500cm, a fim de se evitar o desperdício de material. O diâmetro das empenas foi alterado para a medida entre 8 e 10 cm, e o diâmetro da linha, foi alterado de 25 cm para a medida entre 12 e 14 cm.

A partir da medida estabelecida para a linha foi feito um desenho (Figura 3) no qual se sobrepôs o desenho original, para verificar as medidas resultantes. Ao se utilizar a largura de 500 cm, e uma inclinação semelhante, foi possível observar que a altura interna ficou próxima

ao modelo original, 340 cm, e que seria necessário utilizar empenas com aproximadamente 450 cm. A partir deste desenho, avaliou-se o detalhe do encaixe inferior (circulado) para analisar as dimensões angulares do triângulo inferior de suporte.

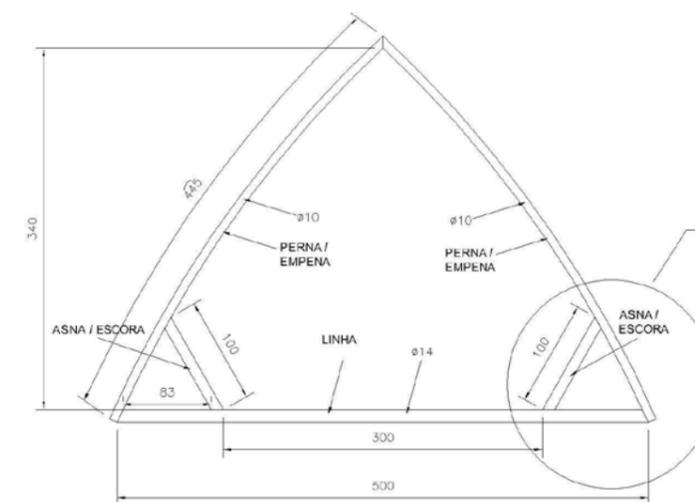


Figura 3: Croqui. Fonte: Imagem do autor (2021)

Maquete digital

Após a realização do croqui com as medidas internas e externas de cada pórtico bidimensional da estrutura, a segunda etapa do desenvolvimento do trabalho foi a elaboração volumétrica, ou seja, a união dos elementos bidimensionais para se obter um elemento tridimensional. Foi utilizado o software Sketchup Pro® 2021. Conforme a imagem da estrutura apresenta, os pórticos foram agrupados em 5 pares, cada peça de um par foi colocada em uma inclinação de 20° em relação à outra peça de um par. O centro da união de cada par foi colocado a uma distância de 135 cm do outro. Essa medida foi obtida por meio de projeção do desenho original. A Figura 4 apresenta a vista lateral do desenho com as cotas.

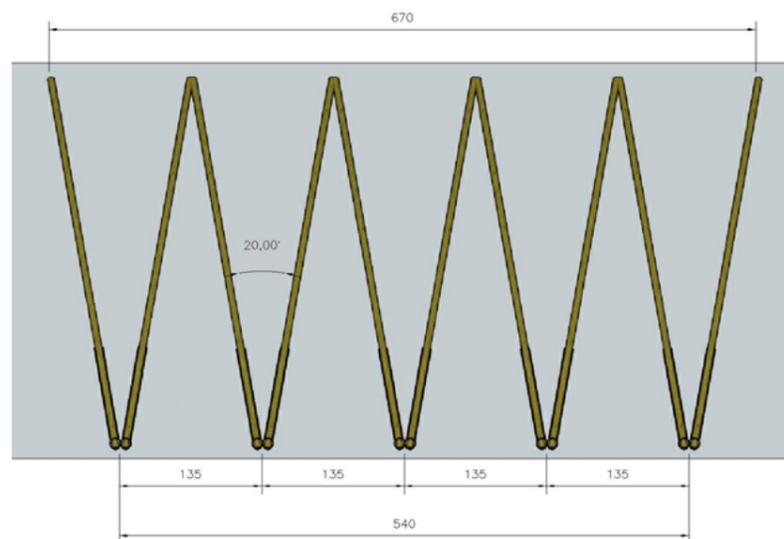


Figura 4: Vista lateral da maquete digital com cotas Fonte: Imagem do autor (2021)

A vista lateral indica que as medidas de comprimento total do piso, e comprimento total da cobertura encontradas foram de 540 cm, e de 670 cm, respectivamente. Ao final do desenvolvimento do modelo digital é possível dizer que as proporções se assemelham ao projeto original. A Figura 5 apresenta a comparação entre os dois modelos.

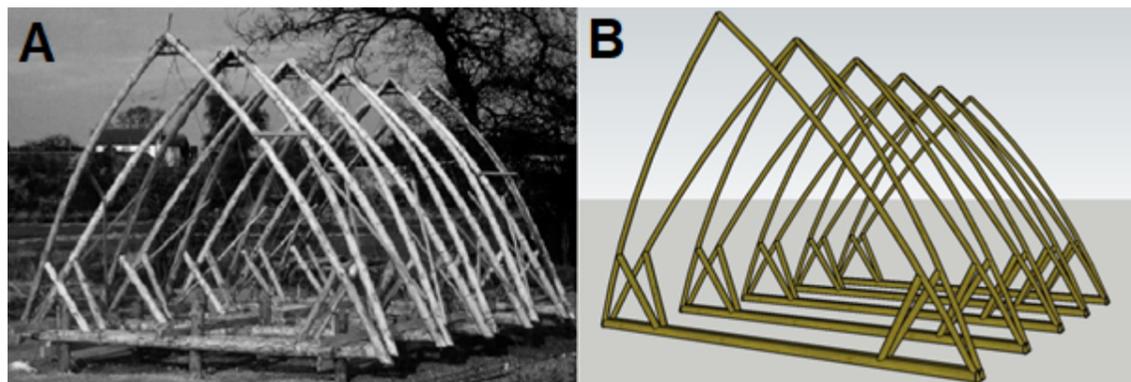


Figura 5: Comparação entre modelo existente e maquete digital desenvolvida Fonte: A) Chrisp, Cairns e Gulland (2003) B) Imagem do autor (2021)

Maquete física

Dando continuidade ao processo, após a confirmação da similaridade geométrica dos modelos, o terceiro passo foi o desenvolvimento de uma maquete física de um protótipo estrutural. Para facilitar o manuseio das peças de madeira, evitar o desperdício de material na fabricação da maquete, a escala escolhida para criação do modelo foi de 1/10. O material utilizado para reprodução da madeira roliça foram cavilhas utilizadas na fabricação de móveis. A Figura 6 mostra as varetas utilizadas como empenas e como linha para construção do modelo.



Figura 6: Varetas utilizadas no desenvolvimento do estudo Fonte: Imagem do autor (2021)

Seguindo o que foi relatado no detalhe da figura 3, a peça correspondente a linha foi cortada na angulação apropriada, e as empenas foram conectadas em suas extremidades. Como forma de avaliação de hipóteses na maquete física, duas variedades de conexões foram utilizadas para essas ligações, na ligação à direita da estrutura mostrada pela figura 7, a ligação foi feita com um furo entre as duas peças para que fosse passado um prego na tentativa de simular uma barra rosqueada, e em seguida, para evitar que se deslocasse, as duas peças foram unidas com cola quente sobre o prego. Após a secagem, a peça foi submetida a flexão da curvatura e não resistiu a força aplicada. Portanto, para a conexão do lado esquerdo foi feito o mesmo furo entre as duas peças, porém foi utilizado um arame, transpassado entre as duas partes e amarrado, e novamente a junção foi coberta com cola quente (Figura 7). Após a secagem, ao ser flexionada, essa união resistiu a força aplicada.

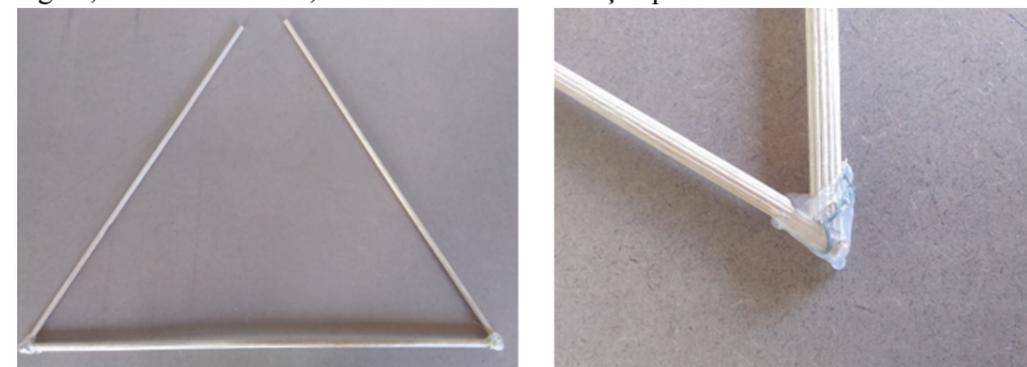


Figura 7: Etapa 1 de desenvolvimento da maquete física Fonte: Imagem do autor (2021)

A forma obtida após a colocação das empenas foi mais próxima de um triângulo, sem a envergadura apresentada no modelo original, que só foi alcançada após a colocação dos suportes inferiores. Antes de serem colocadas, foi medida a distância entre o topo das duas empenas, conforme a figura 8. O valor encontrado foi de 5 cm, o que representaria uma distância de 50 cm em tamanho real.



Figura 8: Distância entre os topos das empenas Fonte: Imagem do autor (2021)

Para colocação dos suportes inferiores, foi escolhido outro método de ligação. As peças foram unidas de acordo com as medidas encontradas na figura 3, apenas com Cola Araldite®, após a secagem as peças foram submetidas a flexão e resistiram a força aplicada. Notou-se que após a colocação dos suportes inferiores, distância entre o topo das empenas foi alterada. Após ser medida novamente, constatou-se que o aumento foi de 5cm, ou seja, na escala real, essa distância entre os topos seria de 1 m (Figura 9).

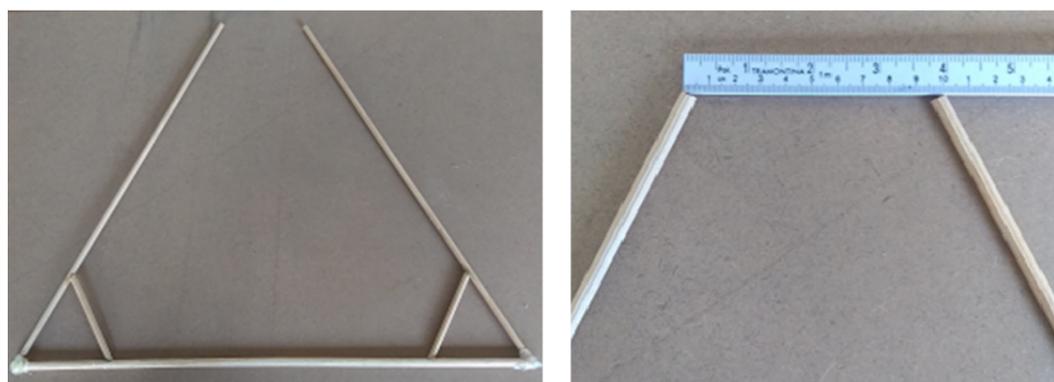


Figura 9: Etapa 2 de desenvolvimento da maquete física Fonte: Imagem do autor (2021)

Para a conclusão desse modelo, a última etapa é a união das empenas na parte superior. No modelo original, essa conexão é realizada por ligações metálicas feitas por trabalhadores locais. Na tentativa de simular o original, foi feito um conector por meio de uma peça de alumínio cortada nas dimensões necessárias, furado, e preso por meio de um arame. Na Figura 10 é feita uma comparação entre o modelo criado para a maquete física, e o modelo criado digitalmente.

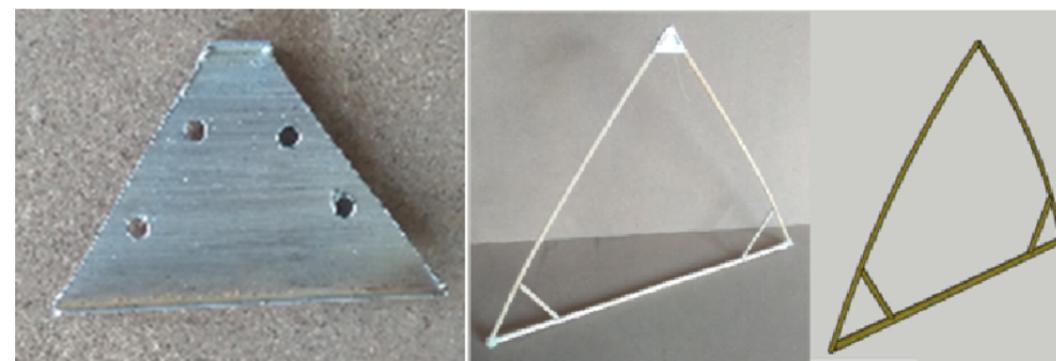


Figura 10: Peça utilizada como conector e comparação entre modelo físico e digital. Fonte: Imagem do autor (2021)

É importante salientar que embora o propósito da maquete seja fazer uma reprodução mais fiel possível ao modelo original, a escala reduzida e o fato do comportamento dos materiais utilizados ser diferente dos materiais originais pode causar alterações no formato final do modelo. Contudo, pode-se concluir que, por meio dos métodos utilizados para o desenvolvimento do modelo, o resultado obtido se assemelhou ao formato do modelo original.

Em seguida a confirmação do primeiro pórtico confeccionado com o modelo original, foram confeccionadas mais 9 unidades iguais e dado início à construção da elevação da maquete. Para servir como terreno de base, foi utilizado uma chapa de MDF (65 cm x 65 cm) coberta borracha de EVA, na cor verde. Os postes de fundação foram distribuídos conforme apresentados pela figura 11.

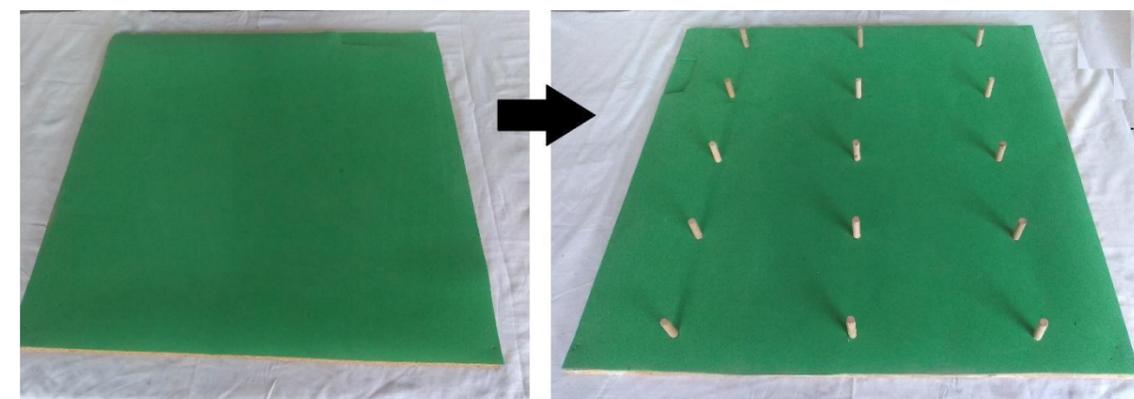


Figura 11: Base utilizada para construção da maquete. Fonte: Imagem do autor (2021)

O processo de fixação dos pórticos nos postes de fundação foi feito a partir da colocação do pórtico frontal. Inicialmente ele foi fixado em um ângulo de 90° em relação à base. Sua fixação foi feita à 2 cm de altura da base, com pregos transpassando a linha e o poste de fundação, na intenção de simular a barra rosqueada utilizada no projeto original. Após a fixação na base, o pórtico foi colocado na inclinação adequada, os outros pórticos subsequentes foram fixados seguido o mesmo método, sempre em pares.

Finalizado a colocação de todos os pórticos com as respectivas inclinações, eles foram unidos na parte superior por uma peça de madeira longitudinal, ligando todos os pórticos e dando mais estabilidade ao modelo. A maquete finalizada e seus detalhes estão representados na figura 12.



Figura 12: Maquete finalizada Fonte: Imagem do autor (2021)

3. Simulação de ensaio de resistência mecânica

A seguir apresentamos a avaliação do comportamento físico da estrutura whale bone mediante o emprego de modelos reduzidos. Conforme apontado por Sousa (2017), o uso de modelos reduzidos de estruturas reais, se insere em um contexto considerado até então uma abordagem diferente do tradicional, apresentando um viés mais qualitativo e intuitivo do que puramente matemático. O modelo, ao contrário do que comumente se imagina, é o primeiro passo no entendimento das estruturas não conhecidas (REBELLO, 1993), revelando, por antecipação, os fenômenos que advirão na obra real. É reconhecida a eficiência dos modelos qualitativos e de maquetes virtuais para a pré-avaliação do comportamento de sistemas estruturais. Mostram-se bastante eficientes quando comparados a modelos computacionais, pois permitem a avaliação do comportamento de diferentes elementos e sistemas estruturais (pilares, vigas, pórticos, dentre outros) sob diversos aspectos: estabilidade estrutural, visualização dos deslocamentos e das deformações, comportamento quanto ao tipo de carregamento e a influência da forma e do arranjo dos elementos (SIQUEIRA et al., 2017).

A fim de simular o comportamento estrutural da tipologia estrutural, mediante o emprego de maquetes, foi feito um experimento com um pórtico isolado. O pórtico foi fixado em uma base, conforme estaria posicionado no modelo da maquete, e foram aplicadas duas forças de igual intensidade inicialmente na empena, e em seguida na empena direita. A Figura 59 apresenta as deformações da estrutura.

A Figura 13 (A) apresenta a forma da estrutura estável, sem nenhuma carga agindo sobre ela. Na Figura 13 (B) foi exercida uma carga com o dedo simulando uma força de compressão aproximadamente no meio da empena esquerda. Com essa carga é possível observar que a estrutura se movimentou um pouco lateralmente no sentido da força aplicada, no entanto nota-se que essa movimentação ocorreu apenas acima de onde se apoia a asna, na seção sem sustentação, ou seja, a ligação feita pela asna entre a linha e a empena se mostrou necessária

para suportar a carga aplicada. Na Figura 13 (C) foi aplicada uma carga similar à da Figura 13 (B) e o comportamento da estrutura foi semelhante.

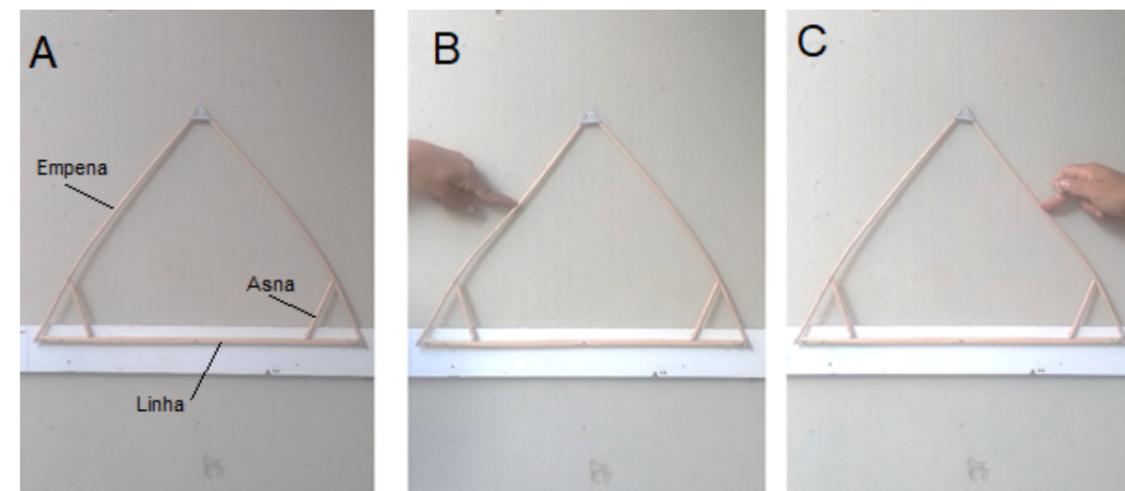


Figura 13: Deformações sofridas pelo modelo. Fonte: Imagem do autor (2021)

Outro processo de simulação de resistência do modelo foi feito aplicando uma carga concentrada no topo da mesma estrutura, para se determinar a carga máxima suportada antes da ruptura. Este processo foi realizado usando uma corrente fixada no topo, a qual suportava as cargas penduradas verticalmente. As cargas foram aumentando gradativamente em 1kg. Após o acréscimo de 4kg, foi necessário apoiar o topo do pórtico para evitar a sua movimentação frontal. A estrutura foi capaz de suportar até 10kg. Na figura 14 é possível acompanhar a deformação sofrida conforme o aumento da carga, até a ruptura no ponto apontado pela seta vermelha. Na figura 15, é apresentada a forma inicial da estrutura, e a forma final após o colapso.

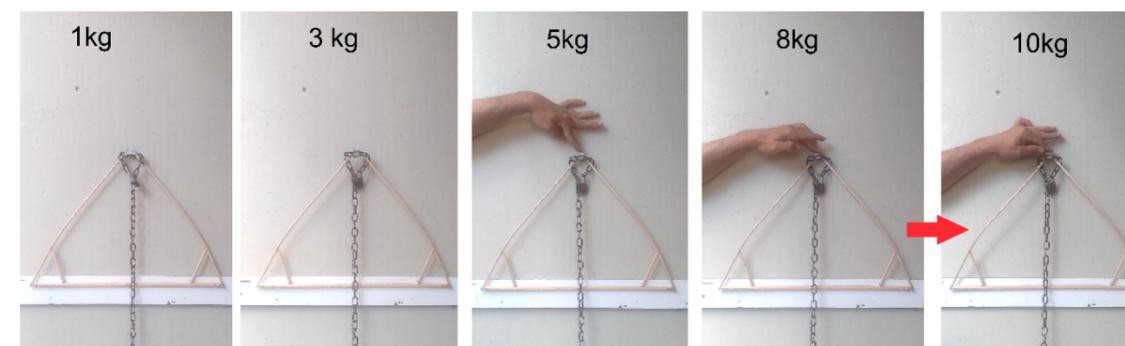


Figura 13: Deformações com aumento de carga. Fonte: Imagem do autor (2021)

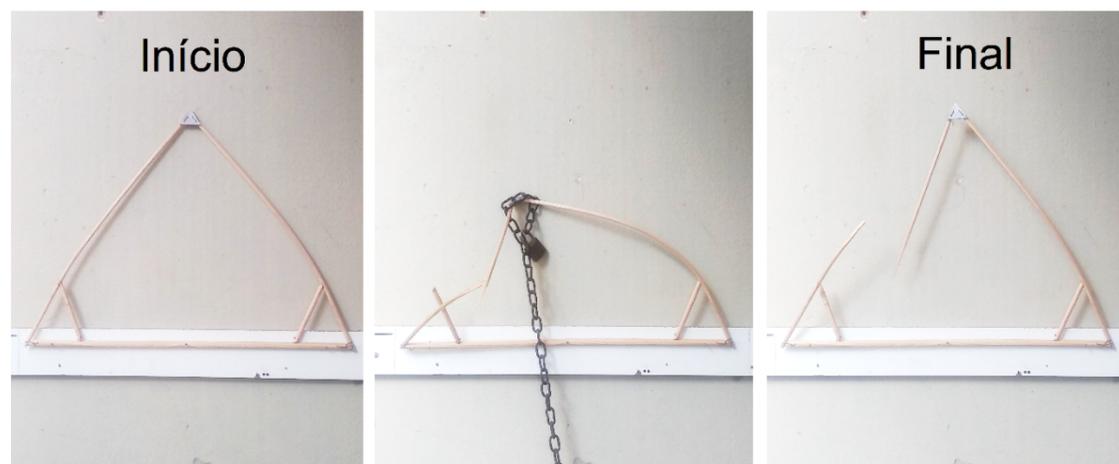


Figura 14: Comparativo inicial e final da estrutura. Fonte: Imagem do autor (2021)

É importante ressaltar que a maquete é um modelo em escala reduzida, com ligações e encaixes similares ao modelo original, e ainda que a madeira é um material anisotrópico (PFEIL e PFEIL, 2003), ou seja, com propriedades de estrutura interna que podem variar ao longo de uma mesma peça, o que pode resultar em algumas variedades de pontos de ruptura para o mesmo modelo de pórtico, com a mesma quantidade de carga aplicada.

Ainda assim, podemos comparar o resultado da maquete submetida à carga até sua ruptura, com o projeto original realizado por Chrisp, Cairns e Gulland (2003), onde após os testes de simulações e carregamentos, a estrutura original se rompeu em um ponto semelhante ao que foi encontrado na maquete. A figura 15 apresenta a experiência realizada por Chrisp, Cairns e Gulland (2003).



Figura 62: Experiência realizada com modelo original. Fonte: Adaptado de Chrisp, Cairns e Gulland (2003)

4. Considerações finais

A principal utilização do potencial da madeira roliça de eucalipto na construção é encontrada na construção de telhados e coberturas, além de também ser utilizada para

construção de pórticos e de sistemas mais complexos. A construção de treliças e telhados com esse material é bastante difundida, pois trata-se de um método muito confiável de criação de estruturas com um material muito resistente, capaz de suportar grandes cargas, e com um custo acessível. Uma etapa que apresenta bastante importância em relação à construção dessas estruturas é a forma de ligação realizada entre as peças, o que pode ser de várias formas, levando-se em consideração a finalidade de uso, e a quais esforços as peças estarão submetidas.

O estudo preliminar da estrutura *Whale Bone*, primeiramente avaliada por uma maquete digital e posteriormente pelo modelo físico em escala reduzida (maquete), proporcionou um conhecimento prévio sobre os componentes da estrutura e suas ligações, assim como de seu comportamento físico, impossível de se conhecer somente por imagens e fotografias. As questões relativas às angulações dos pórticos enfrentadas na confecção da maquete e as ligações entre os pares, demonstraram que o trabalho com o modelo em tamanho reduzido é essencial para uma abordagem qualitativa de entendimento do desempenho mecânico da estrutura. Alguns desafios que surgiram durante o processo de elaboração da maquete por falta de maiores informações sobre o modelo original, acabaram por incentivar o estudo investigativo e a resolução de problemas. O ensaio de resistência com a aplicações de cargas apresentou um resultado satisfatório: ao suportar uma carga de 10kg até o rompimento, e evidenciou os pontos críticos sujeitos à ruptura.

Referências

CHRISP, T. M.; CAIRNS, J.; GULLAND, C. The development of roundwood timber pole structures for use on rural. **Construction and Building Materials**, v. 17, p. 269-279, 2003. ISSN DOI: 10.1016 / S0950-0618 (02) 00114-9.

GUIMARÃES, H. P. **Rodrigo Brotero Lefèvre: a construção da utopia**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, p. 206. 2006.

PFEIL, W.; PFEIL, M. **Estruturas de Madeira**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos, 2003.

REBELLO, Y. C. P. **Bases para projeto estrutural na arquitetura**. São Paulo: Zigurate Editora, 2007.

SIQUEIRA, B. et al. Utilização de modelos qualitativos para avaliação do comportamento de sistemas estruturais. **Anais do III encontro nacional de ensino de estruturas em escolas de arquitetura**. Ouro Preto: [s.n.]. 2017. p. 1013-1158.

SOUSA, P. O uso de modelos reduzidos no ensino de estruturas: Um relato de experiência didática. **(Anais) III encontro nacional de ensino de estruturas em escolas de arquitetura**. Ouro Preto: [s.n.]. 2017. p. 1115-1126.

ISBN: 978-65-00-70842-4

ORL



9 786500 708424