

TRANS VERSO

n.17

nov. 2025
ano 13

ISSN
2236
4129

Escola
de Design
UEMG

editora



Revista Transverso – Ano 13 – Número 17 – Novembro 2025

ISSN: 2236-4129

Universidade do Estado de Minas Gerais - UEMG

Reitora

Lavínia Rosa Rodrigues

Vice-reitor

Thiago Torres Costa Pereira

Chefe de Gabinete

Raoni Benito da Rocha

Pró-reitora de Planejamento, Gestão e Finanças

Sílvia Cunha Capanema

Pró-reitora de Pesquisa e Pós-graduação

Vanesca Korasaki

Pró-reitora de Ensino

Patrícia Maria Caetano de Araújo

Pró-reitor de Extensão

Moacyr Laterza Filho

Escola de Design da Universidade do Estado de Minas Gerais

Diretora

Heloisa Nazaré dos Santos

Vice-diretora

Patrícia Pinheiro de Souza

Centro de Extensão - Coordenação

Yuri Simon da Silveira

Pesquisa - Coordenação

Daniel Cardoso Alves

EdUEMG – Editora da Universidade do Estado de Minas Gerais

Editor-chefe

Thiago Torres Costa Pereira

Coordenadora administrativa e editorial

Gabriella Nair Noronha

TRANS VERSO

n. 17

nov. 2025
ano 13

ISSN
2236
4129

**Escola
de Design**
UEMG

editora | 
UEMG

Conselho Editorial

Angélica Adverse

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

Carlo Franzato

Pontifícia Universidade Católica (PUC-Rio)

Cleomar Rocha

Universidade Federal de Goiás (UFG)

Glaucinei Rodrigues Corrêa

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

Gonçalo Vasconcelos e Sousa

Universidade Católica Portuguesa (UCP-Porto. PT)

José Maria Gonçalves da Silva Ribeiro

Universidade Federal de Goiás (UFG)

Mariane Garcia Unanue

Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)

Moacyr Laterza Filho

Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG)

Natália Mol

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

Patrícia Helena Soares Fonseca Rossi de Resende

Fundação Armando Alvares Penteado (FAAP-SP)

Paulo César Machado Ferroli

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Editora Chefe

Rosângela Míriam Lemos Oliveira Mendonça (UEMG)

Editores Adjuntos

Iara Aguiar Mol (UEMG)

João Paulo de Freitas (UEMG)

Editores Convidados

Lisiane Ilha Librelotto (UFSC)

Paulo Cesar Machado Ferroli (UFSC)

Revisão

Charles Antonio de Paula Bicalho

Sérgio Antonio Silva

Design

Laboratório de Design Gráfico (LDG - ED/UEMG)

Projeto | Ricardo Portilho Mattos

Coordenação LDG | Mariana Misk Moysés

Coordenação de projeto | Iara Aguiar Mol

Equipe

Ana Beatriz Alves Assunção

Ana Clara Carvalho Meneses

Flora Carneiro Magalhães

Júlia Gouvêa de Matos

Letícia Lopes Ennes

Letícia França Paulino Oliveira

Luíza Duarte Martins

Capa

Photo by Mika Ruusunen on Unsplash

Bolsista

Débora de Resende Arruda (UEMG)

T772

Transverso [recurso eletrônico] / Escola de Design da Universidade do Estado de Minas Gerais. - Ano.13 - n.17. - (Nov. 2025) -. - Belo Horizonte: EdUEMG, 2025.

173f. Il.color.

Anual: 2010-2016. Semestral: 2017-2025.

Periódico. On-line.

Acesso: <https://revista.uemg.br/index.php/transverso/about>

ISSN: 2236-4129

1. Design (projetos) - Periódicos. 2. Arquitetura - Periódicos. 3. Cultura - Aspectos sociais. I. Mendonça, Rosângela Míriam Lemos Oliveira. (Ed). II. Mol, Iara Aguiar. III. Freitas, João Paulo de. IV. Universidade do Estado de Minas Gerais. Escola de Design. V. Título

Ficha Catalográfica Bibliotecária: Adriana Maria Alves da Silva
CRB6/003739/0

Linha Editorial

A Revista Eletrônica Transverso é uma publicação on-line, de periodicidade semestral, do EILAB (Laboratório de Empreendimentos Integrals), vinculado ao CEDA (Centro de Design de Ambientes) da Escola de Design da Universidade do Estado de Minas Gerais.

As publicações da Revista são trabalhos com vínculos inter e transdisciplinares do design com a arquitetura e urbanismo, artes e letras, bem como com as ciências humanas em geral e outras ciências sociais aplicadas.

Pareceristas/ Avaliadores

Amilton José Vieira de Arruda

Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

André Canal Marques

Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS)

Bárbara Paula

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Carla Arcoverde de Aguiar Neves

Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC)

Carlo Franzato

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio)

Ernestina Engel

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Franciele Forcelini

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

Lara Lima Felisberto

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Letícia Mattana

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Lisiane Ilha Librelotto

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Luana Toralles Carbonari

Universidade Estadual de Londrina (UEL)

Mariana Kuhl Cidade

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)

Marília Gonçalves

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Marisa Carvalho

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Marli Everling

Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE)

Mônica Carvalho

Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Natalí Garcia

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio)

Paulo Cesar Machado Ferroli

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Priscilla Lepre

Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

Editorial

Bem-vindos à 17ª edição da Revista Transverso. Esta é mais uma edição com o foco na sustentabilidade, com a parceria do ENSUS, Encontro de Sustentabilidade em Projeto, agora na sua 13ª edição.

Há alguns meses um colega, a propósito de uma minha proposta de projeto, afirmou com bastante convicção: “Sustentabilidade já é tema batido, ultrapassado”. Fiquei calada, um pouco pelo impacto do ponto de vista, e outro tanto para não criar atrito. Mas aquilo ficou entalado e me fez refletir e discutir com outros colegas sobre esse ponto de vista. Apresento a seguir o que consegui processar.

Gostaria muito que ele estivesse certo, pois isso significaria que buscar o equilíbrio econômico, social e ambiental para as nossas atividades já seria uma prática internalizada pela maioria de nós, tornando-se um valor inerente a todas as culturas, especialmente no Brasil. No entanto, não é isso que vivenciamos. São muitos os desequilíbrios que presenciamos e muitas as decisões que trazem como consequências conflitos, degradações, desigualdades e exclusões. Muitos são os embates e lutas em que os lados são inflexíveis e insistentes, o que leva, não só à não resolução do conflito, mas ao agravamento da situação.

Nossa sociedade tem que lidar com muitas decisões complexas que exigem a priorização de uma variável dentre outras igualmente importantes e conviver com realidades que não nos dão escolha. Um tema delicado que aparece com frequência, por exemplo, é a mineração. Recentemente, no contexto da Bienal de Gastronomia de Belo Horizonte em que participamos com um projeto que trata essencialmente de sustentabilidade envolvendo turismo e limpeza urbana, assistimos a uma mesa redonda. Nela, a prefeita de Canaã dos Carajás (município brasileiro do estado do Pará) apresentava suas iniciativas para o incentivo da agricultura e ações sociais. O município, que nasceu a partir de um assentamento agrícola, tem 31 anos de emancipação e sua economia é impulsionada pela mineração, que explora os recursos ambientais da região. Se pensarmos nas coisas que consideramos importantes para nossa prosperidade, veremos que muitas são produzidas com metais — como computadores, celulares, carros, equipamentos agrícolas — tornando esse recurso (e sua atividade de extração) praticamente imprescindível nos dias atuais. Além disso, a mineração gera trabalho, renda e recursos para o município investir em projetos sociais que melhoram a qualidade de vida da população.

Quando perguntamos à prefeita sobre o assunto ela respondeu, com muita serenidade, que o uso dos recursos ambientais permite a disponibilidade de recursos para a sustentabilidade econômica e social do município. Discutindo, mais uma vez com colegas sobre o tema, surgiu a questão: o que acontecerá com este território quando a atividade mineradora nesta localidade não for mais interessante para a empresa que a empreende e ela se deslocar para outros locais mais lucrativos? O que nos vem em mente é que algo precisa ser feito continuamente para que, quando isso acontecer,

a “casa esteja arrumada” e estruturada permitindo que as vidas humanas e não humanas que têm vínculo eterno com aquele território, continuem a existir com equilíbrio e prosperidade.

Outra questão que surge: assim como aconteceu com os combustíveis fósseis, para os quais hoje temos alternativas para produção de energia, teríamos outros materiais, existentes ou a serem inventados e desenvolvidos, mais sustentáveis do que alguns minerais?

Assim, temos muito trabalho a fazer. Há muito o que ser compartilhado, sentando à mesa para discutir com embasamento, fundamentação e qualificação, para que seja possível a construção das melhores soluções, que apresentem maior equilíbrio. É preciso ler muito para ampliarmos nosso conhecimento, o que permitirá o desenvolvimento de inovações que nos conduzirão a contextos com escolhas cada vez mais harmoniosas.

Vamos em frente, buscando sempre a sustentabilidade para que, de fato, um dia, não precisemos mais discutir sobre esse tema, pois ele já estará no nosso sangue, fazendo parte da nossa mentalidade.

Boa leitura, boas discussões e inspirações!

Rosângela Míriam L.O. Mendonça

Editora Chefe da Revista Transverso

Editorial [cont.]

No ano da COP30 (Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas), tivemos um dos eventos ENSUS mais completos em termos de variedade de conteúdo, abordagens multidisciplinares e reunião de diferentes atores da nossa sociedade, tendo por balizador a questão da sustentabilidade em projeto.

Com participações importantes de pesquisadores estrangeiros, além, é claro, da sempre presença de pesquisadores nacionais das universidades de todas as regiões de nosso país, o ENSUS vem se consolidando como um importante ponto de discussão, sempre com foco na integração da teoria e prática sustentável.

Ainda vivendo sob o “fantasma” da pandemia, os eventos presenciais vêm aos poucos recuperando o público de outrora. A oferta de atividades remotas na área educacional, quer em eventos, quer em atividades de ensino proliferaram. São reconhecidas as vantagens desta modalidade: vamos a elas (as poucas desvantagens deixarei para falar depois).

As vantagens dos eventos remotos incluem por exemplo a redução de custos com passagens, hospedagem, etc. Também fica mais fácil a composição do quadro de palestrantes por exemplo, pois estes não precisarão viajar até o local do evento, nem deixar de lado suas atividades laborativas, já que poderão dedicar ao evento apenas algumas horas. Não há gastos com *coffee break*; não há gastos com decoração, com apresentações culturais, com jantares ou festas de confraternização. Não há gastos com crachás, ou *banners*, e nem é necessário credenciar alunos de graduação e pós-graduação para atuar como *staffs*, afastando-os de suas obrigações acadêmicas.

Tudo isso é muito bom, afinal o objetivo de um evento é científico, ou seja, serve para discutir “cientificamente” temas relevantes de nossa sociedade, de forma séria e objetiva; e atividades como as descritas acima, além de onerar o evento, desviam o foco do objetivo principal. O pragmatismo cerceado é visível. A objetividade substitui os devaneios que atrapalham a organização de um evento pelos atrasos que causam nas conversas de *coffee break*, intervalos ou mesmo nas sessões temáticas e palestras.

Impossível neste cenário não perceber o quão antiquado são os eventos presenciais.

Mas então nos deparamos com um dado recente que diz: “O índice de afastamentos do trabalho por problemas de saúde mental no Brasil cresceu 134% entre 2022 e 2024, alcançando 472 mil licenças em 2024, o maior número da década”. Neste mesmo período, o trabalho remoto subiu em torno de 300%.

E então nos lembramos de que somos uma espécie sociável. O ser humano é um animal sociável, e viver desta forma foi o que promoveu todo o avanço que tivemos desde a época em que vivíamos em cavernas. E esta talvez seja, senão a única, pelo menos a mais relevante desvantagem de um evento remoto: a falta do contato humano. O debate olhando nos olhos; a voz por vezes embargada e trêmula daqueles que defendem suas crenças, seus saberes para um público ávido por conhecimento. O vínculo da amizade formada nos encontros entre mestres e pupilos que vai para além da admiração acadêmica.

Obrigado a todos e todas que vivenciam o ENSUS a cada ano, nos permitindo e se permitindo colocar um pouco de humanidade na frieza de nosso mundo moderno com suas telinhas e seus textos gerados por IA; do ato contemporâneo de buscar a todo custo o “ter”, deixando de o lado o “ser”.

Paulo Cesar Ferroli

Editor convidado da 17ª edição da Revista Transverso

Sumário

12 Design, semiótica e sustentabilidade: mapeamento sintático da configuração visual de calçados brasileiros no contexto do *slow fashion*

Ítalo José de Medeiros Dantas,
Nicolas Duprat,
Marcelo Curth.

28 Princípios e movimentos para uma jornada projetual transformadora: uma proposta de design estratégico regenerativo

Carolina Tomaz Barbosa,
Karine de Mello Freire.

52 Avanços sustentáveis na indústria de injeção de polímeros: tecnologias e materiais verdes

Ana Clara Souto de Souza,
Lia Paletta Benatti,
André Carvalho Mol Silva,
Maria Julia Ribeiro Gomes,
Artur Caron Mottin.

70 Edificações de interesse histórico-cultural em madeira frente às mudanças climáticas: o caso de Erechim, RS

Clarissa Sartori Ziebell,
Natália Biscaglia Pereira,
Pedro Henrique Gonçalves,
Laura Beatriz Fin,
Naahman Lima Pereira.

88 Logística Reversa do resíduo têxtil: contribuições do design

Adriana Basto Aquim,
Carlo Franzato.

Sumário [cont.]

104 Modelo de células de refrigeração inspiradas nos cogumelos: analogia da natureza e design generativo

Maisa Rachman,
Ana Veronica Pazmino.

121 Abrigos temporários em acampamentos planejados: uma proposta para a comunidade indígena em José Boiteux utilizando materiais naturais

Gabriela Willemann Siviero Maximo,
Susana Claudete Costa,
Bibiana Zanella Ribeiro,
Lisiane Ilha Librelotto.

143 Jogo de tabuleiro para auxiliar na educação ambiental na Ilha do Campeche

Isabela Meding Borges,
Ana Veronica Pazmino,
Maria Eduarda Flores Brasil de Andrade.

159 Integração entre Psicologia Social e Design Sustentável na promoção de hábitos ecológicos

Gislaine da Silva Oliveira,
Dianne Magalhães Viana,
Ana Claudia Maynardes.

TRANS VERSO

01 Design, semiótica e sustentabilidade: mapeamento sintático da configuração visual de calçados brasileiros no contexto do *slow fashion*

recebido em 03/09/2025
aprovado em 04/10/2025

Design, semiótica e sustentabilidade: mapeamento sintático da configuração visual de calçados brasileiros no contexto do *slow fashion*

Ítalo José de Medeiros Dantas

italodantasdesign@hotmail.com

Universidade Feevale

Nicolas Duprat

nicolas.duprat@outlook.com

Universidade Feevale

Marcelo Curth

marcelocurth@feevale.br

Universidade Feevale

RESUMO (PT): O *slow fashion* tem se consolidado como alternativa sustentável ao *fast fashion*, ao propor qualidade, durabilidade e responsabilidade socioambiental. Este artigo tem como objetivo analisar os elementos sintáticos do design de calçados *slow fashion*, buscando compreender como sua configuração visual contribui para a comunicação de valores ligados ao movimento. O estudo adota abordagem exploratória, fundamentada em estudo de caso com análise visual de 33 botas produzidas por duas marcas brasileiras, a Vegalli e a Urban Flowers. Foram examinados aspectos como linhas, formas, materiais, texturas e acabamentos, com base em referenciais de morfologia e semiótica do design. Os resultados indicam que os artefatos analisados evidenciam padrões que equilibram estética e funcionalidade, reforçando narrativas de autenticidade e sustentabilidade. Conclui-se que a dimensão sintática desempenha papel central na construção da identidade do *slow fashion*, mediando a relação entre design, consumo consciente e responsabilidade ambiental.

Palavras-chave: *slow fashion*, sustentabilidade, semiótica do design, calçados, morfologia do artefato.

ABSTRACT (ENG): *Slow fashion has emerged as a sustainable alternative to fast fashion, promoting quality, durability, and socio-environmental responsibility. This paper aims to analyze the syntactic elements of slow fashion footwear design, seeking to understand how their visual configuration contributes to the communication of the movement's core values. The study adopts an exploratory approach, based on a case study with a visual analysis of 33 boots produced by two Brazilian brands, Vegalli and Urban Flowers. Aspects such as lines, shapes, materials, textures, and finishes were examined, grounded in morphology and design semiotics frameworks. The results indicate that the analyzed artifacts reveal patterns balancing aesthetics and functionality, reinforcing narratives of authenticity and sustainability. It is concluded that the syntactic dimension plays a central role in shaping the identity of slow fashion, mediating the relationship between design, conscious consumption, and environmental responsibility.*

Keywords: *slow fashion, sustainability, design semiotics, footwear, artifact morphology.*

1. Introdução

Nas últimas décadas, o movimento *slow fashion* tem ganhado destaque como uma alternativa sustentável ao modelo convencional da indústria da moda. Diferente do *fast fashion*, que se baseia na produção em larga escala e no consumo acelerado, o *slow fashion* prioriza qualidade, durabilidade e responsabilidade socioambiental. Esse movimento incentiva a valorização de materiais sustentáveis, a produção local e artesanal, além de promover um ciclo de consumo mais consciente, reduzindo desperdícios e impactos ambientais (Fletcher; Grose, 2012).

A adesão ao *slow fashion* tem sido impulsionada pelo aumento da conscientização dos consumidores sobre as consequências socioambientais da moda tradicional. A exploração de mão de obra, o desperdício de recursos naturais e a poluição causada pela indústria têxtil são alguns dos principais fatores que reforçam a necessidade de um modelo mais ético e sustentável. Nesse contexto, marcas especializadas nesse segmento vêm desenvolvendo produtos que alinham estética, funcionalidade e sustentabilidade, incorporando materiais ecológicos e processos produtivos menos agressivos ao meio ambiente (Berlim, 2016).

Dentre os aspectos relevantes na concepção de produtos *slow fashion*, a análise dos elementos visuais e formais desempenha um papel crucial. A forma, textura, materiais e cores utilizados nas peças não apenas determinam sua usabilidade e estética, mas também comunicam valores e significados. Nesse sentido, a semiótica do design surge como uma abordagem essencial para compreender como os produtos transmitem mensagens e criam conexões simbólicas com os consumidores (Niemeyer, 2003).

A dimensão sintática da semiótica do design, em especial, é um aspecto fundamental para a conformação de artefatos visuais. Ela se refere às relações formais entre os elementos do design, analisando aspectos como estrutura, equilíbrio, harmonia e coerência visual (Braida; Nojima, 2014). No contexto dos calçados *slow fashion*, essa dimensão se torna ainda mais significativa, pois permite entender como a configuração dos produtos pode reforçar os princípios do movimento, conectando a estética ao propósito sustentável das marcas.

Diante da relevância dessa discussão, este estudo justifica-se pela necessidade de aprofundar a compreensão sobre os elementos sintáticos que compõem o design dos calçados *slow fashion*. Ao explorar como esses produtos organizam seus aspectos visuais e materiais, é possível identificar padrões que diferenciam essa categoria dentro da moda sustentável, além de contribuir para futuras pesquisas e desenvolvimento de produtos alinhados a essa filosofia.

Assim, este artigo tem como objetivo analisar os elementos sintáticos do design de calçados *slow fashion*, a fim de compreender como a organização visual e estrutural desses artefatos pode contribuir para a construção de significados e reforça os valores do movimento *slow fashion*. Para isso, será realizada uma investigação baseada na análise de produtos de marcas brasileiras que se posicionam nessa perspectiva, identificando padrões visuais, materiais e estruturais que caracterizam esse segmento.

2. Diferenças e confluências entre moda sustentável e *slow fashion*

A discussão em torno da moda sustentável e do *slow fashion* tem se intensificado nas últimas décadas, especialmente diante da necessidade de repensar práticas de consumo e produção no setor têxtil e de vestuário. Embora os dois conceitos estejam relacionados, entendemos que não se trata de sinônimos. A moda sustentável refere-se a um escopo amplo de práticas voltadas à minimização dos impactos ambientais e sociais negativos ao longo de toda a cadeia produtiva, incluindo a utilização de materiais ecológicos, a redução de resíduos, a promoção de condições de trabalho justas e a busca por transparência nas etapas produtivas (Castro-Lopez; Iglesias; Puente, 2021; Lee; Weder, 2021; Velasco-Molpeceres *et al.*, 2022). Já o *slow fashion* constitui uma vertente específica dentro desse guarda-chuva, um movimento (Solino; Dantas; Teixeira, 2020) cujo diferencial está na ênfase na desaceleração dos ciclos de consumo e produção, priorizando a qualidade, a durabilidade, a exclusividade e a valorização da produção local e artesanal, além de estabelecer relações éticas entre produtores e consumidores (Castro-Lopez; Iglesias; Puente, 2021; Lee; Weder, 2021; Domingos; Vale; Faria, 2022; Velasco-Molpeceres *et al.*, 2022). Enquanto a moda sustentável pode englobar grandes empresas que adotam práticas ecológicas em escala, o *slow fashion* tende a se consolidar em produções menores, de caráter atemporal e fortemente associadas ao consumo consciente.

Nesse sentido, alguns aspectos permitem distinguir os dois conceitos. Em termos de escopo, a moda sustentável abarca dimensões ambientais, sociais e éticas, ao passo que o *slow fashion* se concentra em estratégias de desaceleração e valorização do consumo responsável (Castro-Lopez; Iglesias; Puente, 2021; Lee; Weder, 2021; Velasco-Molpeceres *et al.*, 2022). Quanto à produção, práticas sustentáveis podem ser implementadas em larga escala, enquanto o *slow fashion* se fundamenta em pequenas produções, geralmente de caráter local (Lee; Weder, 2021; Domingos; Vale; Faria, 2022; Velasco-Molpeceres *et al.*, 2022). No que diz respeito ao consumo, ambas as abordagens incentivam escolhas responsáveis, mas o *slow fashion* valoriza explicitamente a durabilidade e a exclusividade como contraponto à lógica descartável do *fast fashion* (Castro-Lopez; Iglesias; Puente, 2021; Domingos; Vale; Faria, 2022; Velasco-Molpeceres *et al.*, 2022). Finalmente, em relação às tendências de mercado, a moda sustentável pode dialogar com ciclos de moda tradicionais, enquanto o *slow fashion* se coloca como oposição direta à efemeridade típica do setor (Lee; Weder, 2021; Domingos; Vale; Faria, 2022).

A literatura também evidencia os princípios norteadores do *slow fashion*, que reforçam sua identidade como movimento cultural e estético. Entre eles, destacam-se: a exclusividade e a autenticidade, traduzidas em peças únicas, personalizadas e dotadas de identidade própria (Domingos; Vale; Faria, 2022; a equidade e a ética, baseadas no respeito às condições de trabalho, na promoção do comércio justo e na transparência produtiva (Lee; Weder, 2021; Domingos; Vale; Faria, 2022; Velasco-Molpeceres *et al.*, 2022; Cortázar *et al.*, 2025); a funcionalidade e a durabilidade, expressas em produtos feitos para durar, sustentados por design atemporal e materiais de qualidade (Castro-Lopez; Iglesias; Puente, 2021; Lee; Weder, 2021; Domingos; Vale; Faria, 2022; Cortázar *et al.*, 2025); o localismo, que valoriza cadeias curtas de fornecimento e a produção regional (Lee; Weder, 2021; Domingos; Vale; Faria, 2022; Cortázar *et al.*, 2025); e, por fim, o consumo consciente, que incentiva a compra reduzida, a reutilização, a reciclagem e a valorização integral do produto (Castro-Lopez; Iglesias; Puente, 2021; Lee; Weder, 2021; Domingos; Vale; Faria, 2022). Esses princípios diferenciam o *slow fashion* dentro do campo da moda sustentável, ao conjugar estética, funcionalidade e ética em um mesmo eixo discursivo e projetual.

3. A dimensão sintática na semiótica do design

A semiótica do design é uma área de estudo que investiga como os produtos de design comunicam significados através de sua forma, função e materialidade. Segundo Niemeyer (2003), a semiótica permite a análise da dimensão representativa dos artefatos, ou seja, como eles estruturam e transmitem mensagens através de seus elementos configurativos, como forma, cor, textura e material. No contexto do design, a semiótica se concentra em entender como os produtos são percebidos e interpretados pelos usuários, considerando tanto aspectos objetivos quanto subjetivos. Essa abordagem é essencial para compreender como os artefatos podem gerar significados que vão além de sua função prática, incorporando valores culturais, simbólicos e emocionais (Braidā; Nojima, 2014).

Dentro da semiótica do design, a dimensão sintática ocupa um lugar central e basilar, pois trata das relações formais entre os elementos que compõem a configuração de um produto, portanto, irá reverberar diretamente nas demais dimensões (Silveira, 2018). Segundo Braidā e Nojima (2014), a dimensão sintática explora como os signos se relacionam entre si, abstraindo-se de suas conexões com os objetos ou intérpretes. No design, isso se traduz na análise de como os elementos visuais e estruturais de um artefato se articulam para criar uma composição coerente e funcional. A dimensão sintática é fundamental para a conformação de produtos, pois define a estrutura, o equilíbrio, a proporção e a harmonia entre as partes, aspectos essenciais para a percepção e usabilidade do objeto (Niemeyer, 2003).

De tal maneira, a relevância da dimensão sintática para o estudo da morfologia dos artefatos reside na sua capacidade de organizar e sistematizar os elementos visuais e formais que compõem a figura de um produto. Como destaca Bomfim (1998), a morfologia do objeto diz respeito ao estudo da forma configurada, ou seja, como os elementos como forma, cor, textura e material se articulam para criar uma unidade visual e funcional. A dimensão sintática, portanto, fornece as bases para a análise dessas relações, permitindo que designers e pesquisadores compreendam como a organização dos elementos influencia a percepção e a comunicação do produto (Gomes Filho, 2006).

No contexto do movimento *slow fashion*, a dimensão sintática assume um papel ainda mais relevante, pois os produtos são projetados para refletir valores éticos e ambientais, além de promover um consumo mais consciente. Portanto, a configuração visual desses produtos deve ser cuidadosamente pensada para integrar materiais naturais ou reciclados, como algodão orgânico e linho, e processos de produção que minimizam impactos ambientais, como tingimentos naturais e redução de resíduos (Fletcher; Grose, 2002; Berlim, 2016). A organização sintática desses elementos visa criar uma harmonia visual e funcional que reforce a identidade do produto e seus valores intrínsecos.

Além disso, a dimensão sintática no *slow fashion* está diretamente relacionada ao design atemporal e à funcionalidade, que são características centrais desse movimento. Como destacam Menegucci *et al.* (2015) e Solino, Teixeira e Dantas (2020), os produtos *slow fashion* valorizam acabamentos manuais, condições éticas de trabalho e produção local em pequena escala. Assim, a organização sintática desses elementos busca criar uma conexão entre o produto e o usuário, promovendo um ciclo de vida prolongado e incentivando práticas de reutilização e reciclagem. Essa abordagem reflete valores culturais e éticos que buscam um consumo mais consciente e conectado à preservação ambiental (Fletcher; Grose, 2002; Berlim, 2016).

4. Procedimentos metodológicos

Esta pesquisa tem um foco aplicado, com intuito de ser exploratório-descritiva (Gil, 2008). O procedimento metodológico que norteia este estudo envolve um estudo de caso (Yin, 2015), com foco na indústria calçadista brasileira, especificamente marcas produtoras de calçados *slow fashion*.

Para análise da linguagem visual de calçados *slow fashion*, iniciamos com a definição das marcas que seriam estudadas, esta etapa permitiu alcançar as imagens dos artefatos que foram, posteriormente, submetidas ao processo de análise no agente. Assim, utilizamos como referência a notícia publicada pela Meio Sustentável (2024), referente a marcas de calçados sustentáveis em destaque, no mesmo ano, especificamente foram apontadas nove marcas, sendo a Vegalli, Insecta Shoes, Kasulo, Urban Flowers, Ahimsa, Vegano Shoes, Havaianas, Yellow Factory e Margaux.

Em seguida, mapeamos individualmente cada marca, entendendo se elas se posicionam como *slow fashion* no website ou no Instagram, focado em manter uma homogeneidade na proposta. Assim, das nove marcas, sete foram eliminadas por se posicionarem apenas como ecológicas ou sustentáveis, ou por não existirem mais no mercado. Tal filtro foi importante, pois, calçados sustentáveis focam na redução de impactos ambientais por meio do uso de materiais ecológicos e processos de fabricação eficientes. Já os calçados *slow fashion* integram essa preocupação ambiental a um movimento mais amplo, valorizando a produção ética, local e de pequena escala, com designs atemporais que incentivam o consumo consciente. Nosso interesse, nesta etapa, trata-se somente de artefatos *slow fashion*. Por fim, mantivemos apenas a Vegalli e a Urban Flowers.

O mapeamento realizado neste estudo concentrou-se no posicionamento do produto conforme apresentado pelas marcas, analisando sua comunicação institucional nos *sites* e nas redes sociais. Essa abordagem se justifica pelo fato de que a identidade de um movimento como o *slow fashion* se constrói tanto por meio das práticas produtivas quanto pela forma como essas práticas são comunicadas ao público. No entanto, este estudo não incluiu a percepção dos usuários finais sobre os calçados, o que poderia ser explorado em futuras pesquisas para compreender como os consumidores interpretam e validam as declarações das marcas em relação à sustentabilidade.

Para definir a identidade *slow fashion*, foram considerados critérios alinhados à literatura sobre o tema (Fletcher, 2008), tais como: produção em menor escala, valorização da qualidade e durabilidade dos produtos, uso responsável de recursos naturais, transparência na cadeia produtiva e compromisso com a ética no trabalho. Além disso, a identidade do movimento se expressa também nos aspectos visuais dos produtos, que muitas vezes remetem à estética artesanal, ao design atemporal e à seleção criteriosa de materiais sustentáveis. Esses elementos foram analisados na comunicação das marcas para verificar se suas declarações e seus produtos estavam alinhados a esses princípios.

Para definição dos artefatos analisados, optamos por seguir o produto que as duas marcas tivessem em comum. Tal princípio nos levou a selecionar botas como objeto de estudo, por ser o único calçado comercializado pela Vegalli, e sendo um dos comercializados pela Urban Flowers. Assim, foram coletadas 8 imagens de artefatos da Vegalli e 25 da Urban Flowers, todas com o produto na visão lateral (Quadro 1).

Os elementos visuais analisados neste estudo foram selecionados com base na relevância de sua configuração visual para a construção da identidade

dos calçados *slow fashion*. Assim, foram considerados aspectos como forma, textura, materialidade e acabamento, uma vez que tais elementos visuais desempenham um papel essencial na percepção estética e na comunicação dos valores sustentáveis desses artefatos (Silveira, 2018; Clementino *et al.*, 2021). Optou-se por não aprofundar a análise da cor, dado seu caráter multidimensional e seu impacto significativo na percepção e na simbologia do design. Nesse sentido, a cor foi explorada em um estudo separado (Dantas *et al.*, 2025), com o intuito de possibilitar uma análise mais aprofundada de suas implicações semióticas na configuração de produtos sustentáveis.

UB1	UB2	UB3	UB4	UB5	UB6
					
UB7	UB8	UB9	UB10	UB11	UB12
					
UB13	UB14	UB15	UB16	UB17	UB18
					
UB19	UB20	UB21	UB22	UB23	UB24
					
UB25	V1	V2	V3	V4	V5
					
V6	V7	V8			
					

Quadro 1 – Calçados mapeados como “*slow fashion*”. Fonte: elaborado pelos autores.

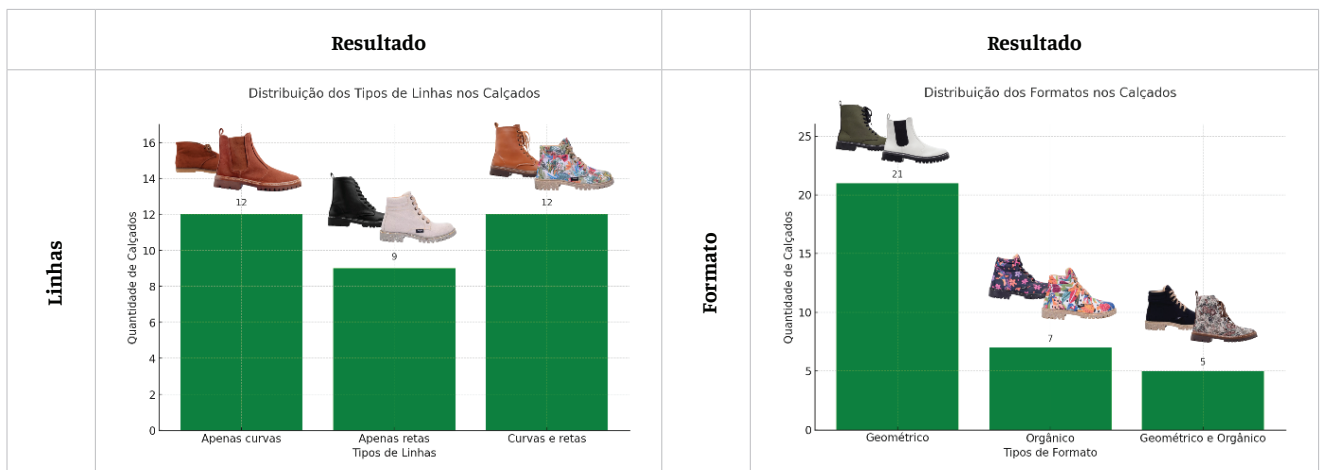
Com relação aos procedimentos de análise dos artefatos, a semiótica oferece um arcabouço teórico para compreender como os elementos visuais dos produtos transcendem sua materialidade e passam a comunicar valores e significados culturais (Silveira, 2018). No caso do *slow fashion*, a aparência dos produtos não é uma questão apenas estética, mas caminha como um veículo para a comunicação dos princípios do movimento. A forma, a estrutura, a textura dos materiais e as cores utilizadas nos calçados analisados não são apenas escolhas de design, mas sinais que podem ser usados para remeter a uma cadeia produtiva mais ética, à valorização do artesanal e à

sustentabilidade. Assim, ainda que o *slow fashion* tenha raízes na produção, ele se consolida como um movimento (Solino *et al.*, 2020), e seus produtos atuam como signos que reforçam e perpetuam essa identidade.

Dessa maneira, a análise sintática dos calçados não se limita a descrever aspectos visuais isolados, mas busca compreender como esses elementos visuais estruturam uma linguagem visual (Silveira, 2018) que é capaz de comunicar os valores do *slow fashion*. Ao adotar essa abordagem, o estudo reconhece que a estética dos produtos não é neutra; pelo contrário, ela participa ativamente na construção simbólica do movimento. O design dos calçados pode, por exemplo, enfatizar a durabilidade, o reaproveitamento de materiais ou a transparência dos processos produtivos, reforçando a narrativa do consumo consciente. Portanto, a escolha metodológica se justifica na medida em que investiga o potencial comunicacional dos produtos enquanto elementos semióticos que expressam e consolidam os princípios do *slow fashion*.

5. Resultados e discussões

Começando pelas linhas, propomos um olhar para o formato geral, as bordas e as extremidades (Clementino *et al.*, 2021). A princípio, percebemos a passagem entre linhas apenas curvas (12 calçados) ou apenas retas (9 calçados), com grande parte dos casos (12 calçados) sendo onde os dois tipos de linhas são utilizados simultaneamente (Quadro 2). Também observamos que para os calçados que seguem o conceito de ordem para sua organização visual, foram utilizados majoritariamente linhas retas, enquanto os calçados de complexidade utilizaram linhas curvas. Para as bordas, todos os calçados apresentaram características lisas/paralelas, na medida em que encontramos extremidades majoritariamente redondas (30 calçados), com exceção de três calçados, que tinham aparência mais quadradas.



Quadro 2 – Síntese dos resultados da análise dos elementos visuais de calçados *slow fashion* e exemplos da classificação. Fonte: elaborado pelos autores.

Com relação à forma do produto, os resultados se sustentaram constantes, possivelmente considerando que estudamos uma única tipologia de calçados — a bota —, que mantém características de forma comuns, mesmo trazendo outros elementos visuais que se diferenciam entre si. Por isso, nesse item, estudamos formato, volume, tipo e tamanho. Nesse contexto, para o formato, variou-se entre geométrico (21 calçados), orgânico (7 calçados) e uma combinação dos dois (5 calçados) (Quadro 2). Ainda, observamos que

os formatos geométricos se relacionaram a produtos classificados como ordem, enquanto formatos orgânicos estiveram presentes em calçados classificados como de complexidade. Todos os calçados apresentaram volume apenas físico, com tamanho médio — isto é, os artefatos analisados seguem um mesmo tamanho.

Com relação ao tipo da forma, consideramos somente o padrão presente nas botas estampadas (9 calçados), à medida que os demais não apresentam relações de formas no sentido de conteúdo específico (Clementino *et al.*, 2021). Nos calçados estampados, observamos uma temática comum: flores e natureza. Portanto, a categoria na qual todos os calçados estampados se classificaram foram o do tipo natural, considerando a ideia de que tipos naturais “[...] correspondem a **formas que representem temas naturais**, como organismos vivos, objetos inanimados da superfície terrestre ou aquática, entre outros” (Clementino *et al.*, 2021, p. 33, grifo nosso). Encontramos nas superfícies dos calçados analisados, em ambas as marcas, formas que remetem a flores, plantas e frutas, possivelmente buscando correlacionar o *slow fashion* com a visão de natureza e preocupação ambiental, sentido que engendra nas perspectivas da sustentabilidade (Figura 1).



Figura 1 – Formas naturais encontradas na conformação dos calçados *slow fashion* analisados.
Fonte: elaborado pelos autores.

Os resultados obtidos revelam uma potencial conexão simbólica entre os padrões estampados nos calçados e os princípios do *slow fashion*, particularmente no que tange à associação com elementos naturais. As formas presentes nas botas analisadas — predominando flores, plantas e frutas — evidenciam uma intenção de comunicar valores alinhados à sustentabilidade e à valorização da natureza. Tais resultados se alinham com a pesquisa de Zafarmand, Sugiyama e Watanabe (2003, p. 181, tradução nossa, grifo nosso), na qual demonstram que formas e materiais naturais contribuem para uma percepção mais sustentável dos produtos, nisso, os autores apontam que as “[...] **formas naturais tornam o produto fácil de usar e parecem corresponder esteticamente com o “estilo suave” e a “feminilidade” sendo tendências sociais recentes**”. Além disso, para restabelecer a nossa ligação com a natureza e as nossas raízes, as formas naturais podem melhorar a harmonia dos produtos com o ambiente natural e com a relação utilizador-produto-ambiente. Pensando assim, entendemos que essa escolha estética reflete uma tentativa de posicionar o *slow fashion* como um movimento que transcende a dimensão prática do produto, inserindo-o em um contexto mais amplo de responsabilidade socioambiental.

Por sua vez, todos os calçados vistos nessa categoria se relacionaram diretamente com o potencial de complexidade percebida, à medida que “[...] a complexidade é definida por um **elevado número de elementos**

configurativos e grande quantidade de características de ordenação. Na ótica da percepção humana, trata-se da **grande oferta de conteúdo no produto**, exigindo maior atenção do observador para compreensão da mensagem, o que gera insegurança” (Clementino *et al.*, 2021, p. 40, grifo nosso). Assim sendo, entendemos que essas estampas apresentam uma alta densidade de elementos figurativos e cores contrastantes, que criam um dinamismo visual significativo e aumentam a carga perceptiva para o observador. A multiplicidade de formas orgânicas, sobreposição de camadas e variedade cromática, além de detalhes específicos de cada padrão, contribuem para a sensação de abundância visual, características de configurações visuais complexas. Portanto, a complexidade, nesse caso, está atrelada ao esforço interpretativo e ao potencial impacto estético proporcionado pelas estampas, que se diferenciam dos modelos monocromáticos ou com padrões minimalistas, classificados como mais ordenados e de menor estímulo visual.

Com relação aos materiais, buscamos identificá-los visualmente, considerando seu aspecto aparente. A dimensão material é essencialmente relevante no contexto deste estudo, tendo em vista que trabalhos anteriores indicam que a busca por sustentabilidade em produtos se encontra diretamente ligada a um processo de inovação nos materiais utilizados, (Crabbé *et al.*, 2013; Tomazínakis *et al.*, 2022; Harsanto *et al.*, 2023) sobretudo em comparação com outros elementos do design e de estilo (Hur; Cassidy, 2019). Portanto, pesquisas e processos geralmente partem de uma vertente de problematização de matérias-primas danosas ao ambiente e, destarte, consideramos essa dimensão como basilar para a conformação de um sentido sustentável nos artefatos. Em pesquisas anteriores, entrevistando 50 designers de moda, Hur e Cassidy (2019) propõem um olhar para a implementação do conceito de sustentabilidade no processo de desenvolvimento de produtos, assim sendo, entendendo que:

Geralmente, os participantes consideravam a sustentabilidade uma questão importante, mas seu envolvimento com o design e sua implementação eram relativamente baixos. Sua estratégia de implementação era frequentemente limitada, e **a sustentabilidade não era uma prioridade em suas práticas de design de moda.** Os designers frequentemente encontravam dificuldade em equilibrar outros critérios **de design, como estética, estilo de moda, tendências de cores e custo. Selecionar faixas de materiais sustentáveis e processos de fabricação ecologicamente corretos geralmente consomem tempo e custam mais dinheiro para incorporar a sustentabilidade em suas práticas de design** (Hur; Cassidy, 2019, p. 8, tradução nossa, grifo nosso).

Nessa perspectiva, observamos matérias-primas como couro, lona e poliéster como os materiais mais comuns nos artefatos estudados (Figura 2).

Conforme os calçados analisados, observamos que o couro surge como o material mais frequente, evidenciando sua relevância no design de calçados — especialmente os de origem artesanal —, devido à sua durabilidade, tradicionalismo, apelo estético atemporal e questões associadas a elegância (Maluf; Hilbig, 2010; Marques; Guedes; Ferreira, 2017; Cavalcante; Medeiros, 2021; Correia; Cavalcanti, 2023). Notamos que essa preferência pelo couro pode se encontrar alinhada com os princípios do *slow fashion*, à medida que valorizam a durabilidade e a qualidade como formas de reduzir o descarte e promover o consumo consciente (Jung; Jin, 2014; Štefko; Steffek, 2018).

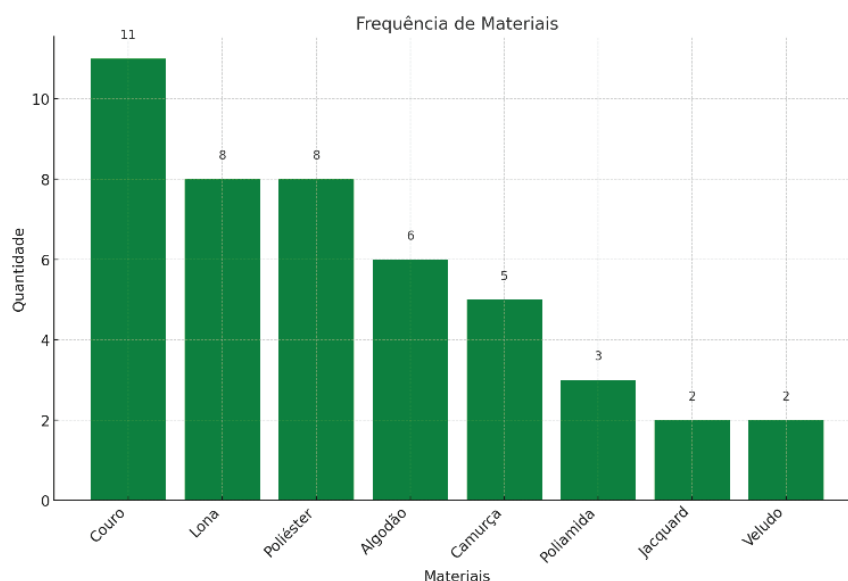


Gráfico 1 – Frequência dos materiais usados nos calçados *slow fashion*. Fonte: elaborado pelos autores.

Além disso, o apelo estético e a elegância do material reforçam a criação de peças com sentidos atemporais, em oposição à produção massiva e descartável típica da *fast fashion* (Jung; Jin, 2014; Štefko; Steffek, 2018). Outrossim, embora o couro seja frequentemente associado a material de origem animal, é importante considerar a possibilidade de que, no contexto do pensamento *slow fashion*, parte desse couro possa ser de origem sintética ou utilização de alternativas vegetais, como o couro de abacaxi (Silva; Paula; Luz, 2017) ou de cogumelos (Bernardi *et al.*, 2008), que têm ganhado espaço como opções éticas e sustentáveis, alinhando-se com os valores do movimento. É válido mencionar que como a análise é exclusivamente visual, não foi possível determinar com certeza os materiais utilizados nos calçados. Assim, os resultados estão condicionados a uma interpretação baseada apenas nos aspectos visuais dos artefatos.

Em seguida, encontramos evidência de materiais como algodão, lona e poliéster como relevantes, demonstrando a adoção de fibras diversas, com a lona, tradicionalmente composta por algodão, podendo incluir fibras naturais ou sintéticas, e o poliéster, frequentemente associado ao uso de materiais reciclados, mesmo sendo sintético e derivado do petróleo. No contexto do *slow fashion*, essas escolhas podem dialogar com o compromisso com a sustentabilidade, seja através de algodão orgânico ou poliéster reciclado. Sobre esses materiais, Hur e Cassidy (2019, p. 1, tradução nossa, grifo nosso) comentam que:

A complexidade dos processos de fornecimento de materiais e de fabricação têxtil torna um desafio distinguir o que é considerado material sustentável. **Várias matérias-primas e fibras naturais podem parecer “orgânicas”, mas podem ser contaminadas durante a extração do material e os processos de produção de fibra para tecido** dentro do atual sistema de fabricação têxtil, incluindo branqueamento, tingimento, impressão e acabamento. **Um único material pode conter componentes orgânicos e técnicos; este é o caso em misturas comuns de fibras, como poliéster e algodão [...].** Devido à complexidade envolvida nos processos de produção têxtil e de vestuário, tanto os varejistas quanto os consumidores podem achar difícil fazer escolhas éticas.

Por fim, o uso relativamente menor de materiais como camurça, veludo e jacquard indica uma aplicação voltada a nichos ou designs específicos, reforçando a exclusividade característica do *slow fashion*. Esses materiais, comumente associados a uma estética diferenciada, geralmente em produtos de preço mais elevado, conferem singularidade aos artefatos e refletem uma produção cuidadosa e seletiva (Jung; Jin, 2014; Štefko; Steffek, 2018). Essa abordagem valoriza a autenticidade e a atenção aos detalhes, elementos fundamentais para atender consumidores que buscam produtos únicos e com maior valor agregado, princípios vistos nos conceitos de exclusividade que conformam o movimento *slow fashion* (Jung; Jin, 2014; Štefko; Steffek, 2018).

Em seguida, propomos um olhar para a superfície dos calçados, entendendo-a como relevante para a interpretação visual dos artefatos (Löbach, 2001). Em sua estrutura, analisamos o efeito percebido, bem como a textura visual e tátil dos produtos (Clementino *et al.*, 2021). No caso dos calçados *slow fashion*, notamos a presença de apenas dois tipos de efeitos: fosco (30 calçados) e brilhoso (3 calçados). Nesse eixo, podemos explorar que a predominância do efeito fosco nos calçados pode refletir uma preferência por acabamentos discretos e naturais, possivelmente alinhados aos valores de simplicidade e autenticidade do movimento (Jung; Jin, 2014; Štefko; Steffek, 2018). Por sua vez, o uso limitado de acabamentos brilhosos sugere uma abordagem cautelosa, direcionada a nichos específicos ou a um público que valoriza uma estética mais destacada e diferenciada (Jung; Jin, 2014; Štefko; Steffek, 2018).

Quanto à dimensão das texturas, temos inicialmente a visual, “[...] aplicada quando o objeto é bidimensional, sendo percebida pelo olhar, embora possa **evocar sensações táteis**” (Clementino *et al.*, 2021, p. 35, grifo nosso). No contexto estudado, observamos que variou entre espontânea — quando mantinha o processo de criação, majoritariamente percebido nos calçados minimalistas — e decorativa — quando se configurava como um acréscimo estético, identificada nos calçados estampados. Por outro lado, com relação à parte tátil, entendemos como aquela que “[...] **pode ser sentida pelo toque**, pois se ergue acima da superfície de um desenho bidimensional e se aproxima de um relevo tridimensional. Ela **está presente em todos os tipos de superfícies materiais** [...]” (Clementino *et al.*, 2021, p. 35, grifo nosso). Nestes artefatos, os resultados variaram entre as mais minimalistas, sendo as lisas e ásperas/rugosas, e as de maior complexidade, como as organizadas — isto é, aquelas que os materiais propõem uma nova superfície.

Ademais, a análise das texturas nos calçados *slow fashion* evidencia uma dualidade entre suas dimensões visual e tátil, refletindo os princípios e valores estéticos desse movimento. Assim, demonstramos o que Silveira (2018, p. 111) argumenta ao falar que “[...] através de uma textura visualmente interessante, é possível estimular a curiosidade e atrair o observador para uma experiência física com o artefato, e aquilo que é visto pelos olhos pode ser confirmado através do toque”. No âmbito visual, as texturas espontâneas encontradas em calçados minimalistas podem se destacar como uma expressão do processo de criação, reforçando o caráter puro do artefato, dentro de uma perspectiva artesanal e orgânica da produção *slow fashion* (Lins; Lugli, 2017; Vieira, 2020). Por outro lado, as texturas decorativas, observadas em calçados estampados, introduzem uma camada adicional de contributo visual, muitas vezes associada à individualidade e à personalização do produto, influenciando na percepção de exclusividade comentada anteriormente (Jung; Jin, 2014; Štefko; Steffek, 2018).

Já na dimensão tátil, as superfícies lisas e ásperas/rugosas, características de texturas minimalistas, podem promover uma experiência sensorial direta e reforçam o foco na funcionalidade e na simplicidade (Jung; Jin, 2014; Şener; Bişkin; Kiliç, 2019). Em contraste, texturas mais organizadas, resultantes da

manipulação dos materiais para criar superfícies, apresentam maior complexidade e se aproximam de uma dimensão de experiência e diferenciação (Jung; Jin, 2014; Štefko; Steffek, 2018; Şener; Bişkin; Kilinç, 2019). Portanto, argumentamos que esse contraste evidencia como o *slow fashion* utiliza as texturas tanto para fins estéticos, como para conformar uma dimensão sensível e semântica nos produtos, a ser explorado nos tópicos posteriores.

6. Considerações finais

O movimento *slow fashion* tem se consolidado como uma resposta à lógica produtiva do *fast fashion*, promovendo práticas mais sustentáveis e um consumo mais consciente. Dentro desse contexto, o design de produtos desempenha um papel crucial na comunicação dos valores do movimento, especialmente por meio de sua configuração visual e material. Este estudo teve como objetivo analisar os elementos sintáticos do design de calçados *slow fashion*, investigando como a organização estrutural desses produtos contribui para a construção de significados e reforça os princípios da sustentabilidade. Para isso, utilizamos um estudo de caso centrado na análise de calçados de duas marcas brasileiras do segmento, examinando aspectos formais como linhas, formatos, materiais e texturas.

Os resultados evidenciaram que os calçados analisados apresentam padrões sintáticos coerentes com os ideais do *slow fashion*. Observamos que a maioria dos artefatos segue uma estrutura equilibrada e funcional, com predominância de formas geométricas nos modelos mais minimalistas e formas orgânicas nos produtos mais elaborados, especialmente nos calçados estampados. Além disso, os materiais utilizados evidenciam a busca por durabilidade e menor impacto ambiental, sendo o couro e os tecidos sustentáveis os mais recorrentes. Em relação às texturas e acabamentos, a prevalência de superfícies foscas e espontâneas reforça a estética natural e atemporal do movimento.

Com base nesses achados, podemos concluir que a dimensão sintática do design desempenha um papel fundamental na construção da identidade dos calçados *slow fashion*. A organização dos elementos visuais não apenas influencia a percepção estética do produto, mas também comunica valores de sustentabilidade e consumo consciente. A escolha criteriosa de materiais, formatos e padrões gráficos demonstra um alinhamento estratégico entre design e ética ambiental, criando uma narrativa visual coerente com os princípios do movimento.

Além disso, os resultados indicam que a relação entre estética e funcionalidade é cuidadosamente equilibrada nos produtos analisados. A presença de elementos visuais que evocam a natureza e a simplicidade reforça a intenção de criar artefatos que transcendem a moda efêmera, incentivando a longevidade e o apego emocional ao produto. Essa abordagem reafirma a importância de um design alinhado à sustentabilidade, não apenas em termos materiais, mas também no nível simbólico e comunicacional.

Apesar das contribuições deste estudo, algumas limitações devem ser consideradas. A análise foi baseada em um número restrito de marcas e modelos, o que poderia não representar a totalidade do mercado de calçados *slow fashion*. Além disso, a metodologia utilizada focou na análise visual dos artefatos, sem uma investigação aprofundada sobre os processos produtivos ou a percepção dos consumidores. Para pesquisas futuras, sugere-se expandir a amostra, incluir entrevistas com designers e consumidores, além de explorar metodologias que integrem aspectos simbólicos e funcionais do design de moda sustentável.

Referências

- BERLIM, L. **Moda e sustentabilidade**. São Paulo: Estação das Letras e Cores, 2016.
- BERNARDI, E.; MINOTTO, E. J. S. N.; NASCIMENTO, J. D. Aproveitamento de resíduo de curtume como suplemento no cultivo de *Pleurotus ostreatus*. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 75, n. 2, p. 243-246, 2008.
- BONFIM, G. A. **Idéias e formas na história do design**: uma investigação estética. João Pessoa: Editora Universitária/UFPB, 1998.
- BRAIDA, F.; NOJIMA, V. L. **Tríades do design**: um olhar semiótico sobre a forma, o significado e a função. Rio de Janeiro: Rio Books, 2014.
- CASTRO-LÓPEZ, A.; IGLESIAS, V.; PUENTE, J. *Slow Fashion* trends: are consumers willing to change their shopping behavior to become more sustainable?. **Sustainability**, v. 13, n. 24, p. 138158, 2021.
- CORTAZAR, L. O.; CACHÓN-RODRÍGUEZ, G.; PASCUAL NEBRED, L.; MEDRANO, M. L. Motivational dimensions of *Slow Fashion* to promote environmentally and socially sustainable consumption in the fashion industry. **Journal of Fashion Marketing and Management: An International Journal**, v. 29, n. 5, p. 761-780, 2025.
- CLEMENTINO, T. O.; SILVA, I. F.; ARRUDA, A. J. V. Ferramenta para auxílio à análise visual. **Educação Gráfica**, v. 25, n. 1, p. 28-48, 2021.
- DANTAS, Í. J. M.; CURTH, M.; TEIXEIRA, D. P.; JÚNIOR, G. S.; BATISTA, F. E. A. Is there a color for sustainability in fashion products? A case study with Brazilian *Slow Fashion* footwear. **Cultura e Scienza del Colore - Color Culture and Science**, v. 17, n. 1, p. 45-56, 2025.
- DOMINGOS, M.; VALE, V. T.; FARIA, S. *Slow Fashion* consumer behavior: a literature review. **Sustainability**, v. 14, n. 5, p. 2860, 2022.
- FLETCHER, K.; GROSE, L. **Moda & sustentabilidade**: design para mudança. São Paulo: Senac, 2012.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- GOMES FILHO, J. **Design do objeto**: bases conceituais. São Paulo: Escruturas Editora, 2006.
- HARSANTO, B.; MULYANA, A.; FAISAL, Y. A.; SHANDY, V. M.; ALAM, M. Sustainability innovation in small medium enterprises (SMEs): a qualitative analysis. **Qualitative Report**, v. 28, n. 11, 2023.
- HUR, E.; CASSIDY, T. Perceptions and attitudes towards sustainable fashion design: challenges and opportunities for implementing sustainability in fashion. **International Journal of Fashion Design, Technology and Education**, 2019.
- JUNG, S.; JIN, B. A theoretical investigation of *Slow Fashion*: sustainable future of the apparel industry. **International Journal of Consumer Studies**, v. 38, n. 5, p. 510-519, 2014.

LEE, E.; WEDER, F. Framing sustainable fashion concepts on social media: an analysis of #slowfashionaustralia Instagram posts and post-COVID visions of the future. **Sustainability**, v. 13, n. 17, p. 9976, 2021.

LINS, H. B. D.; LUGLI, D. Técnicas artesanais em uma coleção de malharia retilínea *Slow Fashion*. **Revista D.: Design, Educação, Sociedade e Sustentabilidade**, Porto Alegre, v. 9, n. 1, p. 40-53, 2017.

LOBACH, B. **Design industrial**. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

MALUF, M. L. F.; HILBIG, C. C. Curtimento ecológico de peles de animais para agregação de valor através da confecção de artesanato. **Varia Scientia**, v. 9, n. 15, p. 75-79, 2010.

MARQUES, A.; GUEDES, G.; FERREIRA, F. Leather wastes in the Portuguese footwear industry: new framework according design principles and circular economy. **Procedia Engineering**, v. 200, p. 303-308, 2017.

MEIO SUSTENTÁVEL. **Sapatos sustentáveis**. Disponível em: <https://meiosustentavel.com.br/sapatos-sustentaveis/>. Acesso em: 26 dez. 2024.

MENEGUCCI, F. *et al.* Resíduos têxteis: análise sobre descarte e reaproveitamento nas indústrias de confecção. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 2015, Rio de Janeiro. **Anais** [...]. [s.l.]: CNEG & OINOVARSE, 2015. p. 1-12.

NIEMEYER, L. **Elementos de semiótica aplicados ao design**. Rio de Janeiro: 2AB, 2003.

SANTOS, D. F. *et al.* Design, calçados e artesanato: um mapeamento do setor calçadista brasileiro pelo viés da sustentabilidade. **Revista Transverso**, v. 1, n. 13, p. 95-110, 2024.

SILVA, C. P.; DE PAULA, M. G. S.; LUZ, F. F. Fruta na passarela: utilização da folha de abacaxi como tecido sustentável. **Disciplinarum Scientia: Naturais e Tecnológicas**, v. 18, n. 1, p. 159-167, 2017.

SILVEIRA, N. B. M.. **Morfologia do objeto**: uma abordagem da gramática visual/formal aplicada ao design de artefatos materiais tridimensionais. 2018. 185 f. Tese (Doutorado em Design) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018.

SOLINO, L. J. S.; TEIXEIRA, B.; DANTAS, Í. D. M. The sustainability in fashion: a systematic literature review on *Slow Fashion*. **International Journal for Innovation Education and Research**, v. 8, n. 10, p. 164-202, 2020.

ŠTEFKO, R.; STEFFEK, V. Key issues in *Slow Fashion*: Current challenges and future perspectives. **Sustainability**, v. 10, n. 7, p. 2270, 2018.

TOMAZINAKIS, S.; VALAKAS, G.; GAKI, A.; DAMIGOS, D.; ADAM, K. The importance and challenges of sustainable development for the raw materials sector: the views of key stakeholders in three ESEE countries. **Sustainability**, v. 14, n. 7, p. 3933, 2022.

VELASCO-MOLPECERES, A.; ZARAUZA-CASTRO, J.; PÉREZ-CURIEL, C.; MATEOS-GONZÁLEZ, S. *Slow Fashion* as a communication strategy of fashion brands on Instagram. **Sustainability**, v. 15, n. 1, p. 423, 2022.

VIEIRA, S. C. **Moda, artesanato e imaginário social:** o *Slow Fashion* como potência simbólica na sociedade pós-moderna. 2020. Dissertação (Mestrado em Ciências da Linguagem) — Pós-graduação em Ciências da Linguagem, Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2020.

YIN, R. K. **Estudo de caso:** planejamento e métodos. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

ZAFARMAND, S. J.; SUGIYAMA, K.; WATANABE, M. Aesthetic and sustainability: the aesthetic attributes promoting product sustainability. **The Journal of Sustainable Product Design**, v. 3, n. 3, p. 173-186, 2003.

TRANS VERSO

02 Princípios e movimentos para uma jornada projetual transformadora: uma proposta de design estratégico regenerativo

recebido em 07/09/2025
aprovado em 03/10/2025

Princípios e movimentos para uma jornada projetual transformadora: uma proposta de design estratégico regenerativo

Carolina Tomaz Barbosa
carolinatomazbarbosa@gmail.com
Unisinos

Karine de Mello Freire
redesigndevidas@gmail.com
PUC-RIO

RESUMO (PT): Diante das polícrises do século XXI, o paradigma mecanicista, patriarcal e capitalista que guia o design e o desenvolvimento humano demonstra ser insustentável e degenerativo. Este artigo propõe o Design Estratégico Regenerativo (DER) como uma abordagem inovadora para transitar de uma cosmovisão antropocêntrica para uma biocêntrica, fomentando uma cultura regenerativa. Fundamentado no Bem Viver (ontologia), Ecofeminismo (epistemologia) e Pensamento Sistêmico, o DER busca transformar práticas degenerativas em processos que respeitam e regeneram a vida em todas as suas formas. O trabalho detalha doze princípios metodológicos (ontológicos, epistemológicos e metodológicos) e oito movimentos projetuais, exemplificando como se traduzem em ações concretas de design. O artigo oferece um guia prático para designers, comunidades e organizações co-criarem futuros regenerativos e justos para todo o ecossistema planetário.

Palavras-chave: design regenerativo, design estratégico, bem viver, ecofeminismo, co-design sentipensante.

ABSTRACT (ENG): In the face of the polycrises of the 21st century, the mechanistic, patriarchal, and capitalist paradigm guiding design and human development proves to be unsustainable and degenerative. This article proposes Regenerative Strategic Design (RSD) as an innovative approach to transition from an anthropocentric to a biocentric worldview, fostering a regenerative culture. Grounded in Buen Vivir (ontology), Ecofeminism (epistemology), and Systems Thinking, RSD seeks to transform degenerative practices into processes that respect and regenerate life in all its forms. The work details twelve methodological principles (ontological, epistemological, and methodological) and eight design movements, exemplifying how these translate into concrete design actions. The article offers a practical guide for designers, communities, and organizations to co-create regenerative and just futures for the entire planetary ecosystem.

Keywords: regenerative design, strategic design, buen vivir, ecofeminism, sentient co-design.

1. Introdução: o chamado à regeneração no design

A história recente do design, embora impulsionada pela inovação, tem sido cúmplice de um sistema que exaure recursos e acentua desigualdades. O Design Estratégico, que surgiu no início dos anos 2000 com o objetivo de promover inovações sociais e sustentáveis, já reconhecia a necessidade de uma transição. No entanto, a intensificação da crise climática, a perda de biodiversidade e a crescente injustiça social — evidenciadas por relatórios como os da OXFAM (2024) e do IPCC¹ (2022) que alertam para a concentração de riqueza nas mãos de poucos e a projeção de escassez de água e fome para milhões de pessoas nas próximas décadas — exigem que o design vá além da sustentabilidade: antes de sustentar, é preciso regenerar. O ano de 2024, considerado o mais quente desde o período pré-industrial, com impactos climáticos extremos, sublinha a urgência de uma mudança.

Diante desse cenário global de “policrises” interdependentes — sociais, ambientais e econômicas, conforme descrito por Morin (1990) — os sistemas políticos, sociais, econômicos e culturais vigentes, baseados em um paradigma mecanicista, cartesiano, patriarcal e capitalista, têm se mostrado destrutivos para a vida. Historicamente, o design industrial, impulsionado pela Revolução Científica e Industrial, focou na produção de bens sem considerar seus impactos ambientais e sociais, refletindo uma economia degenerativa. Reconhecendo a cumplicidade do design nesse processo, acredita-se que ele também pode ser um elemento catalisador de mudança rumo a uma nova cultura regenerativa.”

Este trabalho propõe o Design Estratégico Regenerativo (DER) como um meio para transitar de uma cosmovisão antropocêntrica para uma biocêntrica, e de uma cultura degenerativa para uma regenerativa.

O DER diferencia-se do Design Estratégico tradicional, que busca criar significado em níveis individuais e coletivos, promovendo sustentabilidade em produtos, serviços e sistemas. Conforme Daniel Wahl (2020), citado no texto, o design precisa ir além da sustentabilidade e focar na regeneração, abordando questões ambientais, sociais e culturais. A sustentabilidade é entendida como um objetivo de equilíbrio ecossistêmico, enquanto a regeneração é o caminho fundamental para atingir esse objetivo.

Ao incorporar uma cultura regenerativa, o DER propõe mudanças ontológicas, epistemológicas e metodológicas, inspiradas nas relações naturais e na epistemologia ecofeminista. Ele busca resgatar a espiritualidade e reverenciar a sacralidade da vida.

O objetivo central deste estudo é estimular a reflexão sobre o DER, enfatizando os conceitos de regeneração e design regenerativo. Isso visa colocar o bem-estar e o cuidado com a vida no centro dos processos decisórios, guiados por uma abordagem ecossistêmica em que a natureza atua como mentora.

A metodologia de pesquisa utilizada para desenvolver esta proposta incluiu uma revisão bibliográfica não sistemática, explorando uma variedade de fontes para compreender temas emergentes como cultura regenerativa a partir de epistemologias do sul global.

É relevante destacar que esta pesquisa foi conduzida logo após a de Natalí Garcia (2022), que, fundamentada no conceito das Três Ecologias de Guattari, explorou a interseção entre o Design Regenerativo e o Design Estratégico.

1 The Intergovernmental Panel on Climate Change

Embora ambas as pesquisas sejam sobre o Design Estratégico Regenerativo, elas adotam perspectivas epistemológicas distintas: enquanto Garcia (2022) fundamentou sua investigação nas Três Ecologias de Guattari, este estudo se ancora nos conceitos de Bem Viver (Acosta, 2016), Ecofeminismo (Mies & Shiva, 2014) e Pensamento Integral, Ecológico e Sistêmico (Meadows, 2009; Lovelock, 2016; Wilber, 2017).

Nas seções seguintes, será apresentada a abordagem do Design Estratégico Regenerativo, detalhando suas bases ontológicas e epistemológicas, seus princípios metodológicos e, crucialmente, os oito movimentos que guiam sua jornada projetual, exemplificando como estes se traduzem em ações concretas de design.

2. Bases ontológicas e epistemológicas do design estratégico regenerativo

A proposta de um Design Estratégico Regenerativo (DER) visa promover transformações para que as diversas formas de vida possam coexistir na Terra. Fundamenta-se na compreensão de que o Design, a partir de coletivos criativos, elabora estratégias organizacionais para criar inovações sociais. Esta pesquisa opera a partir de uma ontologia biocêntrica, que considera todas as formas de vida sagradas e interconectadas, as quais devem ser respeitadas para que o equilíbrio dos ecossistemas se mantenha e a Terra tenha condições de se regenerar.

Autores que fundamentam essa ontologia aproximaram a ciência e a espiritualidade na proposição de uma ecologia profunda, na qual uma mudança de consciência, de natureza espiritual, nos leva à reconexão com a nossa verdadeira natureza interdependente de todas as formas de vida, como expressa John Seed: “Não somos separados das montanhas, precisamos pensar como montanhas” (Seed, 2021). Essa ontologia é a base do pensamento indígena, no qual a Natureza é reverenciada por sua inteligência e consciência (Krenak, 2020; Wera, 2023).

Este estudo se ancora nos conceitos de Bem Viver (Acosta, 2016), Ecofeminismo (Mies & Shiva, 2014) e Pensamento Integral, Ecológico e Sistêmico (Meadows, 2009; Lovelock, 2016; Wilber, 2017), cada um desempenhando um papel fundamental na estrutura conceitual da pesquisa.

- **Bem Viver como ontologia:** o Bem Viver, inspirado nas cosmovisões indígenas andinas, é adotado aqui como base ontológica, pois define a maneira como a realidade e a existência são compreendidas. Ele propõe uma visão de mundo baseada na interdependência, na harmonia entre seres humanos e natureza, e na recusa da lógica extrativista e individualista do sistema hegemônico. Nesta perspectiva, a Terra não é um recurso a ser explorado, mas um ser vivo com o qual os humanos devem estabelecer relações de respeito e reciprocidade.
- **Ecofeminismo e pensamento integral, ecológico e sistêmico como bases epistemológicas:** a partir da ontologia relacional do Bem Viver, a pesquisa se fundamenta em uma epistemologia que busca integrar diferentes formas de conhecimento. O Ecofeminismo (Mies & Shiva, 2014) fornece uma lente crítica para compreender as relações de poder que sustentam a exploração da natureza e das mulheres, enfatizando a necessidade de uma perspectiva regenerativa e não

hierárquica. Já o Pensamento Integral, Ecológico e Sistêmico permite uma abordagem que transcende a fragmentação disciplinar, reconhecendo a interconectividade entre os sistemas vivos e as múltiplas dimensões da realidade.

Dessa forma, o Bem Viver estrutura a visão fundamental sobre a existência (ontologia), enquanto o Ecofeminismo e o Pensamento Integral, Ecológico e Sistêmico fornecem os referenciais epistemológicos que orientam a produção e validação do conhecimento nesta pesquisa.

2.1 Bem Viver como ontologia

O Bem Viver (ou *Buen Vivir*, em sua língua original) é um conceito fundamentado na cosmovisão andina, pautada no equilíbrio, na harmonia e na convivência entre os seres, tanto do indivíduo consigo mesmo, quanto com a sociedade e o planeta. Defende que as decisões e projetos não devem focar exclusivamente nos humanos, mas sim no “ser humano vivendo em comunidade e harmonia com a Natureza” (Acosta, 2016, p. 27).

Acosta (2016), autor de *O Bem Viver*, político, economista e defensor dos “Direitos da Natureza”, na Constituição do Equador, apresenta essa visão como uma alternativa à cultura capitalista. Originada nos povos indígenas andinos do Equador e Bolívia, conhecidos como *Sumak Kawsay* em quíchua e *Suma Qamaña* em aymara, respectivamente, ela propõe uma sociedade com laços comunitários sólidos, fundamentada em solidariedade, compartilhamento, e onde a natureza é considerada sujeito, não objeto. O Bem Viver emerge das lutas sociais de povos indígenas, camponeses, afrodescendentes, ambientalistas, mulheres e jovens, que coletivamente buscavam uma nova forma de vida (Gudynas & Acosta, 2011; Acosta, 2016). Segundo Escobar (2016), essa cosmovisão desafia a ideia ocidental de desenvolvimento e progresso, propondo um sistema econômico centrado em dignidade humana e justiça socioambiental. Acosta (2016) destaca que a cultura do Bem Viver é intrinsecamente decolonial e feminista, baseando-se em uma cosmovisão não ocidental e não capitalista. Adota uma visão não antropocêntrica, reconhecendo o valor intrínseco da natureza, fundamental para a sustentação da vida. Isso implica que todos os seres vivos têm o mesmo valor ontológico, com atividades como cultivos e criação de animais sendo analisadas dentro de uma perspectiva ecossistêmica saudável.

O capitalismo, com sua premissa de acumulação de capital baseada no lucro, propriedade privada e liberdade econômica, tem sido o modelo dominante. Acosta (2016) relembra que o conceito de “desenvolvimento” e “subdesenvolvimento” foi institucionalizado em 1949 por Harry Truman, com o Produto Interno Bruto (PIB) se tornando o principal indicador de progresso. No entanto, esse modelo levou à exploração de recursos e à marginalização de populações vulneráveis. O Bem Viver questiona a ética do “viver melhor” do capitalismo e propõe um “diálogo permanente e construtivo de saberes e conhecimentos ancestrais com a parte mais avançada do pensamento universal, em um processo de contínua descolonização da sociedade” (Acosta, 2016, p. 209).

A cultura do Bem Viver tem como principal valor a solidariedade, oposta à competição e exploração capitalista. Propõe trocas e relações de colaboração que proporcionem suficiência sustentada pela reciprocidade, reconhecendo o trabalho produtivo e reprodutivo e defendendo a inclusão e igualdade de gênero. O trabalho é dignificado, e a produção visa o suficiente para todos, sem exploração da natureza ou do ser humano. Exemplos de práticas econômicas indígenas que inspiram o Bem Viver incluem:

- *Minka* (minga): Organização coletiva para objetivos comuns, um mutirão comunitário que atua em problemas sem esperar ajuda externa.
- *Ranti-Ranti*: Intercâmbio baseado em valores culturais de dar e receber, priorizando o outro.
- *Chukchina*, *chalana* ou *challina*: Prática de coletar restos da colheita e compartilhar para atender a todos, minimizando desperdícios.

Essas práticas demonstram uma cultura de relações solidárias, recíprocas e corresponsáveis, que devem ser a base de um design regenerativo. O Bem Viver é um movimento de “mudança civilizatória” (Acosta, 2016, p. 231) que busca construir um mundo sustentável, justo, igualitário, livre e mais humano, resgatando saberes e tradições indígenas como uma proposta decolonial (Gudynas & Acosta, 2011).

2.2 Ecofeminismo como epistemologia

Vandana Shiva, renomada ecofeminista, já alertava em 1988 que o discurso de progresso era a “roupagem” do projeto patriarcal ocidental de pós-colonização, no qual o colonialismo é crucial para o crescimento do capitalismo, baseado na exploração e exclusão de mulheres, na degradação da natureza e na erosão de outras culturas (Shiva, 1988, p. 1).

Nesse contexto, o ecofeminismo estabelece uma conexão direta entre as ações humanas e a crise ambiental, entrelaçando o ativismo feminista e ecológico e ressaltando a preocupação com a dominação masculina sobre mulheres e natureza. O termo foi cunhado por Françoise d'Eaubonnes em 1974, clamando por uma revolução feminista para assegurar a sobrevivência ecológica global.

Nesta pesquisa, seguimos a perspectiva de Howell (1997), que considera o ecofeminismo como uma epistemologia que defende igualmente os direitos dos seres humanos e da Natureza. Essa epistemologia enxerga mulheres, povos excluídos e a natureza como vítimas de opressão, exploração e injustiça. Quatro princípios básicos moldam o pensamento ecofeminista (Howell, 1997):

1. **Transformação Social:** necessária para a sobrevivência e justiça, promovendo igualdade, diversidade cultural, não-violência e estabelecendo instituições participativas e não hierárquicas. Requer a substituição do poder hierárquico por relações de reciprocidade e solidariedade.
2. **Transformação Intelectual:** rejeita a lógica normativa baseada em dualismos e hierarquias estereotipadas, propondo um pensamento holístico, integral e sistêmico, oposto ao dualismo que favorece a dominação.
3. **Ciência da Ecologia como Base:** valoriza a natureza por sua virtude intrínseca, em contraste com a visão capitalista de matéria-prima. Destaca a importância da diversidade para a sobrevivência e o equilíbrio biológico da biosfera.
4. **Diversidade Humana:** defende não apenas a diversidade de espécies, mas também a humana, reconhecendo o valor intrínseco e a subjetividade de mulheres, pessoas de cor e pobres, e superando formas hierárquicas de dominação cultural, sexual e religiosa.

A dimensão espiritual é parte integrante da abordagem ecofeminista, alinhando-se à perspectiva dos povos indígenas que veem a Mãe Terra como um ser sagrado, resgatando crenças ancestrais que respeitavam e honravam a natureza e seus ciclos.

Mies e Shiva (2014) afirmam que a forma como a mulher é tratada na sociedade reflete a cultura patriarcal ocidental, que coloca o homem branco em posição superior, promovendo exploração e destruição. A desconexão com a energia feminina é vista como uma raiz do comportamento competitivo e dominador dos homens, levando à crise socioambiental. Gaard (2015) mostra que mulheres e crianças são desproporcionalmente afetadas pela crise climática, tendo 14 vezes mais chances de morrer em desastres ecológicos, como exemplificado pelo ciclone *Gorky* e o tsunami em Aceh. Isso corrobora que a crise climática reforça a pobreza do tempo das mulheres (Olivera *et al.*, 2021, p. 24).

O ecofeminismo correlaciona o comportamento de opressão com a exploração do meio ambiente, das mulheres e de outros grupos raciais. O discurso de “modernização” e “desenvolvimento” é visto como uma retórica masculina para a degradação do mundo natural e uma desculpa para explorar a população mais vulnerável (Mies & Shiva, 2014). Assim, este trabalho defende um design estratégico regenerativo que abraça a dimensão ecofeminista para promover uma sociedade mais justa para todos os seres vivos, humanos e mais-que-humanos. O ecofeminismo traz a espécie humana de volta para dentro da natureza, valorizando os ciclos da vida e a interdependência.

2.3 Pensamento integral, ecológico e sistêmico como metodologia

Nosso planeta não é uma máquina, ele é um ecossistema, um organismo vivo (Lovelock, 2016). Dessa compreensão decorre que todos os atores e elementos que fazem parte desse ecossistema planetário apresentam uma relação de interdependência. E, sendo um organismo vivo, possui inteligência e consciência. O ser humano é apenas um integrante desse organismo vivo, que precisa aprender a conviver respeitosamente com outras formas de vida que interagem nesse mesmo organismo. A visão integral considera os níveis de consciência interior-individual, exterior-individual, interior-coletivo e exterior-coletivo, na relação do eu com a cultura e a natureza (Wilber, 2017). Da interconexão dos sistemas individuais, sociais e naturais emerge a ecologia integral. A visão integral requer outro modo de pensamento que considera os sistemas e suas interconexões. O pensamento reducionista, herança da era moderna, lida com problemas de forma isolada, separando o problema do contexto e tratando-o linearmente, o que é inadequado para sistemas complexos.

Em contraste, o pensamento sistêmico assume que as relações de causalidade são dinâmicas, com componentes afetando-se de maneiras inesperadas. A espiritualidade é uma dimensão importante da visão integral, que encoraja uma perspectiva holística e um foco na interconexão de todas as coisas. Brené Brown (2020) define espiritualidade como uma prática que nos conecta a algo maior, encontrando significado e propósito. Essa conexão com a totalidade nos permite perceber como “interseres”, termo cunhado pelo monge budista Thich Nhat Hanh (1995), que aponta uma mudança de percepção, indo na contramão da narrativa de separação imposta pela cultura ocidental. Essa cosmovisão está alinhada à perspectiva ecofeminista, que vê todos os seres como iguais, como parte da natureza, e uma das causas-raízes das crises atuais é a hierarquia e subjugação. Ailton Krenak (2022) exemplifica o

“interser” ao destacar que a água, a natureza, possui espírito e inteligência, e que ao sujar as águas, acabamos com a nossa própria existência, pois somos 70% água. “Sejamos água, em matéria e espírito, em nossa movência e capacidade de mudar de rumo, ou estaremos perdidos” (Krenak, 2022).

Donella Meadows (2009) enfatiza a importância do pensamento sistêmico para enfrentar desafios globais como mudanças climáticas, pobreza e desigualdade social. Ela argumenta que compreender e modificar sistemas vai além de apenas analisá-los; envolve perceber as interações e o potencial para mudança que podem ajudar a atingir objetivos específicos, identificando “pontos de alavancagem” para grandes impactos. Wahl (2020) propõe que, ao analisar um sistema, ao invés de olhar para suas partes, é necessário entender esse sistema e suas relações e, a partir dali, explorar soluções ganha-ganha-ganha a fim de melhorar a saúde geral e a sustentabilidade daquele sistema como um todo.

Campbell (2022) explica que sistemas são definidos por suas inter-relações e funcionalidades, e o pensamento sistêmico lida com essas relações, acolhendo a incerteza e imprevisibilidade. Ela propõe seis princípios para guiar o pensamento sistêmico em situações complexas:

1. Relacionamento e consequências: as partes de um sistema são inter-relacionadas, e essas relações têm consequências, promovendo uma visão holística.
2. Cadeia de mudanças: a mudança em um lugar gera mudanças em outro, com efeitos que podem variar no tempo, espaço e escala.
3. Estrutura impulsiona comportamento: é preciso entender a estrutura de um sistema, pois ela impulsiona seu comportamento. Sem mudança na estrutura, não há mudança nos resultados.
4. Padrões recorrentes: focar nos padrões recorrentes na estrutura do sistema, em vez de eventos individuais.
5. Perspectivas e modelos mentais: moldam nossa visão do sistema; o pensamento sistêmico abraça múltiplas perspectivas.
6. Mudança constante: sistemas estão sempre mudando, levando a resultados inesperados, exigindo flexibilidade e adaptabilidade.

Reconhecer as relações de interdependência dos elementos de um sistema é a base do pensamento sistêmico, desviando o olhar dos elementos para as relações que se estabelecem entre eles. Portanto, este trabalho sublinha a importância do pensamento sistêmico como um dos fundamentos do DER, integrando cuidado, conexão e atenção às questões ambientais e sociais, promovendo inovações socioambientais. O DER transcende a visão centrada apenas no humano (elemento) para uma visão ecossistêmica (das relações entre humanos e mais-que-humanos) para um bem viver de todos (ecologia integral).

3. Design estratégico e a proposta regenerativa

O Design Estratégico é uma abordagem que diz respeito à produção de sentido, tanto em níveis individuais como coletivos, e busca agir, através da projeção de cenários orientados à inovação e sustentabilidade (Franzato *et al.*, 2015). Vai além de uma proposta produto-serviço, envolvendo criar estratégias

que considerem todo o ecossistema onde atua. É uma metodologia capaz de contribuir em uma transição para a sustentabilidade, promovendo tanto estratégias de ecoeficiência quanto mudanças no comportamento social (Meroni, 2008). Zurlo (2010) e Freire (2015) defendem-no como um processo aberto de design, que observa o contexto do projeto, permitindo inovação e criatividade, e problematizando questões e sistemas vigentes (Freire, 2017).

Meroni (2008) apresenta o Design Estratégico como uma disciplina que lida com questões emergentes e complexas, não apenas resolvendo, mas compreendendo a raiz dos problemas, e valorizando iniciativas de base que impulsionam a inovação social. Trabalha com a projeção de cenários a partir de visões e interesses comuns, sendo, por isso, uma metodologia de co-design que acredita na cocriação para alcançar propostas criativas e inovadoras. Mais do que resolver problemas, o Design Estratégico rompe com a lógica reducionista e mecanicista, abraçando a complexidade, instigando os designers a irem mais fundo na raiz dos problemas e a cocriarem ferramentas e metodologias que auxiliem além do problema apresentado. Ele emerge diante dos desafios e complexidades da atualidade, migrando de uma cultura focada na indústria para uma que considera todo o sistema em que está inserida.

Manzini (2017) destaca a evolução do design, que amplia seu escopo de atuação centrado em produtos industriais para atuar no redesenho de organizações e ecossistemas e criar ambientes mais inclusivos, diversos e resilientes. Isso se dá por meio de uma abordagem mais participativa, onde o processo projetual é feito de forma colaborativa. Cross (Dorst & Cross, 2001) e Manzini (2017) afirmam que o design é uma habilidade humana natural, tornando todos designers — especialistas ou “difusos” — capazes de projetar soluções para sua realidade. O co-design, então, integra esses diferentes atores no processo projetual.

O DER propõe que o Design Estratégico incorpore a cultura regenerativa, com uma proposta de evoluir em sua abordagem, incluindo a questão da sustentabilidade, sugerindo que o processo projetual vise a regeneração como uma mudança cultural. Ademais, o DER enfatiza os sistemas vivos como pilar de sua abordagem, sendo a natureza sua inspiração. Outro ponto a se destacar é que o DER não separa o cuidado e o olhar das questões ambientais das questões sociais, atuando para a promoção de inovações socioambientais. Além disso, destaca o sentir, o intuir e o corpo para o processo de co-design, utilizando o termo sentipensante. O DER sai de uma visão centrada apenas no humano para uma visão mais ecossistêmica, cujo objetivo é atuar para o bem do planeta, atento às questões socioambientais do nosso ecossistema (Forlano, 2017).



Figura 1 – Design Estratégico x Design Estratégico Regenerativo. Fonte: elaborado pelas autoras.

4. Co-design sentipensante: o sentir para o agir

Daniel Wahl (2020) destaca que viver as perguntas de forma conjunta e buscar soluções colaborativamente é aplicar a inteligência coletiva a serviço da transformação cultural, base de um design regenerativo. O co-design é o caminho de aproximação do processo criativo ao usuário valorizando a sua colaboração e participação nos processos criativos e de inovação (Sanders e Stappers, 2008). A colaboração, diferente da cooperação, envolve trabalhar em conjunto desde o início, estabelecendo laços de confiança, corresponsabilidade e apoio mútuo, o que enriquece os projetos e os torna mais criativos, inovadores e resilientes (Damiani, 2008).

Desde a década de setenta, Nigel Cross (1972) já apontava a necessidade de novas abordagens no design, com a participação cidadã na tomada de decisões. Na América Latina, Orlando Fals Borda desenvolveu a “investigação-ação-participativa” (IAP), uma forma de design participativo que formaliza metodologias alternativas de investigação e ação, focada em problemas regionais e locais para promover processos emancipatórios (Ibarra, 2020). Sanders e Stappers (2008) destacam que o co-design, ao dar voz igual a todos os envolvidos, rompe com a cultura capitalista de hierarquia e competição, no entanto, o designer especialista continua a sistematizar o processo e a criar metodologias e ferramentas que promovam a cocriação.

Para ir além, estimulando uma cultura regenerativa, este trabalho adota o conceito de co-design sentipensante. Essa palavra, utilizada por comunidades ribeirinhas afrodescendentes da Colômbia e disseminada por Fals Borda, significa “agir com o coração usando a cabeça” (Gómez, 2021, p. 510). Ela questiona a separação entre mente e corpo, razão e emoção, humano e natureza, secular e sagrado, vida e morte, promovendo a unicidade e valorizando saberes e territórios locais. Maturana (2003) aponta que a ênfase no racional nos cegou para nossas emoções e sentimentos.

Akama, Hagen e Whaanga-Schollum (2019) problematizam metodologias de co-design pré-formatadas e eurocêtricas, que muitas vezes desconsideram a importância da escuta profunda, o reconhecimento das características do grupo, os contextos históricos e ambientais, e as imprevisibilidades. Elas defendem a necessidade de desenvolver laços de conexão e afetos antes, durante e depois do processo, permitindo que as pessoas se sintam à vontade

para se expressar, gerando maior envolvimento e pertencimento. Na mesma direção, Ann Noel (2020) vem desenvolvendo trabalhos para que a subjetividade e o olhar do designer sejam reconhecidos. A autora afirma que o designer não é cultural ou politicamente neutro, apontando que suas características pessoais inevitavelmente se manifestam no projeto. Incluir pessoas diversas e reconhecer a ausência de vozes são passos importantes para uma verdadeira empatia. Para auxiliar nesta jornada, Ann Noel (2021) desenvolveu o “Alfabeto Crítico para Designer”, uma ferramenta para operar no DER. Três princípios podem auxiliar nesta jornada para um co-design inclusivo e participativo (Ann Noel & Paiva, 2021):

- 1. Reconhecer a exclusão:** perguntar quem ou qual grupo está sendo excluído.
- 2. Resolver para um e estender para muitos:** projetar visando a acessibilidade minimiza preconceitos e melhora a experiência geral.
- 3. Aprender com a diversidade:** ter representantes ou histórias de uma pluralidade de pessoas (idade, gênero, raça, crenças, culturas, habilidades) torna o projeto mais resiliente.

Ibarra (2020) defende que os vínculos devem ser estabelecidos não apenas entre os participantes do projeto, mas também com a comunidade e o ecossistema. Esses vínculos permitem que o projeto produza conhecimento e promova uma transformação social naquele território, impulsionando a prática sentipensante de Fals Borda. O co-design sentipensante promove um design emancipatório, que sai de métodos preestabelecidos e valoriza o real, fluido e conectado com os saberes e realidades locais de seus participantes. O processo deixa de ser passivo para ser criativo, guiado pela intuição e pelo fluxo. Observar, sentir e ouvir são peças fundamentais que rompem com o paradigma mecanicista, conectando-nos verdadeiramente com o mundo e suas demandas. Freire e Del Gaudio (2021) apresentaram uma experimentação dessa nova formação de cultura de design com alunos do Bacharelado Interdisciplinar de Artes, Humanidades e Tecnologia, estimulando um agir projetual que unia a técnica ao sentir, à corporeidade, aos afetos e à conexão consigo mesmo e com a comunidade. Por todas essas características, o co-design sentipensante é um pilar fundamental do DER, enfatizando o sentir, a participação genuína de um grupo diverso e o questionamento de modelos preestabelecidos.

5. Princípios metodológicos do Design Estratégico Regenerativo (DER)

O Design Estratégico Regenerativo (DER) é fundamentado em doze princípios que são essenciais para orientar uma jornada projetual que não só respeita a interconexão e a complexidade dos sistemas em que operamos, mas também promove uma cultura de regeneração e sustentabilidade. Estes princípios, derivados das bases conceituais do DER (Bem Viver, Ecofeminismo e Pensamento Sistêmico), formam a espinha dorsal da proposta de uma jornada rumo a um design regenerativo. A operação projetual por meio desses princípios é crucial para transcender os antigos paradigmas do design, que frequentemente priorizavam o lucro em detrimento do bem-estar humano e ecológico. O DER propõe uma mudança de paradigma, onde a regeneração de sistemas sociais e culturais é vista como o objetivo central do design. Para cada dimensão, destacam-se quatro princípios fundamentais para orientar uma jornada projetual regenerativa.

Dimensões ontológicas

- **Colaborativo:** promove a cooperação coletiva para alcançar objetivos comuns, fortalecendo a sinergia.
- **Solidário:** foca no cuidado e na empatia pelos outros, oferecendo suporte e assistência, especialmente aos em desvantagem.
- **Decolonial:** valoriza conhecimentos e recursos locais, desafiando as perspectivas reducionistas, patriarcais e capitalistas tradicionais.
- **Partilha Justa:** advoga contra o acúmulo de riquezas, promovendo a distribuição equitativa de recursos e excedentes para todos.

Dimensões epistemológicas

- **Equitativo:** ressalta a importância da igualdade entre todos os seres, rejeitando hierarquias naturais e promovendo respeito mútuo entre todos os elementos do sistema.
- **Diverso:** encoraja a inclusão de uma ampla diversidade de gêneros, etnias, culturas, histórias e habilidades, o que enriquece e fortalece projetos e sistemas.
- **Inclusivo:** garante que todas as vozes sejam ouvidas e todos os saberes respeitados, contribuindo para um ambiente acolhedor e participativo.
- **Não-Violento:** oposição a qualquer forma de subjugação, exploração e destruição, seja de indivíduos, conhecimentos, culturas ou da natureza.

Dimensões metodológicas

- **Relacional:** enfatiza que todas as partes de um sistema são interconectadas e interdependentes. Modificações em uma parte impactam o todo, reforçando que os elementos não podem ser considerados isoladamente.
- **Contextual:** considera o ambiente em que o sistema está inserido, incluindo recursos disponíveis, características e habilidades dos elementos. A mudança no contexto implica mudança nos elementos do sistema.
- **Adaptativo:** destaca a capacidade de um sistema se reorganizar e alcançar equilíbrio após alterações, promovendo resiliência e auto-organização diante de mudanças.
- **Dinâmico:** sublinha que os sistemas vivos estão em constante movimento, onde mudanças em uma área provocam alterações em outras, evidenciando a não estática do sistema.

Esses princípios não apenas orientam a abordagem do Design Estratégico Regenerativo, mas também estabelecem um caminho para uma prática de design que seja verdadeiramente transformadora, ética e sustentável. Ao sugerir esses princípios, o DER se propõe a criar soluções que respondam de maneira eficaz e responsável aos desafios contemporâneos, fomentando um futuro em que a regeneração e a coexistência sejam a norma.

Aplicação dos princípios em processos de design:

Para um designer que adota a perspectiva do DER, a aplicação desses princípios não é uma mera formalidade, mas uma bússola constante para a tomada de decisões e a condução do processo:

- **Colaborativo:** significa que o designer não atua como um solucionador solitário, mas como um facilitador de processos coletivos, garantindo que todas as partes interessadas, desde o início, contribuam ativamente para a definição do problema, a geração de ideias e a construção de soluções.

Como exemplo de ação: realizar workshops de cocriação, promover diálogos abertos e construir um ambiente de confiança mútua.

- **Solidário:** implica que o designer foca no bem-estar de todos, especialmente dos mais vulneráveis, em vez de apenas atender aos interesses dos detentores de poder.

Como exemplo de ação: priorizar projetos que beneficiem comunidades marginalizadas, garantir que as soluções sejam acessíveis e considerar as necessidades de diferentes grupos sociais.

- **Decolonial:** leva o designer a questionar as narrativas dominantes e eurocêntricas, valorizando e integrando os saberes, culturas e recursos locais.

Como exemplo de ação: incorporar conhecimentos ancestrais, técnicas tradicionais e materiais autóctones nos projetos, desafiando modelos importados que podem não se adequar ao contexto local.

- **Partilha justa:** guia o designer a criar sistemas que promovam a distribuição equitativa de benefícios e recursos, evitando a concentração e o desperdício.

Como exemplo de ação: projetar plataformas de economia circular, sistemas de recursos compartilhados e modelos de negócios que promovam a equidade e a abundância para todos.

- **Equitativo:** significa que o designer reconhece o valor intrínseco de todos os seres (humanos e não-humanos), rejeitando hierarquias de espécie ou gênero.

Como exemplo de ação: incluir a “voz” da natureza nos processos de design, considerar os impactos em ecossistemas e biodiversidade, e garantir que as soluções não perpetuem desigualdades de gênero ou raça.

- **Diverso:** impulsiona o designer a buscar uma pluralidade de perspectivas na equipe e entre os participantes do projeto.

Como exemplo de ação: formar equipes multidisciplinares e multiculturais, incluir pessoas de diferentes idades, gêneros e habilidades no processo de cocriação para enriquecer as soluções.

- **Inclusivo:** traduz-se na criação de espaços e processos onde todas as vozes são ouvidas e respeitadas, especialmente aquelas historicamente silenciadas.

Como exemplo de ação: utilizar metodologias participativas adaptadas, garantir acessibilidade na comunicação e nos espaços de interação, e validar as soluções com os grupos diretamente afetados.

- **Não violento:** significa que o designer evita qualquer forma de subjugação, exploração ou destruição, seja de pessoas, culturas ou do meio ambiente.

Como exemplo de ação: projetar com princípios de permacultura, economia regenerativa, e desenvolvimento local sustentável, minimizando impactos ambientais e sociais negativos.

- **Relacional:** leva o designer a enxergar os problemas e soluções como parte de sistemas interconectados, e não como elementos isolados.

Como exemplo de ação: mapear as interdependências entre os componentes de um sistema (sociais, econômicos, ecológicos) e projetar intervenções que fortaleçam a saúde do sistema como um todo.

- **Contextual:** exige que o designer compreenda profundamente o ambiente específico onde o projeto será implementado, considerando suas particularidades, recursos e histórico.

Como exemplo de ação: realizar imersões no território, pesquisas etnográficas e adaptar as soluções às realidades culturais e ambientais locais, em vez de aplicar modelos universais.

- **Adaptativo:** implica que o designer projeta para a resiliência e a evolução, reconhecendo que os sistemas são dinâmicos e imprevisíveis.

Como exemplo de ação: desenvolver soluções flexíveis, iterativas, que possam ser ajustadas com base no feedback e na mudança do contexto, promovendo a auto-organização dos sistemas.

- **Dinâmico:** leva o designer a reconhecer a constante mudança nos sistemas vivos e a projetar para essa fluidez.

Como exemplo de ação: implementar mecanismos de monitoramento contínuo, antecipar possíveis surpresas e consequências não intencionais, e desenhar para que as soluções evoluam com o tempo e o ambiente.

6. Os oito movimentos do Design Estratégico Regenerativo

A partir dos princípios, são introduzidos oito “movimentos”, que são essenciais para a dinâmica do processo de DER. A opção pelo termo “movimento”, em contraposição a “etapas”, reflete a intenção de criar uma bússola orientadora para esta jornada projetual regenerativa, evocando a ideia de dinamismo e fluxo. Ao sentipensar a jornada projetual, o sentir ocorre ao longo do fluxo do processo, e as ferramentas são adotadas conforme fazem sentido para o projeto (Ibarra, 2021).

Os movimentos propostos para um DER, tendo o design estratégico como base fundadora, não seguem uma lógica linear e podem apresentar idas e vindas ao longo do processo projetual. Esses movimentos são inspirados em metodologias como Dragon Dreaming (Croft, 2009) e Design de Permacultura (Mollison, 1990).

A seguir, são detalhados os oito movimentos propostos:

6.1 Conectar

Este é o primeiro movimento do DER, focado na conexão e criação de vínculos. Em trabalhos sociais e comunitários, a criação de laços é essencial para um processo participativo, inclusivo e sustentável (Akama, Hagen e Whaanga-Schollum, 2019).

- Princípios abordados: colaborativo, solidário, inclusivo, diverso, relacional.
- Perguntas-chave: “O que me conecta a esse projeto? Como me sinto em relação a ele? O que é necessário para eu me envolver 100% no projeto? O que esse projeto precisa ter para que me realize pessoalmente?” (nível pessoal); “Qual o perfil das pessoas envolvidas? Quais as lacunas de perfis identificamos nesse grupo? Como podemos resolver isso? Como tornar esse projeto o mais diverso e inclusivo possível?” (nível coletivo); “Qual impacto esse projeto pode promover na organização/comunidade? Como esse projeto pode criar um senso de coletividade? Como esse projeto pode promover uma maior conexão entre as pessoas com a natureza?” (nível projeto).

6.2 Conhecer

Este movimento envolve a pesquisa e a imersão na realidade do projeto e seu contexto. Vai além de coletas de dados “protocolares”, buscando uma compreensão profunda das dinâmicas e relações do sistema, valorizando os saberes locais.

- Princípios abordados: contextual, decolonial.
- Perguntas-chave: “Quais objetivos queremos atingir? Qual o objetivo principal?” e “Quais dados e informações são necessários para eu conhecer a realidade e o contexto deste projeto?”.

6.3 Imaginar

Este é um exercício de projetar cenários futuros desejáveis, abraçando a criatividade e a inovação para a regeneração. Incentiva a pensar em possibilidades que vão além do convencional, incluindo o “impossível”.

- Princípios abordados: colaborativo, equitativo, não violento, dinâmico.
- Perguntas-chave: “Que futuros queremos cocriar para nossa comunidade/organização?”; “Como seriam os futuros possíveis a partir do projeto desenvolvido?”; “Quais seriam seus impactos nas futuras gerações e no ecossistema em que está inserido?” (Wahl, 2020).

6.4 Mapear

Inspirado na permacultura, este movimento foca no uso de recursos locais (materiais, humanos, naturais) para a realização de projetos. A permacultura defende a máxima eficiência ecológica, incentivando o trabalho com o que já está disponível para minimizar externalidades negativas (Mollison, 1990). Os três pilares da permacultura — cuidar da Terra, cuidar das pessoas e partilha dos excedentes — conectam-se às dimensões do DER. O design de permacultura ensina a observar o contexto e as características dos sistemas para projetar de forma eficiente (Mollison, 1990).

- Princípios abordados: decolonial, partilha justa, contextual, relacional.
- Perguntas-chave: “Dos recursos que precisamos para viabilizar o projeto, consigo obtê-los dentro do ecossistema em que ele está inserido?”; “Quais os recursos tangíveis e intangíveis presentes?”; “Como otimizar os recursos que já existem?”; “Quais as habilidades e competências das pessoas envolvidas que podem agregar ao projeto?”.

6.5 Sistematizar

Nesta fase, as informações coletadas e as ideias imaginadas são interpretadas e organizadas para preparar a experimentação. É o momento de aplicar as “lentes do DER”, verificando a presença dos princípios regenerativos e refletindo sobre o que foi sentido no processo.

- Princípios abordados: todos os 12 princípios são revisados ativamente nesta fase.
- Perguntas-chave: “As informações que levantamos são suficientes para experimentar um primeiro protótipo de projeto?”; “Estamos adotando os princípios regenerativos?”; “Estamos fazendo as perguntas necessárias para promover uma cultura regenerativa?”; “Como está o projeto pela análise do Alfabeto Crítico?”.

6.6 Experimentar

O movimento “Experimentar” leva o protótipo do projeto à prática para testar sua eficácia e funcionalidade no contexto real. O foco é a coleta de *feedbacks* para ajustes contínuos, abraçando a natureza dinâmica e imprevisível dos sistemas vivos.

- Princípios abordados: adaptativo, inclusivo, dinâmico.
- Perguntas-chave: “Como a organização/comunidade está respondendo a este projeto?”; “As pessoas estão se sentindo contempladas, vistas, ouvidas, representadas?”; “O que funcionou bem e o que não funcionou?”.

6.7 Avaliar

Após a experimentação, este movimento propõe uma análise crítica do processo sob as lentes dos princípios regenerativos. A avaliação considera não apenas os resultados do projeto, mas também os aprendizados pessoais e coletivos, e o impacto nas relações.

- Princípios abordados: todos os 12 princípios são aplicados na análise, com foco em solidário, relacional, adaptativo.
- Perguntas-chave: “Como estou me sentindo em relação ao projeto? Quais meus aprendizados?” (nível pessoal); “Como estou em relação à equipe? Tem algo que gostaria de dizer que não foi dito?” (nível coletivo); “O que ainda falta neste projeto? O que pode ser melhorado? Que resultados alcançamos? Estamos adotando os princípios regenerativos? Quão perto ou distante estamos do cenário futuro desejado?”.

6.8 Ajustar e Celebrar

Este movimento, inspirado na metodologia *Dragon Dreaming* (Croft, 2009), enfatiza a importância de parar, olhar para o projeto e para as pessoas envolvidas, e comemorar o processo. A celebração é fractal, presente em todas as etapas, e permite uma análise sistêmica e emocional do percurso. É um momento de compartilhar aprendizados individuais e coletivos, pois tão importante quanto o resultado é o cuidado com o processo e com as pessoas.

- Princípios abordados: colaborativo, solidário, dinâmico, adaptativo.
- Foco no “Ganha-Ganha-Ganha”: alinhar as ações aos pilares do *Dragon Dreaming* - crescimento pessoal, construção de comunidade e serviço à Terra (Croft, 2009).

7. Discussões: a potência da aplicação dos princípios regenerativos

O Design Estratégico Regenerativo (DER) busca criar significado em níveis individuais e coletivos, propondo cenários para a vitalidade dos ecossistemas a partir de visões construídas e compartilhadas coletivamente, reverenciando a sacralidade da vida. Como Donella Meadows (2009, p. 169-70) aponta: “o futuro não pode ser previsto, mas pode ser imaginado e concretizado afetuosamente [...] podemos ouvir o que o sistema nos diz e descobrir como as suas propriedades e os nossos valores podem trabalhar em conjunto para criar algo muito melhor do que jamais poderá ser produzido apenas pela nossa vontade”.

A capacidade de compartilhar com os seres da natureza nossa potência criativa para imaginar cenários capazes de promover a vitalidade dos ecossistemas só pode ser alcançada se, por princípio, estabelecermos outro modo de estar no mundo, que seja não-violento, diverso, inclusivo e equitativo. Como nos relacionaremos com os contextos para os quais projetamos, quem chamamos para fazer parte do projeto e quais vozes são ouvidas e respeitadas são questões para iniciar qualquer aproximação com um projeto de design estratégico regenerativo. Concretizar afetuosamente os futuros requer uma abordagem não-violenta e solidária por princípio.

Para que o futuro regenerativo se concretize, é necessário que uma coletividade esteja envolvida na construção dessa visão, pois “o sonho que se sonha junto pode virar realidade”. Para isso, é necessário, por princípio, zelar pelos saberes e recursos locais que sustentam a visão, mais que o repertório de vida dos projetistas. Trata-se de escutar, aprender e cooperar para que os resultados do projeto sejam equitativos para todos os participantes (humanos e mais-que-humanos). E isso só é possível se os projetistas romperem com a matriz de pensamento linear e abraçarem a visão integral, operada por um pensamento sistêmico. Ater-se aos princípios e movimentos é fundamental para que o percurso projetual seja exitoso.

A jornada sentipensante reforça que o design regenerativo é mais do que um processo coletivo; é um processo de transformação individual. A criação de vínculos, o reconhecimento da subjetividade do designer e a adaptação flexível do processo às realidades locais são cruciais para a promoção de uma cultura regenerativa. Isso implica desapegar de metodologias pré-definidas e permitir que a intuição e o sentir guiem a jornada, construindo projetos que ressoem com a verdadeira necessidade das comunidades. A apropriação desses movimentos e princípios depende da consciência e do desejo de percorrer uma jornada projetual intencional. Em grupos onde essa intenção não é explícita, é fundamental que um dos co-designers assuma a responsabilidade de provocar reflexões para abraçar os princípios regenerativos e utilizar as ferramentas propostas, garantindo que o processo promova uma cultura regenerativa.

8. Considerações finais

Este artigo apresentou a proposta de um Design Estratégico Regenerativo (DER) como uma abordagem integral e inovadora, capaz de responder aos complexos desafios contemporâneos marcados por polícrises interconectadas. O DER representa um aprofundamento do Design Estratégico, integrando princípios regenerativos e movimentos operacionais estratégicos que buscam não apenas mitigar os impactos negativos dos paradigmas industriais e capitalistas, mas também promover uma transformação profunda e sustentável nos sistemas de design e desenvolvimento.

Os doze princípios regenerativos, derivados das bases conceituais do DER (Bem Viver, Ecofeminismo e Pensamento Sistêmico), formam a espinha dorsal desta jornada rumo a um design regenerativo. A operação projetual por meio desses princípios é crucial para transcender os antigos paradigmas do design, que frequentemente priorizavam o lucro em detrimento do bem-estar humano e ecológico. O DER propõe uma mudança de paradigma, onde a regeneração de sistemas sociais e culturais é vista como o objetivo central do design. Este novo paradigma, fundamentado na cultura regenerativa, enfatiza a importância de regenerar não apenas o ambiente físico, mas também as relações sociais, a cultura e as estruturas econômicas.

Além dos princípios, os oito movimentos propostos (Conectar, Conhecer, Imaginar, Mapear, Sistematizar, Experimentar, Avaliar, Ajustar e Celebrar) funcionam como uma bússola para a jornada projetual. Eles visam guiar o designer e os grupos de cocriação a um processo mais orgânico, adaptativo e sensível, que integra os aprendizados das vivências de campo e das metodologias inspiradoras. A experiência sentipensante, a criação de vínculos e o reconhecimento da subjetividade dos envolvidos são destacadas como elementos vitais para a efetividade do DER.

A pesquisa contribui para o avanço do campo do design, trazendo uma perspectiva regenerativa para se alcançar a sustentabilidade. A interconexão, defendida pelo conceito de “interser” (Thich Nhat Hanh, 1995) e praticada por povos indígenas, constitui a base para resgatar uma cultura regenerativa, restabelecendo o sentimento de pertencimento e cuidado. Ao colocar a natureza como sujeito e valorizar todos os seres, o DER busca uma convivência em harmonia e abundância para o ecossistema planetário.

Em resumo, o Design Estratégico Regenerativo apresentado neste trabalho é uma abordagem que coloca o bem-estar e o cuidado com a vida no centro das decisões, oferecendo um caminho projetual para enfrentar os desafios do nosso tempo. Este é um convite à ação para designers, comunidades e organizações para cocriar futuros que sejam não apenas sustentáveis, mas verdadeiramente regenerativos e justos para todos os seres que compartilham nosso planeta.

Referências

- ACOSTA, Alberto. The Good Living: An opportunity to imagine another world. *In*: SOUSA, C. M. (org.). **An invitation to utopia**. Campina Grande: EDUEPB, 2016.
- AKAMA, Yoko; HAGEN, Penny; WHAANGA-SCHOLLUM, Desna. Problematizing Replicable Design to Practice Respectful, Reciprocal, and Relational Co-designing with Indigenous People. **Design and Culture**, v. 11, n. 1, p. 59-84, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/17547075.2019.1571306>.
- ANN-NOEL, Lesley. Envisioning a pluriversal design education. **Pivot 2020: Designing a World of Many Centers - DRS Pluriversal Design SIG Conference**, jun. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.21606/pluriversal.2020.021>. [online].
- ANN-NOEL, Lesley. **The Positionality Wheel**. 2020. Disponível em: <https://lesleyannnoel.wixsite.com/website>. Acesso em: out. de 2022.
- ANN-NOEL, Lesley; PAIVA, Marcelo. Learning to Recognize Exclusion. **JUS - Journal of User Experience**: v. 16, n. 2, p. 63-72, 2021.
- BROWN, Brené. **A arte da imperfeição**: abandone a pessoa que você acha que deve ser e seja você mesmo. São Paulo: Sextante, 2020.
- CROFT, John. **Introdução**: tornando os sonhos realidade. Usando dragon dreaming para construir um projeto extremamente bem-sucedido: uma abordagem abrangente em estágios. 2009. Disponível em: https://dragon-dreamingbr.org//materiais/FS_05_Como_Realizar_Projetos_de_Sucesso.pdf. Acesso em: 22 out. 2022.
- DAMIANI, Magda. Entendendo o trabalho colaborativo em educação e revelando seus benefícios. **Educar**, Curitiba, n. 31, p. 213-230, 2008.
- ECOLOGIA PROFUNDA. *In*: DICIONÁRIO Pluriverso: um dicionário do pós-desenvolvimento. São Paulo: Editora Elefante, 2021.
- ESCOBAR, Arturo. **Autonomía y diseño**: La realización de lo comunal. Popayán: Universidad del Cauca. Sello Editorial, 2016.
- ESCOBAR, Arturo. **Pluriversal Politics**: The Real and the Possible. London: Duke University Press, 2020.
- FORLANO, Laura. Posthumanism and Design. **She Ji: The Journal of Design, Economics, and Innovation**, v. 3, n. 1, p. 16-29, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.sheji.2017.08.001>.
- FRANZATO, Carlo, *et al.* Inovação Cultural e Social: design estratégico e ecossistemas criativos. *In*: FREIRE, Karine. (org.). **Design Estratégico para a Inovação Cultural e Social**. São Paulo: Kazuá, 2015.
- FREIRE, Karine de Mello. From strategic planning to the designing of strategies: a change in favor of strategic design. **Strategic Design Research Journal**, v. 10, n. 2, p. 91-96, 2017. Disponível em: <http://revistas.unisinos.br/index.php/sdrj/article/view/sdrj.2017.102.01>.

FREIRE, Karine; DEL GAUDIO, Chiara. Práticas de Ensino para Designers Sentipensantes. In: **Pivot Conference Proceedings 2021**. DISMANTLING / REASSEMBLING, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.21606/pluriversal.2021.0027>.

GARCIA, Natali. **Regeneração e as três ecologias de Guattari**: exploração e experimentação para o desenvolvimento do Design Estratégico. 2022. Dissertação. (Mestrado em Design) — Universidade do Vale dos Sinos (UNISINOS), Porto Alegre, 2022.

GÓMEZ, P.; KOTHARI, Ashish.; SALLEH, Ariel.; ESCOBAR, Arturo.; DEMARIA, Federico.; ACOSTA, Alberto. **Pluriverso: dicionário do pós-desenvolvimento**. São Paulo: Elefante, 2021.

GUDYNAS, Eduardo; ACOSTA, Alberto. La renovación de la crítica al desarrollo y el buen vivir como alternativa. **Utopía y Praxis Latinoamericana**, v. 16, n. 53, p. 71-83, 2011. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/237031854>.

HANH, Thich N.. **Peace is every step**. New York: Random House, 1995.

HOWELL, Nancy. Ecofeminism: what one needs to know. **Zygon**, v. 32, n. 2, p. 167-176, 1997.

IBARRA, Maria Cristina. Aproximaciones a un diseño participativo sentipensante: correspondencias con un colectivo de residentes. **Proceedings of Participatory Design Conference (PDC)**, Rio de Janeiro. v. 3, n. 19, p. 93-103, 2020.

IBARRA, Maria Cristina. **Design como correspondência**. Recife: Ed. UFPE, 2021. [versão eletrônica].

IPCC. Summary for Policymakers. In: **Climate Change 2022: Impacts**, 2022.

KRENAK, Ailton. **Caminhos para a cultura do Bem Viver**. São Paulo: Cultura do Bem Viver, 2020.

KRENACK, Ailton. **Futuro Ancestral**. São Paulo: Companhia das Letras, 2022.

LOVELOCK, James. **Gaia**: a new look at life on earth. London: Oxford University Press, 2016.

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

MANZINI, Ezio; JÉGOU, François. **Sustainable everyday**: scenarios of urban life. Milano: Edizioni Ambiente, 2003.

MANZINI, Ezio. **Design quando todos fazem design**: uma introdução ao design para a inovação social. São Leopoldo: Unisinos, 2017.

MATURANA, Humberto. **Amor y Juego**: fundamentos olvidados de lo humano desde el patriarcado a la democracia. Chile: Comunicaciones Noreste Ltda., 2003.

MEADOWS, Donella. **Thinking in Systems**. London: Earthscan, 2009.

MERONI, Anna. Strategic design: where are we now? Reflection around the foundations of a recent discipline. **Strategic Design Research Journal**, v. 1, n. 1, p. 31-38, 2008.

MIES, Maria; SHIVA, Vandana. **Ecofeminism**. London: Zed Books Ltd., 2014.

NATIONAL GEOGRAPHIC BRASIL. O ano de 2024 foi o mais quente da história e o primeiro a exceder 1,5 °C de aquecimento acima do nível pré-industrial. **National Geographic Brasil**, jan. 2025. Disponível em: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/meio-ambiente/2025/01/o-ano-de-2024-foi-o-mais-quente-da-historia-e-o-primeiro-a-exceder-15degc-de-aquecimento-acima-do-nivel-pre-industrial>. Acesso em: 02 fev. 2025. [online]

SANDERS, E. B. N.; STAPPERS, P. J.. Co-creation and the new landscapes of design. **CoDesign**, v. 4, n. 1, p. 5-18, 2008.

SHIVA, Vandana. **Staying Alive: Women, Ecology and Development**. New Delhi: Kali for women, 1988.

WAHL, Daniel. **Design de Culturas Regenerativas**. Rio de Janeiro: Bambual Editora, 2020.

WERÁ, Kaka. **Tekoá: uma arte milenar indígena para o bem-viver**. São Paulo: BestSeller, 2024.

WILBER, Ken. **A Visão Integral: uma Introdução à revolucionária abordagem integral da vida, de Deus, do universo e de tudo mais**. São Paulo: Cultrix, 2017.

TRANS VERSO

03 Avanços sustentáveis na indústria de injeção de polímeros: tecnologias e materiais verdes

recebido em 07/09/2025
aprovado em 03/10/2025

Avanços sustentáveis na indústria de injeção de polímeros: tecnologias e materiais verdes

Ana Clara Souto de Souza
anaclara.souto@estudante.ufjf.br
Universidade Federal de Juiz de Fora

Maria Julia Ribeiro Gomes
mariajulia.gomes@estudante.ufjf.br
Universidade Federal de Juiz de Fora

Lia Paletta Benatti
lia.paletta@ufjf.br
Universidade Federal de Juiz de Fora

Artur Caron Mottin
artur.mottin@cefetmg.br
Centro Federal de Educação Tecnológica
de Minas Gerais

André Carvalho Mol Silva
andremol@gmail.com
Universidade Federal de Juiz de Fora

RESUMO (PT): O artigo aborda estratégias sustentáveis na injeção de polímeros, destacando seu uso essencial na sociedade e os impactos ambientais associados, como emissões de gases de efeito estufa e geração de resíduos persistentes. Alternativas como polímeros biodegradáveis, biopolímeros e polímeros verdes reduzem a dependência de recursos fósseis, minimizam impactos ambientais e permitem integração aos ciclos naturais. A pesquisa enfatiza a importância do design sustentável, da seleção adequada de materiais, da otimização de processos e da implementação de sistemas de gestão ambiental, como a NBR ISO 14001. Destaca-se o desenvolvimento de moldes híbridos, combinando componentes metálicos e módulos impressos em 3D, exemplificado pelo *Shift-In Mold*, que permite modularidade, personalização, reaproveitamento de componentes e redução de desperdício. A integração de tecnologias avançadas, materiais renováveis e gestão ambiental fortalece a circularidade dos polímeros, alinhando eficiência industrial, inovação e responsabilidade socioambiental.

Palavras-chave: polímeros, sustentabilidade, injeção de polímeros, moldes híbridos, inovação tecnológica.

ABSTRACT (ENG): The article addresses sustainable strategies in polymer injection, emphasizing its essential role in society and the environmental impacts, such as greenhouse gas emissions and persistent waste. Biodegradable polymers, biopolymers, and green polymers are presented as alternatives that reduce dependence on fossil resources, minimize environmental impacts, and integrate into natural cycles. The study highlights the importance of sustainable design, careful material selection, process optimization, and implementation of environmental management systems, such as NBR ISO 14001. The development of hybrid molds, combining metallic components and 3D-printed modules, is exemplified by the *Shift-In Mold*, enabling modularity, customization, component reuse, and waste reduction. Integrating advanced technologies, renewable materials, and environmental management strengthens polymer circularity, aligning industrial efficiency, innovation, and socio-environmental responsibility. These approaches demonstrate how the polymer industry can balance productivity with sustainability and support the transition to a more circular economy.

Keywords: polymers, sustainability, polymer injection, hybrid molds, technological innovation.

1. Introdução

Os polímeros são definidos como substâncias formadas por macromoléculas, ou seja, moléculas de elevada massa molar compostas essencialmente pela repetição de unidades estruturais derivadas, de forma real ou conceitual, de moléculas de baixa massa molar. Essas macromoléculas podem ter origem natural ou sintética e se distinguem por características como dimensão, composição química e pelas interações intra e intermoleculares que determinam suas propriedades físico-químicas.

“Muitas propriedades físicas são dependentes do comprimento da molécula, isto é, sua massa molar. Como polímeros normalmente envolvem uma larga faixa de valores de massa molar, é de se esperar grande variação em suas propriedades”. (Canevarolo, 2002, p. 21). Conforme Canevarolo (2002, p. 53), os polímeros podem ser classificados de acordo com seu comportamento mecânico em três grandes grupos: plásticos, elastômeros e fibras. Os plásticos, por sua vez, subdividem-se em termoplásticos, termorrígidos e baroplásticos (Figura 1).



Figura 1 – Classificação dos polímeros de acordo com seu comportamento mecânico.

Fonte: elaborado pelos autores (2025).

Em razão de sua versatilidade, os polímeros têm sido amplamente empregados no contexto contemporâneo, desempenhando papel fundamental em diferentes setores, como saúde, alimentação, transporte e tecnologia. Propriedades como leveza, durabilidade e maleabilidade em distintas formas conferem a esses materiais um caráter indispensável para uma vasta gama de aplicações cotidianas. “Desde o advento dos plásticos, há mais de um século, eles se tornaram parte da composição de uma infinidade de produtos fabricados para uso do ser humano” (Bortolatto, 2021, p. 16). O plástico desempenha um papel de onipresença na sociedade, desde embalagens até componentes essenciais em dispositivos médicos e eletrônicos. Na indústria alimentícia, é um material que ajuda a reduzir o desperdício ao prolongar a vida útil dos produtos e facilita o transporte em larga escala. Na indústria automobilística, o plástico é amplamente utilizado em componentes de veículos devido à sua leveza, durabilidade e flexibilidade de design. Em 2020, estimava-se que os polímeros representavam até 50% do volume total de novos automóveis. Projeções de mercado indicam que, até 2026, o setor de plásticos automotivos poderá atingir um valor de até

US\$ 68,6 bilhões (Knauf Industries, 2022), evidenciando sua relevância para o desenvolvimento econômico e tecnológico.

Segundo Andrady e Neal (2009), os polímeros termoplásticos oferecem uma versatilidade de uso incomparável em uma ampla faixa de temperaturas operacionais. Eles têm uma alta relação resistência-peso, rigidez e tenacidade, ductilidade, resistência à corrosão, bioinércia, alto isolamento térmico/elétrico, não toxicidade e excelente durabilidade a um custo de vida útil relativamente baixo em comparação com materiais concorrentes; portanto, os plásticos são muito eficientes em termos de recursos. Com o crescimento da indústria de injeção de polímeros, a sustentabilidade vem se tornando cada vez mais necessária devido ao impacto do material e de seus resíduos no meio ambiente e para a sociedade.

[...] o plástico, na sua grande maioria fóssil, é não só responsável pela emissão de dióxido de carbono, que promove o aquecimento global e por sua vez as alterações climáticas, mas também inúmeros efeitos nocivos para os diversos ecossistemas do nosso planeta e para a saúde humana (Teles, 2020, p. 14).

Outro ponto de notória preocupação mundial é a existência do microplástico na corrente sanguínea de seres humanos e animais. O material inicia sua degradação se partindo em micropartículas, oriundas de atividades cotidianas, como lavagem de roupas, por exemplo. Descobriu-se que facilmente essas partículas entram na cadeia alimentar de animais e acabam por representar danos severos à saúde humana e ao ecossistema (Costa *et al.*, 2023).

Até que surjam outros materiais que possam competir com os polímeros em critérios econômicos e industriais, e que os substituam de forma benéfica para o meio ambiente, as indústrias de injeção de polímeros devem seguir critérios de sustentabilidade para amenizar os impactos causados pelo plástico e seus detritos. Diante disso, a reflexão sobre estratégias sustentáveis na injeção de polímeros termoplásticos evidencia a importância de práticas que reduzam os impactos ambientais e promovam a circularidade dos materiais, alinhando a produção industrial às demandas por maior responsabilidade socioambiental.

2. Metodologia

O levantamento de informações para o presente trabalho foi construído em uma revisão bibliográfica narrativa que envolve a integração dos conceitos de sustentabilidade com as tecnologias aplicadas à produção de produtos poliméricos, com destaque para o processo de injeção. A abordagem adotada centraliza três eixos temáticos: (i) a análise do processo de injeção de polímeros; (ii) os princípios de sustentabilidade no design de produtos; e (iii) os desafios ambientais e regulatórios associados ao uso de polímeros.

Com base nesses fundamentos, foi desenvolvido um estudo de caso, que é um estudo aprofundado (Gil, 2002) que relata, de forma detalhada, a concepção de um molde modular híbrido, denominado *Shift-In Mold*, que combina componentes metálicos convencionais dos moldes de injeção tradicionais e módulos de cavidade produzidos por impressão 3D. O estudo de caso, conforme delineado por Gil (2002, p. 137), seguiu as seguintes etapas:

- Formulação do problema: como o processo de injeção pode ser mais sustentável?
- Definição da unidade-caso: desenvolvimento moldes híbridos como alternativa para o aproveitamento de parte do molde, para injeção de peças/produtos diferentes;
- Determinação do número de casos: desenvolvimento do protótipo *Shift-in Mold*, resultado de pesquisa de iniciação científica;
- Elaboração do protocolo: envolve a revisão das etapas do projeto, descrição das etapas e análise do resultado;
- Coleta de dados: considera os textos referentes ao relatório de pesquisa e ao pedido de patente do protótipo;
- Avaliação e análise dos dados;
- Preparação do relatório.

Paralelamente ao estudo de caso, foram também analisados materiais alternativos, como biopolímeros e polímeros verdes, considerando sua aplicabilidade industrial e benefícios ambientais.

3. Injeção de polímeros termoplásticos

A injeção de polímeros é uma das tecnologias de fabricação mais avançadas e amplamente utilizadas para processos de produção de baixo custo e alta confiabilidade. Apesar de a produção de moldes ser considerada uma etapa dispendiosa, esse processo tem o foco na repetição, ou seja, a produção em larga escala. O que acaba por diluir o valor do molde em lote com grande quantidade de unidades do produto injetado.

Segundo Chanda (2018), o processo de injeção se baseia na capacidade dos materiais termoplásticos serem amolecidos pelo calor, passando por um cilindro aquecido, injetados sob pressão na cavidade do molde e endurecidos quando resfriados. Cada etapa do processo é realizada em uma área específica do mesmo equipamento (Figura 2), em uma operação cíclica conhecida como ciclo de injeção.

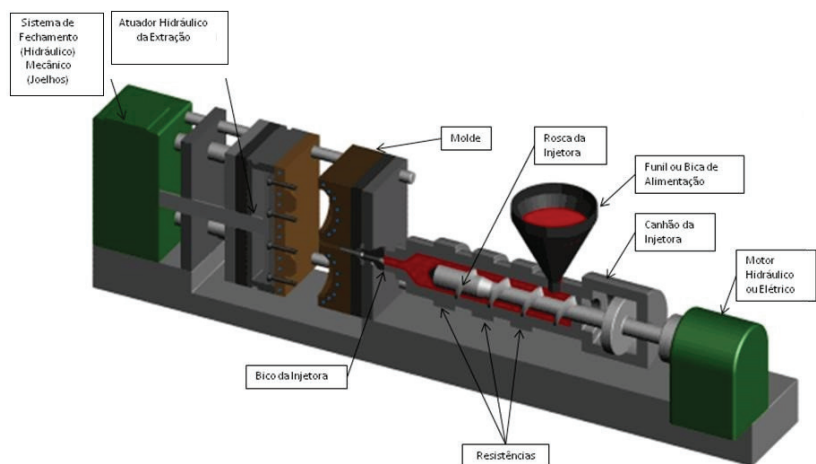


Figura 2 – Partes de uma injetora. Fonte: Lopes (2020).

No funil da injetora, a resina plástica em grânulos é depositada enquanto o êmbolo (também chamado de rosca ou parafuso) é retraído. Em seguida, o êmbolo ou rosca empurra o material para a zona de aquecimento, onde ele é aquecido e amolecido, processo conhecido como plastificação. O polímero já fundido, deslocado pelo novo material inserido, é então impulsionado para frente através da abertura de injeção no molde, desce pelo canal de distribuição, passa pelo ponto de injeção e, finalmente, preenche a cavidade do molde. O molde é mantido firmemente fechado pela ação de fechamento da placa da prensa, garantindo que o polímero fundido seja forçado a preencher todas as partes das cavidades do molde, resultando em uma reprodução precisa e detalhada do molde. A qualidade do produto injetado depende de diversos fatores, como as propriedades do polímero utilizado, a geometria do produto, o design do molde e as especificações do processo. De acordo com Arifin e Pranoto (2024), a moldagem por injeção pode ser uma alternativa superior aos métodos tradicionais de processamento de polímeros, oferecendo maior eficiência, precisão e versatilidade na produção de peças complexas. Além disso, o controle rigoroso dos parâmetros do processo, como temperatura, pressão e tempo de resfriamento, é essencial para minimizar defeitos e garantir a qualidade final do produto.

3.1 Sustentabilidade e design

O design, aliado à sustentabilidade, surge como uma abordagem essencial para conciliar as demandas da produção industrial com as necessidades ambientais e sociais. Essa integração é especialmente relevante na indústria de injeção de polímeros, onde os desafios ambientais e a busca por soluções sustentáveis têm se tornado cada vez mais importantes. Para Fischer *et al.* (2023), no contexto do desenvolvimento sustentável, destacam-se três abordagens principais: eficiência, consistência e suficiência. Essas estratégias buscam reduzir o consumo de recursos e, embora não eliminem totalmente os impactos ambientais, sua aplicação integrada pode gerar avanços significativos na sustentabilidade de sistemas baseados em recursos.

Na indústria de injeção de polímeros, segundo Yusoff, Turan e Adanan (2024), os pilares principais para promover práticas mais responsáveis e eficientes abrangem a seleção de materiais, a otimização de processos, a redução de resíduos, a avaliação do ciclo de vida, o design voltado para a sustentabilidade, a conformidade com regulamentações, a melhoria contínua e a comunicação eficaz. Esses elementos são essenciais para alinhar a produção de produtos poliméricos às demandas sociais e ambientais atuais. A seleção de materiais, em particular, desempenha um papel central no quesito sustentabilidade na indústria, uma vez que, como destacam Vassallo, Rochman e Refalo (2020, p. 504), “alguns materiais consomem mais energia para produzir do que outros. Além disso, o que acontece com o material no final de sua vida útil é algo muito importante a ser considerado.”

Outro ponto importante é que a literatura mostra que, áreas como o design, a química, a biologia e a engenharia de materiais têm se dedicado à criação, caracterização e aplicação de polímeros desenvolvidos de fontes renováveis.

Para que ocorra essa integração entre design e sustentabilidade, o designer se torna um agente fundamental no processo. É imprescindível que, ao projetar um produto que tem como matéria-prima o plástico, considere-se o ciclo de vida do material do início ao fim, com o objetivo de minimizar os impactos em todas as fases, desde a produção até o descarte, e, principalmente, como recuperar a matéria após o fim de sua vida útil.

A visão de economia circular, que considerado a reinserção no ciclo, do material descartado, em oposição ao sistema linear amplamente difundido no mercado, é uma área de atenção para designers que atuam no desenvolvimento de produtos poliméricos. As propriedades do plástico permitem sua ampla difusão no mercado e, se bem planejado, pode ter seu uso em quantidade reduzida, sua estrutura reutilizada ou seu material reciclado, como formas de manter a matéria-prima circulando e não apenas descartada após um único uso.

De acordo com Mauro e Borba (2008), o design contribui com a sustentabilidade ao trazer sua originalidade e suas metodologias na busca de uma estabilidade entre os aspectos industriais, econômicos e ambientais. Essa abordagem não apenas reduz os impactos negativos, mas também promove a inovação e a criação de produtos que atendam às necessidades da sociedade sem comprometer o meio ambiente.

3.2 Desafios ambientais e normativos no uso de polímeros

O uso de polímeros na indústria apresenta diversos desafios, especialmente no que diz respeito aos resíduos gerados durante os processos produtivos. Segundo Forlin e Faria (2002), os principais descartes da produção industrial de plásticos incluem resinas, sobras de acabamento e produtos que não atendem aos padrões de qualidade ou de projeto. A forma como esses materiais são descartados é de extrema importância pois, quando realizada de maneira inadequada, pode resultar em problemas ambientais consideráveis.

Além disso, o descarte inadequado de materiais poliméricos contribui para o surgimento de microplásticos na natureza. Conforme destacam Martins, Rodrigues e Tavares (2023, p. 371), “já os microplásticos secundários são aqueles advindos da degradação de materiais poliméricos, descartados inadequadamente, quer seja pelo uso doméstico ou industrial”. Esses microplásticos, quando presentes no meio ambiente, podem ser ingeridos por animais terrestres e marinhos, entrando na cadeia alimentar e afetando a saúde tanto dos animais quanto dos seres humanos. Esse fenômeno representa um dos maiores desafios ambientais associados ao uso de polímeros, uma vez que os impactos são de longo prazo e de difícil mitigação.

Outro aspecto crítico do uso de polímeros é sua contribuição para o efeito estufa, decorrente da liberação de dióxido de carbono (CO₂) e outros gases gerados no processamento de matérias-primas fósseis. Segundo Viana (2023), as emissões de gases de efeito estufa (GEE) ao longo de todo o ciclo de vida do material podem mais que dobrar, intensificando o aquecimento global e agravando as mudanças climáticas. Além disso, o descarte inadequado desses materiais representa desperdício de recursos não renováveis, como o petróleo, principal insumo na produção de polímeros. Tal desperdício não apenas compromete as reservas naturais do planeta, mas também aumenta a pressão sobre os ecossistemas, uma vez que a extração e o processamento desses recursos provocam impactos ambientais adicionais. Supõe-se que a maior parte desses resíduos, quando mal gerenciados, contribua para a poluição de ecossistemas terrestres, sendo estimado que cerca de 80% do plástico presente nos oceanos tenha origem na poluição proveniente do solo (Li *et al.*, 2016).

Diante desses desafios, as legislações e normas internacionais desempenham um papel crucial na promoção da sustentabilidade no setor de polímeros, estabelecendo diretrizes e padrões que visam reduzir os impactos ambientais e promover práticas mais responsáveis. Segundo a EMBRAPA (2001), as

normas ISO 14000 — Gestão Ambiental promovem a prevenção de processos de contaminação ambiental, ao orientar as organizações sobre sua estrutura, operação, coleta, armazenamento, recuperação e disponibilização de dados e resultados. Essas diretrizes consideram tanto as necessidades imediatas quanto as futuras do mercado, visando à satisfação do cliente, entre outras recomendações. Dessa forma, integram a organização ao contexto ambiental, incentivando práticas sustentáveis e responsáveis.

3.3 Moldes híbridos

A manufatura de moldes por impressão 3D tem se mostrado uma alternativa inovadora e eficiente aos métodos tradicionais, como os moldes de aço. Diversos estudos, como os de Ferreira e Mateus (2003), propuseram o uso de prototipagem rápida com materiais avançados, destacando a redução de custos e tempo na fabricação de moldes de polímeros. Foggiatto *et al.* (2004) indicaram a viabilidade da utilização de moldes de ABS produzidos por impressão 3D, demonstrando que, embora com algumas limitações, esses moldes são adequados para lotes iniciais de produção. Além disso, a utilização de materiais termoplásticos recicláveis na impressão 3D contribui para a redução do impacto ambiental e para a adoção de práticas mais sustentáveis na indústria de manufatura.

No contexto da indústria de injeção de polímeros, a busca por tecnologias que aprimorem a fabricação de moldes é constante. A produção de moldes de aço é demorada, consome grande quantidade de energia e requer alto investimento econômico, representando uma limitação para a otimização do processo de injeção. A impressão 3D, por sua vez, surge como uma solução mais econômica, rápida e ambientalmente responsável, especialmente para indústrias que necessitam de moldes para pequenos lotes de produção. A tecnologia FDM (Fused Deposition Modeling), utilizada na impressão 3D, tem se destacado devido à sua capacidade de produzir moldes mais acessíveis e ágeis, sendo adequada para materiais como ABS e polipropileno. Essa tecnologia, ao contrário dos métodos tradicionais, permite a criação de moldes de formas complexas e a inclusão de circuitos de refrigeração conformados, o que melhora a eficiência do processo de injeção (Lopes *et al.*, 2022).

Processos de impressão 3D por luz, seja DLP (Digital Light Processing) ou SLA (Stereolithography) também são adequados à produção de moldes de injeção, tendo inclusive disponíveis no mercado, resinas específicas para esse fim.

A redução de custos e o tempo de fabricação são fatores cruciais para o setor, especialmente diante da pressão para lançamento rápido de novos produtos no mercado (Magalhães; Muniz; Azevedo, 2022). A impressão 3D de moldes oferece uma alternativa competitiva para empresas que buscam agilidade no desenvolvimento e produção de moldes de injeção, especialmente em relação à fabricação de moldes para peças complexas. A flexibilidade proporcionada pela impressão 3D também facilita a adaptação do molde para diferentes geometria e texturas, sem a necessidade de produzir moldes inteiros para cada ajuste. Além disso, a possibilidade de utilizar materiais recicláveis ou bioplásticos na impressão 3D contribui para a sustentabilidade da produção, reduzindo desperdícios e promovendo práticas industriais mais conscientes. Isso torna a tecnologia especialmente útil para indústrias de pequeno porte especializadas na fabricação de moldes e empresas que utilizam o processo de injeção para a fabricação de seus produtos.

4. Resultados

O plástico, material amplamente utilizado na sociedade moderna, tem passado por transformações profundas impulsionadas pela crescente demanda por práticas sustentáveis. A necessidade de reduzir o impacto ambiental e promover um ciclo de vida mais eficiente para os materiais tem incentivado a adoção de soluções inovadoras. Nesse cenário, destacam-se iniciativas como o uso de resinas recicladas e alternativas biodegradáveis, que minimizam a dependência de recursos não renováveis, além da automação e digitalização de processos para reduzir desperdícios e otimizar o uso de recursos. Esses avanços reforçam o papel estratégico do plástico em setores essenciais, ao mesmo tempo em que buscam alinhar progresso tecnológico com responsabilidade ambiental.

4.1 Materiais biodegradáveis, biopolímeros e polímeros verdes

Diante dos desafios ambientais relacionados ao uso intensivo de polímeros derivados de fontes fósseis, têm ganhado destaque alternativas mais sustentáveis, como os materiais biodegradáveis, os biopolímeros e os polímeros verdes. Essas categorias, embora distintas em suas características e aplicações, convergem no objetivo de reduzir os impactos ambientais associados à produção, uso e descarte de materiais poliméricos. A compreensão dessas abordagens é fundamental para avaliar seu potencial na transição para modelos produtivos mais circulares e sustentáveis.

4.1.1 Desafios ambientais e normativos no uso de polímeros

Segundo Costa (2013, p. 35), “materiais biodegradáveis são todos aqueles que, quando entram em contato com o meio ambiente, se degradam, transformando-se nos elementos naturais de sua composição, fechando o ciclo biológico da cadeia”. Essa característica torna os plásticos biodegradáveis uma opção viável para minimizar os resíduos plásticos que persistem no meio ambiente por longos períodos. Os polímeros biodegradáveis podem ser obtidos a partir de diferentes origens. Entre as fontes naturais renováveis, destacam-se o milho, a celulose, a batata e a cana-de-açúcar. Também podem ser produzidos por microrganismos, como bactérias, que sintetizam polímeros a partir de pequenas moléculas, como é o caso da celulose bacteriana produzida por processo de fermentação para a criação da bebida kombucha. Outra possibilidade é a utilização de fontes animais, como a quitina, a quitosana e determinadas proteínas. Além disso, polímeros biodegradáveis podem ainda ser desenvolvidos a partir de recursos fósseis, como o petróleo, ou de misturas que combinam biomassa e derivados petroquímicos (Araújo *et al.*, 2021).

Os polímeros biodegradáveis apresentam vantagens ambientais relevantes em comparação aos plásticos convencionais. Entre os principais benefícios, destacam-se a degradação acelerada, que reduz o acúmulo de resíduos no meio ambiente, e o menor impacto ecotoxicológico, uma vez que sua decomposição não libera substâncias nocivas. Além disso, sua produção pode reduzir em até 68% as emissões de gases de efeito estufa em relação aos polímeros derivados de petróleo, contribuindo significativamente para mitigar as mudanças climáticas. Outro aspecto relevante é a possibilidade de utilização de fontes renováveis em sua fabricação, o que fortalece a transição para modelos produtivos mais sustentáveis. Por fim, sua característica de compostabilidade permite que retornem nutrientes ao solo, reforçando a integração desses materiais aos ciclos naturais (ECO BIO POLÍMEROS, 2024).

4.1.2 Biopolímeros

Os biopolímeros são macromoléculas de origem natural ou produzidas por processos biológicos, caracterizadas principalmente por sua biodegradabilidade e, em muitos casos, por sua biocompatibilidade. Aqueles derivados de plantas e microrganismos destacam-se como alternativas sustentáveis, justamente por aliarem essas duas propriedades. Quando obtidos de resíduos agrícolas, por exemplo, os biopolímeros contribuem para uma economia de desperdício zero e apresentam menor impacto ambiental. Sua aplicação vem se expandindo em mercados estratégicos, como a indústria alimentícia, onde são valorizados pela segurança e pelas propriedades funcionais, e nos setores médico e farmacêutico, em que se destacam como materiais biocompatíveis para a liberação controlada de fármacos e para a engenharia de tecidos (Kaur; Pathak; Vyas, 2024).

4.1.3 Polímeros verdes

Os polímeros verdes, também chamados de bioplásticos ou biobased, são materiais poliméricos cuja estrutura química é semelhante à dos plásticos convencionais derivados do petróleo, porém obtidos parcial ou totalmente a partir de fontes renováveis, como biomassa de resíduos agroindustriais. Embora mantenham desempenho técnico equivalente aos plásticos petroquímicos, incluindo compatibilidade com os métodos de processamento existentes e reciclabilidade, nem todos os polímeros verdes são biodegradáveis, o que pode limitar seus benefícios ambientais ao longo do ciclo de vida.

Os polímeros verdes representam uma alternativa sustentável aos plásticos tradicionais, possibilitando a redução parcial do impacto ambiental sem comprometer a funcionalidade e a aplicabilidade industrial dos materiais (PROFISSÃO BIOTEC, 2024).

4.2 Aspectos sustentáveis da injeção de polímeros

A injeção de polímeros, quando associada a práticas sustentáveis, apresenta um potencial significativo para reduzir impactos ambientais e promover a eficiência no uso de recursos. Dois aspectos que se destacam nesse contexto são a utilização de moldes híbridos, também conhecido como ferramentaria leve ou soft tooling, e a adoção de Sistemas de Gestão Ambiental (SGA) nas indústrias. Essas práticas não apenas contribuem para a redução do impacto ambiental, mas também fortalecem a competitividade das empresas, alinhando-se às demandas globais por sustentabilidade.

A utilização de moldes híbridos tem ganhado destaque como uma solução inovadora e sustentável. Esses moldes são fabricados por meio de tecnologias avançadas, como a impressão 3D, que permite a produção de peças com menor consumo de materiais e energia. Como destaca Fernandes *et al.* (2014, p. 38), “a fabricação aditiva, utilizando a impressão 3D, resulta em zero sucata. A não existência de sucata também tem benefícios ambientais significativos que podem ajudar uma empresa a melhorar a sustentabilidade de suas operações de fabricação.” Além disso, os moldes híbridos são ideais para a produção de lotes iniciais de peças, reduzindo o tempo e os custos associados ao desenvolvimento de moldes tradicionais. Essa abordagem não apenas otimiza o processo produtivo, mas também minimiza o desperdício de materiais, contribuindo para uma produção mais limpa e eficiente.

Outro aspecto fundamental é a adoção de sistemas de gestão ambiental nas indústrias de injeção de polímeros. Um SGA pode ser definido como “parte do sistema de gestão organizacional utilizado para projetar, implementar e gerenciar a política ambiental” (Oliveira; Serra, 2010). A implementação de um SGA, como o proposto pela norma NBR ISO 14001, permite que as empresas atuem de maneira estruturada para assegurar a proteção do meio ambiente, reduzindo impactos negativos e promovendo práticas mais sustentáveis. Conforme Oliveira e Serra (2010) destacam, “um sistema de gestão ambiental pode ser descrito como uma metodologia pela qual as organizações atuam de maneira estruturada sobre suas operações para assegurar a proteção do meio ambiente”. Essa abordagem é essencial em um cenário onde as questões ambientais têm se tornado cada vez mais relevantes, impulsionadas pela conscientização dos consumidores, pela escassez de recursos naturais e pela cobrança de parceiros por práticas mais limpas.

A integração de moldes híbridos e sistemas de gestão ambiental representa um avanço significativo na busca por processos mais sustentáveis na indústria de injeção de polímeros. Empresas como a Stratasys e a Arburg têm liderado iniciativas nesse sentido, desenvolvendo soluções industriais verdes que promovem a eficiência energética e a sustentabilidade (Fernandes *et al.*, 2014).

As empresas trabalham em parceria, em que moldes produzidos pelas impressoras 3D da Stratasys podem ser utilizados nas injetoras Arburg. Iniciativa da subsidiária brasileira da Arburg alemã, apresenta uma expressiva redução de custos e melhoria do processo produtivo.

[...] as indústrias podem usar os moldes de plástico para verificar o molde de aço que será usado para injetar as peças em larga escala. Geralmente as indústrias imprimem de 10 a 20 moldes em material da Stratasys antes de obter o molde perfeito, que será usado como base para a criação do molde final em aço (Fernandes *et al.*, 2014).

Essas práticas não apenas reduzem o impacto ambiental, mas também fortalecem a competitividade das empresas, demonstrando que é possível aliar desenvolvimento tecnológico e responsabilidade ambiental.

4.3 Estudo de caso: desenvolvimento de um molde modular híbrido para injeção de polímeros

No contexto da indústria de injeção de polímeros, a presente pesquisa concentrou-se no desenvolvimento de uma tecnologia inovadora voltada para a fabricação de moldes, componentes essenciais para garantir a geometria e a qualidade final dos produtos. Os moldes de injeção, assim como as máquinas injetoras, são compostos por diversas peças metálicas, destacando-se, neste estudo, as placas de cavidade inferior e superior (Figura 3).

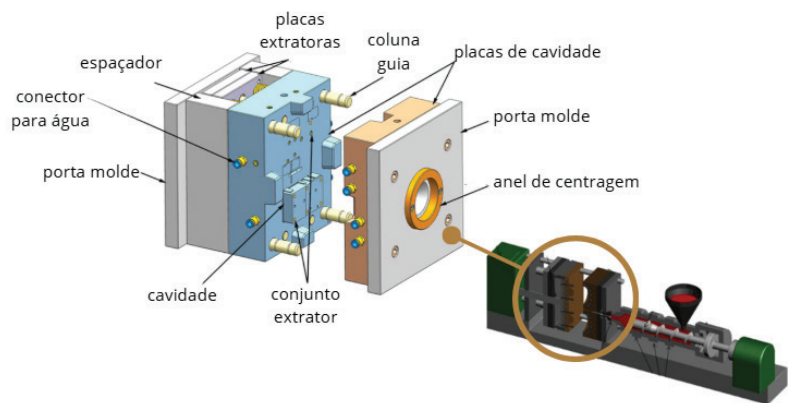


Figura 3 – Função do molde de injeção. Fonte: elaborado pelos autores com base nas ilustrações de Lopes (2020) e Fow Mold (2023).

As placas de cavidade contêm a forma do produto a ser injetado e funcionam de maneira análoga às formas de gelo, moldando o plástico fundido. Tradicionalmente, essas placas são produzidas em aço ou alumínio por processos de subtração de material, como usinagem e eletroerosão, caracterizados por longa duração e elevado custo. Alternativamente, os moldes híbridos adotam processos de adição de material para a produção das placas de cavidade, mantendo o corpo principal em metal e utilizando a impressão 3D com filamentos plásticos para as placas. Nestes casos, uma peça intermediária em aço atua como porta molde, servindo de interface entre a carcaça metálica e o molde impresso em 3D, garantindo a fixação e o alinhamento adequados durante o processo de injeção. Este procedimento não apenas agiliza a fabricação, mas também contribui para a redução de desperdícios de material e energia, alinhando-se a práticas de sustentabilidade industrial.

Em resposta a essa necessidade da indústria em relação às novas soluções que promovam maior acessibilidade e eficiência na fabricação de moldes, ampliando a flexibilidade na produção e reduzindo o consumo de recursos naturais, foi desenvolvido o conceito do *Shift-In Mold*, um molde modular híbrido (figura 4). O nome *Shift-In Mold* refere-se à possibilidade de movimentação das partes do molde. Se na indústria convencional qualquer deslocamento gera um defeito, na proposta desenvolvida é o principal atributo, permitindo prologar o uso de diferentes partes do molde.

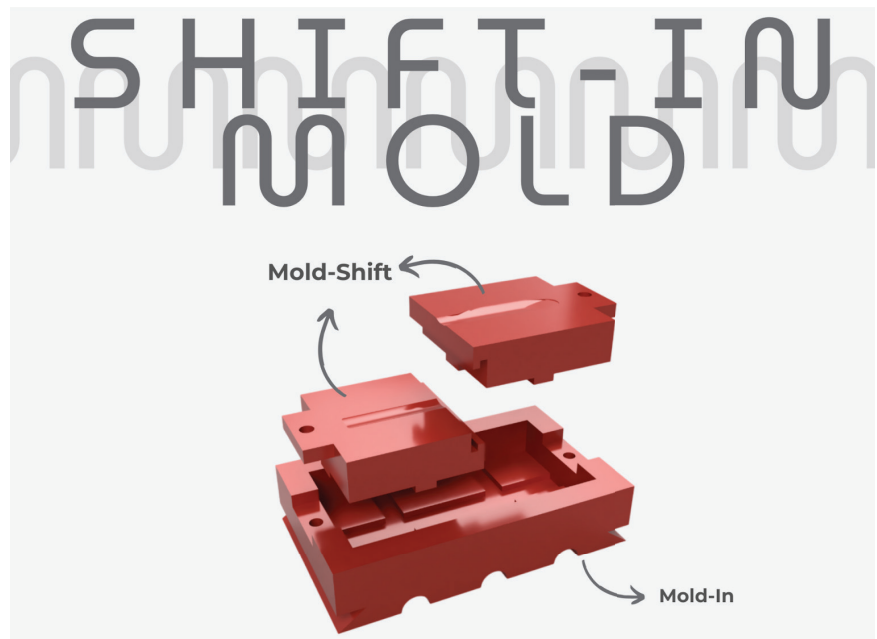


Figura 4 – Componentes do Molde Modular Híbrido desenvolvido. Fonte: elaborado pelos autores (2025).

Este sistema inovador possibilita maior liberdade de customização e texturização dos produtos injetados. A modularidade do sistema permite não apenas a adaptação rápida a diferentes geometrias, mas também a utilização eficiente de materiais, favorecendo práticas sustentáveis, como a impressão sob demanda e o reaproveitamento de componentes metálicos.

O *Shift-in Mold* é constituído por dois elementos principais: (i) o *Mold-In*; e (ii) o *Mold-Shift*. O *Mold-Shift* pode ser subdividido em múltiplos módulos, sendo, neste estudo, bipartido em *Mold-Shift A* e *Mold-Shift B* para exemplificação. O *Mold-In* (figura 5) desempenha a função de base estrutural, podendo ser fixado, por um porta molde genérico, às cavidades de injeção, acomodando os módulos do *Mold-Shift*.



Figura 5 – *Mold-in*. Fonte: elaborado pelos autores (2025).

O *Mold-Shift* (figura 6) é a região responsável pela impressão da cavidade do produto a ser injetado. Cada módulo *Mold-Shift* pode ser impresso separadamente, permitindo ajustes precisos e a produção de diferentes variantes do produto sem a necessidade de recriar o molde completo.

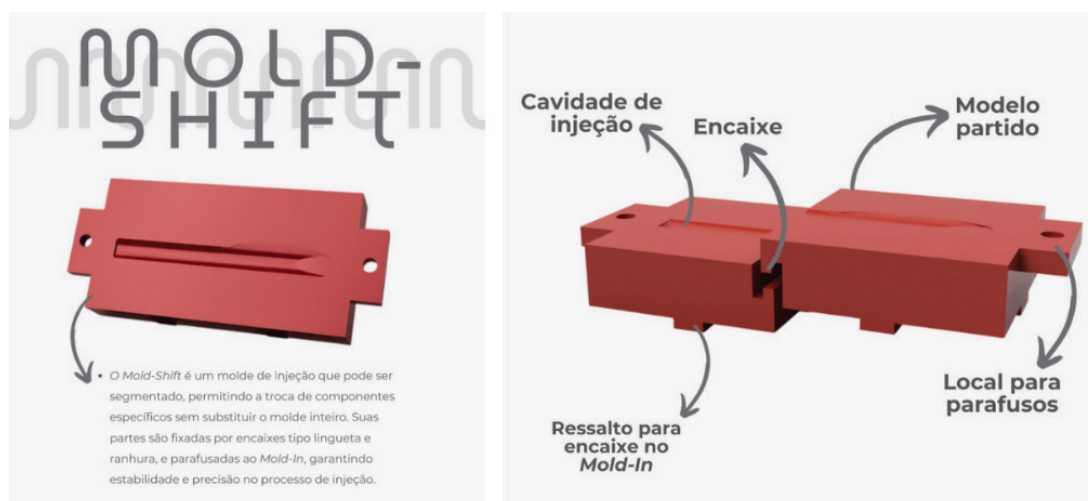


Figura 6 – *Mold-shift*. Fonte: elaborado pelos autores (2025).

Na Figura 7, cada módulo do molde é apresentado individualmente, sendo o conjunto destacado em vermelho o que compõe o *Shift-In Mold*. Em cinza, o porta molde em posição para receber o dispositivo que foi idealizado, em especial, para situações de partes que podem ser trocadas. Um exemplo é a possibilidade de injeção de talheres plásticos. Considerando uma faca, o Mold-Shift A pode ter a cavidade para injeção da parte da lâmina e o Mold-shift B, podem conter o cabo. O molde híbrido bipartido é uma forma de viabilizar a produção de diferentes cabos, mantendo-se a forma da lâmina, sem a necessidade de um novo molde (completo) para cada variação do produto.

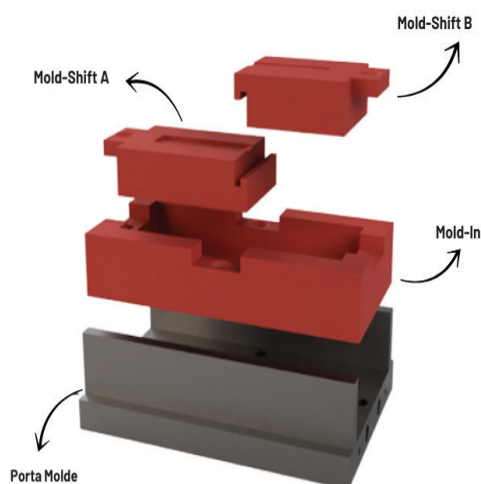


Figura 7 – *Shift-in Mold em porta molde*. Fonte: elaborado pelos autores (2025).

A abordagem modular demonstrou potencial para aumentar a flexibilidade da injeção de polímeros, viabilizando a personalização de produtos e a rápida adaptação a novas demandas industriais. A modularidade facilita ajustes rápidos, correções de falhas e modificações no molde, reduzindo custos operacionais e o tempo de produção. Além disso, a possibilidade de reaproveitar componentes metálicos e imprimir apenas módulos específicos contribui para a redução de desperdício de materiais e energia, evidenciando o caráter sustentável da tecnologia.

5. Conclusão

Este artigo explorou estratégias sustentáveis no processo de injeção de polímeros, evidenciando práticas capazes de minimizar impactos ambientais e promover a circularidade dos materiais. A análise teórica demonstrou que, embora os polímeros sejam essenciais à sociedade, seu uso excessivo e o descarte inadequado geram poluição, emissões de gases de efeito estufa e resíduos persistentes no meio ambiente. Nesse contexto, a substituição de polímeros fósseis por alternativas biodegradáveis e provenientes de fontes renováveis é crucial, destacando-se biopolímeros e polímeros verdes como materiais capazes de reduzir a dependência de recursos não renováveis e diminuir o acúmulo de resíduos plásticos.

A utilização de moldes híbridos, combinando componentes metálicos convencionais e partes produzidas por impressão 3D, surge como uma solução eficiente para otimizar a produção e reduzir desperdícios. O estudo de caso do *Shift-In Mold* exemplifica a aplicação prática dessa tecnologia, demonstrando como a modularidade e a fabricação aditiva permitem adaptação a diferentes geometrias e texturas, sem a necessidade de recriar moldes completos, contribuindo para processos industriais mais sustentáveis.

Além disso, a implementação de sistemas de gestão ambiental, como a norma NBR ISO 14001, possibilita que as empresas atuem de forma estruturada para reduzir impactos, melhorar continuamente suas operações e atender às exigências regulatórias. A integração de práticas sustentáveis, que envolvem materiais renováveis, tecnologias avançadas e gestão ambiental, fortalece o papel estratégico dos polímeros em setores como saúde, transporte e tecnologia, enquanto impulsiona a transição para uma economia circular. Contudo, desafios como custos elevados e limitações técnicas reforçam a necessidade de investimentos em pesquisa e desenvolvimento, bem como a colaboração entre indústria, governo e sociedade para promover a sustentabilidade de forma efetiva.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas de iniciação científica.

Referências

5 VANTAGENS surpreendentes dos polímeros biodegradáveis. **Eco Biopolímeros**, 2025. Disponível em: <https://www.ecobiopolimeros.com.br/2024/02/5-vantagens-surpreendentes-dos-polimeros-biodegradaveis-para-o-meio-ambiente>. Acesso em: 3 set. 2025.

ANDRADY, A. L.; NEAL, M. A. Applications and societal benefits of plastics. *Philosophical Transactions of the Royal Society. Biological Sciences*, v. 364, n. 1526, p. 1977–1984, 27 jul. 2009. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2873019/>. Acesso em 12 fev. 2025.

ARAÚJO, B. A. *et al.* A aplicação de polímeros biodegradáveis como uma alternativa sustentável. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 9, p. e49010918248—e49010918248, 31 jul. 2021.

ARIFIN, M. A.; PRANOTO, H. Determination of process parameter for injection molding : a review. **Jurnal Rekayasa Mesin**, [s. l.], v. 15, n. 3, p. 1513–1523, 2024. Disponível em: <https://rekayasamesin.ub.ac.id/index.php/rm/article/view/1758>. Acesso em: 8 fev. 2025.

BORTOLATTO, R. **Desenvolvimento de materiais biodegradáveis contendo amido e casca de soja (Glycine max (L.)) produzidos por injeção termoplástica**. 2021. 109 f. Tese (Doutorado em Ciências de Alimentos) — Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2021. Disponível em: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UEL_3322f188a1dbc99dbcf634141b897f0a. Acesso em: 12 fev. 2025.

BIOPOLÍMETROS, polímeros biodegradáveis, bioplástico e polímeros verdes. 2024. **Profissão Biotec**, 2025. Disponível em: <https://profissaobiotec.com.br/biopolimeros-polimeros-biodegradaveis-bioplastico-e-polimeros-verde>. Acesso em: 3 set. 2025.

CANEVAROLO JR, S. V. **Ciência dos Polímeros — Um texto básico para tecnólogos e engenheiros**. 2ª ed. São Paulo: Artliber, 2002.

CHANDA, M. **Plastics technology handbook**. 5. ed. Boca Raton: CRC, 2018.

COSTA, A. C. P. **Análise da substituição de polímeros convencionais por polímeros biodegradáveis: um estudo de caso**. 2013. 63 f. Dissertação (Graduação em Engenharia de Produção) — Centro Universitário Eurípides de Marília, Marília, 2013. Disponível em: <https://aberto.univem.edu.br/bitstream/handle/11077/1035/Ana%20Carolina%20Perini%20Costa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 19 fev. 2025.

COSTA, R.; PAIXÃO, S.; FIGUEIREDO, J. P.; FERREIRA, A. **Microplásticos e os danos para a saúde humana**. In: DESOUZART, Gustavo; RIBEIRO, Ana. In: 3RD INTERNATIONAL CONGRESS OF HEALTH AND WELL-BEING INTERVENTION — HEALTH, WELL-BEING AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT (ICHWBI 2023), 2023. Resumos [...]. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/380466528_Book_of_Abstracts_of_the_3rd_International_Congress_of_Health_and_Well-Being_Intervention_-_Health_Well-being_and_Sustainable_Development_ICHWBI_2023. Acesso em: 29 set. 2025.

EMBRAPA — Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **ISO 14000: gestão ambiental**. 2001. Disponível em: https://www.cnpma.embrapa.br/projetos/prod_int/iso_14000.html. Acesso em: 12 fev. 2025.

FERNANDES, A. de F. *et al.* **Supply chain e o impacto da impressora 3D**. 2014, 82 f. Trabalho final de disciplina (MBA em Engenharia e Gestão de Manufatura e Manutenção) — Escola Politécnica da USP, São Paulo, 2014. Disponível em: https://brasscom.org.br/wp-content/uploads/2017/08/estudos-associados_imprensa_usp.pdf. Acesso em: 2 fev. 2025.

FERREIRA, J.; MATEUS, A. Studies of rapid soft tooling with conformal cooling channels for plastic injection moulding. **Journal of Materials Processing Technology**, v. 142, n. 2, p. 508—516, 2003. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0924-0136\(03\)00650-2](https://doi.org/10.1016/S0924-0136(03)00650-2).

FISCHER, M. *et al.* The Concept of Sustainable Development. **Sustainable Business**, p. 17—27, jan. 2023.

FOGGIATTO, J. A.; AHRENS, C. H.; SALMORIA, G. V.; PIRES, A. T. N. Moldes de ABS construídos pelo processo de modelagem por fusão e deposição para injeção de PP e PEBD. **Polímeros**, v. 14, n. 5, p. 349—353, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-14282004000500013>.

FORLIN, F. J.; FARIA, J. de A. F. Considerações sobre a reciclagem de embalagens plásticas. **Polímeros**, v. 12, n. 1, p. 1—10, 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/po/a/YNNvN9nLDV8rS5ffJp9rF4Q/>. Acesso em: 21 fev. 2025.

FOR, Mold. **Partes de un molde de inyección de plástico**. 25 de fevereiro de 2023. Disponível em: <https://imolde.com/partes-de-moldes-de-inyeccion-de-plastico/>. Acesso em: 01 out 2025.

GIL, Antônio Carlos Gil. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

KAUR, R.; PATHAK, L.; VYAS, P. Biobased polymers of plant and microbial origin and their applications - a review. **Biotechnol Sustain Mater**, v. 1, n. 1, 10 out. 2024.

LI, W.C.; TSE, H.F.; FOK L. Plastic waste in the marine environment: a review of sources, occurrence and effects. **Science of The Total Environment**, v. 566—567, p. 333-349, 2016.

LOPES, J. Como funciona uma máquina injetora de plástico?. **Automata do Brasil**, 2020. Disponível em: <https://www.automataweb.com.br/como-funciona-uma-maquina-injetora-de-plastico/>. Acesso em: 12 fev. 2025.

LOPES, M.; TAMANINI, C.; WILTGEN, F.; CRUZ, F. A importância das simulações na manufatura aditiva de moldes mecânicos. **Revista Mundi Engenharia - Tecnologia e Gestão**, v. 7, n. 1, p. 396-01—396-24, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.21575/25254782rmetg2022vol7n11782>.

MAGALHÃES, L. C. dos S.; MUNIZ, F. R.; AZEVEDO, A. A. de. Análise sobre as causas que impactam na disponibilidade do molde de injeção plástica: um estudo de caso. **Brazilian Journal of Production Engineering**, v. 8, n. 6, p. 44—57, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.47456/bjpe.v8i6.38876>.

MARTINS, G. R.; RODRIGUES, E. J. da R.; TAVARES, M. I. B. Revisão da literatura sobre os eventos de degradação e adsorção em microplásticos primários e secundários. **Conjecturas**, v. 23, n. 1, p. 368-390, 2023. DOI: 10.53660/CONJ-1923-2Q10A. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/368843600_Revisao_da_literatura_sobre_os_eventos_de_degracao_e_adsorcao_em_microplasticos_primarios_e_secundarios_Literature_review_on_degradation_and_adsorption_events_in_primary_and_secondary_microplastics. Acesso em: 22 jan. 2025.

MAURO, C.; BORBA, C. A influência da sustentabilidade no processo de design de produto. **Anais do Ensus 2008**, Florianópolis, 2008. DOI: <https://doi.org/10.29183/2596-237x>. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/221945>. Acesso em: 17 jan. 2025.

OLIVEIRA, O. J. de; SERRA, J. R. Benefícios e dificuldades da gestão ambiental com base na ISO 14001 em empresas industriais de São Paulo. **Production**, v. 20, n. 3, p. 429—438, mar. 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/prod/a/ysMnqSGcRTQFdkPHcLr7byL>. Acesso em: 30 jan. 2025.

QUAIS perspectivas para o mercado do plástico no segmento automotivo?. **Knauf Industries**, 2025. Disponível em: <https://knaufautomotive.com/pt-br/quais-sao-as-perspectivas-para-o-mercado-do-plastico>. Acesso em: 01 set. 2025.

TELES, J. J. da S. **Sustentabilidade e economia circular: o desafio do plástico**. 2020, 123 f. Dissertação (Mestrado em Administração Público-Privada) — Universidade de Coimbra, Coimbra, 2020. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10316/92729>. Acesso em: 9 jan. 2025.

VASSALLO, C.; ROCHMAN, A.; REFALO, P. The impact of polymer selection and recycling on the sustainability of injection moulded parts. **Proceedings of 27th CIRP Life Cycle Engineering (LCE) Conference**, v. 90, n. 4, p. 504-509, 2020. DOI: 10.1016/j.procir.2020.01.118. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/343488524_The_impact_of_polymer_selection_and_recycling_on_the_sustainability_of_injection_moulded_parts. Acesso em: 8 jan. 2025.

VIANA, F. L. E. Indústria: Indústria de Produtos Plásticos. **Caderno Setorial Etene**, Fortaleza, n. 296, 2023. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/handle/123456789/1843>. Acesso em: 3 set. 2025.

YUSOFF, A. I. M.; TURAN, F. M.; ADANAN, N. Q. A. Optimising plastic injection moulding: integrating sustainability and process parameters. **Research Square**, ago. 2024. DOI: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4820100/v1>. Disponível em: <https://www.researchsquare.com/article/rs-4820100/v1>. Acesso em: 10 fev. 2025.

TRANS VERSO

04 Edificações de interesse histórico-cultural em madeira frente às mudanças climáticas: o caso de Erechim, RS

recebido em 10/09/2025
aprovado em 02/10/2025

Edificações de interesse histórico-cultural em madeira frente às mudanças climáticas: o caso de Erechim, RS

Clarissa Sartori Ziebell

clarissa.ziebell@ufrgs.br

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Laura Beatriz Fin

fin.laurabeatriz@gmail.com

Universidade Federal da Fronteira Sul

Natália Biscaglia Pereira

natalia.pereira@uffs.edu.br

Universidade Federal da Fronteira Sul

Naahman Lima Pereira

naahman01@gmail.com

Universidade Federal da Fronteira Sul

Pedro Henrique Gonçalves

pedrogoncalves@ufg.br

Universidade Federal de Goiás

RESUMO (PT): Este estudo analisa o impacto das mudanças climáticas sobre edificações históricas em madeira na cidade de Erechim (RS), comparando o clima atual com projeções do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) para 2050. A pesquisa avalia alterações no microclima urbano, com foco na formação de ilhas de calor e nas potenciais patologias associadas à variação de temperatura e umidade. Foram utilizados dois arquivos climáticos: um baseado em dados de uma estação rural (aqui chamada de estação climática original) e outro adaptado ao contexto urbano, ambos convertidos para o cenário de 2050. Os resultados indicam que em média ocorre um aumento da temperatura próximo a 2°C e uma diminuição da umidade de 7,5% entre áreas urbanas e rurais. Ressalta-se, contudo, que a ferramenta UWG ainda necessita de melhorias com relação ao cálculo da umidade. Ainda, os dados encontrados nos arquivos climáticos para o ano de 2050 parecem indicar que as mudanças climáticas têm o potencial de agravar a degradação de edificações de valor histórico-cultural em madeira, sendo recomendada a adoção de estratégias de manutenção preventiva. Contudo, mais estudos seriam necessários para confirmar esta hipótese.

Palavras-chave: mudanças climáticas, simulação de microclima urbano, arquitetura em madeira, patrimônio cultural.

ABSTRACT (ENG): This study analyzes the impact of climate change on historic wooden buildings in the city of Erechim (RS), comparing current climate conditions with projections from the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) for 2050. The research evaluates changes in the urban microclimate, focusing on the formation of heat islands and potential pathologies associated with temperature and humidity variations. Two climate data files were used: one based on rural station data (here called the original weather station) and another adapted to the urban context, both converted to the 2050 scenario. The results indicate an average temperature increase of nearly 2°C and a 7.5% decrease in humidity between urban and rural areas. It should be noted, however, that the UWG tool still needs improvements regarding humidity calculation. Furthermore, based on climate data for the year 2050, it was concluded that climate change may intensify the degradation of historically and culturally valuable wooden buildings, and the adoption of preventive maintenance strategies is recommended. However, further studies would be needed to confirm this hypothesis.

Keywords: climate change, urban microclimate simulation, timber architecture, cultural heritage.

1. Introdução

O aumento da temperatura global tem se intensificado nas últimas décadas. Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2021), a temperatura média da superfície terrestre aumentou 0,85°C entre os períodos de 1850-1900 e 1995-2014, e atingiu 1,09°C entre 2011 e 2020. O relatório também aponta uma tendência contínua de elevação das temperaturas nas últimas quatro décadas. Essas alterações impactam diretamente o microclima urbano, comprometendo o conforto térmico e acelerando os processos de deterioração das edificações.

A verticalização das cidades potencializa a degradação das edificações, em especial em se tratando de madeira. O aumento do sombreamento e a modificação do comportamento dos ventos, dificulta a evaporação da umidade em áreas específicas das construções. Em relação à temperatura, a concentração de áreas edificadas – que tem como consequência também a aglomeração humana e suas atividades que geram calor, a supressão vegetal e a redução dos ventos – intensificam a absorção, retenção e mesmo a produção de calor. Essa dinâmica contribui para o fenômeno das ilhas de calor urbanas, caracterizadas como cúpulas de ar quente que recobrem áreas urbanas ou partes do tecido construído (Gonçalves; Cardoso, 2017; Gartland, 2010).

Este artigo tem como foco analisar os impactos das mudanças climáticas no processo de conservação de edificações históricas em madeira, utilizando como estudo de caso o centro da cidade de Erechim, no estado do Rio Grande do Sul, Brasil. As alterações climáticas representam uma ameaça adicional a essas construções, podendo desencadear novos fenômenos patológicos (Bertolin, 2019). A madeira, enquanto material construtivo, é especialmente suscetível à biodeterioração. O aumento da umidade pode provocar apodrecimento, proliferação de limo e mofo (Silva; Torres; Salamoni, 2018; Torres *et al.*, 2018). A umidade é, portanto, um dos principais agentes causadores de patologias nas edificações, favorecendo infiltrações, manchas, fungos e fissuras, que comprometem a estrutura e a materialidade, podendo ser agravadas conforme o clima local (Stolz; Wasem, 2020; Lersch, 2022; Pinto; Devitte, 2022).

Além disso, a radiação solar pode provocar alterações cromáticas nos materiais, como a madeira (Castro; Guimarães, 2022), e seu aquecimento pode causar dilatação, levando a deformações ou rupturas (Stolz; Wasem, 2020). Embora a redução da intensidade solar sobre uma edificação histórica não seja necessariamente prejudicial, é fundamental considerar e planejar as transformações no entorno construído frente às intervenções urbanas, visando à preservação desses bens de valor cultural.

Na contemporaneidade, o patrimônio cultural enfrenta desafios decorrentes do adensamento urbano e da ausência de políticas públicas eficazes de preservação. Defende-se, portanto, a importância do planejamento urbano como ferramenta para proteger edificações históricas e evitar construções que comprometam sua conservação ou habitabilidade. Para atingir o objetivo deste estudo, propõe-se a comparação entre o clima atual de Erechim e as projeções do IPCC para o ano de 2050, de forma a melhor compreender como as mudanças climáticas poderão afetar edificações de valor cultural. Além disso, busca-se avaliar os efeitos dessas mudanças – especialmente relacionados à temperatura e umidade – na formação de ilhas de calor e caracterizar possíveis patologias futuras nas construções analisadas.

1.1 Área de Estudo

O presente estudo tem como objeto de análise um conjunto de quadras situado na região central do município de Erechim, estado do Rio Grande do Sul, Brasil (Figura 1).

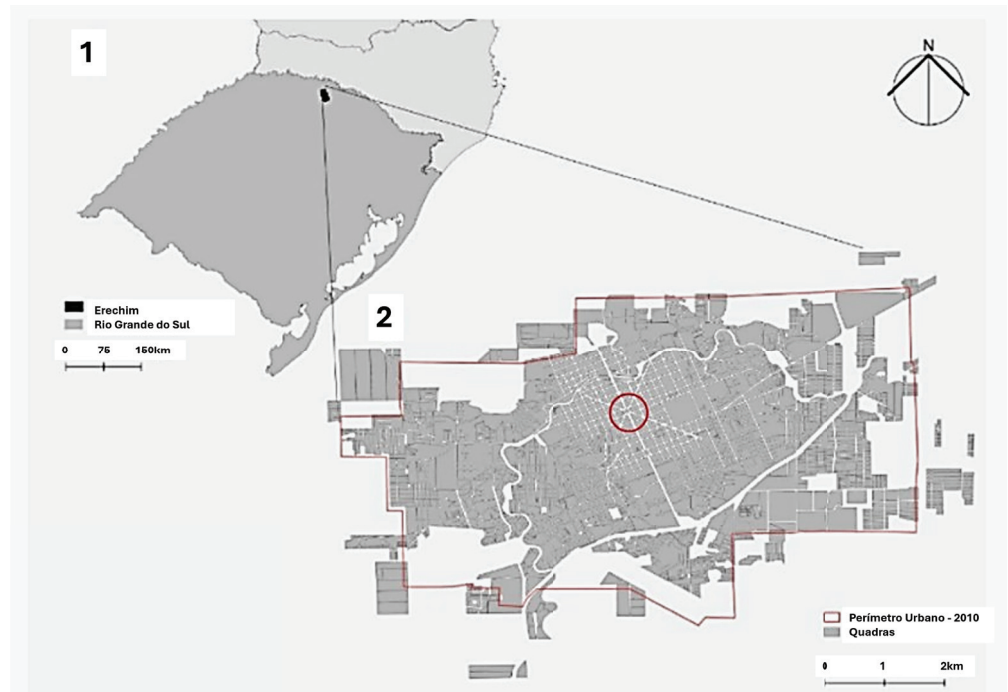


Figura 1 – Localização (1) e mapa da cidade de Erechim (2) com a delimitação da região central.
Fonte: elaborado pelos autores.

O recorte espacial selecionado compreende uma área de 420 x 420 metros, tendo como ponto central a Praça da Bandeira (Figura 2). A escolha desse perímetro justifica-se por sua inserção estratégica no tecido urbano, articulando-se com os principais eixos viários da cidade – Avenida Sete de Setembro e Avenida Maurício Cardoso – e pelo elevado grau de verticalização, que contribui para o adensamento populacional e a intensificação das alterações microclimáticas.

Essa área concentra edificações de madeira de reconhecido valor histórico-cultural, as quais apresentam maior vulnerabilidade frente aos efeitos das mudanças climáticas. Já se observam, nessas construções, sinais de degradação associados à ação do tempo e às condições ambientais do entorno. Um exemplo emblemático ocorreu em outubro de 2024, quando, após um evento de chuva intensa, a antiga Escola Professor Mantovani – primeira instituição educacional da cidade, construída aproximadamente em 1916 – sofreu colapso estrutural e veio a desabar.

Os principais exemplares remanescentes de arquitetura em madeira encontram-se dentro do perímetro analisado, destacando-se o edifício conhecido como “Castelinho” (Figura 2), considerado o mais representativo da história local e o único tombado em nível estadual. As demais edificações de interesse patrimonial são inventariadas pelo município, conforme registros da Prefeitura Municipal de Erechim (2019) (Figura 2).



Figura 2 – Área de estudo e bens culturais em madeira. Fonte: elaborado pelos autores.

A área delimitada para o estudo faz parte da Unidade Mista 1 (UM1) classificada pelo zoneamento do Plano Diretor da cidade, estabelecido pela Lei nº10 de 2019 (Prefeitura Municipal de Erechim, 2019). Este novo plano marca o início das transformações na paisagem urbana, resultando em maior densidade e negligência das leis municipais em relação às edificações históricas.

Como consequência da urbanização, os espaços livres, especialmente os com vegetação, tornaram-se raros. Além disso, o aumento das áreas sombreadas pelas edificações altas, devido à diminuição dos recuos laterais, pode alterar a direção das massas de ar e, possivelmente, a qualidade do microclima da região.

1.2 Caracterização da arquitetura em madeira e a formação urbana de Erechim (1910–1930)

A arquitetura em madeira, oriunda do processo de colonização, constituiu-se como elemento hegemônico na conformação urbana de Erechim entre os anos de 1910 e 1930. Essa predominância está diretamente relacionada à ampla disponibilidade de Araucárias na região, que impulsionou significativamente o setor madeireiro local. Na década de 1920, a madeira assumiu papel central na economia do município, sustentada por um conjunto expressivo de indústrias madeireiras.

As edificações iniciais caracterizavam-se por telhados de forte inclinação, próximos a 45°, inspirados na arquitetura europeia. Utilizavam-se telhas de madeira lascada, posteriormente substituídas por coberturas de menor inclinação e telhas cerâmicas. As paredes eram compostas por tábuas largas, com cerca de 30 cm de largura, dispostas verticalmente. As frestas entre essas tábuas eram vedadas por ripas estreitas de madeira, denominadas mata-junta, sistema que permaneceu em uso mesmo após a instalação de serrarias na cidade.

O traçado urbano de Erechim, marcado por acentuados desníveis topográficos, influenciou diretamente a implantação das residências. Como solução arquitetônica, adotou-se o uso de porões altos em alvenaria, elemento que se consolidou como parte integrante da tecnologia construtiva em madeira, inclusive em fases posteriores (Figura 3). As residências mais antigas apresentavam configuração tripartida: porão, pavimento térreo e sótão. O porão, construído em pedra ou tijolos, desempenhava função térmica, sendo utilizado para armazenagem de alimentos como queijos, salames e vinhos.



Figura 3 – Residência já demolida, com tripartição e uso de porão. Fonte: autores, 2014.

Na década de 1930, observa-se uma transição estética nas construções em madeira, com a incorporação de detalhes ornamentais refinados, especialmente os lambrequins nos beirais e peitoris, que conferiam às fachadas um rendilhado de notável beleza. Esse elemento tornou-se símbolo distintivo da arquitetura local nesse período. A técnica construtiva foi gradualmente aperfeiçoada, e os antigos casarões de aspecto simples evoluíram para chalés com formas curvas, janelas envidraçadas e peitoris trabalhados, evidenciando uma valorização crescente da estética e do acabamento.

1.3 A conservação do patrimônio edificado em madeira e o impacto das mudanças climáticas

O patrimônio edificado em madeira possui uma grande diversidade mundial, podendo englobar conhecimentos e práticas construtivas regionais, associando-se ao patrimônio intangível, como o saber-fazer de carpinteiros e construtores. De acordo com o Comitê Internacional da Madeira do ICOMOS (IIWC, 2017), por seu significado cultural, tal patrimônio pode incluir diferentes valores, entre os quais: estético, antropológico, arqueológico, cultural, histórico, científico e tecnológico.

Em se tratando do patrimônio construído em madeira, um dos documentos internacionais mais importantes é o *"ICOMOS Principles for the Conservation of the Wooden Built Heritage"*. Este documento, que desenvolve os princípios para a preservação das estruturas históricas em madeira, resultou das atividades

do Comitê Internacional da Madeira do ICOMOS (IICM). Em 15 de dezembro de 2017, na 19ª Assembleia Geral do ICOMOS em Delhi, foi oficialmente lançada a versão mais atualizada do documento, substituindo a anterior, de 1999.

Ambas as versões, de 1999 e de 2017, reconhecem como um dos princípios: “Reconhecer a vulnerabilidade das estruturas feitas total ou parcialmente de madeira em condições ambientais e climáticas variáveis, causadas (entre outras coisas) por flutuações de temperatura e umidade, luz, ataques de fungos e insetos, desgaste, incêndios, terremotos ou outros desastres naturais, e ações destrutivas humanas.” (IICM, 2017 p. 2, tradução nossa).

Na seção do documento intitulada “Materiais e tecnologias contemporâneas”, dois novos itens foram adicionados na nova versão de 2017: o primeiro, alerta para que os serviços de intervenção respeitem o significado material e imaterial da estrutura ou do sítio; o segundo, que estes serviços “não produzam mudanças nas condições ambientais relevantes, como a temperatura e a umidade”. (IICM, 2017 p. 5, tradução nossa).

A partir da leitura do documento, fica evidente a existência de uma correlação entre os aspectos ambientais e climáticos e a conservação do patrimônio construído em madeira.

De acordo com Kherais, Csébfalvi e Len (2020), as variações climáticas trazem mudanças de temperatura, umidade, entre outras condições que resultam em diferentes cenários ambientais, como o aumento do nível do mar, que pode levar a efeitos devastadores como tornados, inundações e chuvas intensas. A interação da madeira com as variações climáticas está relacionada às mudanças de temperatura e umidade, sendo que a resistência e a durabilidade da madeira são os principais fatores afetados pelas condições climáticas. Os mesmos autores acrescentam que o crescimento de fungos é resultado do aumento do teor de umidade, que pode ser causado pela combinação de alta umidade e altas temperaturas associadas às mudanças climáticas.

Condições ambientais como a umidade relativa, bem como a temperatura do ambiente, nunca permanecem constantes por longos períodos. Essas condições variam com o tempo, resultando em situações favoráveis ou desfavoráveis ao crescimento de fungos, que levam ao surgimento de mofo na madeira.

Conforme Larsen e Marstein (2000), em ambientes externos, as superfícies de madeira sofrem com o intemperismo, uma série de mudanças causadas principalmente pela combinação de radiação solar e umidade. Como resultado a madeira perde a coesão superficial, à medida que os vínculos das paredes celulares se enfraquecem nas camadas mais externas. As superfícies tornam-se ásperas devido ao levantamento dos veios (grãos) da madeira, ocorrem fissuras, que podem evoluir para rachaduras.

Além disso, os veios podem se soltar, e as tábuas podem empenar, torcer e se desprender dos fixadores. A superfície áspera muda de cor e acumula sujeira, podendo criar condições propícias para o surgimento de biodeterioração. A exposição frequente da superfície da madeira a mudanças rápidas de umidade, ou seja, repetidos ciclos de molhamento e secagem, é uma das principais causas do intemperismo nesse material.

De acordo com o 2º artigo da recém-lançada Carta Brasileira do Patrimônio Cultural e Mudanças Climáticas (ICOM BRASIL, 2025, p. 5), “a identificação de riscos climáticos sobre o patrimônio cultural deve ser realizada com base em análises situadas, respeitando as especificidades territoriais e as características próprias de cada bem cultural. Essa abordagem personalizada,

que considera fatores como o tipo de bem, seu contexto ambiental, seu valor simbólico e sua interação com a comunidade, é essencial para orientar estratégias eficazes de preservação, salvaguarda e mitigação". Nesse sentido, a monitorização contínua e o estudo pormenorizado do bem cultural, de acordo com suas especificidades e características construtivas e materiais, como no caso das edificações em madeira, é de suma importância para mitigar efeitos climáticos e prolongar a sua vida útil.

1.4 Caracterização climática do município de Erechim (RS)

O município de Erechim, situado no estado do Rio Grande do Sul, na região Sul do Brasil, apresenta estações do ano bem definidas e regime pluviométrico distribuído de forma relativamente homogênea ao longo dos meses (Gráfico 1). De acordo com a classificação proposta por Rossato (2011), o clima local enquadra-se na categoria Subtropical IV – Muito Úmido.

Essa tipologia climática é caracterizada por verões intensamente quentes, com temperaturas elevadas e altos índices de umidade relativa do ar, resultando em sensação térmica abafada. Durante o inverno, observa-se maior influência das massas de ar frio, o que favorece a ocorrência de frentes frias e aumento da umidade atmosférica, contribuindo para a redução das temperaturas médias.

Segundo dados da Embrapa (2012), o mês de janeiro corresponde ao período mais quente do ano, com temperaturas médias mensais máximas de 27,9 °C e mínimas de 17,3 °C. Por outro lado, julho é o mês mais frio, apresentando médias máximas de 18,2 °C e mínimas de 8,9 °C.

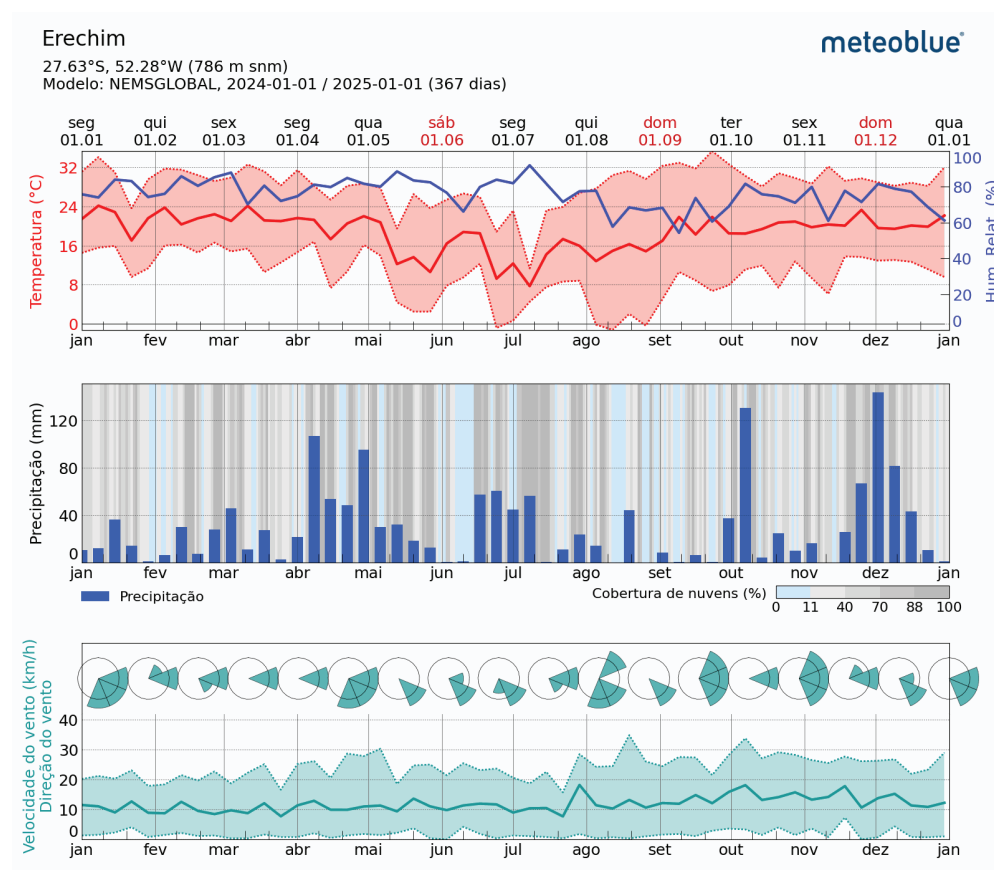


Gráfico 1 – Gráfico das temperaturas, precipitações e ventos de 2024. Fonte: MeteoBlue, 2025.

2. Procedimentos metodológicos

A presente pesquisa tem como objetivo analisar o impacto das mudanças climáticas sobre edificações históricas em madeira na cidade de Erechim, no estado do Rio Grande do Sul, comparando o clima atual com projeções do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) para 2050. A análise é orientada pela investigação dos impactos das mudanças climáticas sobre o microclima em que se inserem edificações em madeira de valor histórico e patrimonial.

2.1 Elaboração do modelo de simulação

Inicialmente, foi definida a área de abrangência do estudo, conforme apresentado no item 1.1. A área selecionada foi modelada tridimensionalmente utilizando o *software Rhinoceros*, com vistas à simulação ambiental. Paralelamente, foi selecionado um arquivo climático representativo da região, denominado neste artigo como “arquivo climático original”, proveniente de uma estação localizada em meio rural. Este arquivo, intitulado “BRA_RS_Erechim.869540_INMET.epw”, foi obtido por meio da plataforma *EnergyPlus* (2022).

Com base no arquivo climático original, foi gerado um segundo arquivo climático por meio do *plugin DragonFly*, utilizando a ferramenta *Urban Weather Generator* (UWG), a fim de representar o microclima urbano específico da área modelada. Em seguida, foi produzido um terceiro arquivo climático, correspondente ao ano de 2050, ainda sem considerar as modificações microclimáticas urbanas. Para essa etapa, empregou-se a ferramenta *CCWorldWeatherGen*.

Posteriormente, foi gerado um quarto arquivo climático, também por meio da ferramenta UWG, agora com base nas projeções para 2050, incorporando as variáveis do microclima urbano. A Figura 4 (a) apresenta o fluxo metodológico adotado e destaca os quatro cenários climáticos resultantes.

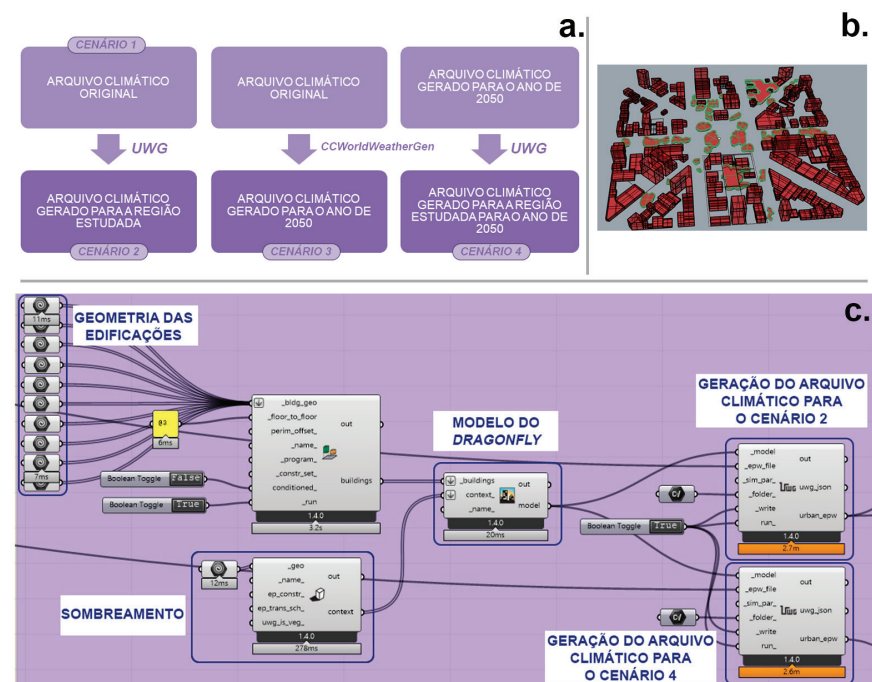


Figura 4 – Processo metodológico. (a) Geração dos quatro diferentes cenários; (b) Modelo tridimensional gerado no *Rhinoceros*; (c) Algoritmo gerado no *Grasshopper*. Fonte: elaborado pelos autores.

Por fim, foram analisadas as variáveis de temperatura do ar e umidade relativa em cada um dos cenários simulados, com o propósito de compreender os possíveis efeitos das alterações climáticas sobre a deterioração das edificações históricas em madeira presentes na área urbana de Erechim.

O *Urban Weather Generator (UWG)* é uma ferramenta computacional desenvolvida com o propósito de estimar a temperatura do ar em ambientes urbanos, a partir de dados climáticos obtidos em estações meteorológicas. O modelo considera as interações recíprocas entre edificações e o clima urbano, permitindo simulações mais precisas do comportamento térmico em áreas densamente construídas (Bueno *et al.*, 2012). Com base nos parâmetros inseridos, o *UWG* calcula os fluxos de calor sensível, bem como a temperatura e a umidade do ar no interior dos cânions urbanos, ou seja, nas zonas delimitadas por edificações e vias públicas (Bueno *et al.*, 2012).

O *UWG* está incorporado ao *plugin DragonFly*, o qual pode ser instalado no ambiente paramétrico *Grasshopper*, vinculado ao *software Rhinoceros*. A principal vantagem do uso do *UWG* reside na capacidade de reduzir as discrepâncias entre os dados meteorológicos obtidos em estações localizadas fora dos centros urbanos e as condições reais observadas em áreas urbanizadas, onde o efeito de ilha de calor é mais pronunciado.

Para a presente pesquisa, a geometria tridimensional da área de estudo foi modelada incluindo as edificações e a massa de vegetação existente. No *UWG*, foi definido que as edificações não possuem climatização artificial, a fim de preservar a fidelidade das simulações ao contexto local. Como limitação metodológica, não foram considerados os materiais das vias públicas nem a densidade de tráfego veicular, uma vez que tais informações demandam levantamento específico. Assim, esses parâmetros foram mantidos conforme os valores padrão definidos pelo programa. A geometria da área estudada e o algoritmo desenvolvido no *Grasshopper* estão representados na Figura 4 (b e c, respectivamente).

Conforme mencionado anteriormente, o arquivo climático correspondente ao ano de 2050 foi gerado por meio da ferramenta *Climate Change World Weather File Generator (CCWorldWeatherGen)*, desenvolvida pela Universidade de Southampton. Essa ferramenta utiliza projeções baseadas no modelo HadCM3 A2, adotado no *Terceiro Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas* (IPCC, 2021; UNIVERSITY OF SOUTHAMPTON ENERGY & CLIMATE CHANGE, 2020).

O processo de geração do arquivo climático através da ferramenta *CCWorldWeatherGen* é composto por quatro etapas: (i) seleção do arquivo climático original, que neste estudo corresponde ao "BRA_RS_Erechim.869540_INMET.epw", obtido na plataforma *EnergyPlus* (2022); (ii) definição do ano de projeção desejado, entre as opções 2020, 2050 ou 2080; (iii) execução do processo de transformação climática; e (iv) exportação do novo arquivo no formato ".epw". Seguindo esse procedimento, foi obtido o arquivo climático projetado para o ano de 2050, utilizado nas simulações subsequentes.

3. Resultados

O Gráfico 2 apresenta os resultados referentes à temperatura e à umidade relativa do ar em quatro cenários climáticos distintos. Inicialmente, foram agrupados os dados do cenário 1 (arquivo climático original — estação rural) e do cenário 2 (microclima da área urbana estudada). A comparação entre esses dois cenários evidencia a discrepância entre os dados obtidos em estação meteorológica convencional e aqueles simulados para o ambiente urbano específico, revelando um acréscimo médio de 1,6 °C na temperatura e uma redução de 7,5% na umidade relativa do ar. No período de inverno, o mês de agosto apresentou a maior elevação na temperatura média mensal, com variação de 1,7 °C.

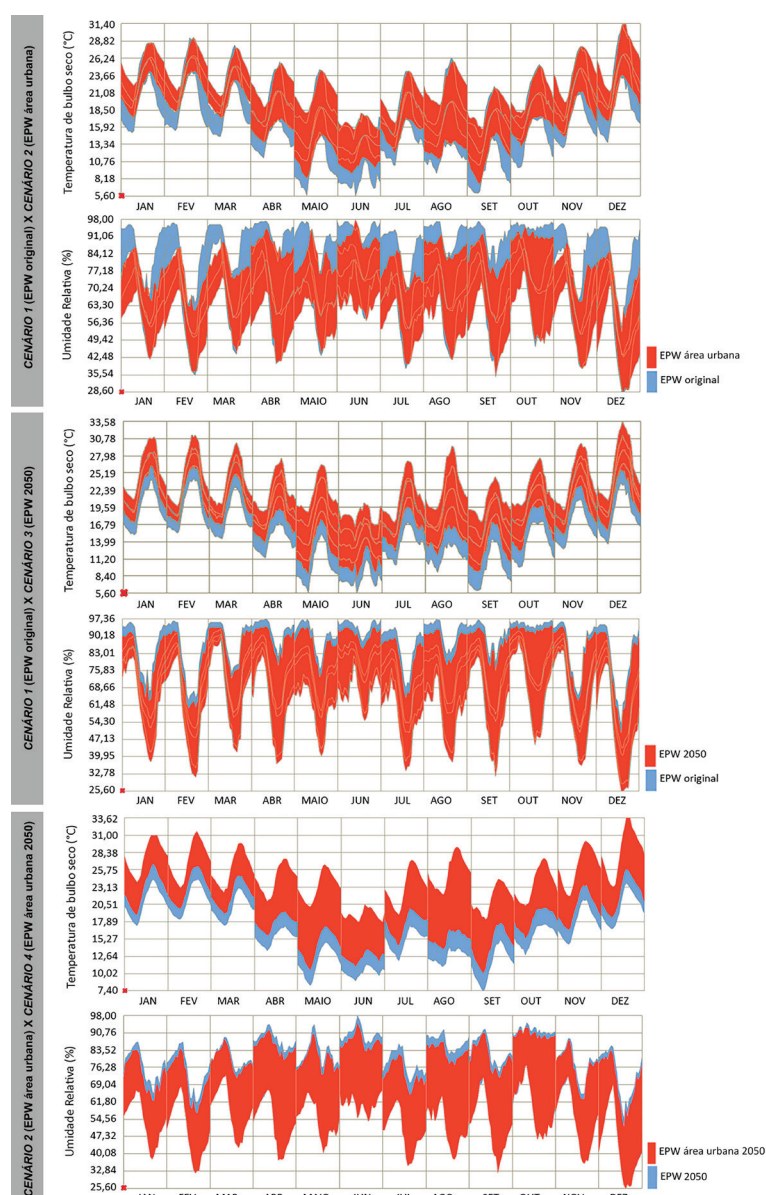


Gráfico 2 – Comparação dos resultados. Fonte: elaborado pelos autores.

Na sequência, os dados do cenário 1 foram comparados com os do cenário 3, correspondente ao ano de 2050, sem considerar as especificidades do microclima urbano. Observou-se um aumento médio de 2,3 °C nas temperaturas mensais, além da ocorrência de médias superiores a 20 °C em cinco dos doze meses do ano, enquanto no arquivo climático original esse

valor foi registrado em apenas quatro meses. A umidade relativa apresentou redução média de 3%, resultado esperado diante das projeções climáticas.

Por fim, foi realizada a comparação entre os cenários 2 e 4, ambos representando o microclima urbano, sendo o segundo projetado para o ano de 2050. Os resultados indicam um acréscimo médio de 2,3 °C nas temperaturas mensais, com nove meses apresentando médias superiores a 20 °C, em contraste com os cinco meses observados no cenário atual. A redução da umidade relativa foi menos acentuada, com média de 2,5%, o que reforça a importância de considerar o contexto urbano nas análises climáticas voltadas à conservação de edificações históricas.

4. Discussões

A madeira, quando exposta a condições de elevada umidade ou em contato direto com o solo, torna-se mais suscetível ao ataque de organismos xilófagos, como fungos e térmitas (Barillari, 2002). Segundo Ritter e Morrell (1990), a faixa ideal de temperatura para o desenvolvimento de agentes biodeterioradores situa-se entre 21 °C e 29 °C. Com base nas projeções para o ano de 2050, observa-se um aumento significativo na frequência de temperaturas dentro dessa faixa, o que favorece a proliferação desses organismos. Além disso, apesar da redução da umidade relativa do ar, os valores apresentados ainda tendem a ultrapassar 80% em todos os meses do ano, mantendo as condições que podem levar à degradação da madeira.

A variação do teor de umidade influencia diretamente as propriedades físicas e mecânicas da madeira, tornando-a mais vulnerável à ação de fungos, especialmente em ambientes com umidade superior a 95% e temperaturas entre 20 °C e 40 °C, conforme simulado para o cenário futuro. A ação de fungos provoca alterações na composição química da madeira, redução da resistência estrutural, perda de massa, alteração da coloração natural, aumento da permeabilidade, diminuição da capacidade acústica, elevação da inflamabilidade e maior propensão ao ataque de insetos, comprometendo sua qualidade e inviabilizando seu uso tecnológico (Santos, 1992).

Cruz (2001) destaca que o contato prolongado com água ou ambientes com elevada umidade é uma das principais causas de manifestações patológicas na madeira. Embora a umidade, isoladamente, não provoque degradação, ela potencializa o risco de deterioração por agentes biológicos, que somente atacam o material quando seu teor de umidade atinge níveis críticos. A simulação realizada demonstrou variações significativas na umidade relativa ao longo do ano, com picos entre 25% e 95% (Figura 5).

Além dos agentes bióticos, a deterioração da madeira pode ser agravada por fatores abióticos. Brito (2014) aponta que a variação no teor de umidade também contribui para processos físicos de degradação. Machado *et al.* (2009) ressaltam que a anisotropia do material lenhoso, associada às tensões de secagem, pode provocar empenamentos, rachaduras e fissuras, decorrentes do desequilíbrio entre a taxa de evaporação superficial e a circulação interna de água.

As mudanças climáticas, amplamente reconhecidas pela comunidade científica, afetam diretamente o microclima urbano, elevando a temperatura do ar e reduzindo a umidade relativa. Como mencionado anteriormente, a redução da umidade tende a ser benéfica para a preservação da madeira, ao retardar sua degradação, porém, a redução não é significativa a ponto de efetivamente levar a uma melhora na condição de sua manutenção, tendo

em vista que os valores de umidade indicados na projeção ainda são altos, levando em consideração que o teor de umidade acima de 20% já é um fator para a proliferação de fungos. Para além, sabe-se que a combinação de alta umidade com temperaturas elevadas (até 40°C) favorece o desenvolvimento de fungos. Atualmente, o risco de ataque fúngico ocorre em cinco meses do ano; em 2050, esse risco se estenderá a nove meses, exigindo estratégias contínuas de manutenção preventiva.

Cabe destacar que a contínua exposição da superfície da madeira às variações bruscas de condições ambientais de umidade relativa e temperatura são potenciais causadores de deteriorações na madeira, como em situações de exposição com reumidificações frequentes. Como a madeira é um material higroscópico, com capacidade de reagir às condições termo higrométricas e ambientais, busca sempre manter um teor de equilíbrio. Por isso, quando mantidas sem variação de umidade, e sem oxigênio, como no caso das madeiras totalmente submersas, tem durabilidade natural com duração indefinida.

5. Considerações Finais

Este estudo teve como propósito analisar os impactos das mudanças climáticas sobre edificações em madeira de valor histórico-cultural, com foco na sustentabilidade do ambiente construído. A metodologia adotada envolveu a geração de quatro cenários climáticos distintos, com o objetivo de avaliar as condições ambientais que influenciam a preservação de edificações patrimoniais. Os dados obtidos indicam que:

O aumento médio da temperatura entre o arquivo climático original e o projetado para 2050 é de aproximadamente 2,3 °C, tanto na estação meteorológica (rural) quanto no microclima urbano, cujos dados foram encontrados através da ferramenta *UWG*, por meio do *Dragonfly*. Embora as temperaturas urbanas sejam mais elevadas, a variação entre os cenários permanece equivalente. A mesma tendência é observada na redução da umidade relativa do ar.

A utilização da ferramenta *DragonFly* para simulação do microclima urbano impacta significativamente os resultados das análises climáticas, especialmente no que se refere à temperatura e à umidade relativa, parâmetros essenciais para a conservação da madeira.

Como a maioria dos agentes biodeterioradores da madeira sobrevive e se desenvolve na faixa de temperatura entre 21°C a 29°C, embora possam sobreviver a uma ampla variação de intervalo, podendo algumas espécies tolerantes desenvolverem-se até 40°C (Ritter e Morrell, 1990), e considerando que Mendes e Alves (1988, p. 9) ponderam que com uma média de umidade na madeira acima de 20% há a possibilidade de ataque fúngico, ou seja, a elevada umidade relativa é prejudicial à preservação de edificações em madeira, torna-se imprescindível levar em consideração as características do microclima onde o projeto de manutenção preventiva está sendo desenvolvido, o que passa pela escolha do arquivo climático mais adequado a ser utilizado nas avaliações.

A previsão de cenários climáticos futuros permite antecipar os níveis dos fatores que agravam a degradação da madeira como a temperatura, a umidade e a falta de ventilação. A ferramenta *UWG* pode servir como auxílio à detecção dos futuros riscos relacionados à temperatura e umidade. Ao identificar esse risco devem ser formuladas estratégias de conservação e manutenção preventiva, tanto do ponto de vista dos materiais, das

edificações e do seu contexto urbano. Essa abordagem reduz a necessidade de intervenções restauradoras, mantendo a originalidade do patrimônio, reduzindo os custos das iniciativas e o consumo de materiais. Assim, é necessário conhecimento técnico e atenção dos profissionais como arquitetos, engenheiros e urbanistas, bem como de políticas que produzam um Plano Diretor condizente com as necessidades da preservação de seu patrimônio histórico. Como em outras áreas, é necessária uma atuação conjunta da população, do poder público e dos especialistas com atenção à sustentabilidade, de forma que ocorra o equilíbrio de aspectos econômicos, sociais (incluindo políticos e culturais) e ambiental.

Entre as limitações do estudo, destaca-se a ausência de dados sobre a materialidade das vias urbanas e o tráfego de veículos, cuja inclusão demandaria levantamento prévio. Ademais, a configuração construtiva das edificações foi mantida conforme os padrões estabelecidos pelo *DragonFly*, o que implica que o algoritmo ainda não está plenamente adaptado à realidade local. No entanto, como os parâmetros foram uniformemente aplicados em todas as simulações, acredita-se que as conclusões obtidas não foram significativamente comprometidas. Ajustes metodológicos serão incorporados nas etapas subsequentes da pesquisa. Ainda, ressalta-se que existem limitações do *UWG* frente ao cálculo da umidade, visto que atualmente nem todos os componentes latentes foram caracterizados de forma precisa na ferramenta (Mao e Norford, 2021).

Por fim, ressalta-se que a ferramenta *CCWorldWeatherGen* não utiliza os dados do relatório mais recente do IPCC (*Sixth Assessment Report*). Todavia, sua gratuidade representa uma vantagem significativa, ampliando o acesso a pesquisadores e profissionais interessados na análise de cenários climáticos futuros.

Referências

- ARQUIVO meteorológico Erechim. **Meteoblue**, 2025. Disponível em: https://www.meteoblue.com/pt/tempo/historyclimate/weatherarchive/erechim_brasil_3464073?fcstlength=1y&year=2024&month=9. Acesso em: 25 set. 2025.
- BARILLARI, C. T. **Durabilidade da madeira do gênero Pinus tratada com preservantes: avaliação em campo de apodrecimento**. 2002. 68 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) — Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- BERTOLIN, Chiara. Preservation of Cultural Heritage and Resources Threatened by Climate Change. **Geosciences**, [s. l.], v. 9, n. 6, p. 250, jun. 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/geosciences9060250>.
- BRITO, L. D. **Patologia em estruturas de madeira: metodologia de inspeção e técnicas de reabilitação**. 2014. Tese (Departamento de Engenharia de Estruturas) — Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.
- CARTA Brasileira do Patrimônio Cultural e Mudanças Climáticas. **ICOM Brasil**, 2025. Brasília: Ministério da Cultura, set. 2025. Disponível em: <https://www.icom.org.br/conheca-a-versao-oficial-da-carta-brasileira-do-patrimonio-cultural-e-mudancas-climaticas/>. Acesso em: 29 set. 2025.
- CASTRO, Vinícius Gomes de; GUIMARÃES, Pompeu Paes. Agentes Deterioradores Abióticos. In: CASTRO, Vinícius Gomes de; GUIMARÃES, Pompeu Paes. **Deterioração e Preservação da Madeira**. Mossoró: Edufersa, 2018. Disponível em: <https://livraria.ufersa.edu.br/wp-content/uploads/sites/165/2019/02/deterioracao-e-preservacao-da-madeira002.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2022.
- CLIMATE Change World Weather File Generator for World-Wide Weather Data — CCWorldWeatherGen. **University of Southampton energy & climate change**, 2020. Disponível em: <https://energy.soton.ac.uk/climate-change-world-weather-file-generator-for-world-wide-weather-data-ccworldweathergen/>. Acesso em maio de 2022.
- CRUZ, H. (2001). Patologia, avaliação e conservação de estruturas de madeira. In: II CURSO LIVRE INTERNACIONAL DE PATRIMÔNIO. **Anais** [...]. Associação Portuguesa dos Municípios com centro histórico — Fórum UNESCO Portugal. Santarém, 2001.
- GARTLAND, Lisa. **Ilhas de Calor**: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. Trad. Silvia Helena Gonçalves. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.
- IIWC, 2017: Princípios para la conservación del patrimonio construído em maderá. In: 19ª ASSEMBLEIA GERAL ICOMOS, 2017, Delhi. **Anais** [...]. Delhi, 2017. Disponível em: https://www.icomos.org/images/DOCUMENTS/Charters/GA2017_6-3-4_WoodPrinciples_ESP_adoptados-15122017.pdf. Acesso em 15 jan. 2019.
- Intergovernmental Panel on **Climate Change (IPCC)**. **Climate Change 2021 — The Physical Science Basis**: Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2023.

KHERAIS, M.; CSÉBFALVI, A.; LEN, A. The climate impact on timber structures. **International Journal of Optimization in Civil Engineering**, v. 11, n. 1, p. 143–154, 2020.

LARSEN, Knut Einar; MARSTEIN, Nils. **Conservation of Historic Timber Structures: An Ecological Approach**. Oxford: Elsevier Science & Technology Books, 2000.

LERSCH, Inês Martina. **Contribuições para a identificação dos principais fatores e mecanismos de degradação em Edificações do Patrimônio Cultural de Porto Alegre**. 2003. 185 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/3674>. Acesso em: 12 ago. 2022.

MACHADO, J. S.; DIAS, A.; CRUZ, H.; CUSTÓDIO, J.; PALMA, P. **Avaliação, Conservação e Reforço de Estruturas de Madeira**. 1ª ed. Portugal: Editora Verlag Dashöfer, 2009.

MAO, Jiachen; NORFORD, Leslie K. Urban Weather Generator: physics-based microclimate simulation for performance-oriented urban planning. **Urban Microclimate Modelling For Comfort And Energy Studies**, [s. l.], p. 241-263, 2021. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-65421-4_12.

MENDES, A. S.; ALVES, M. V. S. **A degradação da madeira e sua preservação**. Brasília: IBDF/LPF, 1988. 56p. Disponível em: <https://www.gov.br/florestal/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/publicacoes-diversas/Adegradaodamadeiraasuapreservao.pdf>. Acesso em: 29 set. 2025.

PINTO, Thayná Frutuoso Moreira; DEVITTE, Alessandra. Plano diretor versus preservação: sua relação com o surgimento de patologias em edificações históricas de itajaí/sc. In: **Estudos Brasileiros sobre Patrimônio**. Belo Horizonte: Poisson, 2020. Disponível em: <https://www.poisson.com.br/livros/patrimonio/volume4/>. Acesso em: 12 ago. 2022.

PREFEITURA de Erechim. **Prefeitura de Erechim**, 2022. Disponível em: <https://www.pmerechim.rs.gov.br>. Acesso em: 31 maio 2022.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ERECHIM. Inventário de Bens Culturais Municipais. **Bens Edificados**, Erechim, [s. n.], 2019.

RITTER, M. A.; MORRELL, J. J. Bridge Inspection for Decay and Other Deterioration. In: **Timber Bridges: Design, Construction, Inspection, and Maintenance**. United States Department of Agriculture - USDA. USA: Forest Service, 1990.

ROSSATO, M.S. Os **Climas do Rio Grande do Sul**: variabilidade tendências e tipologia. Porto Alegre: PPGEA/UFRGS, 2011. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/32620>. Acesso em: 28 jan. 2023.

SANTOS, Z. M. **Avaliação da durabilidade natural da madeira de Eucalyptus grandis W. Hill Maiden em ensaios de laboratório**. 1992. 75 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) — Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1992.

SILVA, Mariana Estima; TORRES, Ariela da Silva; SALAMONI, Isabel Tourinho. Análise da influência de porões ventilados no estado de conservação de edificações históricas com novos usos na cidade de Pelotas/RS. **Reec - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, [s. l.], v. 14, n. 1, p. 204-215, nov. 2017. Universidade Federal de Goiás. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5216/reec.v14i1.45982>.

STOLZ, Carina Mariane; WASEM, Karen Schardong. Manifestações patológicas em edificação histórica no Vale dos Sinos/RS. **Revista Tecnologia e Tendências**, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 37-52, set. 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.25112/rtt.v11i1.2189>.

WREGE, M. *et al.* **Atlas climático da região sul do Brasil**: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Brasília, DF: EMBRAPA, 2012. Disponível em: <https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/202005/13110041-atlas-climatico-da-regiao-sul-do-brasil.pdf>. Acesso em: 28 jan. 2023.

WEATHER Data. **Energyplus**, 2022. Disponível em: <https://energyplus.net/weather>. Acesso em maio de 2022.

TRANS VERSO

05 Logística reversa do resíduo têxtil: contribuições do design

recebido em 10/09/2025
aprovado em 16/10/2025

Logística reversa do resíduo têxtil: contribuições do design

Adriana Basto Aquim
adriana.aquim@mma.gov.br
PUC-Rio

Carlo Franzato
carlofranzato@puc-rio.br
PUC-Rio

RESUMO (PT): Este artigo busca examinar as potenciais contribuições do design para a implementação efetiva da logística reversa dos resíduos têxteis. Para isso, foram analisadas as interfaces entre as abordagens de sustentabilidade no campo do design e o fluxograma da logística reversa, abrangendo os estágios de pré-consumo e pós-consumo da cadeia têxtil e de confecção (T&C). Evidenciou-se a centralidade da gestão adequada dos resíduos têxteis, compreendida como um processo sistêmico no qual o design se insere de maneira transversal, influenciando desde a concepção do produto até sua destinação final. Nesse contexto, a atuação estratégica do designer configura-se como elemento catalisador de transformações de ordem econômica, social e ambiental, contribuindo para a consolidação de um modelo produtivo orientado pelos princípios da circularidade e da sustentabilidade.

Palavras-chave: design, logística reversa, resíduo têxtil, moda.

ABSTRACT (ENG): *This article examines the potential contributions of design to the effective implementation of reverse logistics for textile waste. To this end, we analyzed the interfaces between sustainability approaches in the design field and the reverse logistics flowchart, covering the pre-consumer and post-consumer stages of the textile and apparel (T&C) chain. The centrality of proper textile waste management was highlighted, understood as a systemic process in which design plays a transversal role, influencing everything from product conception to its final disposal. In this context, the designer's strategic role serves as a catalyst for economic, social, and environmental transformations, contributing to the consolidation of a production model guided by the principles of circularity and sustainability.*

Keywords: design, reverse logistics, textile waste, fashion.

1. Introdução

Com um parque industrial têxtil e de confecções (T&C) reconhecido como o quinto maior parque têxtil mundial, o Brasil possui uma produção de vestuário, acessórios, linha lar e artigos técnicos com destaque para a produção em *beachware*, *jeansware* e *homeware* (ABIT, 2024). Porém ainda não introduziu a sua legislação específica da logística reversa do resíduo têxtil, que avança no continente europeu e ganha debate no país.

A logística reversa é uma força motriz para a circularidade e facilita a viabilidade da Economia Circular, devido ao amplo impacto na redução do esgotamento dos recursos naturais e dos danos causados pelas atividades industriais, além da redução dos resíduos gerados. Para Nascimento e Santos (2023), a logística reversa desempenha um papel vital no transporte de materiais, mercadorias e informações aos usuários finais dos produtos. Os autores ressaltam a importância e a forte relação da logística reversa em restauração e circularidade das matérias primas, desempenhando um papel vital no transporte de materiais, mercadorias e informações aos usuários finais dos produtos.

O design pode ser considerado um primeiro passo para a economia circular, sendo capaz de lidar com o fim de vida dos produtos e valorizando seu resíduo com criatividade, além de desenvolver novas formas de suprir necessidades com o trabalho bem empregado e um menor impacto na natureza. A atuação de um designer, seja na reinvenção de produtos no setor de vestuário e embalagens ou na participação em processos cooperativos e criativos, pode contribuir para a melhoria da vida no planeta (Fundação Ellen MacArthur, 2024).

A geração de resíduos e a poluição são consideradas por muitos como consequências diretas das escolhas de design. De maneira similar, a exploração de recursos naturais, frequentemente associada à destruição de ecossistemas, resulta da forma como os produtos e materiais são projetados e, logo, produzidos e utilizados. A adoção dos princípios da economia circular no processo de design permite uma abordagem mais sustentável, promovendo benefícios tanto para a sociedade quanto para o meio ambiente e os setores produtivos.

Nesse contexto, a logística reversa, aliada ao design circular, se apresenta como uma ferramenta da circularidade, influenciando a concepção de produtos inovadores, modelos de negócios disruptivos e capazes de provocar a transformação de cadeias produtivas inteiras (Fundação Ellen MacArthur, 2024). Porém, mesmo sabendo que a logística reversa é capaz de retornar produtos pós-consumo, com a criação de ciclos de retorno, estamos cientes de que ela não é capaz de diminuir o impacto ambiental criado com o excesso de produção (Magera, 2017).

Com este artigo pretendemos levantar pontos que possam contribuir para a reflexão do atual momento da gestão dos resíduos da cadeia da indústria T&C e quem sabe estimular ou propor novas contribuições do design para a melhoria do setor. O objetivo é compreender em quais aspectos o design pode contribuir para melhorar as práticas de logística reversa, tendo em vista o desafio do impacto dos resíduos têxteis para o meio ambiente.

Nossa pesquisa busca entender o impacto do design no fluxograma da cadeia da indústria têxtil e de confecções apresentado no documento da *Global Fashion Agenda* (GFA, 2024), pretendemos destacar sua distribuição e discutir os possíveis pontos de influência das práticas de design. A estrutura analítica do artigo compreenderá a contextualização do design, da logística reversa e dos resíduos têxteis e a análise do fluxograma.

2. Design

Para Manzini (2017), os designers devem desenhar a si mesmos e o seu modo de funcionamento, com o intuito de ampliar a gama de atores sociais capazes de planejar melhor e compreender o seu contexto de atuação, unindo o design difuso ao design especializado para criar valores e sistemas com sentido.

Para tanto, o envolvimento do design no processo de desenvolvimento projetual tem por objetivo solucionar desafios relacionados às necessidades humanas. As ferramentas de design são capazes de agir em problemas complexos e, com isso, auxiliam as mudanças culturais, de produção industrial e de consumo. Assim, estratégias como durabilidade, compatibilidade, modularidade e multifuncionalidade devem ser consideradas, visto que contribuem para uma abordagem circular (Scorzelli, 2023).

Ademais, o design possui habilidades, pensamento holístico e capacidade de gerar sinergias que possibilitam o gerenciamento de um conjunto de elementos. Além disso, deve considerar os sistemas biológicos e a subjetividade dos sistemas socioculturais dos espaços que serão desenvolvidos ou criados, com o envolvimento das pessoas e de seu entorno (Lepre, 2022).

Acredita-se, ainda, que é na fase de design que a maioria das características de um produto é definida. Por conseguinte, o design apresenta a proposição de novos cenários, processos e sistemas baseados em diretrizes de desenvolvimento sustentável, assumindo novas funções diante do atual panorama socioeconômico e ambiental (Pereira, 2020).

Por fim, Rawsthorn (2024) destaca que o design não é apenas uma disciplina estética, mas um instrumento poderoso para interpretar e, sobretudo, influenciar transformações nas diversas esferas da sociedade — social, política, econômica, científica, tecnológica, cultural e ecológica. Para a autora, o design tem a responsabilidade de agir de modo a promover um impacto positivo, ajudando a moldar o futuro de forma mais inclusiva e sustentável. Dessa forma, ela sugere que, mais do que uma resposta a necessidades pontuais, o design deve ser uma atitude que antecipa e facilita mudanças significativas e transformadoras na sociedade.

Quando destacamos os problemas ambientais e socioeconômicos, o design para sustentabilidade ganha destaque. Ceschin e Gaziulusoy (2016) criaram um gráfico com a evolução do design para sustentabilidade (Figura 1). Na trajetória descrita pelo design para a sustentabilidade, observa-se que, em sua origem, a disciplina concentrava-se em um nível de desenvolvimento técnico de produtos. Na Figura 1, os autores identificam nesse estágio as abordagens de design verde, ecodesign, biomimética, design do berço ao berço, design emocionalmente durável, design para comportamentos sustentáveis e design de produtos para a base da pirâmide. Gradualmente, o design avança para um segundo nível, voltado ao desenvolvimento de sistemas produto-serviço, que inclui as abordagens de design de sistemas produto-serviço ecoeficientes, sustentáveis ou orientados à base da pirâmide. Em seguida, alcança um terceiro nível projetual espaço-social, que abrange as abordagens de design sistêmico e design para a inovação social sustentável. Finalmente, o design chega a um quarto nível de atuação, centrado em sistemas sociotécnicos, representado pela abordagem de design para a transição e inovação sistêmica.

De acordo com os autores, “no que se refere ao design, parece que diversas abordagens de DfS são cruciais no processo de implementação de soluções de economia circular” (Ceschin; Gaziulusoy, 2016, p. 148, trad. dos autores). O design do berço ao berço e a biomimética apoiam a seleção de materiais e o desenvolvimento de produtos que promovem fluxos de materiais em circuito fechado. O ecodesign oferece uma abordagem mais ampla sobre todo o ciclo de vida do produto e permite a integração dos princípios dos 3Rs ao design, com ênfase nos fluxos de materiais e energia. O design sistêmico volta-se à concepção de produtos e sistemas industriais baseados nos princípios da ecologia industrial. O design de sistemas produto-serviço contribui para a criação de modelos de negócio que possibilitam e estimulam a economia circular. Por fim, o design para a transição e inovação sistêmica propõe formas alternativas de economia circular para novos cenários sociotécnicos, problematizando as bases neoliberais do conceito e contribuindo para sua reformulação teórica com implicações práticas.

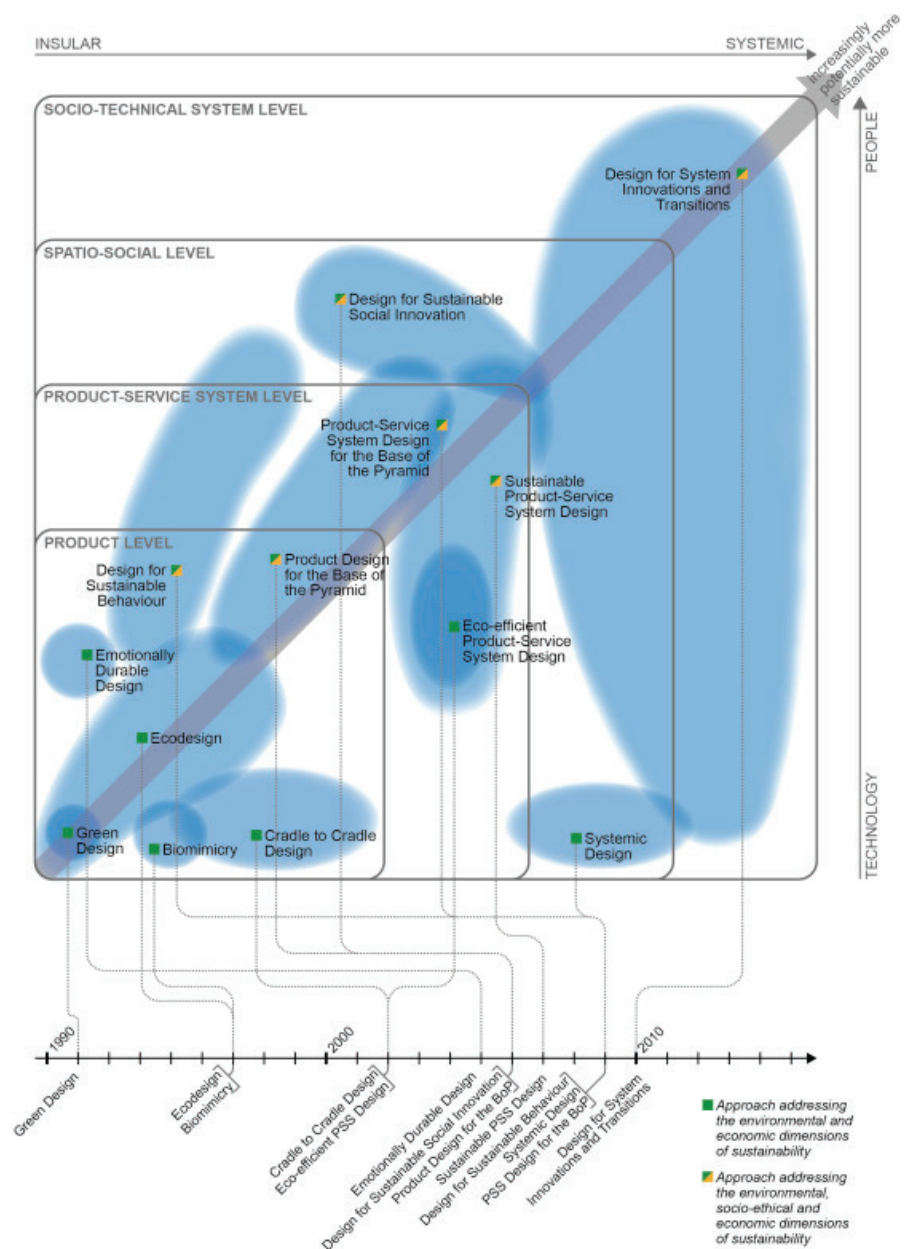


Figura 1 – Diagrama da evolução do design para a sustentabilidade elaborado por Ceschin e Gaziulusoy (2016, p. 114).

3. Logística Reversa

No Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída em 2010 por meio da Lei nº 12.305/2010, representou um marco significativo ao introduzir, de forma estruturada, o conceito de logística reversa no país, estabelecendo também o princípio da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos. Essa responsabilidade envolve diretamente fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e titulares dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, promovendo a integração de todos os atores na gestão adequada dos resíduos. Em seu Artigo 3º, inciso XII, a PNRS define logística reversa como “instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada”. Tal definição evidencia a relevância da logística reversa como ferramenta estratégica para a sustentabilidade e para a economia circular.

Com a promulgação do Decreto nº 10.936, em 12 de janeiro de 2022, foi instituído o Programa Nacional de Logística Reversa, integrando-o ao Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão de Resíduos Sólidos (SINIR) e ao Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PLANARES), consolidando a governança e o monitoramento desses sistemas. Diversos sistemas de logística reversa passaram a ser regulamentados por meio de acordos setoriais ou decretos específicos, abrangendo diferentes cadeias produtivas, tais como: embalagens de agrotóxicos (2001), óleos lubrificantes (2005 e 2019), pneus inservíveis (2009), embalagens plásticas de óleo lubrificante (2012), lâmpadas (2015), embalagens em geral (2015), embalagens de alumínio (2015 e 2020), embalagens de aço (2018), baterias chumbo-ácido (2019), medicamentos (2020), pilhas e baterias (2021), eletroeletrônicos (2022) e vidros (2022).

Nos últimos anos, novas normas legislativas foram implementadas com o objetivo de fortalecer e aprimorar os mecanismos de logística reversa, iniciando-se pelo setor de embalagens em geral, mas proporcionando aprendizado e robustez que se estendem aos demais sistemas. Destaca-se o Decreto nº 11.413, de 2 de fevereiro de 2023, que instituiu o Certificado de Crédito de Reciclagem de Logística Reversa (CCRLR), o Certificado de Estruturação e Reciclagem de Embalagens em Geral (CERER) e o Certificado de Crédito de Massa Futura (CCMF), criando um mercado regulado e promovendo incentivos econômicos à reciclagem. Complementarmente, as Portarias GM/MMA nº 1.117/2024 e GM/MMA nº 1.102/2024 estabeleceram critérios técnicos para a atuação dos verificadores de resultados e regulamentaram a habilitação das entidades gestoras, fortalecendo a governança e a transparência do sistema.

A logística reversa, ao oferecer alternativas eficientes para a destinação de resíduos sólidos urbanos e demais produtos provenientes da cadeia de produção e consumo, contribui significativamente para a otimização do uso de recursos naturais, gerando benefícios econômicos, ambientais e sociais. Considerados instrumentos de gestão estratégica, os sistemas de logística reversa favorecem a conservação das reservas naturais, prolongam a vida útil dos aterros sanitários e incentivam a prática da reciclagem, promovendo, ainda, geração de emprego e renda para a população envolvida, particularmente para trabalhadores de cooperativas de reciclagem, desempenhando assim um papel relevante no desenvolvimento sustentável e na inclusão social (Magera, 2017).

É relevante destacar que o Art. 3º da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) estabelece uma distinção fundamental entre resíduos sólidos e rejeitos. Enquanto os resíduos sólidos são materiais que, mesmo após seu uso, ainda possuem potencial de reutilização, reciclagem ou aproveitamento energético, os rejeitos correspondem à fração dos resíduos para os quais já se esgotaram todas as possibilidades de tratamento ou recuperação, não apresentando viabilidade técnica ou econômica de reaproveitamento. Essa diferenciação reforça a importância do reconhecimento do valor econômico dos resíduos, evidenciando seu potencial de reinserção nos ciclos produtivos por meio da lógica da Economia Circular.

Assim, o inciso XV apresenta a definição de *rejeitos* nos seguintes termos:

Rejeitos: resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada;

Por sua vez, o inciso XVI define *resíduos sólidos* da seguinte maneira:

Resíduos sólidos: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

4. Resíduos têxteis

No setor da indústria têxtil e de confecção (T&C), o descarte de produtos pós-consumo frequentemente segue diretamente para os cestos de lixo, sendo posteriormente encaminhado a aterros sanitários. Esse procedimento representa um significativo desperdício de oportunidades tanto de design quanto de inovação de negócios, uma vez que peças têxteis de vestuário, roupa de cama, mesa e banho, mobiliário e carpetes são descartadas sem o aproveitamento integral da energia incorporada durante sua produção (Fletcher; Grose, 2019). Essa prática evidencia a necessidade de repensar os ciclos de vida dos produtos, integrando abordagens mais sustentáveis que considerem não apenas o consumo, mas também o destino final dos materiais.

Processos como reutilização, restauração e reciclagem apresentam-se como estratégias capazes de reinserir os itens têxteis descartados na cadeia de produção e consumo. A reutilização refere-se à revenda de produtos de segunda mão, como ocorre em brechós, ou à doação a organizações não governamentais especializadas na distribuição de produtos a populações em situação de vulnerabilidade. A restauração, por sua vez, envolve o emprego de mão de obra especializada e energia para transformar peças antigas em produtos renovados, muitas vezes utilizando a técnica conhecida como *upcycling*, que agrega valor e singularidade aos itens restaurados. Nesse contexto, resíduos têxteis de qualidade superior contribuem para resultados mais satisfatórios nas restaurações (Fletcher; Grose, 2019).

No processo de reciclagem, as peças são submetidas a trituração e suas fibras são extraídas, retornando à cadeia produtiva na forma de fios, que podem ser reutilizados como matéria-prima. Entretanto, esse processo promove o *downcycling* do material, caracterizado pela diminuição da qualidade

do produto reciclado, o que limita a possibilidade de reciclagem em ciclos contínuos e compromete a sustentabilidade integral do processo. Cada uma dessas estratégias demanda quantidades específicas de energia e mão de obra, e, embora contribuam para a mitigação do desperdício, não eliminam totalmente a geração de resíduos (Fletcher; Grose, 2019).

O modelo industrial de produção têxtil de baixo custo e qualidade limitada, conhecido como *fast fashion*, intensifica o problema do desperdício, inundando o mercado com produtos descartáveis e dificultando a implementação efetiva das técnicas de reaproveitamento já consolidadas. Diferentemente, os resíduos pré-consumo, resultantes dos restos de linhas de produção industrial têxtil ou de confecções, apresentam características que favorecem seu reaproveitamento e frequentemente possuem valor comercial. Contudo, pequenas e médias indústrias, muitas vezes em situação de fragilidade econômica, carecem de orientações adequadas, levando-as a descartar esses resíduos juntamente com os resíduos comuns, que acabam, na melhor das hipóteses, em aterros ou lixões.

Programas de logística reversa surgem como mecanismos importantes para responsabilizar as indústrias pela correta destinação de seus produtos pós-uso. No setor têxtil, essa abordagem incentiva designers e varejistas a planejarem desde a concepção do produto considerando seu descarte futuro, contemplando todos os fluxos de pós-produção e o comportamento futuro do consumidor (Fletcher; Grose, 2019). Torna-se imprescindível reestruturar a lógica de produção, distribuição e comercialização de roupas, incluindo a implementação de pontos de recolhimento, cooperativas de catadores, empresas especializadas na coleta de resíduos e usinas de reciclagem têxtil, de modo a promover uma cadeia produtiva mais sustentável, eficiente e socialmente responsável.

5. A logística reversa dos resíduos têxteis e o design

Conhecer as implicações da logística reversa para o setor da indústria T&C e responsabilizar o designer, o produtor e o varejista de moda pelo futuro descarte dos produtos inclui nas decisões da indústria T&C o trabalho de usinas de reciclagem e empresas de coleta de resíduos e gera implicações ainda desconhecidas para as atividades de distribuição e coleta de produtos (Fletcher; Grose, 2019).

Pensar ciclos e responsabilidades conjuntas de produção usando a etapa de reciclagem como catalizador de uma mudança de comportamento é um desafio a ser enfrentado. Fletcher e Grose (2019) sugerem que um primeiro passo a ser adotado é a aproximação entre designers, produtores e usinas de reciclagem. A produção industrial têxtil tem operado separado da indústria da reciclagem, promover a aproximação, pensar ciclos e responsabilidades conjuntas de produção usando a etapa de reciclagem como catalizador de uma mudança de comportamento, pode otimizar a eficiência nos processos, facilitando a reciclagem, gerando receita e lucratividade.

Viabilizar os 5Rs de reutilizar, reparar, recondicionar, remanufaturar e reciclar (MMA, 2020), demanda um sistema de logística reversa simplificado e estrategicamente planejado. Adaptamos um fluxograma de etapas da logística reversa disponibilizado pelo *Global Fashion Agenda* (GFA) em meados de 2024 no documento intitulado *Reverse Logistics for Circular Fashion Systems* visando facilitar a identificação das possíveis contribuições do design. Construímos o fluxograma em quatro camadas. A primeira contém dez

etapas de produção e comercialização, a segunda incluímos mais cinco etapas da logística reversa, a terceira incluímos as áreas de influência do design e a quarta destacamos os pontos de em que a produção gera rejeitos e seu encaminhamento para o descarte ambientalmente adequado.

A primeira camada (Figura 2) contém as etapas de comercialização e produção que seguem o modelo de produção industrial e comercialização consolidado, onde a preocupação com o pós-venda não é considerada. Este modelo nasce com o desenvolvimento do produto ou a ideia inicial concebido pelo design, passa pelo fornecimento de materiais, que podem ser primários ou da indústria de reciclagem existente, a produção de tecidos e do vestuário, vai para o varejo ou ponto de venda, seguindo para o consumidor ou para estoque não vendido. Do consumidor o produto segue para o descarte e o estoque não vendido para revenda.

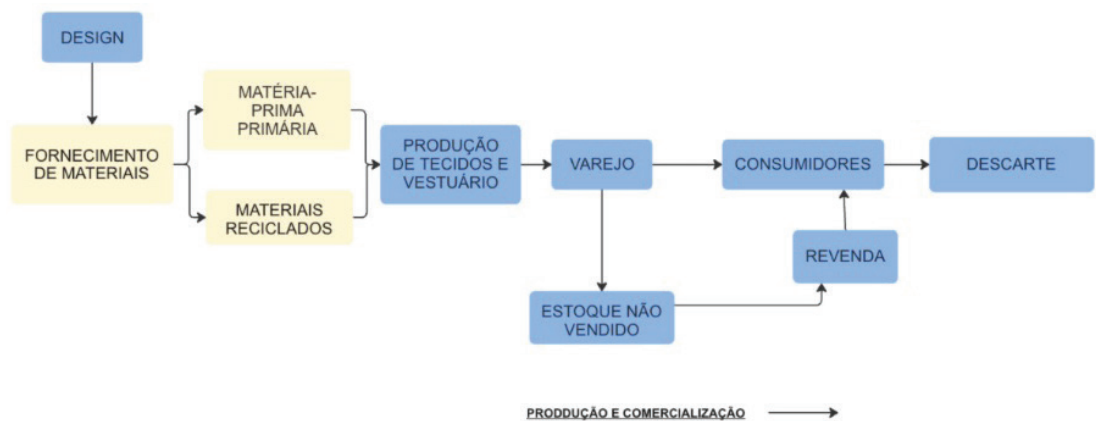


Figura 2 – Camada de produção e comercialização do fluxograma das etapas da logística reversa da indústria T&C adaptado pelos autores do relatório *Reverse Logistics for Circular Fashion Systems* do GFA (2024, p. 6).

Na segunda camada (Figura 3) incluímos o conceito de logística reversa onde o descarte dos consumidores foi substituído pela doação e arrecadação visando a triagem para reciclagem ou reutilização. Nesta etapa consideramos os caminhos dos resíduos têxteis pós-produção e pós-consumo, onde a pós-produção pode gerar restos de tecidos e retornam para produção como materiais reciclados e o pós-consumo desenvolve processos como o reparo e o retorno, que podem gerar um novo valor para este produto e despertar novamente o interesse do consumidor.

No retorno, temos a utilização de peças de segunda mão que podem ser vendidas para novos consumidores e o reparo devolve o produto ao consumidor em condições adequadas de uso. Seguindo da doação e arrecadação, antigo descarte, temos a triagem da reciclagem que gera novos materiais reciclados para produção na indústria e a triagem da reutilização, que com a ajuda de designers de moda atuam na revalorização do produto devolvendo para a revenda com um reposicionamento e disponibilizando ao consumidor peças com design diferenciado.

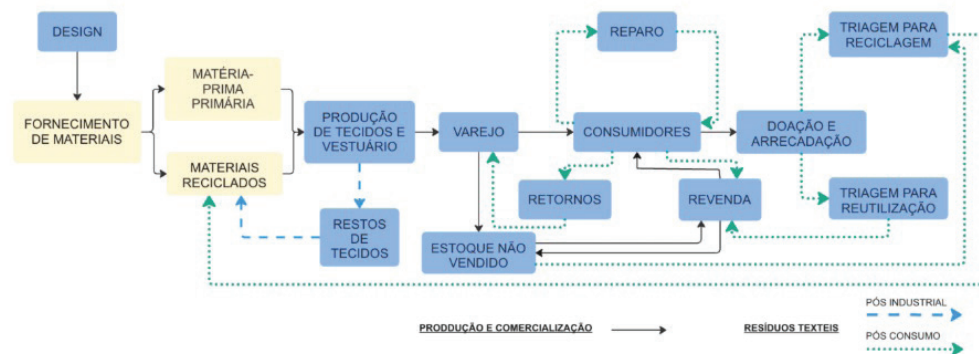


Figura 3 – Camada de logística reversa do fluxograma das etapas da logística reversa da indústria T&C adaptado pelos autores do relatório *Reverse Logistics for Circular Fashion Systems* do GFA (2024, p. 6).

A terceira camada, apresentada na Figura 4, ilustra o fluxograma desenvolvido para representar as áreas de influência do design no contexto do sistema de logística reversa da indústria de Têxteis e Confeção (T&C). Esse fluxograma contempla quinze etapas inter-relacionadas, que delineiam o percurso completo do ciclo de vida dos produtos, desde a concepção até o destino final. As etapas incluem: design, fornecimento de materiais, matéria-prima primária, materiais reciclados, produção de tecidos e vestuário, geração de resíduos têxteis, comercialização no varejo, consumo final pelo usuário, processos de reparo, triagem destinada à reciclagem, triagem para reutilização, doação e arrecadação de itens, retorno ao ciclo produtivo, revenda de produtos e gestão de estoque não vendido. Dessa forma, a figura evidencia a amplitude da atuação do design, destacando sua capacidade de influenciar não apenas a produção e o consumo, mas também a recuperação de materiais, a sustentabilidade e a otimização de recursos ao longo de toda a cadeia produtiva.

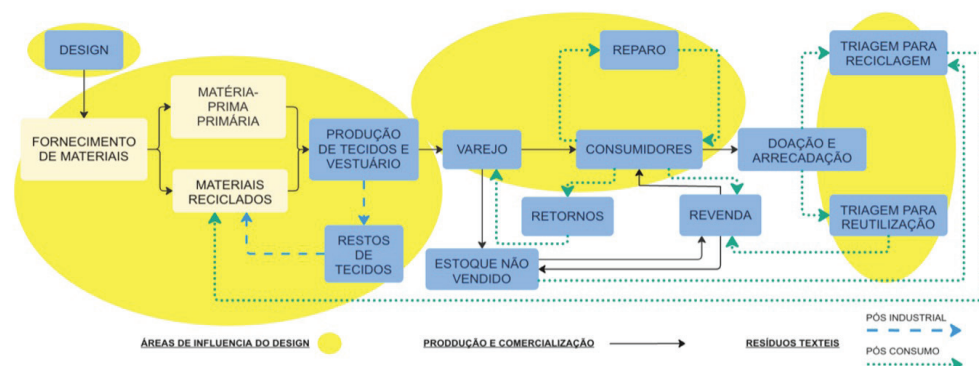


Figura 4 – Camada de áreas de influência do design do fluxograma das etapas da logística reversa da indústria T&C adaptado pelos autores do relatório *Reverse Logistics for Circular Fashion Systems* do GFA (2024, p. 6).

Nossa representação da influência do design, destacada visualmente em amarelo, inicia-se com a intervenção do designer de produto no desenvolvimento da ideia ou protótipo inicial. O setor de criação e desenvolvimento desempenha papel central ao determinar quais produtos serão efetivamente produzidos pela indústria ou pela confecção, definindo suas características essenciais, formas e funcionalidades. O fornecimento e a seleção de materiais utilizados no processo produtivo são diretamente influenciados pelo projeto de design, demonstrando como a visão do designer pode orientar escolhas técnicas e estéticas. Embora fatores econômicos e empresariais frequentemente se sobreponham às preocupações de sustentabilidade na etapa de criação, a interação entre a atuação do design e as demandas do consumidor possui o potencial de modificar decisões industriais relacionadas a custos e à seleção de materiais mais sustentáveis e ambientalmente responsáveis.

Em seguida, distinguem-se as matérias-primas provenientes de fontes primárias, obtidas diretamente da natureza ou produzidas para fins específicos, e os materiais reciclados, que retornam à cadeia produtiva após terem passado por processos industriais prévios. Na produção de tecidos e vestuário, o processamento têxtil apresenta complexidade técnica significativa, normalmente conduzida por engenheiros têxteis. A aproximação entre designer e engenheiro têxtil pode fomentar uma simbiose criativa e científica, em que o questionamento constante do designer estimula a identificação de processos de produção com menor impacto ambiental e maior sustentabilidade, promovendo inovações que conciliem eficiência técnica e responsabilidade ecológica (Fletcher; Grose, 2019).

Após a etapa de produção industrial, os resíduos têxteis, classificados como pós-industriais, retornam como materiais reciclados para reintegração na indústria, conforme ilustrado no fluxograma de logística reversa. No contexto brasileiro, os restos de tecidos provenientes da produção industrial são frequentemente comercializados para pequenas empresas de artesanato antes de seguirem para processos de reciclagem, permitindo um retorno parcial ao ciclo produtivo de materiais reciclados.

Nas etapas subsequentes, varejo e consumo, o design de embalagens e a comunicação visual assumem papel estratégico, influenciando o comportamento do consumidor e potencializando as vendas. Nessa fase, a etapa de reparo pode ser realizada pelo próprio consumidor, especialmente quando se trata de produtos de qualidade diferenciada ou que possuam valor afetivo significativo. Historicamente, o reparo de vestuário era comum; entretanto, a proliferação da moda rápida e a baixa durabilidade dos produtos têm limitado essa prática, evidenciando a necessidade de design orientado à durabilidade e à reparabilidade.

As etapas finais incluem a triagem para reciclagem e para reutilização, nas quais o design desempenha papel crucial. Na triagem para reciclagem, decisões iniciais relativas à escolha de matérias-primas e à incorporação de tecnologias recicláveis são determinantes para a viabilidade da circularidade. O incentivo ao desenvolvimento de novas técnicas de reciclagem, capazes de processar materiais ainda não recicláveis, é igualmente relevante. Por sua vez, na triagem para reutilização, peças em bom estado e com qualidade têxtil preservada podem retornar ao mercado por meio de revenda em mercados de segunda mão ou por meio de doações, promovendo a extensão do ciclo de vida do produto.

A logística reversa na indústria têxtil e de confecção (T&C) compreende dois grupos distintos: o pós-industrial (pré-consumo) e o pós-consumo. Durante o processamento têxtil, o manejo de resíduos como água, emissões atmosféricas, toxicidade do solo e impactos à saúde humana e aos ecossistemas é responsabilidade dos engenheiros têxteis, sendo regulado por licenças ambientais. Entretanto, os resíduos físicos dos produtos fabricados, como sobras de teares, possuem valor econômico e frequentemente são vendidos como retalhos, sendo explorados comercialmente pela indústria (Fletcher; Grose, 2019).

Na confecção, os produtos têxteis passam por transformações que geram vestuário ou artigos de linha casa, originando resíduos provenientes do corte das modelagens. Tecnologias avançadas, como modelagem computacional e corte a laser, contribuem para a redução significativa desses volumes de desperdício. Contudo, a separação adequada de resíduos nas confecções ainda apresenta desafios, devido à dificuldade de classificação dos tipos de tecidos, contaminação por produtos diversos ou armazenamento inadequado.

Durante a comercialização, os resíduos têxteis resultam de produtos encalhados, fora de coleção ou com defeitos, muitas vezes sendo descartados ou incinerados, desperdiçando energia incorporada durante a produção. A ação do consumidor, tanto na aquisição quanto no pós-uso do produto, influencia diretamente o destino desses resíduos. A conscientização do consumidor é, portanto, fundamental, pois ele possui o potencial de reintegrar à economia a energia e os recursos contidos nos produtos têxteis por meio da reutilização ou reciclagem. No entanto, tais ações não alteram o modelo industrial vigente nem impedem o aumento contínuo da produção e do desperdício na indústria da moda (Fletcher; Grose, 2019).

A quarta camada de nossa análise (Figura 5) introduz os pontos de saída de rejeitos nas diferentes etapas da produção, destacando a necessidade de seu descarte ambientalmente adequado. Além disso, estabelecemos quatro áreas de influência, ou seja, design, produção, comercialização e descarte, as quais evidenciam o papel do design em cada fase do ciclo produtivo. Esta camada adicional contempla os produtos que não seguem integralmente o fluxo circular de materiais, reforçando a importância de estratégias de gerenciamento de resíduos que garantam a destinação correta mesmo diante de limitações de circularidade.

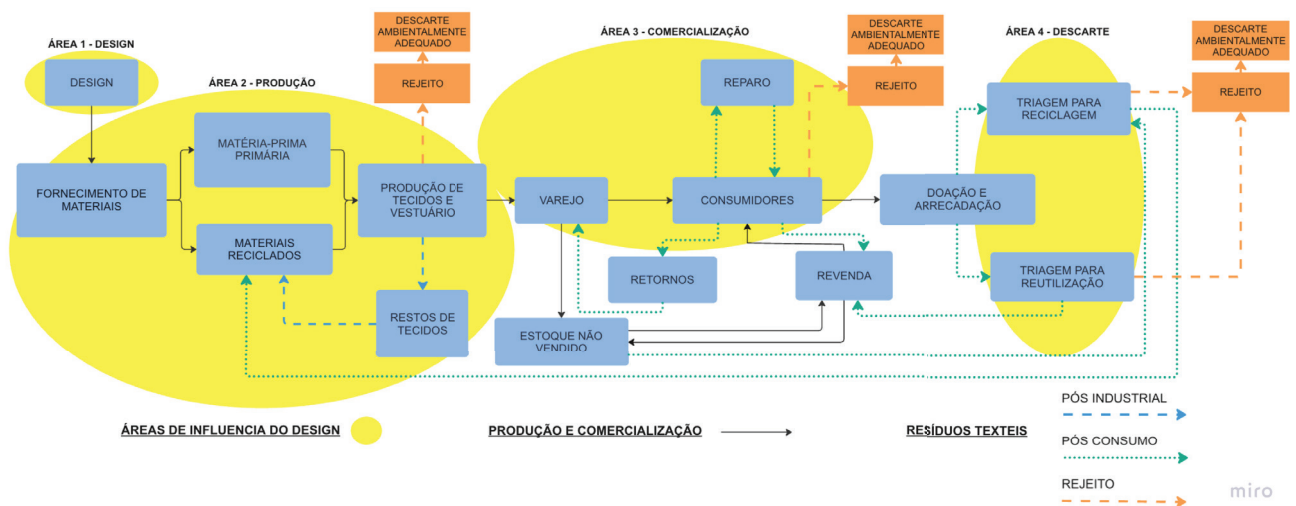


Figura 5 – Camada de áreas de influência do design do fluxograma das etapas da logística reversa da indústria T&C com a inclusão dos pontos de produção de rejeitos e seu descarte ambientalmente adequado, gráfico adaptado pelos autores do relatório *Reverse Logistics for Circular Fashion Systems* do GFA (2024, p. 6).

O fluxograma finalizado apresenta de forma detalhada os caminhos percorridos pelos resíduos gerados nas áreas 2 (produção), 3 (comercialização) e 4 (descarte). Esses resíduos ainda conservam valor econômico e, portanto, podem ser reaproveitados por meio de estratégias como reutilização, reparo, recondicionamento, remanufatura ou reciclagem, em conformidade com os princípios dos 5R's (Reduzir, Reutilizar, Reciclar, Recuperar e Repensar). No entanto, é importante destacar que as mesmas áreas de produção, comercialização e descarte também geram rejeitos que, por não apresentarem valor econômico significativo, necessitam de um manejo adequado para garantir o descarte correto e minimizar impactos ambientais adversos.

No que tange ao impacto do design sobre o resíduo têxtil pós-industrial, observa-se que esta etapa apresenta como a mais direta e acessível ao designer. Neste estágio, o profissional atua em um ambiente controlado dentro

do setor fabril, onde possui conhecimento detalhado das normas, métricas de produção e objetivos explícitos da organização, como a redução de custos e o aumento da lucratividade. Tal contexto permite ao designer desenvolver projetos mais eficazes, bem como influenciar decisões e negociar diretamente com as linhas de comando do setor produtivo, ampliando sua capacidade de intervenção na gestão de resíduos desde a concepção dos produtos.

Por outro lado, o impacto do design sobre o resíduo têxtil pós-consumo demanda do profissional habilidades de análise do comportamento do consumidor. O designer está habituado a compreender o público-alvo, antecipar suas necessidades e criar experiências que seduzam e sensibilizem. Assim, ele pode influenciar a participação do consumidor no processo de fim de vida do produto, incentivando práticas que prolonguem o ciclo útil ou favoreçam a correta destinação dos resíduos, reconhecendo que esses produtos, em um momento anterior, constituíam objetos de desejo.

Ao considerar o caminho a jusante do fluxograma, que se inicia no fim de vida do produto e encontra-se mais distante das áreas de design e produção, o impacto do design sobre o resíduo têxtil revela novas oportunidades de aprendizado. Essa etapa permite identificar estratégias para reduzir a geração de rejeitos já na fase de concepção, promovendo melhorias significativas por meio da Análise do Ciclo de Vida (ACV) do produto. A aplicação criteriosa da ACV contribui para o desenvolvimento de produtos mais eficientes e materiais com menor impacto ambiental, fortalecendo a sustentabilidade na cadeia produtiva.

A operacionalização correta do fluxo de resíduos representa um desafio significativo, especialmente considerando que a produção de vestuário envolve tecidos cada vez mais tecnológicos, predominantemente sintéticos, e processos de manufatura em alta velocidade, associados ao consumo online de massa. A gestão do destino final dos itens de vestuário depende, portanto, não apenas da ação das empresas, mas também da participação ativa dos consumidores e de todos os demais atores envolvidos na cadeia, que precisam definir de forma clara onde e como os resíduos podem ser descartados de maneira ambientalmente adequada.

De acordo com dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), a coleta seletiva em municípios brasileiros alcança 32,2% de um total de 5.570 municípios (MC, 2024). Entretanto, os resíduos têxteis não estão incluídos na lista de materiais coletados, sendo a seleção de recicláveis realizada por cooperativas ou empresas especializadas contratadas pelos municípios.

Portanto, a promoção de conceitos de economia circular no setor têxtil apresenta-se como uma estratégia fundamental para a valorização econômica dos materiais, para a geração de emprego e renda e para a redução significativa dos impactos ambientais. A implementação da economia circular possibilita o reaproveitamento de resíduos ainda valiosos, estimulando práticas de produção e consumo mais conscientes e sustentáveis, ao mesmo tempo em que fortalece a competitividade e a inovação na indústria da moda.

6. Considerações finais

Incentivar o mercado de resíduos têxteis representa uma estratégia essencial para promover a valorização desse material, antes muitas vezes descartado de forma inadequada. Incluir nos sistemas de coleta seletiva pode não apenas reduzir os impactos ambientais, mas também fortalecer uma cadeia industrial e artesanal voltada ao reaproveitamento. Esse movimento tende a impulsionar a criação de empresas especializadas na transformação de resíduos, ampliando as oportunidades de geração de emprego e renda em um contexto social marcado pela escassez de postos de trabalho e pela necessidade de alternativas econômicas sustentáveis.

Nesse cenário, o design emerge como agente estratégico e interdisciplinar, exercendo influência direta na articulação entre consumo, produção e sustentabilidade. Na análise do fluxograma, podemos destacar a presença do design em múltiplas etapas, seja por meio de sua visão holística e sistêmica, seja pela capacidade de propor soluções inovadoras que conectam atores distintos da cadeia. Ao alinhar as competências do design com as diretrizes da logística reversa, observa-se sua contribuição não apenas técnica, mas também cultural e social, tornando-o um elo fundamental para a reorganização dos fluxos produtivos na indústria têxtil.

Com sua versatilidade e capacidade de intervir em diferentes dimensões (estética, funcional, produtiva e ambiental), o design reforça seu papel central na gestão de resíduos têxteis, enfrentando os desafios de qualidade, custo e sustentabilidade. Atua, assim, como mediador entre as demandas do mercado, as exigências da sociedade e a preservação ambiental. Essa atuação adquire relevância ainda maior quando considerada a histórica ligação entre design e moda, setor que, ao mesmo tempo em que promove inovação, também é responsável por elevados índices de descarte. Assim, o design pode reorientar práticas consolidadas, propondo novos modelos que priorizem durabilidade, circularidade e responsabilidade ecológica.

Diante desse panorama, torna-se imprescindível estimular novas alternativas que reduzam a geração de resíduos e incentivem práticas produtivas e de consumo mais conscientes. A continuidade de pesquisas, debates e experimentações se apresenta como um caminho fundamental para consolidar essa transformação. O design, nesse processo, não apenas oferece instrumentos práticos e conceituais para a redução de impactos ambientais, mas também contribui para acelerar a transição em direção a um modelo de desenvolvimento mais sustentável, ético e socialmente comprometido, consolidando-se como protagonista no enfrentamento dos desafios contemporâneos da indústria têxtil.

Agradecimentos

Carlo Franzato conta com o apoio da bolsa de Produtividade em Pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, processo 314437/2023-1). Ademais, o trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES, Código de Financiamento 001) e da Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ, processo SEI-260003/001198/2023 — APQ1).

Referências

ABIT. **Abit**, 2025. Associação Brasileira de Indústria Têxtil e de Confecção. Disponível em: <https://www.abit.org.br>. Acesso em: 27 mar. 2025.

A política dos 5 R's. **Ministério do meio ambiente**, 2020. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/servidores/item/9410-a-pol%C3%ADtica-dos-5-r-s.html>. Acesso em: 5 mar. 2025.

BRASIL. **Decreto no 10.936, de 12 de janeiro de 2022**. Regulamenta a Lei nº12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, DF: Presidência da República, 2022. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/d10936.htm. Acesso em 26 mai. 2024.

BRASIL. **Decreto nº11.413, de 13 de fevereiro de 2023**. Institui o Certificado de Crédito de Reciclagem de Logística Reversa, o Certificado de Estruturação e Reciclagem de Embalagens em Geral e o Certificado de Crédito de Massa Futura, no âmbito dos sistemas de logística reversa de que trata o art. 33 da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Brasília, DF: Presidência da República, 2023. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2023-2026/2023/Decreto/D11413.htm. Acesso em: 06 out. 2025.

BRASIL. **Lei no 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional da Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em 25 jan. 2024.

BRASIL. **Portaria GM/MMA nº1.102, de 12 de julho de 2024**. Regulamenta dispositivos do Decreto nº 11.413, de 13 de fevereiro de 2023, para estabelecer, no âmbito dos sistemas de logística reversa de embalagens em geral, os critérios de habilitação das entidades gestoras e os parâmetros a serem observados por elas no desempenho de suas atribuições. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/mma-n-1.102-de-12-de-julho-de-2024-572080045>. Acesso em 05 out. 2024.

BRASIL. **Portaria GM/MMA nº1.117, de 01 de agosto de 2024**. Regulamenta o art. 5º, inciso I e o art. 27, inciso V do Decreto nº 11.413, de 13 de fevereiro de 2023, para estabelecer os critérios de habilitação dos verificadores de resultado de sistemas de logística reversa e instituir o primeiro chamamento público visando o cadastramento das pessoas jurídicas. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/mma-n-1.117-de-1-de-agosto-de-2024-575976215>. Acesso em 05 out. 2024.

CESCHIN, F.; GAZIULUSOY, I. Evolution of design for sustainability: from product design to design for system innovations and transitions. **Design Studies**, n. 47, p. 118-163, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0142694X16300631>. Acesso em: 1 mar. 2024.

FLETCHER, K.; GROSE, L. **Moda & sustentabilidade**: design para mudança. São Paulo: SENAC-São Paulo, 2019.

INTRODUÇÃO ao design circular. **Fundação Ellen Macarthur**, 2025. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/pt/introducao-design-circular/precisamos-repensar-radicalmente-o-design>. Acesso em: 10 mar. 2025.

IRWIN, T. The Emerging Transition Design Approach. In: DRS International Conference, 2018, Irlanda. **Anais** [...]. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.21606/drs.2018.210>. Acesso em: 20 jul. 2024.

LEPRE, P. R. Economia Circular Inclusiva: a inclusão como atributo sistêmico do Design para a Economia Circular em contextos econômicos emergentes. **Estudos em Design**, v.30, n.3, p. 36-49, 2022.

MAGERA, M. **Os caminhos do lixo: da obsolescência programada à logística reversa**. 2 ed. Campinas-SP: Átomo, 2017.

MANZINI, Ezio. **Design: quando todos fazem design, uma introdução ao design para a inovação social**. São Leopoldo: UNISINOS, 2017.

MINISTÉRIO DAS CIDADES (MC). **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS)**, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis>. Acesso em: 5 mar. 2025.

NASCIMENTO, T. C. SANTOS, L. T. S. Contribuições das práticas de Logística Reversa para o Desenvolvimento Sustentável. **Revista Científica Semana Acadêmica**, ed. 232, v. 11, Fortaleza-CE, 2023.

O que é a economia circular? **Fundação Ellen Macarthur**, 2024. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/pt/temas/economia-circular-introducao/visao-geral>. Acesso em: 26 mai. 2024.

PEREIRA, L. C. F. **O Design para a Economia Circular: Repensando a Forma como fazemos as coisas**. Orientadora: Ana Cláudia Maynardes. 2020. Dissertação (Mestrado em Design) Programa de Pós-Graduação em Design, Universidade de Brasília, 2021.

RAWSTHORN, A. **Design como atitude**. São Paulo: Ubu Editora, 2024.

REVERSE Logistics, for circular fashion systems. An exploration of untapped potential. **Global Fashion Agenda**, 2024. Disponível em: <https://globalfashionagenda.org/resource/reverse-logistics-for-circular-fashion-systems/>. Acesso em: 8 ago. 2024.

SCORZELLI, I. **Transição para Economia Circular: um caminho para a agenda 2030**. Rio de Janeiro: Hakol Instituto Ambiental, 2023.

TRANS VERSO

06 Modelo de células de refrigeração inspiradas nos cogumelos: analogia da natureza e design generativo

recebido em 23/08/2025
aprovado em 23/09/2025

Modelo de células de refrigeração inspiradas nos cogumelos: analogia da natureza e design generativo

Maisa Rachman

maisarachman@gmail.com

Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC

Ana Veronica Pazmino

anaverpw@gmail.com

Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC

RESUMO (PT): O objetivo deste artigo é apresentar a investigação do conceito de Design Generativo e sua aplicação no desenvolvimento de um modelo em escala de células de refrigeração. O Design Generativo utiliza algoritmos para explorar múltiplas soluções de design a partir de parâmetros predefinidos, permitindo a criação de formas inovadoras e otimizadas para diversos critérios, como funcionalidade, estética e sustentabilidade. Adicionalmente, a Biomimética foi integrada ao processo criativo. A inspiração em processos e estruturas naturais buscou gerar soluções que promovam a conscientização infantil sobre temas ambientais, como o efeito das ilhas de calor urbanas. Essa abordagem foi aplicada tanto na forma quanto na função do modelo. A pesquisa incluiu uma revisão bibliográfica sobre temas centrais como Biomimética, manufatura aditiva e design generativo, utilizando ferramentas como o *software VOSviewer* para mapear as interconexões conceituais. Como resultado, o projeto gerou um modelo funcional utilizando manufatura aditiva, que se mostrou uma tecnologia fundamental para a materialização rápida e eficiente de produtos baseados no design generativo.

Palavras-chave: design generativo; biomimética; manufatura aditiva.

ABSTRACT (ENG): The objective of this article is to present the investigation of the concept of generative design and its application in the development of a scale model of refrigeration cells. Generative design uses algorithms to explore multiple design solutions based on predefined parameters, enabling the creation of innovative forms optimized for various criteria, such as functionality, aesthetics, and sustainability. Furthermore, biomimicry, which draws inspiration from natural processes and structures, was integrated into the creative process to generate solutions that promote children's awareness of environmental issues, such as the urban heat island effect, and applied to form and function. The research included a literature review on key topics such as biomimicry, additive manufacturing, and generative design, using tools such as *VOSviewer* software to map conceptual interconnections. As a result, the project generated a functional model using additive manufacturing, which has proven to be a fundamental technology for the rapid and efficient materialization of products based on generative design.

Keywords: generative design; biomimicry; additive manufacturing.

1. Introdução

A sustentabilidade, a preocupação com o meio ambiente e todas as suas esferas, bem como a busca constante por aplicações de tecnologias que auxiliem no propósito ecológico podem ser consideradas características fundamentais para todo profissional do Design. Sabe-se que o design de produtos possui como eixos temáticos o Design Sustentável e Tecnológico. Dessa forma, parece fundamental, para o processo de criação e produção envolvendo essa área de conhecimento, a busca por um desenvolvimento pensado em todos os possíveis impactos de um produto e, ainda, visando sempre a aplicação de tecnologias inovadoras que o otimizem.

Cada vez mais, os equilíbrios naturais dependerão das intervenções humanas. Um tempo virá em que será necessário empreender imensos programas para regular as relações entre o oxigênio, o ozônio e o gás carbônico na atmosfera terrestre. (Guattari, 1990).

Durante esta pesquisa de iniciação científica, buscou-se aprofundar sobre conhecer a tecnologia inovadora cujos impactos de sua aplicação revolucionaram a forma de se pensar o Design e o desenvolvimento de novos produtos. Tal tecnologia, denominada de Design Generativo, tem se tornado cada vez mais comum nas principais indústrias, sendo uma solução para otimizar o tempo de criação, desenvolvimento, prototipação e manufatura de um projeto.

A aplicação do Design Generativo, neste projeto específico, em conjunto com um viés ecológico, procura estabelecer soluções que atendam a sociedade, o meio ambiente e as tendências humanas, na mesma linha do conceito de três ecologias desenvolvido por Félix Guattari (1990).

Segundo Guattari (1990), o conceito de três ecologias define o ambiente em que vivemos como um todo. O autor propõe uma visão de mundo que busca compreender além do ser humano e suas necessidades, assim, estabelecendo uma visão ecológica abrangente que considera um cenário de reciprocidade entre o meio ambiente, as relações sociais e a subjetividade humana.

Através de uma revisão documental a respeito dos conceitos básicos, buscou-se aprofundar em diversos tópicos relacionados a Design Generativo e Biomimética. Tal pesquisa denota extrema relevância para o projeto, cuja temática engloba o Design Generativo e sua aplicação no design de um produto.

A metodologia aplicada no desenvolvimento do projeto foi a pesquisa documental sobre temas de design generativo, biomimética e aquecimento como problemática ambiental. Pesquisa de sistemas de resfriamento, geração de soluções e a materialização por meio de técnicas de fabricação digital.

2. Biomimética

No contexto atual, onde a preocupação com o meio ambiente e a necessidade de soluções sustentáveis são tópicos cada vez mais relevantes, o design desempenha um papel fundamental na promoção do desenvolvimento sustentável. Ao unir os princípios do design com a preocupação com o meio ambiente, é possível criar soluções inovadoras que não apenas atendam às necessidades dos usuários, mas também minimizem o impacto negativo no planeta.

A biomimética, derivada das raízes gregas “*bios*” (vida) e “*mimikos*” (imitar), refere-se, à prática de buscar inspiração no meio ambiente para resolver desafios, imitando processos biológicos, formas e ecossistemas (Kennedy, 2004). Como campo de ciência, tem-se tornado uma disciplina fundamental para promover a sustentabilidade e a inovação através de um direcionamento dos olhares para as soluções já existentes conforme mencionado por Kennedy:

Biomimética refere-se ao estudo dos desenvolvimentos mais bem-sucedidos da natureza e a imitação desses designs e processos para resolver problemas da humanidade. Pode-se pensar em inovação inspirada na natureza (Kennedy, 2004).

Lurie-Luke define a mimetização biológica como uma abordagem que utiliza os sistemas naturais para desenvolver inovações tecnológicas e produtos, aproveitando os 3,8 bilhões de anos de adaptação evolutiva da natureza. A aplicação da biomimética envolve a compreensão dos princípios fundamentais dos mecanismos biológicos e a adaptação desses conceitos que resultam em soluções inovadoras em diversos campos. Dessa forma, é possível proporcionar possibilidades transformadoras e ambientalmente amigáveis, muitas vezes contribuindo para o desenvolvimento sustentável no desenvolvimento de produtos e tecnologias (Lurie-Luke, 2014).

Ao adotar as soluções testadas pelo tempo da natureza, a biomimética busca criar produtos e sistemas que sejam não apenas eficientes, mas também ambientalmente amigáveis, muitas vezes contribuindo para o desenvolvimento sustentável. O conceito é particularmente relevante para o design de produtos, sendo um dos principais aspectos da biomimética no design a capacidade de enriquecer o processo criativo, expandindo o repertório do designer ao oferecer soluções que não são imediatamente aparentes por meio de abordagens tradicionais (Volstad & Boks, 2012).

No entanto Volstad e Boks apontam que é essencial que a biomimética não seja vista como uma solução universal para problemas de design, mas como uma ferramenta complementar que deve ser avaliada criticamente, dependendo do contexto de design. A biomimética deve ser usada de forma consciente, e, embora ofereça um potencial significativo para a inovação, seus benefícios plenos são realizados quando combinada com a criatividade humana e o avanço tecnológico (Volstad & Boks, 2012).

3. Design generativo

Para iniciar o desenvolvimento do projeto, foi realizada uma imersão teórica abrangente nos dois principais eixos temáticos do trabalho: Design Generativo e Biomimética. Para o primeiro eixo, foi conduzida uma pesquisa e respectiva análise detalhada, para compreender, identificar e definir os principais conceitos, terminologias e aplicações sobre Design Generativo oferecendo uma compreensão dos princípios, definições, principais softwares e linguagens, bem como suas aplicações específicas no design de produtos.

Para o segundo eixo temático, realizou-se uma revisão sistemática sobre o conceito de biomimética, contextualização histórica assim como suas aplicações em produtos. Além disso, foi fornecido um contexto enfatizando sua relevância em aplicações para a solução de problemas modernos avaliando-as do ponto de vista do design generativo.

Em relação a ambos os eixos, realizou-se uma análise bibliométrica utilizando o *software VOSviewer*¹. Foram realizadas pesquisas de palavras-chave consideradas relevantes para a temática do projeto no Scopus, cujo resultado de artigos relevantes foi exportado para o software mencionado. As palavras-chave pesquisadas foram “*Generative Design*”, “*Biomimicry*”, “*Additive Manufacturing*” e “*Product Design*”. A pesquisa foi limitada ao campo de estudos relacionados à engenharia, visando obter acesso a publicações consideradas essenciais para os respectivos campos de estudo, além de obter um panorama geral sobre os eixos de pesquisa e as principais palavras-chave relevantes. A Figura 1 apresenta as palavras chaves mais frequentes relacionadas a design generativo e biomimética.

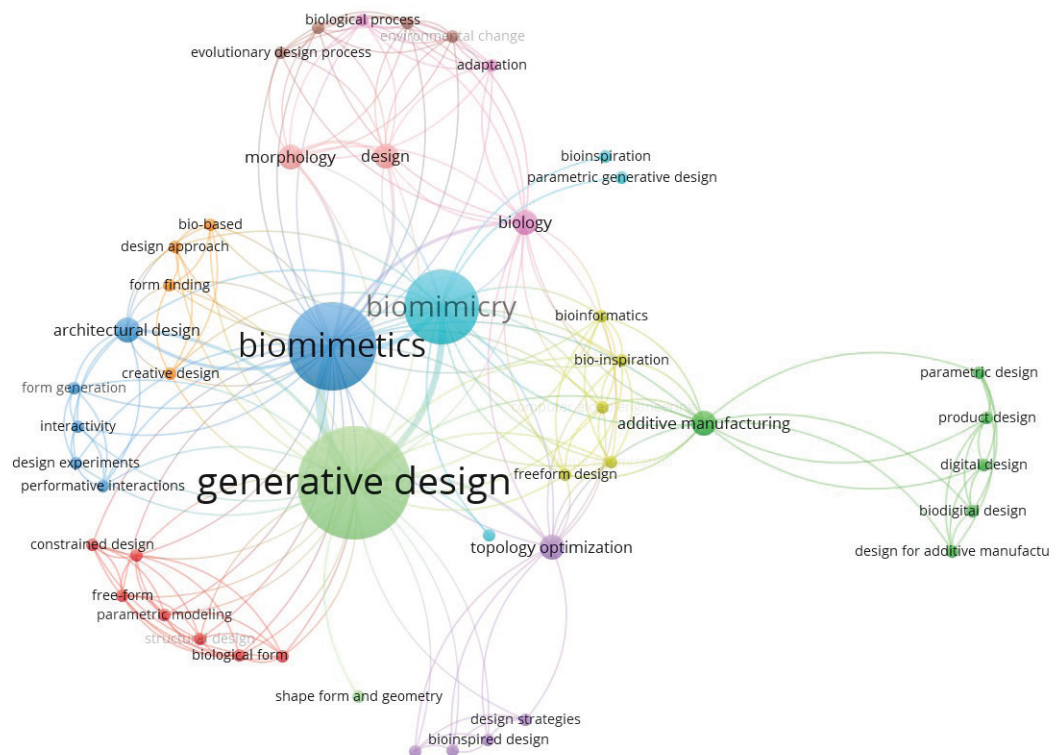


Figura 1 – Mapa mental da revisão documental. Fonte: elaborado pelas autoras.

O mapa mental apresentado mostra uma análise visual de como os conceitos de “design generativo”, “biomimética” e “manufatura aditiva” estão interligados com diversos outros termos e áreas de estudo. No centro do diagrama, “generative design” é o nó principal, com conexões que se estendem para diferentes conceitos relacionados, representados por diversas cores.

As conexões em verde, por exemplo, estão associadas a termos como “*additive manufacturing*”, “*parametric design*” e “*topology optimization*”, destacando a relação do design generativo com a fabricação aditiva e a otimização de formas e estruturas. Já as conexões em azul escuro e azul claro indicam a importância da “biomimética” e “*biomimicry*”, mostrando como esses conceitos de inspiração na natureza se conectam com o design generativo para explorar novas soluções de design.

¹ VOSviewer é um software para construção e visualização de mapas baseados em redes bibliométricas, ou seja, serve para quantificar e analisar literatura científica.

O grupo de conexões em roxo se concentra em termos como “biologia” e “*bio-inspiration*”, sublinhando a relação entre a biologia e o design inspirado por formas e processos naturais. As conexões em vermelho e laranja enfatizam a importância de “*parametric modeling*”, “*form finding*” e “*topology*”, sugerindo que o uso de algoritmos paramétricos e o desenvolvimento de formas inovadoras são centrais para o design generativo.

Essas interações visuais destacam a complexidade e a interconectividade dos campos de estudo, mostrando como o design generativo, a biomimética e a manufatura aditiva podem colaborar para criar soluções inovadoras e sustentáveis.

De acordo com Mortenson, a modelagem consiste na construção precisa da descrição matemática da forma de um objeto. A modelagem geométrica digital, termo cunhado com o avanço da computação gráfica nos anos 1970, engloba um conjunto de métodos utilizados para definir a forma e outras características geométricas dos objetos (Mortenson, 1985).

A dissertação de Vetoretti sobre parâmetros de projeto para sistemas de design generativo ressalta a revolução digital e seu impacto na forma como os designers abordam o processo de design. Com o CAD/CAM, os designers não só têm controle sobre a representação, mas também sobre a geração da forma, com um alcance de possibilidades de design que não possuem limites de regras tradicionais ou noções pré-concebidas, resultando em soluções inovadoras e frequentemente não esperadas (Vetoretti, 2010).

A tendência dos últimos anos dos avanços de tecnologias de manufatura aditiva como aliadas no design digital tem possibilitado a criação de formas de design orgânicas que não poderiam ser produzidas com técnicas de manufaturas tradicionais. Dessa forma, a partir da aplicação da manufatura aditiva, torna-se possível a exploração ao máximo do potencial de novas tecnologias de descoberta de formas, que não são limitadas por esse processo de manufatura, como o design generativo (Agkathidis, 2016).

3.1 Definição e contextualização do design generativo

O Design Generativo, é uma tecnologia transformadora inspirada pela evolução biológica. A partir da especificação de parâmetros e limitações de um produto, utiliza-se um software, que inicia um processo de evolução computacional em busca de soluções otimizadas. Durante esse processo, diversas formas são construídas, testadas e avaliadas de acordo com critérios predefinidos, selecionando aquelas que se aproximam dos objetivos para a próxima etapa. Essas ferramentas operam como caixas pretas, com entradas que incluem materiais, tecnologias de manufatura, limitações físicas, custos e restrições de design, gerando soluções que atendem à demanda inicial. (Almeida & Maranhão, 2021)

O livro *Generative Design* (Agkathidis, 2016) explora a fundo o impacto e a evolução do design generativo, destacando sua transição do método tradicional de “criação de formas” para o inovador paradigma de “descoberta de formas”. Esse paradigma não apenas redefine a relação entre função e forma, estética e sistemas de construção, mas também introduz discussões sobre a experiência do usuário e os custos de construção. A Figura 2 apresenta a diferença de uma abordagem tradicional e uma nova abordagem por meio do design generativo.



Figura 2 – Abordagem de design tradicional e generativo. Fonte: elaborado pelas autoras.

A interação entre o designer e o sistema no *generative design* é realizada tendo como base definições abstratas para gerar opções de projeto, permitindo a personalização em massa sem aumentar os custos (Vettoretti, 2010). Esse método redefine a relação entre designer e produto, incorporando ferramentas computacionais e parâmetros de projeto que podem ser ajustados conforme necessário.

A abordagem do design generativo transcende o ambiente digital, impactando não apenas a criação de produtos, mas também os processos de criação e as dinâmicas de design (Almeida & Maranhão, 2021). Os sistemas generativos, baseados em algoritmos, intermediam a interação entre o designer e a solução do problema de design, aumentando a expectativa de produtividade e otimização na seleção de designs.

Além disso, Barbieri e Muzzupappa apontam a ineficiência das investigações sobre o uso dessas ferramentas para criar formas inovadoras que também possuam significado estético, além de funcional. A estética de um produto desempenha um papel decisivo, especialmente quando produtos diferentes possuem funções e performances similares. Como o design generativo explora automaticamente uma grande quantidade de soluções na busca por formas funcionais, torna-se possível focar nos aspectos estéticos utilizando os resultados das gerações como gatilho para exploração de novas formas (Barbieri & Muzzupappa, 2024).

O design generativo, ao superar as limitações das abordagens tradicionais, oferece uma plataforma para a inovação contínua, alinhando-se com as demandas contemporâneas por produtos que conciliem alta performance mecânica e apelo estético.

3.1.1 Softwares e linguagens

A pesquisa sobre sistemas de Design Generativo teve início na década de 1970, com a criação do primeiro algoritmo de design que se inspirava na natureza. Ao longo da evolução das ferramentas CAD e sua parametrização, especialmente na primeira década do século 21, houve um aumento significativo nas pesquisas acadêmicas sobre a aplicação do design generativo, principalmente na arquitetura (Singh & Gu, 2012).

Apesar dos esforços ao longo dos anos, somente recentemente, devido ao avanço das ferramentas computacionais, é que os métodos generativos se tornaram sofisticados e flexíveis o suficiente para serem integrados aos sistemas CAD comerciais. Atualmente, os softwares generativos estão disponíveis como *plugins* em sistemas CAD, com interfaces cada vez mais interativas e simples, permitindo que profissionais e estudantes executem suas ideias sem dificuldades significativas (Barbieri & Muzzupappa, 2024).



Figura 3 – Softwares de Design Generativo. Fonte: elaborado pelas autoras.

A Figura 3 exemplifica os *softwares* comerciais que oferecem funcionalidades de Design Generativo: *Autodesk Fusion360* (Autodesk, San Rafael, EUA) (Autodesk, 2022); *PTC Creo* (Parametric Technology Corporation, Boston, EUA) (PTC: Parametric Technology Corporation Creo, 2022); *3DS Experience* (Dassault Systemes, França) (3DS: 3DExperience Function Driven Generative Design, 2022); *CogniCAD* (ParaMatters, San Ramon, EUA); *MSC Apex Generative Design* (MSC Software Corporation, EUA) (MSC Software Corporation: MSC Apex Generative Design, 2022); *nTop* (nTopology, EUA) (nTopology, 2022); e o *plug-in Rhinoceros and Grasshopper* (McNeely & Associate, Seattle, EUA) (Rhino: Rhinoceros, 2022).

4. Descrição do projeto

O público-alvo deste projeto foi cuidadosamente definido com base nas necessidades e características de educadores e alunos do ensino fundamental, especialmente em contextos que valorizam a sustentabilidade e o uso de novas tecnologias no processo de ensino-aprendizagem. O objetivo é atender professores que buscam métodos inovadores para engajar estudantes de 10 a 14 anos em temas como consciência ambiental, soluções sustentáveis e robótica. A compreensão desse público-alvo foi fundamental para direcionar o desenvolvimento do produto, garantindo que ele responda de maneira eficaz às demandas pedagógicas e ambientais presentes nas escolas públicas brasileiras.

O produto devia fazer parte de uma cidade inteligente que é um projeto de pesquisa do curso de Design de Produto da UFSC que é levada às escolas para contribuir com o ensino de robótica e de sustentabilidade. A Figura 4 mostra a cidade inteligente montada em escola pública em Florianópolis/SC no evento *Techday* de 2022.

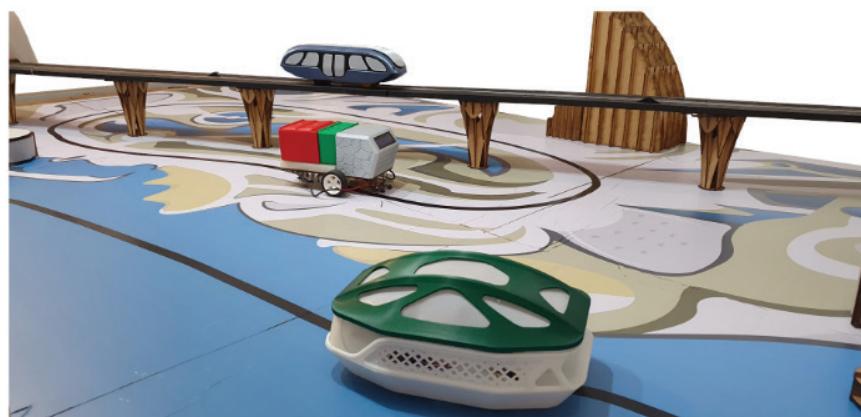


Figura 4 – Cidade inteligente na Techday. Fonte: elaborado pelas autoras.

O produto na cidade inteligente tinha as restrições de dimensões para que caiba dentro do tabuleiro da cidade e com relação aos outros produtos como balsa, monotrilho, caminhão de coleta de lixo que constam na Figura 4. Os produtos têm tecnologia embarcada que permite que se movimentem e apresentem suas funções por meio de tecnologias como o arduino.

4.1 Efeitos das ilhas de calor

Para definir o tipo de serviço para a cidade inteligente foram feitas pesquisas de problemáticas. Segundo a ONU (2022) com o aumento constante da população global, estima-se que até 2050 quase 68% das pessoas estarão vivendo em áreas urbanas, aumentando a demanda por recursos mundiais em 80% e as emissões de carbono de maneira alarmante. Para lidar com esses problemas, é necessária uma mudança nos valores sociais e no planejamento urbano.

Um dos desafios enfrentados pelas cidades devido ao crescimento urbano exponencial é o efeito de ilha de calor, que se refere às temperaturas mais altas experimentadas em áreas urbanas devido às atividades humanas e estruturas construídas, absorvendo e retraindo a radiação solar.

Como resultado, as cidades podem experimentar temperaturas mais altas que as áreas rurais circundantes, especialmente durante ondas de calor, levando a sérias consequências para a saúde dos residentes e aumentando a demanda por energia para refrigeração, piorando ainda mais o efeito de ilha de calor e contribuindo para as mudanças climáticas.

4.2 Efeitos das ilhas de frescor

As ilhas de frescor, ou *cool islands*, podem desempenhar um papel importante no desenvolvimento de cidades inteligentes e sustentáveis. Em muitas áreas urbanas, o efeito de ilha de calor urbana pode ser significativo, levando a temperaturas mais elevadas e desconfortáveis em áreas densamente construídas e com pouca vegetação.

Essas condições climáticas têm implicações para a saúde e o bem-estar dos residentes, além de aumentar a demanda por energia para refrigeração.

As ilhas de frescor são áreas com temperaturas mais baixas em comparação com as áreas circundantes devido à implementação de estratégias de resfriamento urbano, como o uso de vegetação, materiais reflexivos e sistemas de ar condicionado eficientes. Ao implementar essas soluções, as cidades podem reduzir o impacto da ilha de calor urbana, melhorar o conforto térmico dos moradores e reduzir a demanda por energia.

No contexto de cidades inteligentes, as ilhas de frescor podem ser integradas a outras tecnologias e infraestruturas urbanas para criar uma solução holística para os desafios ambientais e sociais que enfrentamos. Por exemplo, sensores e sistemas de gerenciamento de energia podem ser usados para monitorar a temperatura e a qualidade do ar em áreas urbanas e ajustar automaticamente as configurações de resfriamento.

Em resumo, as ilhas de frescor são uma estratégia importante para abordar os desafios do calor urbano em cidades inteligentes. Ao combinar soluções de resfriamento urbano com outras tecnologias e infraestruturas urbanas, as cidades podem criar ambientes mais confortáveis, sustentáveis e saudáveis para seus habitantes.

A formulação do problema de projeto foi: Como criar um brinquedo que represente o sistema de *climatização inteligente* que atue de forma mitigadora dos efeitos decorrentes da ilha de calor? "

4.3 Pesquisa de ambientes refrigerados nas cidades

Diversas cidades estão criando ambientes refrigerados, segundo *Archdaily* (2022):

- **Estados Unidos:** Os serviços de redução de calor da cobertura arbórea urbana nos Estados Unidos são estimados em US\$ 5,3 bilhões a US\$ 12,1 bilhões anualmente. Globalmente, investir US\$ 100 milhões anualmente em árvores de rua daria a 77 milhões de pessoas uma redução de 1°C nas temperaturas máximas em dias quentes.
- **Seul, Coreia do Sul:** Um esforço para restaurar o córrego *Cheonggyecheon* que atravessa a cidade substituiu 5,8 quilômetros de via expressa elevada cobrindo o córrego por um corredor de uso misto à beira-mar. O corredor à beira-mar diminuiu a temperatura de 3,3°C para 5,9°C em comparação com uma estrada paralela a poucos quarteirões de distância.
- **Medelín, Colômbia:** Optou por corredores verdes. De 2016 a 2019, a cidade criou 36 corredores, 18 ao longo de grandes vias e 18 ao longo de hidrovias, abrangendo mais de 36 hectares. As áreas com corredores verdes já sofreram reduções de temperatura de até 4°C.
- **Paris, França:** Paris abriga o primeiro e maior sistema de refrigeração distrital da Europa. Quando a temperatura da água no rio Sena que corta a cidade está abaixo de 8°C, essa água é usada para fornecer "resfriamento gratuito".
- **Toronto, Canadá:** O governo municipal implementou o maior sistema de resfriamento de fonte de lago do mundo. Comissionado em 2004, o sistema *Deep Lake Water Cooling (DLWC)* de refrigeração usa a água fria do Lago Ontário como fonte de energia renovável.
- **Guangzhou, China:** O governo municipal adotou o resfriamento centralizado regional como parte de um moderno centro urbano verde e ecologicamente correto na área central do desenvolvimento da Nova Cidade do Rio das Pérolas. A temperatura ambiental local na área central da cidade nova de Zhujiang foi reduzida em 2-3°C em comparação com o uso de sistemas de refrigeração distribuídos.

O projeto do brinquedo visa conscientizar, educar e envolver cidadãos de todas as idades na percepção de problemas e como a tecnologia pode melhorar seu ambiente urbano. A partir das pesquisas de ambientes refrigerados, das necessidades de educadores e crianças de 10 a 14 anos, e definição das funções que um sistema refrigerado urbano poderia oferecer, foram gerados os requisitos de projeto.

CATEGORIA	NUMERO	REQUISITO	OBJETIVO	GRAU DE IMPORTÂNCIA				ETAPA DO PROJETO
				DESEJÁVEL			OBRIGATÓRIO	
				1	2	3	4	
ESTRUTURAL	8	Representar acessibilidade	Largura mínima de locomoção: 1,20m Altura percentil: 99%			☑		Mapeamento das tendências: Cultura; Meio Ambiente; Normas ABNT 9050; Pesquisa de Contexto: Estudo de caso 3
	9	Projeção de sombra	≥25% da extensão do produto com elementos de sombra				☑	Índice de caminhabilidade ; Pesquisa de Contexto: Estudo de caso 3
	10	Ventilação cruzada	Aberturas de 15-25% da área total otimizando fluxo de ar				☑	Normas ABNT NBR 15220-3
	11	Isolamento térmico	Temperatura do ambiente de 18-26º C				☑	Mapa Mental; Pesquisa de Contexto: Estudo de caso 3
	12	Áreas de descanso	H: 0,45m L: 0,50m C: 0,45 A: 100-110º +Módulo de Referência			☑		Normas ABNT 9050, Pesquisa de Contexto: Estudo de caso 3
	13	Conter fonte de hidratação	Altura do solo: 0,90 m -1,10 m			☑		Norma ABNT 9050; Pesquisa de Contexto: Estudo de caso 3

CATEGORIA	NUMERO	REQUISITO	OBJETIVO	GRAU DE IMPORTÂNCIA				ETAPA DO PROJETO
				DESEJÁVEL			OBRIGATÓRIO	
				1	2	3		
SEMÂNTICO	2	Representar pessoas dentro do projeto	Percentis de antropometria 1-50-99%			☑		Mapeamento das tendências: Cultura
	3	Representar redução das emissões de carbono	Feedback visual com alteração em: Cenário A- Uso de ar condicionado/ Cenário B- Climatização limpa				☑	Mapeamento das tendências: Meio Ambiente; Efeito das ilhas de calor;
	4	Representar rede de 3+ abrigos climáticos	Diferença de cenários climáticos de 4-10°C				☑	Pesquisa de contexto: Estudo de caso 3; Efeito das ilhas de calor
	5	Representar conforto térmico	Escala de LED: Vermelho-Azul				☑	Pesquisa de contexto: Estudo de caso 3; Efeito das ilhas de calor
	6	Representar energia renovável e autossuficiente	Feedback visual de LED em cenários com/sem sensoramento de SMARTGRID				☑	Questionário, Mapeamento das tendências: Meio Ambiente; Mapa Mental; Pesquisa de contexto: Estudo de caso 5;
	7	Representação do sistema de district cooling	Feedback das etapas em 2+ cenários 1-Captação de energia renovável; 2-Captação de água; 3-Refrigeração da água armazenada; 4-Refrigeração do ambiente;				☑	Pesquisa de contexto: Estudo de caso 1;

Tabela 1 – Requisitos de projeto. Fonte: elaborado pelas autoras.

Os requisitos estruturais do projeto têm como objetivo garantir acessibilidade, conforto e segurança. O produto deve estar em diversos pontos da cidade, ter a dimensão de 30cm para caber na cidade maquete, incluir pelo menos 25% de sua extensão com elementos de sombra. A ventilação deve ser otimizada com aberturas de 15-25% da área total, e o ambiente deve manter uma temperatura confortável entre 18-26°C. O design também inclui áreas de descanso atendendo a normas de acessibilidade e segurança, com foco em proporcionar um ambiente funcional e agradável para os usuários.

Os requisitos semânticos do projeto têm como objetivo garantir eficiência e sustentabilidade no uso e operação do produto. O design deve representar a diversidade de usuários, acomodando percentis de 1 a 99% da população em termos de antropometria. Além disso, deve haver *feedback* visual relacionado à redução das emissões de carbono, variando de acordo com o uso de climatização limpa ou ar-condicionado. A representação do conforto térmico será feita por meio de uma escala de LED em tons de vermelho e azul, enquanto o sistema de energia renovável e autossuficiente será monitorado com ou sem sensores de *SMARTGRID*. O projeto também deve incluir um sistema de *district cooling*, com *feedback* sobre a captação de energia e a refrigeração do ambiente, visando garantir um espaço eficiente, sustentável e conectado às necessidades climáticas. Sendo que o brinquedo simula as funções de um produto real.

O painel conceitual apresentado explora os fungos como bio-inspiração projetual, no qual através do uso de design generativo suas formas, estruturas e processos serão mimetizadas. Os fungos, com sua complexidade estrutural e eficiência ecológica, oferecem uma rica fonte de inspiração para o design, devido à sua rede de micélios e capacidade de regeneração e crescimento em diferentes ambientes.

As imagens mostram diferentes aspectos dos fungos, desde a sua morfologia, até estruturas subterrâneas complexas como os micélios, que formam redes extensas e interconectadas, muito semelhantes a sistemas generativos. A bio-inspiração dos fungos pode ser aplicada em projetos de design generativo para criar estruturas eficientes e otimizadas.

Assim, os fungos representam um modelo inspirador de resiliência, economia de recursos e otimização de estruturas, valores que podem ser replicados através de algoritmos de design generativo, proporcionando soluções inovadoras tanto esteticamente quanto funcionalmente.



Figura 5 – Painel de expressão visual do produto e alternativas. Fonte: elaborado pelas autoras.

O painel serve como uma referência visual para orientar o desenvolvimento das alternativas, alinhando-o com conceitos estéticos e funcionais inspirados pelo ambiente natural. A Figura 6 mostra o refinamento da alternativa selecionada para ser desenvolvida.

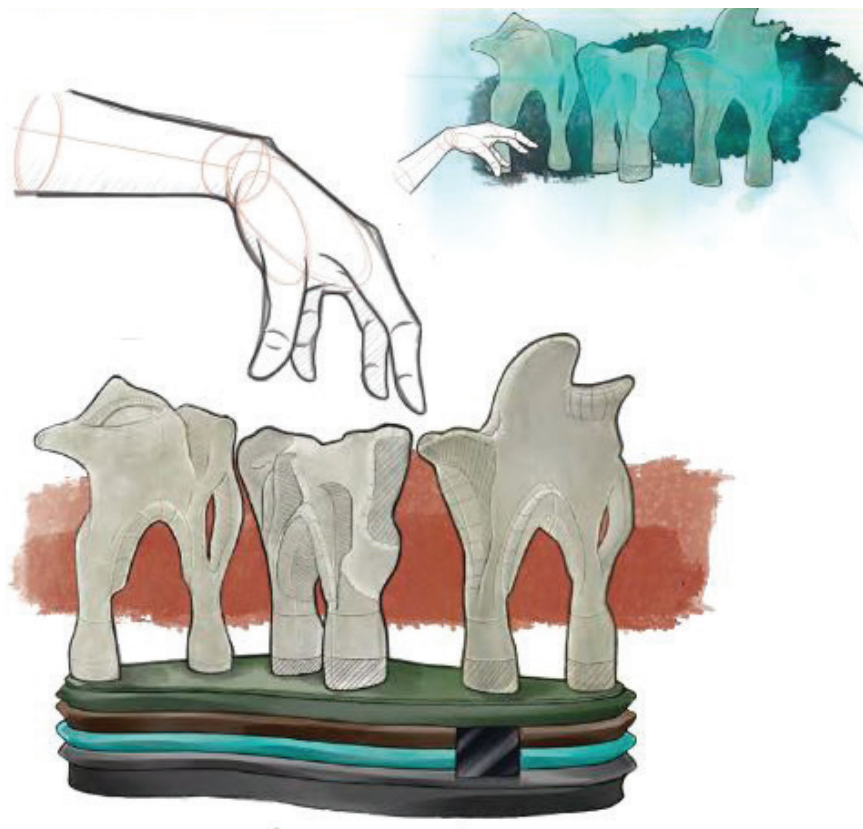


Figura 6 – Alternativa refinada. Fonte: elaborado pelas autoras.

Após a definição de funções foram decididos os componentes para que o modelo simule as funções de refrigeração e interação com o usuário. A Figura 7 mostra o esquema elétrico para que o produto simule o resfriamento.

SELEÇÃO DE COMPONENTES

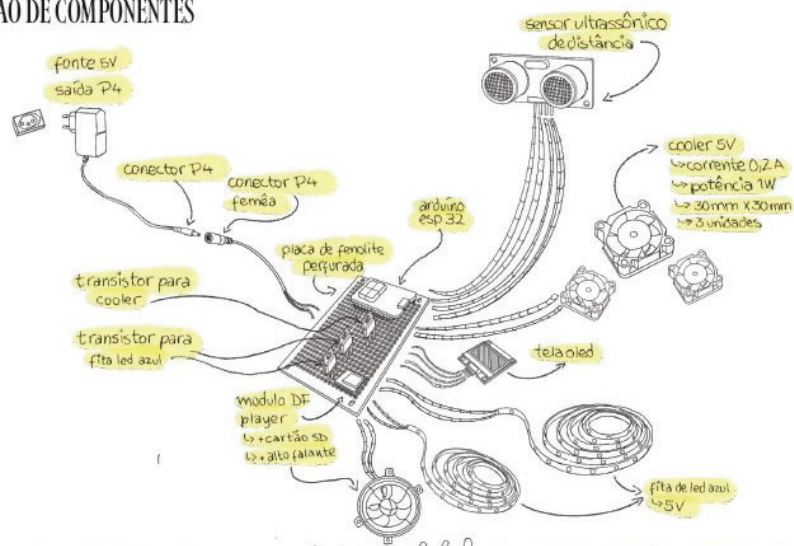


Figura 7 – Componentes para simular o funcionamento do sistema. Fonte: elaborado pelas autoras.

Alguns dos componentes da Figura 7: *Arduino Nano ESP32* que é uma placa de desenvolvimento compacta e adequada para prototipagens eletrônicas que necessitam de conectividade sem fio. *Cooler* é um dispositivo termoeletrônico que opera para aquecer e resfriar objetos em questão de minutos com uma alimentação elétrica simples através de seus terminais. Fita de led para mostrar visualmente a temperatura baixa do ambiente.

5. Resultados e discussões do produto

Nesta seção, são discutidos os principais resultados do projeto, destacando as implicações dos resultados no contexto teórico e prático, proporcionando uma reflexão crítica sobre o impacto da solução desenvolvida, suas limitações e possíveis melhorias.

5.1 Materialização

A etapa de materialização do projeto teve início com a definição de regras e parâmetros no *plugin Grasshopper*, dentro do software *Rhinoceros*, permitindo a criação de um sistema generativo para explorar múltiplas alternativas para as peças do produto.

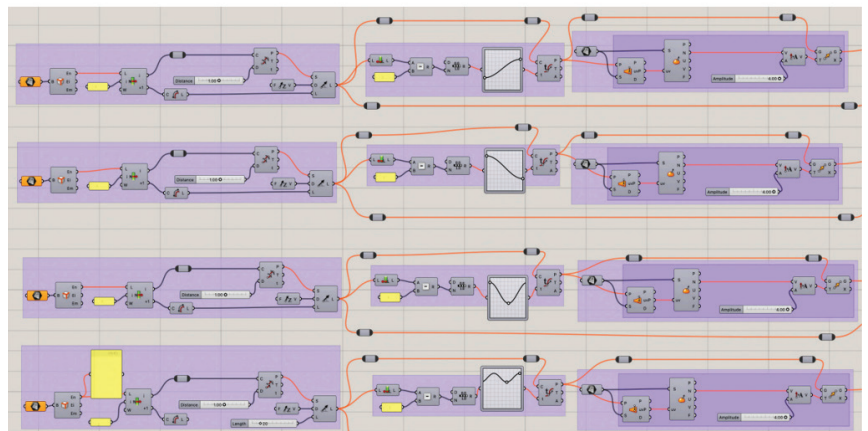


Figura 8 – Sistema generativo no *Grasshopper*. Fonte: elaborado pelas autoras.

Esse processo de design generativo possibilitou a criação de diversas iterações, baseadas em critérios predefinidos como forma, funcionalidade e otimização de material, maximizando a eficiência do projeto tanto em termos estéticos quanto estruturais.



Figura 9 – Modelagem 3D. Fonte: elaborado pelas autoras.

Após a definição da iteração final gerada pelo sistema, ajustes finos foram realizados na modelagem no *Rhinoceros* para garantir a viabilidade da manufatura aditiva. Essas otimizações focaram em aprimorar aspectos como a espessura das peças, o encaixe entre os componentes e a economia de material, assegurando que o processo de impressão 3D pudesse ser executado com precisão e eficiência.

5.2 Prototipagem

A etapa de prototipagem do projeto foi realizada utilizando manufatura aditiva, uma tecnologia que possibilita a criação rápida de formas complexas a partir de um modelo digital. O uso de impressoras do FabLab Pronto 3D, Laboratório de Prototipagem Rápida da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), permitiu a materialização das formas orgânicas inspiradas pela biomimética, com alta precisão e controle sobre as geometrias desejadas.



Figura 10 – Modelo. Fonte: elaborado pelas autoras.

Após a impressão das peças, foi realizado um cuidadoso processo de acabamento para assegurar a qualidade visual e funcional dos protótipos. Esse processo incluiu o lixamento e polimento das superfícies, eliminando imperfeições resultantes da impressão e proporcionando uma textura mais suave. Adicionalmente, camadas de tinta e verniz foram aplicadas para aprimorar a durabilidade e a estética das peças. Posteriormente foram realizadas algumas alterações para colocar os componentes internos para simular o funcionamento de resfriamento.

6. Considerações finais

Este relato de projeto contribui com um campo de pesquisa inovador e de relevância do design generativo aplicado ao desenvolvimento de produtos. Neste artigo foi apresentado um produto aplicando essa tecnologia inspirado na biomimética, como uma abordagem inovadora para conciliar funcionalidade, estética e sustentabilidade. Ao longo do estudo, foi possível aplicar a forma e funcionamento dos cogumelos seguindo os princípios biomiméticos ao processo criativo de forma eficaz, o que resultou em uma solução projetual com formato natural de cogumelos e que pode possibilitar a conscientização ambiental na problemática de ambientes de calor e possíveis soluções para amenizar por meio de produtos de refrigeração urbanas necessários devido às mudanças climáticas e ao aquecimento em diversas cidades e os problemas de saúde na população global.

Este produto pode mostrar às crianças como um sistema disposto na cidade poderia amenizar o calor durante épocas de extremo calor. O modelo faz parte de um conjunto de objetos da cidade inteligente voltada ao ensino de robótica.

Referências

- AGKATHIDIS, A. **Generative Design**. 1 ed. London: Laurence King Publishing, 2016.
- ALMEIDA, M. D.; MARANHÃO, A. C. Design Generativo e Design da Informação: uma aproximação necessária. *In: Congresso Internacional de Design da Informação*, 10., Curitiba, 2021. **Anais [...]**. Curitiba, 2021.
- BARBIERI, L.; MUZZUPAPPA, M. Form innovation: investigating the use of generative design tools to encourage creativity in product design. **International Journal of Design Creativity and Innovation**, v. 12, p. 1-20, 2024.
- BENYUS, J. M. **Biomimicry: innovation inspired by nature**. New York: Harper Perennial, 2002.
- DATA-DRIVEN midsoles with new balance. **Nervous System**, 2015. Disponível em: <https://n-e-r-v-o-u-s.com/projects/tags/client/albums/new-balance-midsoles/>.
- GIBSON, I.; ROSEN, D. W.; STUCKER, B. **Additive Manufacturing Technologies: Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing**. New York: Springer, 2010.
- GUATTARI, Félix. **As três ecologias**. Campinas: Papirus, 1990.
- JAWAID, M.; KHALIL, A. Cellulosic/synthetic fibre reinforced polymer hybrid composites: a review. **Carbohydrate Polymers**, v. 86, n. 1, p. 1-18, 2011.
- KEITSCH, Martina; VOLSTAD, Nina Louise; BOKS, Casper. On the use of Biomimicry as a Useful Tool for the Industrial Designer. **Sustainable Development**, [s. l.], v. 20, n. 3, p. 189-199, 2012. Disponível em: <https://ideas.repec.org/a/wly/sustdv/v20y2012i3p189-199.html>. Acesso em: 10 abr. 2024.
- KENNEDY, S. Biomimicry/biomimetics: general principles and practical examples. **SCQ – Science Creative Quarterly**, 2004. Disponível em: <https://www.scq.ubc.ca/biomimicrybimimetics-general-principles-and-practical-examples/>. Acesso em: 21 out. 2025.
- LURIE-Luke, E. Product and technology innovation: What can biomimicry inspire? **Biotechnology Advances**, v. 32, n. 8, p. 1494-1505, 2014.
- MANZINI, E. **Design para a inovação social e sustentabilidade: comunidades criativas, organizações colaborativas e novas redes projetuais**. 1 ed. Rio de Janeiro: E-papers. 2008.
- MANZINI, E.; Carlo VEZZOLI. **O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2016.
- MORTENSON, M. E. **Geometric modeling**. New York: Wiley Computer Publishing, 1985.
- NOVAS diretrizes da OMS sobre qualidade do ar reduzem valores seguros para poluição. **Nações Unidas Brasil**, 2021. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/145721-novas-diretrizes-da-oms-sobre-qualidade-do-ar-reduzem-valores-seguros-para-polui%C3%A7%C3%A3o>.

ONU-HABITAT: população mundial será 68% urbana até 2050. **Nações Unidas Brasil**, 2022. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/188520-onu-habitat-popula%C3%A7%C3%A3o-mundial-ser%C3%A1-68-urbana-at%C3%A9-2050#:~:text=Relat%C3%B3rio%20Mundial%20das%20Cidades%202022,de%20pessoas%20anualmente%20at%C3%A9%202050>.

ONU lança guia que ensina como “refrescar” as cidades. **ArchDaily**, 2022. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/977314/onu-lanca-guia-que-ensina-como-refrescar-as-cidades>.

PIMENTA, S.; PINHO, S. T. Recycling carbon fibre reinforced polymers for structural applications: Technology review and market outlook. **Waste Management**, v. 31, n. 2, p. 378-392, 2011.

REIS, D. **Product Design In The Sustainable Era**. New York: Taschen America Llc. 2010.

SOBRE o nosso trabalho para alcançar os objetivos de desenvolvimento sustentável no Brasil. **Nações Unidas Brasil**, 2024. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 15 abr. 2024.

SINGH, V.; GU, N. Towards an integrated generative design framework. **Design Studies**, v. 33, n. 2, p. 185-207, 2012.

TOYOTA Uses AI and Generative Design in Fusion 360 for New Seat Frame. **Autodesk**, 2023. Disponível em: <https://www.autodesk.com/products/fusion-360/blog/toyota-ai-generative-design-fusion-360/>.

TSAI, D. *et al.* **Análise das Emissões dos Gases do Efeito Estufa e suas Implicações para as Metas Climáticas do Brasil**. SEEG, 2023. Disponível em: <https://seeg.eco.br/wp-content/uploads/2024/11/SEEG-RELATORIO-ANALITICO-12.pdf>. Acesso em: 21 out. 2025.

URQUHART, L.; WODEHOUSE, A.; LOUDON, B.; FINGLAND, C. The Application of Generative Algorithms in Human-Centered Product Development. **Applied Sciences**, v. 12, n. 7, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3417/12/7/3682>.

VETTORETTI, A. C. **Bancos para ler e conversar**: parâmetros de projeto para sistema de design generativo. Orientador: Benamy Turkienicz. 2010. 226 p. Dissertação (Mestrado em Design) – Programa de Pós-Graduação em Design, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

TRANS VERSO

**07 Abrigos temporários em
acampamentos planejados:
uma proposta para a comunidade
indígena em José Boiteux
utilizando materiais naturais**

recebido em 10/09/2025
aprovado em 17/10/2025

Abrigos temporários em acampamentos planejados: uma proposta para a comunidade indígena em José Boiteux utilizando materiais naturais

Gabriela Willemann Siviero Maximo
gabrielawillemannsivieromaximo@gmail.com
Universidade Federal de Santa Catarina,
UFSC

Bibiana Zanella Ribeiro
bibiana@mail.uft.edu.br
Universidade Federal de Santa Catarina,
UFSC

Susana Claudete Costa
susanacostacl@gmail.com
Universidade Federal de Santa Catarina,
UFSC

Lisiane Ilha Librelotto
lisiane.librelotto@arq.ufsc.br
Universidade Federal de Santa Catarina,
UFSC

RESUMO (PT): A presente pesquisa concentra-se na arquitetura humanitária para comunidades vulneráveis, investigando o desenvolvimento de soluções para Acampamento Planejado Temporário (ATP). O estudo visa propor respostas para uma comunidade indígena em José Boiteux, Santa Catarina, que enfrenta crises emergenciais devido às chuvas intensas. O objetivo é desenvolver alternativas sustentáveis e adaptáveis que atendam às necessidades de abrigo temporário da comunidade em situações de emergência, através do uso de materiais naturais como terra, madeira e bambu. A metodologia empregada incluiu uma revisão da literatura sobre arquitetura humanitária, soluções de emergência e um aprofundamento na área de estudo. Os resultados demonstram a área de aplicação do projeto, os indicadores de desempenho e uma versão modular da proposta, especificando a composição material. A pesquisa conclui que a implementação de soluções eficientes e ágeis deve incorporar materiais e tecnologias alternativas para mitigar os impactos socioambientais e restaurar o bem-estar das populações em situação de vulnerabilidade.

Palavras-chave: arquitetura humanitária, abrigo temporário, sustentabilidade.

ABSTRACT (ENG): This research addresses humanitarian architecture for vulnerable communities, focusing on the development of Planned Temporary Camps (PTC) as emergency responses. The study aims to develop sustainable and adaptable shelter solutions for an Indigenous community in José Boiteux, Santa Catarina, Brazil, located in the Alto Vale do Itajaí region, which is highly exposed to recurrent floods and hydrological disasters. The approach integrates a systematic literature review on humanitarian architecture and emergency settlements with an in-depth analysis of the local socio-environmental context. The findings present the project's scope of application, performance indicators, and a modular shelter proposal specifying its material composition, based primarily on natural resources such as earth, wood, and bamboo. The research concludes that implementing efficient and agile solutions requires incorporating alternative materials and technologies to mitigate socio-environmental impacts, reinforce cultural identity, and restore the well-being of populations in situations of vulnerability.

Keywords: humanitarian architecture, temporary shelter, sustainability.

1. Introdução

Os desastres socioambientais deixam marcas profundas nas populações, afetando-as psicologicamente e economicamente, além de modificar toda a sua estrutura de vida. Após uma emergência, surgem desafios complexos nas áreas da saúde, assistência social, organização e gestão pública, sendo a perda de moradia um dos impactos mais críticos. Embora existam esforços em âmbitos global e local - por meio de tratados, legislações e planos de ação - ainda persistem falhas significativas na resposta a essas situações. Por isso, é fundamental investir em estudos e pesquisas que aprimorem a capacitação de governos e organizações de apoio, permitindo uma atuação mais eficaz e ágil diante das catástrofes naturais.

Entre as principais lacunas identificadas nas pesquisas da área, destacam-se, por exemplo: (i) a integração deficiente entre políticas públicas e execução prática; (ii) a falta de capacitação e treinamento das equipes locais; (iii) a infraestrutura e a logística insuficientes para atendimento emergencial; (iv) o baixo investimento em prevenção e pesquisa; e (v) outros fatores correlatos. Essas questões evidenciam que, embora existam instrumentos e mecanismos formais para lidar com desastres socioambientais, a efetividade das ações depende de maior articulação entre os entes envolvidos, da alocação adequada de recursos e da implementação de estratégias contínuas de capacitação e planejamento. (Cohen e Bradley, 2010; Wisner e Adams, 2002; Van de Loo e Van der Veen, 2017).

Os dados globais reforçam a urgência da temática. Conforme o *World Cities Report* da ONU (2024), mais de 4,5 bilhões de pessoas foram afetadas por desastres desde 1900, em decorrência de eventos hidrológicos, climatológicos e secas, impactando com maior intensidade países em desenvolvimento (ONU, 2024). O *Relatório Anual do Escritório das Nações Unidas para a Redução de Riscos de Desastres* (UNDRR, 2021) também evidencia esforços no fortalecimento da resiliência global, destacando a implementação do Marco de Sendai em colaboração com governos e comunidades locais. Os marcos internacionais de Hyogo e de Sendai ressaltam a importância da educação em desastres, da integração comunitária e da construção de capacidades locais (Mendonça, Silva Rosa e Bello, 2019).

No Brasil, contudo, a realidade mostra que ainda há muito a avançar. Embora a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (Lei nº 12.608/2012) represente um marco institucional relevante, sua aplicação carece de instrumentos específicos voltados às populações tradicionais, como comunidades indígenas e ribeirinhas. Segundo Marchezini *et al.* (2017), a ausência de adaptações socioculturais limita a efetividade das ações de prevenção e resposta, comprometendo a proteção de grupos historicamente marginalizados. Nesse contexto, comunidades indígenas encontram-se em condição de vulnerabilidade múltipla, afetadas não apenas por fatores ambientais, mas também por processos de exclusão social e territorial. Siqueira-Gay *et al.* (2020) destacam que desastres naturais podem agravar desigualdades históricas, aumentando a exposição dessas populações a riscos sociais e ambientais. Um exemplo recente foi a série de enchentes no Rio Grande do Sul, no final de abril de 2024, além de ocorrências em estados vizinhos, como Santa Catarina e Paraná, que evidenciam a insuficiência das respostas estruturais. Em comunidades indígenas, como a Terra Indígena Ibirama-Laklãnõ, em Santa Catarina, os impactos são ainda mais críticos: além das inundações recorrentes causadas pela operação da Barragem Norte, persistem condições habitacionais precárias, com moradias improvisadas e programas governamentais que resultam em estruturas inadequadas, apelidadas pelos próprios moradores como 'casas de lata'.

Nesse cenário, a arquitetura humanitária se destaca como campo de inovação e necessidade. Desde sua origem, há cerca de cem anos, vem sendo aplicada em situações de crise para assegurar abrigo/alojamento ou habitação emergencial e restabelecer o bem-estar de populações vulneráveis (Senne, 2017). Pesquisas recentes reforçam a importância do uso de materiais naturais como estratégia sustentável e culturalmente adequada. Bredenoord (2024) demonstra que o bambu é altamente eficiente em termos de resistência, custo e impacto ambiental, enquanto Moriset, Rakotomamonjy e Gandreau (2021) ressaltam as vantagens térmicas, acústicas e de baixo carbono das construções em terra. Ao dialogar com saberes tradicionais, essas soluções contribuem para fortalecer a identidade cultural e reduzir impactos socioambientais.

Assim, esta pesquisa foi aplicada na comunidade da Terra Indígena Ibirama-Laklânô, localizada no noroeste de Santa Catarina, às margens dos rios Hercílio e Plate, entre os municípios de Doutor Pedrinho, Itaiópolis, José Boiteux e Vitor Meireles. A escolha desse local decorreu da alta vulnerabilidade socioambiental e cultural, marcada por enchentes, deslizamentos e precariedade habitacional. O objetivo central é desenvolver soluções de abrigos emergenciais que utilizem materiais sustentáveis - como madeira, bambu e terra -, respeitando as tradições construtivas locais e fortalecendo a autonomia da comunidade. Em síntese, o projeto visa beneficiar aproximadamente 2.978 pessoas da Terra Indígena Ibirama-Laklânô, propondo um modelo de infraestrutura seguro, sustentável e replicável em outros contextos de vulnerabilidade.

2. Referencial

2.1 Desastres socioambientais: contexto e conceituação

O tema dos desastres socioambientais tem recebido bastante atenção da comunidade científica, principalmente frente à ocorrência frequente de fenômenos climáticos intensos. Por outro lado, os governos e instituições se deparam com a falta de formação específica dos profissionais nessa área. Pesquisadores como Carbonari (2021) destacam a importância da formação profissional voltada para a gestão de riscos e desastres em cursos superiores de arquitetura e urbanismo. Esse fato é corroborado pela Lei nº 13.425/2017 (Brasil, 2017), que reforça a responsabilidade desses profissionais na prevenção de desastres.

O conceito de desastre socioambiental é crucial para entender que os desastres não são apenas eventos naturais, mas o resultado da interação complexa entre fenômenos da natureza e as vulnerabilidades de uma sociedade. Em essência, um desastre ocorre quando um evento natural (como uma enchente, um terremoto ou um deslizamento) atinge uma comunidade que já é socialmente vulnerável. Marandola Jr. e Hogan (2009) discutem essa perspectiva, destacando como a pobreza e a ocupação desordenada do solo em áreas de risco elevam a suscetibilidade a inundações e deslizamentos, reforçando a necessidade de uma política que integre as questões sociais.

Entende-se que a vulnerabilidade pode ser causada por diversos fatores, como a pobreza e a desigualdade, que condenam a população a se assentar em áreas de risco, como beiras de rios e encostas; a falta de planejamento urbano; a ocupação desordenada de territórios; a ausência de infraestrutura adequada; e a degradação ambiental, como o desmatamento de encostas e ocupação de áreas de preservação.

A Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDC), instituída pela Lei nº 12.608/2012, representa um marco na gestão de riscos e desastres no Brasil. Seu principal objetivo foi articular as ações da União, dos estados, do Distrito Federal e dos municípios para reduzir os riscos de desastres e atenuar os danos causados por eles. Até a promulgação dessa Lei, a atuação do Estado em desastres era predominantemente reativa, focada no socorro e na assistência humanitária após a ocorrência do evento. A PNPDC mudou essa abordagem, introduzindo a ideia de gestão de riscos e desastres de forma sistêmica e integrada. Essa transição do modelo reativo para o proativo é destacada pela pesquisa de Vey (2014), que analisa a trajetória da política de defesa civil no Brasil, mostrando a mudança de paradigma da “resposta ao desastre” para a “gestão de riscos”. Ele argumenta que a Lei de 2012 e a criação do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) foram passos cruciais para essa nova abordagem.

2.2 A resposta: acampamentos temporários e seus desafios

A implementação de acampamentos temporários planejados (ATP) é reconhecida como uma das ações mais eficazes para garantir a recuperação de populações atingidas por desastres socioambientais. A implementação de acampamentos deve considerar, em especial, o tempo necessário para que as pessoas se recuperem, a provisão de abrigos temporários deve garantir a sobrevivência, a segurança e a dignidade das populações deslocadas, mas também respeitar as dimensões sociais e culturais das comunidades atendidas (RETHINKING THE FUTURE, 2024, UNHCR, 2023b).

Embora os acampamentos desempenhem um papel importante para as populações afetadas por desastres, muitas vezes são planejados de forma intempestiva, sem qualquer organização prévia, sendo instalados durante a crise, com foco exclusivo na urgência (Carbonari, 2021). Essas estruturas devem ser providas de condições mínimas para atendimento aos desalojados considerando: - o contexto geológico e a acessibilidade de forma a prover uma localização segura, livre de riscos, e de fácil acesso para a chegada de ajuda humanitária; - recursos e sustentabilidade de acordo com a disponibilidade de recursos naturais e uso de materiais sustentáveis que minimizem o impacto ambiental; - segurança e proteção; água e saneamento adequados para a saúde da população; privacidade e alojamento que garantam a privacidade e dignidade dos indivíduos e famílias; saúde e serviços de alimentação, lazer e outros serviços básicos.

Pesquisas recentes apontam que esse modelo de resposta imediatista pode agravar desigualdades sociais já existentes, especialmente em comunidades tradicionais e indígenas. Siqueira-Gay *et al.* (2020) evidenciam que povos indígenas estão entre os mais afetados por desastres naturais devido a vulnerabilidades múltiplas, incluindo precariedade habitacional, localização em áreas de risco e ausência de políticas adaptadas às suas especificidades culturais.

Em 1979, a *United Nations Disaster Relief Organization (UNDRO)* juntamente com a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) promoveu uma reunião de especialistas no assunto para propor uma unificação dos diversos conceitos utilizados no âmbito acadêmico relacionado a desastres naturais (UNDRO, 1979). A partir dessas definições, pesquisadores aprimoraram a fórmula obtida inicialmente, chegando à equação simplificada para a definição do risco (R) a que está sujeita uma comunidade: $(1) P \times V = R$

Na equação, entende-se que:

P- Ameaça ou perigo: fator de risco externo de um sujeito ou sistema, representado por um perigo latente associado a um fenômeno físico de origem natural ou tecnológica

V- Vulnerabilidade: predisposição intrínseca de um sujeito ou elemento a sofrer danos devido a possíveis ações externas.

R- Risco: combinação da probabilidade de ocorrência de eventos perigosos e da vulnerabilidade dos elementos expostos a tais ameaças. (Maskrey, 1993, p. 49-50).

Na aplicação dessa pesquisa, considerou-se que a comunidade indígena de Ibirama Xokleng/Laklânô está sujeita a grande risco, pois tanto é vulnerável quanto está exposta ao perigo. A presença dos povos indígenas não foi considerada no projeto da Barragem Norte de Ibirama, cuja construção foi iniciada em 1976 e finalizada em 1992, tendo começado a operar em novembro de 1993. Desde então, além da migração de parte da comunidade para fora das terras, esteve sujeita a realocação para áreas mais altas e, ainda assim, sofreu com grandes cheias em 1978, 1983 e vários outros episódios de exposição aos fenômenos intensos (Município, 2025).

2.3 Tipologias de abrigos e fatores de planejamento

De acordo com Corsellis e Vitale (2010), os abrigos temporários podem ser classificados em seis tipologias, as quais se dividem em dispersas e agrupadas. Segundo os autores, os abrigos dispersos oferecem diversas vantagens para os grupos deslocados, como maior flexibilidade, adequação às necessidades específicas, eficácia e custo-benefício para a comunidade humanitária. Por outro lado, os acampamentos agrupados devem ser considerados apenas em situações especiais, como, por exemplo, quando não há comunidade local ou assentamento para integrar os deslocados, quando os custos políticos, sociais e financeiros do apoio emergencial são muito elevados a longo prazo, dentre outros aspectos (Corsellis e Vitale, 2010). Dentre os fatores a serem levados em consideração na implantação de acampamentos estão o planejamento estratégico, a escolha dos locais, o gerenciamento de acampamento, a distribuição de tarefas, o desenvolvimento e expansão, aspectos transversais (gênero e idade) e questões intersectoriais, como água e saúde (Corsellis e Vitale, 2010).

O abrigo, em sua essência, deve transcender a mera provisão de espaço físico para alojamento temporário de pessoas e deve, invariavelmente, considerar não apenas os aspectos técnicos, econômicos e logísticos, mas também as complexas dimensões sociais e culturais da comunidade a ser assistida. A negligência dessas camadas pode levar a um desajuste entre as soluções propostas e as necessidades reais das vítimas, resultando em inadequação ou rejeição do abrigo. Deste modo, a arquitetura humanitária, ao abordar os abrigos temporários como processo contínuo e adaptável e não como um produto estático, reconhece a necessidade de evolução e ajuste das expectativas dos usuários ao longo do tempo (Anders, 2007; Carbonari, 2021).

Estruturas fixas como ginásios, escolas e galpões, geralmente servem como abrigo no período imediato pós-desastre. Entretanto, devido ao fato de serem estruturas projetadas para outros fins, dificilmente atendem de forma eficaz à população. Surgem assim os abrigos emergenciais, normalmente dispostos em acampamentos, como uma solução rápida para trazer conforto

e possibilitar que as pessoas afetadas retornem a suas atividades básicas de forma digna (Anders, 2007).

Além das questões técnicas, é necessário compreender que os abrigos estão inseridos em um contexto de governança do risco. No Brasil, embora existam normativas como a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, a literatura destaca que ainda há falhas na incorporação de práticas culturalmente adequadas. Marchezini *et al.* (2017) apontam que a gestão de risco de desastres no país tem se caracterizado por uma “construção social do risco”, marcada por desigualdades regionais e exclusão de grupos tradicionais das políticas públicas. Isso reforça a importância de que soluções arquitetônicas emergenciais dialoguem com a realidade sociocultural dos povos indígenas e de populações vulneráveis.

A escolha e o uso dos materiais são aspectos determinantes para atender aos requisitos de sustentabilidade e, neste contexto, a utilização de materiais naturais como madeira, bambu e terra, ganha destaque pelo baixo impacto ambiental, menor custo e ressonância com técnicas construtivas tradicionais e identidade cultural de comunidades locais (Anders, 2007 e Arruda, Ferrolí e Librelotto, 2018). O bambu, por exemplo, possui elevada flexibilidade e resistência à compressão e tração; quando colhido de forma responsável, reduz a pressão sobre os recursos florestais e é econômico, permitindo que as comunidades participem ativamente do processo construtivo (BREDENOORD, 2024). Pesquisas ressaltam que o uso do bambu traz benefícios socioeconômicos e contribui para a preservação da biodiversidade (BREDENOORD, 2024).

A arquitetura em terra apresenta outra alternativa sustentável. Moriset, Rakotomamonjy e Gandreau (2021) apontam que o uso da terra pode reduzir a pegada ecológica das edificações graças às propriedades higrótérmicas e ao balanço de carbono positivo, além de possibilitar o reaproveitamento ao fim da vida útil. Ademais, edificações de terra consomem menos energia térmica e elétrica do que concretos ou aços e regulam a umidade do ar, proporcionando conforto ambiental sem necessidade de climatização artificial (MORISSET; RAKOTOMAMONJY; GANDREAU, 2021).

A interseção entre tecnologia e materiais naturais apresenta um campo promissor para a inovação na arquitetura humanitária, possibilitando o desenvolvimento de soluções mais eficientes e adaptáveis. Embora o desenvolvimento desses sistemas construtivos demande pesquisas aprofundadas para validar o comportamento de materiais impressos, a abordagem reflete o pensamento de buscar a melhor resposta entre as várias possíveis ao combinar elementos inovadores com recursos locais, acelerando a construção de abrigos, assegurando compatibilidade cultural e ambiental e as necessidades específicas do contexto (Arruda, Ferrolí e Librelotto, 2018 e Venturi, 2019). Estudos internacionais reforçam esse potencial: Khalil e Aouad (2021) destacam que a impressão 3D aplicada à construção pode reduzir custos, otimizar tempo e integrar materiais sustentáveis, configurando-se como alternativa estratégica em emergências humanitárias.

Estudos de arquitetura humanitária demonstram que soluções baseadas em materiais locais fortalecem a resiliência comunitária. O *Makoko Floating School*, na Nigéria, utilizou tambores plásticos reciclados e madeira local para criar um espaço de ensino resistente a inundações e, ao mesmo tempo, promoveu o emprego local. Na Tailândia, a *Safe Haven Library* combinou base de concreto, paredes de bambu e estrutura de madeira para ventilação natural e tornou-se um centro de convivência. Já a escola primária de Gando, em Burkina Faso, foi construída com tijolos de argila local e ventilação elevada, gerando empregos e transferindo conhecimentos para a comunidade

(RETHINKING THE FUTURE, 2024). Além desses exemplos, Bredenoord, Linares e Van der Linden (2020) ressaltam que experiências internacionais em habitação social demonstram que a combinação entre planejamento urbano, uso de materiais locais e envolvimento comunitário é fator-chave para a sustentabilidade de projetos habitacionais emergenciais.

2.4 Diretrizes para os acampamento na terra indígena

Diante desses exemplos, destaca-se que os abrigos temporários para a Terra Indígena Ibirama-Laklânô devem valorizar técnicas construtivas tradicionais, utilizar madeira, bambu e terra oriundos da região e envolver os moradores em todas as etapas do projeto. Essa abordagem reforça a identidade cultural, reduz impactos ambientais e contribui para a inovação social na arquitetura humanitária (Moriset; Rakotomamonjy; Gandreau, 2021; Bredenoord, 2024).

No estudo em questão, para a elaboração do projeto e a instalação de acampamentos temporários, conforme exposto por UNHCR (2023a), é fundamental considerar fatores como o contexto geográfico, o clima, a cultura local e a disponibilidade de habilidades e de materiais. Até porque a Agência também destaca indicadores para avaliar a adequação dos abrigos, como critérios para seleção do local, área média de acampamento por pessoa e o dimensionamento dos assentamentos planejados, seguindo padrões da *SPHERE* (SPHERE ASSOCIATION, 2018). Já o Brasil, além das recomendações internacionais, se utiliza, também, do manual da Secretaria de Estado da Defesa Civil (SEDEC) do Rio de Janeiro, intitulado “Administração de Abrigos Temporários” (SEDEC, 2006). Em suma, é por isso que Carbonari (2021) aponta parâmetros essenciais para projetos de acampamentos temporários planejados, como: contexto geológico, acessibilidade, recursos e impactos ambientais, sustentabilidade, segurança, proteção, privacidade, água e saneamento, serviços de saúde e alojamento, e segurança alimentar.

Assim, o referencial teórico deste estudo se ancora na interseção entre arquitetura humanitária, materiais naturais e resiliência comunitária, reforçando a importância de soluções participativas, sustentáveis e culturalmente adequadas. Essa abordagem crítica permite compreender que o abrigo temporário não é um fim em si mesmo, mas um meio de garantir dignidade, autonomia e a reconstrução de identidades em contextos de vulnerabilidade socioambiental.

3. Método

Esta pesquisa configura-se como uma pesquisa aplicada, de caráter qualitativo, desenvolvida a partir de um estudo de caso na comunidade indígena de José Boiteux, situada no estado de Santa Catarina, Brasil. A escolha dessa localidade foi motivada pela urgência das demandas enfrentadas pela população em contextos de emergência, bem como pelo potencial do território em oferecer recursos naturais passíveis de utilização em práticas resilientes - especialmente na construção de abrigos temporários e no atendimento de necessidades básicas durante situações de calamidade.

Este estudo teve início com a identificação das necessidades da comunidade, cuja primeira etapa consistiu em uma visita técnica realizada nos dias 11 e 12 de dezembro de 2023. A ação contou com o apoio da Defesa Civil do Estado de Santa Catarina e a participação da Fundação Nacional dos Povos Indígenas (FUNAI). O objetivo do levantamento foi compreender

as condições da infraestrutura básica local e os desafios relacionados à proteção da população durante as inundações, eventos que colocam em risco a segurança, a saúde e a dignidade dos residentes. A visita possibilitou mapear as principais vulnerabilidades e prioridades da comunidade diante dos riscos de enchente, além de avaliar o estado da infraestrutura existente e os recursos disponíveis. Essas informações foram essenciais para a análise das necessidades e para o planejamento de um futuro Acampamento Temporário Planejado (ATP).

A equipe de pesquisa saiu de Florianópolis e encontrou-se com a equipe da Defesa Civil de Santa Catarina próximo à comunidade indígena na cidade de José Boiteux. Dadas as apresentações, a equipe se deslocou até a unidade da FUNAI na localidade, onde teve a reunião com o coordenador da FUNAI e com o Cacique, representante das aldeias. O coordenador da FUNAI contextualizou a situação da comunidade indígena e dos esforços da FUNAI para atender a comunidade. O Cacique pediu que não fossem geradas expectativas sobre possibilidades de resolução dos problemas para os caciques das aldeias de forma a não gerar frustração e expectativas. Esse aspecto foi também reforçado pela Defesa Civil. A atividade foi registrada no Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) sob o número do Certificado de Apresentação de Apreciação Ética (CAAE): 79748324.00000.0121.

Na etapa inicial do estudo, foi organizado o evento de extensão “Desafios para as mudanças climáticas: Arquitetura Humanitária para o enfrentamento aos desastres”, com o objetivo de apresentar e discutir ideias e inovações passíveis de aplicação em futuros ATPs. As discussões realizadas durante o evento contribuíram para o amadurecimento do projeto voltado à comunidade indígena. Posteriormente, o grupo de pesquisa iniciou a análise dos materiais disponíveis para a elaboração do projeto propriamente dito, preparando-se para uma eventual necessidade de realocação da comunidade em situações de emergência ou urgência.

O evento foi planejado com o propósito de gerar soluções voltadas ao atendimento emergencial de pessoas que perderam suas moradias em decorrência de desastres socioambientais. A programação contou no primeiro dia com a apresentação de seções temáticas, apresentadas pelos participantes de acordo com seus estudos e pesquisas individuais relacionados ao projeto. À tarde houve a realização de oficina prática, em que os participantes foram divididos em equipes para discussão e proposição de soluções para o problema apresentado. No segundo dia, foram apresentados e debatidos os resultados e as propostas desenvolvidas, encerrando as atividades do encontro.

Para a implementação do projeto, foi escolhida uma área estratégica, localizada nas proximidades da igreja e do ginásio da comunidade indígena. A seleção desse local teve como critérios principais a situação acima da cota de inundação da barragem e a facilidade de acesso e boa visibilidade, fatores que contribuem com a segurança da população durante eventos climáticos severos. Na definição dos abrigos e da capacidade de atendimento, o grupo de pesquisa iniciou o trabalho identificando a população total da comunidade e, com base em dados fornecidos pela Defesa Civil, mapeou as aldeias mais vulneráveis a desastres, estimando a quantidade de pessoas que necessitam de assistência emergencial. Contudo, em função da área disponível ser limitada, optou-se, nesta fase inicial, por planejar o atendimento a aproximadamente 20% da população total (SIVIERO MAXIMO *et al.*, 2025).

Com os parâmetros de atendimento à população definidos, iniciou-se a etapa do projeto arquitetônico. A proposta resultou em uma planta retangular modular, concebida com foco na sustentabilidade e no uso de materiais

naturais, como madeira, bambu e terra aditivada com casca de citrus. O projeto busca não apenas a eficiência construtiva e ambiental, mas também a autonomia da comunidade, permitindo que os próprios moradores possam montar os abrigos de forma simples e colaborativa.

4. Resultados e discussões

Esta seção apresenta os dados fundamentais sobre a área de estudo que servir de base para o desenvolvimento do projeto do abrigo no Acampamento Temporário Planejado (ATP), voltado à Comunidade Indígena Laklãnô, localizada junto à Barragem Norte, em José Boiteux (SC). A região é considerada de alto risco devido à vulnerabilidade da comunidade ao enfrentamento às cheias recorrentes no rio Hercílio e aos impactos diretos provocados pela barragem.

Um levantamento realizado pela Defesa Civil do Estado de Santa Catarina possibilitou identificar o número de pessoas afetadas por eventos de inundação, a infraestrutura existente e outros aspectos relevantes. A partir desses dados, foram definidas as diretrizes para a implantação do abrigo do ATP, com foco na segurança, no conforto e na dignidade das famílias atingidas.

Nas seções seguintes, serão detalhadas as decisões relacionadas à escolha do local, ao dimensionamento dos recursos e das infraestruturas necessárias, bem como ao estudo do modelo de abrigo temporário desenvolvido com o uso de materiais naturais.

4.2 Caracterização da comunidade, da área de estudo e necessidades

A Terra Indígena Laklãnô abrange os municípios de José Boiteux, Vitor Meireles, Doutor Pedrinho e Itaiópolis. De acordo com o levantamento realizado pela Defesa Civil de Santa Catarina (2020), a comunidade é composta por 2.978 pessoas, distribuídas em 494 famílias, conforme registrado no *Relatório do Levantamento cadastral da Comunidade Indígena Laklãnô*, elaborado para o Plano de Contingência de Operação da Barragem Norte.

Os moradores vivem em uma área de risco devido à proximidade com a Barragem Norte do Vale do Itajaí, cuja operação, em períodos de cheia, pode causar inundação e isolamento de diversas aldeias. O risco de inundação é considerado significativo: segundo a Defesa Civil de Santa Catarina (2020, p. 36), quando o nível da água atinge a cota de 306 metros, cerca de 50 metros da barragem, há agravamento das inundações, comprometendo o acesso às aldeias Coqueiros, Palmenra e Figueira, situadas na margem direita do Rio Hercílio. Nessas circunstâncias, estima-se que 1.713 pessoas dessas três aldeias seriam diretamente afetadas, totalizando 232 famílias compostas por 42 idosos, 867 adultos, 253 adolescentes e 551 crianças. A infraestrutura dessas localidades também seria severamente impactada, uma vez que, conforme os dados da Defesa Civil (2020, p. 20), a área conta com uma escola em funcionamento, nove igrejas, três postos de saúde, 33 outras edificações e dois cemitérios (SIVIERO MAXIMO *et al.*, 2025).

A Tabela 1 apresenta o número total de pessoas potencialmente impactadas pelas possíveis inundações, servindo como referência para o planejamento de medidas de proteção e do Acampamento Temporário Planejado (ATP).

Número total de pessoas impactadas

Aldeia	Família	Idosos	Adultos	Adolescentes	Crianças	Total
Toldo	22	3	37	10	17	67
Coqueiros	91	19	501	148	319	987
Barragem	85	27	201	55	133	416
Palmeira	88	22	228	75	160	485
Kooplág	24	4	60	19	56	139
Figueira	53	6	138	30	67	241
Pavão	27	6	67	16	24	100
Sede	34	12	83	41	51	187
Tacuary	32	6	61	32	37	136
Bugio	67	16	161	107	107	332
Total	494	121	1468	436	953	2978

Tabela 1: Número total de pessoas impactadas pelas possíveis inundações. Fonte: Defesa Civil do estado de Santa Catarina (2020, p. 20), adaptado pelas autoras (2024).

Durante a visita em campo, foi possível perceber a realidade indígena sob diversos aspectos. O depoimento dos indígenas relata que o primeiro diagnóstico sobre o risco da aldeia tem mais de 40 anos. Em estado de revolta quanto ao abandono e à situação precária em que vivem, disseram ter a intenção de protestar devido à condenação de algumas aldeias pela Defesa Civil, e que são necessários um levantamento atualizado das terras indígenas e uma vistoria para identificar pontos de vulnerabilidade, especialmente onde o terreno apresenta rastejo nas encostas.

Relataram aos pesquisadores, durante a visita em campo, que alguns moradores foram forçados a deixar suas casas e estavam acampados na área de operação da barragem, utilizando barracas e tendas improvisadas com lonas plásticas e galhos de árvores. A comunidade indígena expressa grande revolta e uma intensificação dos conflitos pelas cheias de 2023 e pela necessidade de fechamento da barragem, resultando na inundação de partes da reserva.

O espaço de operação da barragem é considerado seguro contra inundações e está localizado perto de uma igreja e de um salão comunitário parcialmente descoberto. O salão foi cedido para desabrigados/desalojados, mas não possui instalações sanitárias. A equipe de pesquisadoras e a Defesa Civil foram recebidas em uma cozinha improvisada, equipada com mesa, bancos e uma geladeira montada com galhos de árvores e lona plástica. Outros materiais para os abrigos foram coletados na rua e na comunidade. A tabela 2 apresenta dados detalhados sobre a infraestrutura das aldeias mais vulneráveis da Terra Indígena Laklânõ, conforme levantamento realizado pela Defesa Civil (2020, p. 20).

Infraestruturas existentes na área da comunidade indígena

Aldeia	Escolas	Igrejas	Pontes	Posto de Saúde	Outras	Cemitério
Toldo	1	1	2	1	2	1
Coqueiros	1*	5	0	1	20	0
Barragem	1*	4	1	1	12	0
Palmeira	1	3	0	1	9	1
Kooplág	0	1	0	1	4	0
Figueira	1*	1	0	1	4	1
Pavão	0	1	0	1	6	0
Sede	1*	2	1	1	7	0
Tacuary	0	1	0	1	1	0
Bugio	1	3	0	1	19	1
Total	10	121	1468	10	84	4

Tabela 2: Infraestruturas existentes na área da comunidade indígena. Fonte: Defesa Civil do estado de Santa Catarina (2020, p. 20), adaptado pelas autoras (2024). *Escola desativada.

Nesse espaço onde um acampamento provisório foi montado, o suprimento de água era realizado por coleta manual em galões. O atendimento à saúde era precário, segundo os indígenas, e realizado no posto de saúde da aldeia mais próxima. Os indígenas que estão acampados no espaço de operação da barragem ficam impossibilitados de utilizar as instalações de saúde das aldeias de origem, pois algumas ficam muito distantes.

Em relação aos materiais utilizados nas estruturas provisórias do acampamento, parece já existir uma cultura de reaproveitamento e reuso de materiais. A comunidade relatou que algumas habitações foram fornecidas após a enchente de 2015 e foram designadas por eles como “Casas de Lata”. Hoje, as áreas das casas variam muito, pois algumas foram sendo expandidas, chegando a 90 metros quadrados. Em média, as famílias possuem seis integrantes e fazem parte da cultura indígena morar próximo aos seus familiares que gostam de se reunir para comemorações e refeições. Hoje, sentem falta, pois a tradição de se reunir com a comunidade, da época em que viviam nas margens do rio, foi interrompida, pois não dispõem mais de um espaço adequado para tal fim.

Por fim, ficou claro que a comunidade convive com a situação das cheias há algum tempo, pois “enchente não é coisa nova” nas palavras deles. Que para os governantes: “é obrigação deles, fazer com índio, como fazem com o branco.” Essa frase foi dita ao se referir ao atendimento emergencial dado durante e após a ocorrência da emergência. A Defesa Civil, presente na reunião, assegurou que todo o possível foi realizado, assim como é feito para todos. Área para Implantação do Acampamento Temporário

A decisão sobre a localização do Acampamento Temporário resultou da combinação da visita técnica ao local e da análise do relatório da Defesa Civil de Santa Catarina, tendo como principal critério a segurança da população e a redução dos riscos durante as inundações. A área selecionada situa-se acima da cota de 306 metros, fora da zona de agravamento das cheias,

conforme ilustrado na Figura 1. PARA elaborar essa representação, foram utilizadas imagens do Google Satellite Maps no QGIS, integradas ao Modelo Digital de Terreno no Levantamento Aerofotogramétrico de 2010, fornecido pelo Sistema de Informações Geográficas de Santa Catarina (SISGSC).

A escolha do terreno elevado oferece diversas vantagens, além de proteger o acampamento da cota crítica de inundação, garante a segurança das famílias realocadas. A proximidade com as aldeias mais afetadas também é estratégica, pois permite que os moradores retornem rapidamente às suas casas assim que a situação de risco for controlada.

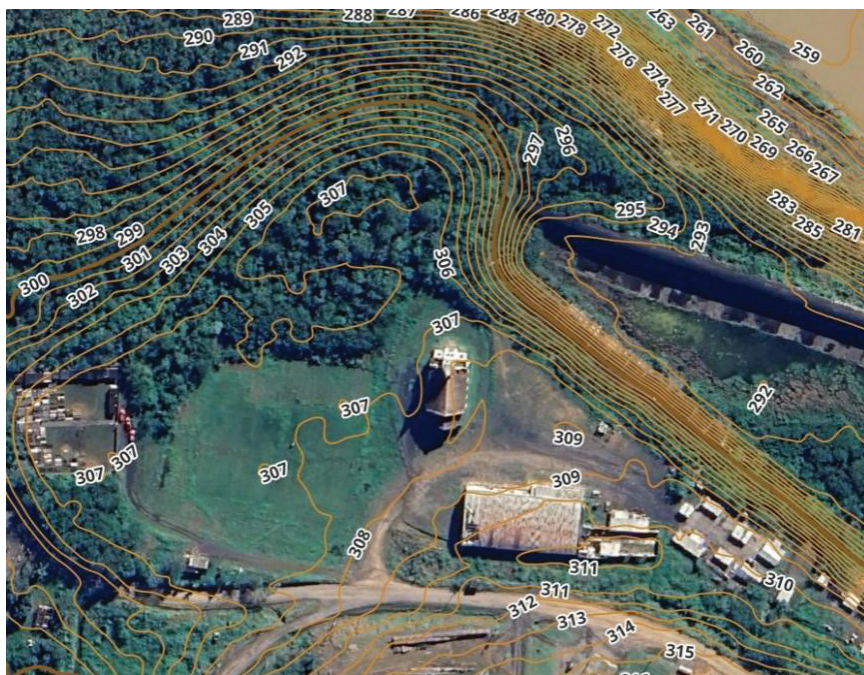


Figura 1 – Delimitação da área de implantação do acampamento temporário. Fonte: Dados do Google Satélite e Secretaria de Desenvolvimento Sustentável do Estado de Santa Catarina, elaborado pelas autoras (2024).

4.3 Indicadores quantitativos para o dimensionamento do abrigo

O planejamento de um Acampamento Temporário Planejado (ATP) é fundamental para garantir o atendimento às necessidades básicas da população atingida. Segundo Carbonari (2021), a organização de abrigos temporários deve considerar a mobilidade de atendimento requerida, de modo a assegurar eficiência e segurança em situações de emergência. Para a elaboração deste acampamento, foram utilizadas três fontes principais de dados, conforme mostra a Tabela 3: A primeira coluna representa os “Valores de Referência” sugeridos por Carbonari (2021); a segunda coluna contém os dados totais da população das aldeias mais vulneráveis (Figueira, Coqueiros e Palmeiras) fornecidos pela Defesa Civil; e a terceira coluna reflete o escopo deste estudo, estimando que 20% da população dessas aldeias seria realocada para o acampamento.

Essa porcentagem foi definida com base na área disponível para a implantação e no potencial impacto das inundações, permitindo que o planejamento seja compatível com a realidade do terreno e a proteção das famílias afetadas.

Indicadores	Valores de Referência	Total de Impactada (3 aldeias)	20% de impactados (3 aldeias)
Área do abrigo/pessoa inicial		*	*
Área do abrigo/pessoa ago. 2018	30 m ² / pessoa	*	*
Área de alojamento/pessoa	3,5 m ² / pessoa	*	*
Área de triagem	20 m ²	20 m ²	20 m ²
Área de recreação	1,5 m ² / criança	827 m ²	165 m ²
Área de refeitório	1,5 m ² / pessoa	2570 m ²	515 m ²
Nº de tanques	1/40 - 100 pessoas	18	4
Nº de banheiros	1/20 pessoas: 3 femininos / 1 masculino	86 (65 feminino e 21 masculino)	18 (14 feminino e 4 masculino)
Nº de chuveiros	1/20 pessoas	86	18
Distribuição entre IS e Alojamento	<50m	-	-
Segurança contra incêndios	>2m entre alojamentos	-	-
Inclinação do terreno	1 a 5%	-	-

Tabela 3: Indicadores quantitativos dos abrigos temporários aplicados à área de estudo.
Fonte: Carbonari (2021) com base em REACH e UNHCR (2018), SEDEC - RJ (2006) e Sphere Association (2018), adaptado pelas autoras (2024). *Serão projetados abrigos para famílias de até 9 pessoas, com área de 57,04 m².

quadrados de 20 x 20 cm distribuídos pela edificação fornecem o suporte principal da estrutura. As paredes externas são construídas com blocos de encaixe produzidos a partir de materiais naturais e sustentáveis, como caixarias de madeira e bambu preenchidas com terra. Os blocos, com dimensões de 40x20x25 cm e 20x20x25 cm (Figura 4), contribuem para a eficiência térmica e acústica do abrigo. Estudos adicionais estão em andamento para a utilização de impressão 3D no material de preenchimento interno desses blocos, ampliando as possibilidades de sustentabilidade e inovação construtiva (SIVIERO MAXIMO *et al.*, 2025).

Internamente, as paredes e o forro recebem revestimento em painéis de madeira, garantindo conforto térmico e uma estética uniforme. Todo o piso e o guarda-corpo externo também são finalizados em madeira, reforçando o uso de materiais naturais. Para iluminação e ventilação, o projeto prevê esquadrias com painéis de bambu, enquanto a ventilação cruzada e a privacidade são asseguradas por cobogós em terra, que também agregam valor estético ao conjunto da construção.

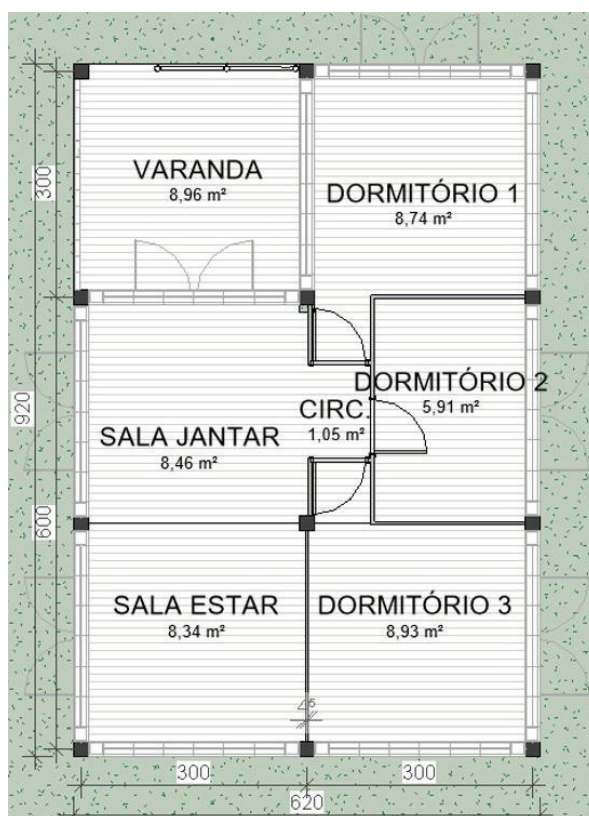


Figura 3 – Planta baixa do abrigo. Fonte: elaborado pelas autoras (2025).

A construção foi desenvolvida a partir do uso de materiais naturais, substituindo o telhado convencional por forro de madeira que atua como elemento de fechamento e design. Sobre os módulos, será instalada uma estrutura recíproca em peças de madeira, sustentada e estabilizada pelo entrelaçamento de seus componentes e finalizada com cobertura em lona.

Essa cobertura, se estende sobre os abrigos e partes do terreno, funcionando como proteção contra sol e chuva, ao mesmo tempo em que cria uma câmara de ventilação entre o forro de madeira e a lona. Esse sistema proporciona conforto térmico, aumentando o fluxo natural de ar e para manter os abrigos frescos e secos, além de reforçar os princípios de sustentabilidade e estética do

projeto. Os detalhes construtivos em três dimensões podem ser visualizados na Figura 5.

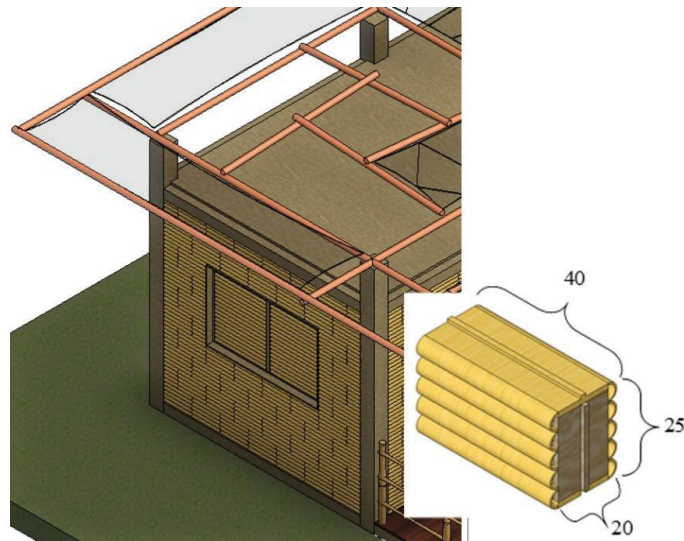


Figura 4 – Detalhe tridimensional do fechamento das paredes externas do abrigo com detalhamento do maior bloco. Fonte: elaborado pelas autoras (2025).

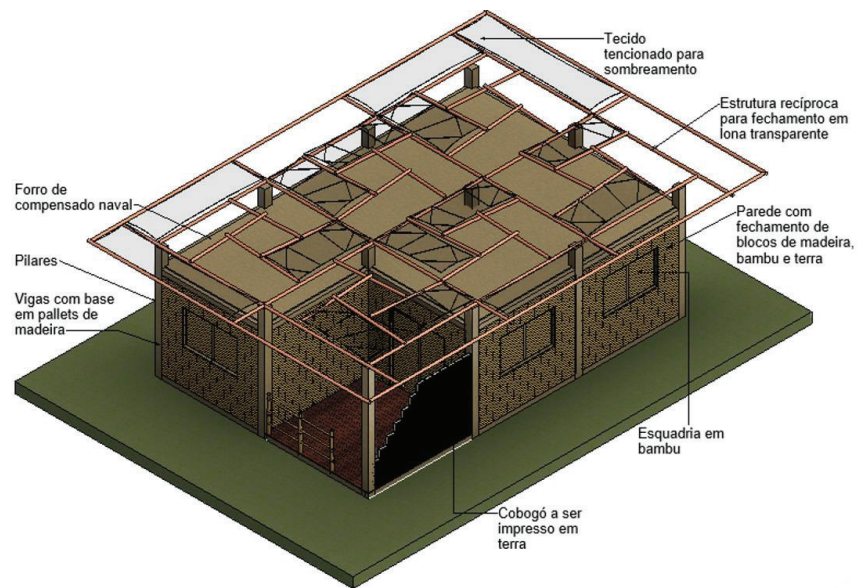


Figura 5 – Modelagem preliminar tridimensional do abrigo. Fonte: elaborado pelas autoras (2025).

Em termos de qualidade de vida e dignidade, cada abrigo, com 57,04 m² para até nove pessoas, atende aos parâmetros mínimos de habitabilidade temporária, oferecendo, ainda, vantagens adicionais, como maior conforto térmico e acústico em comparação a tendas comuns ou abrigos pré-moldados. Além disso, a possibilidade de utilizar impressão 3D no preenchimento dos blocos evidencia inovação tecnológica, permitindo a construção em escala e a replicabilidade em outros contextos.

5. Considerações finais

O presente estudo apresentou o desenvolvimento de alternativas arquitetônicas para Acampamentos Temporários Planejados (ATP), voltados ao atendimento das necessidades da comunidade indígena Laklãnô, fundamentadas no uso de materiais naturais e princípios de sustentabilidade. A análise das condições socioambientais e da infraestrutura existente possibilitou a elaboração de um modelo construtivo modular que alia eficiência, funcionalidade e respeito ao meio ambiente.

Os resultados parciais indicam que a aplicação de materiais como madeira, bambu e terra estabilizada mostra-se tecnologicamente viável para a criação de abrigos com bom desempenho térmico e acústico, além de favorecer a autonomia da comunidade na montagem das unidades. Conforme ressalta Maynardes *et al.* (2020), refletir sobre a materialidade é essencial para compreender a interação entre artefatos e valores culturais na sociedade contemporânea. De forma complementar, Bortolucci Bagim *et al.* (2024) destacam que metodologias participativas e ecológicas fortalecem a consciência ambiental e ampliam o envolvimento comunitário na construção de soluções sustentáveis.

A modularidade e o emprego de recursos naturais contribuem para minimizar impactos ambientais, promovendo soluções flexíveis, adaptáveis e culturalmente coerentes com o contexto indígena. Assim, o modelo desenvolvido pode servir de referência para intervenções semelhantes em outras situações de vulnerabilidade social e ambiental.

Para o avanço das investigações, recomenda-se aprofundar os estudos sobre a resistência e a durabilidade dos materiais em condições reais de uso, incluindo avaliações de desempenho termoacústico. Sugere-se ainda a implementação de um projeto piloto que permita observar a aceitação da comunidade e a funcionalidade dos abrigos, além de expandir a aplicação da proposta a diferentes contextos geográficos e culturais.

A comparação entre o modelo apresentado e os referenciais teóricos analisados evidencia que a solução modular em madeira, bambu e terra responde adequadamente às demandas emergenciais e preserva a identidade cultural dos Laklãnô. Contudo, permanecem desafios relacionados à validade estrutural e à replicabilidade do sistema, reforçando a importância de ensaios experimentais e da ampliação de parcerias com comunidades e instituições de pesquisa.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a CAPES pelo financiamento da pesquisa 8881.705009/2022-01, PEPED, AUXPE1011/2023 Edital 28/2022, Vulnerabilidade CAPES Sustentabilidade aplicada ao projeto de acampamentos planejados para atendimento a população desabrigada: Plataforma Infrashelter, impressão 3d e materiais locais e concessão de bolsas de doutorado e pós-doutorado. Agradecemos ao CNPq pela concessão de bolsas IC.

Referências

ANDERS, Gustavo Caminati. **Abrigos temporários de caráter emergencial**. 2007. 119 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

ARRUDA, Amilton J. V.; FERROLI, Paulo César Machado; LIBRELOTTO, Lisiane Ilha. **Design, Artefatos e Sistema Sustentável**. 1. ed. v. 3. São Paulo: Blucher, 2018, p. 189-212. DOI: 10.5151/9788580392982.

BENAVIDES, R. *et al.* Indigenous communities and climate-related hazards: a protocol for a systematic review. **MethodsX**, v. 12, p. 102514, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mex.2023.102514>.

BORTOLUCCI BAGHIM, Ciro; HENRIQUES, Fernanda; MOURA, Mônica. Design e antotopia: articulações entre arte e ecologia para viabilizar projetos de futuros sustentáveis. **Arcos Design**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 2, p. 407-426, 2024. DOI: 10.12957/arcosdesign.2024.81705. Disponível em: <https://www.epublicacoes.uerj.br/arcosdesign/article/view/81705>. Acesso em: 10 set. 2025.

BRASIL. **Lei nº 13.425, de 30 de março de 2017**. Estabelece diretrizes gerais sobre medidas de prevenção e combate a incêndio e a desastres em estabelecimentos, edificações e áreas de reunião de público e altera as Leis nº 8.078, de 11 de setembro de 1990, e 10.406, de 10 de janeiro de 2002 - Código Civil. Brasília: Diário Oficial da União, 2017.

BREDENOORD, Jan. Bamboo as a sustainable building material for innovative, low-cost housing construction. **Sustainability**, Basel, v. 16, n. 6, 2347, 2024. Disponível em: https://pub.mdpi-res.com/sustainability/sustainability-16-02347/article_deploy/sustainability-16-02347.pdf. Acesso em: 10 set. 2025.

CARBONARI, Luana Toralles. **Modelo multicritério de decisão para o projeto de acampamentos temporários planejados voltados a cenários de desastre**. 2021. 409 p. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Florianópolis, 2021.

COHEN, Roberta; BRADLEY, Megan. Disasters and Displacement: gaps in protection. **Journal of International Humanitarian Legal Studies**, v. 1, n. 1, p. 95-142, 2010.

CORSELLIS, T.; VITALE, A. **Shelter After Disaster**: Strategies for transitional settlement and reconstruction. Geneva, Switzerland: DFID, Shelter Centre, 2010.

DEFESA CIVIL DO ESTADO DE SANTA CATARINA. Plano de Contingência de Operação da Barragem Norte de José Boiteux. In: **Levantamento Cadastral e Análise de Impactos Socioambientais na Terra Indígena Laklãnô**. Florianópolis: Defesa Civil de Santa Catarina, 2020.

GROH, Ciro. Enchente de 1978 e a evolução de Brusque 44 anos depois. **O Município**, 2025. Disponível em: <https://omunicipio.com.br/ciro-groh-enchente-de-1978-e-evolucao-de-brusque-44-anos-depois-veja-as-fotos/>. Acesso em: 8 set. 2025.

GUPTA, Aarushi. Humanitarian architecture: building hope. **Rethinking the future**, 2025. Disponível em: <https://www.re-thinkingthefuture.com/designing-for-typologies/a13792-humanitarian-architecture-building-hope/>. Acesso em: 10 set. 2025.

KHALIL, Nadia; AOUAD, Georges. 3D printing in construction: applications, limitations, and future perspectives. **Automation in Construction**, v. 130, p. 103850, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103850>. Acesso em: 10 set. 2025.

LIMA, José Antonio Ribeiro de. **Avaliação das consequências da produção de concreto no Brasil para as mudanças climáticas**. 2010. 151 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. Disponível em: <https://public.climas.waycarbon.com/files/knack/References/feconcretobrtese.pdf>. Acesso em: 16 set. 2024.

MARANDOLA JR., E.; HOGAN, D. J. Desastres: múltiplos olhares. **Ambient-e - Revista de Ciências Ambientais e Humanidades**, v. 2, n. 2, p. 1-13, 2009.

MARCHEZINI, V. *et al.* Desastres no Brasil: uma construção social do risco. **Ambiente & Sociedade**, v. 20, n. 4, p. 89-114, 2017.

MASKREY, A. **Los Desastres No Son Naturales**. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina, 1993. Disponível em: <http://201.130.16.43/handle/20.500.11762/19762>. Acesso em: 18 jan. 2025.

MAYNARDES, Ana Claudia *et al.* Design, Culture and Materiality. **DAT Journal**, [s. l.], v. 5, n. 3, p. 167-181, 2020. DOI: 10.29147/dat.v5i3.265. Disponível em: <https://datjournal.anhemb.br/dat/article/view/265>. Acesso em: 10 set. 2025.

MENDONÇA, M. B. de; SILVA ROSA, T. da; BELLO, A. R. Transversal integration of geohydrological risks in an elementary school in Brazil: a disaster education experiment. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 39, p. 101213, 2019.

MORISSET, Sébastien; RAKOTOMAMONJY, Bakonirina; GANDREAU, David. Can earthen architectural heritage save us? **Built Heritage**, v. 5, art. 19, 2021. Disponível em: <https://built-heritage.springeropen.com/articles/10.1186/s43238-021-00041-x>. Acesso em: 10 set. 2025.

ONU - Organização das Nações Unidas. 2024. **World Cities Report 2024**. Organização das Nações Unidas, 2024. Disponível em: <https://unhabitat.org/wcr/>. Acesso em: 05 fev. 2025.

REACH; UNHCR. **Global Shelter Cluster: shelter and settlements glossary**. Geneva: Global Shelter Cluster, 2018.

SEDEC-RJ. **Administração de Abrigos Temporários**. 1. ed. Rio de Janeiro: SEDEC-RJ, 2006.

SENNE, L. L. B. Projeto APIS: uma experiência construtiva em arquitetura humanitária. In: GUNTHER, W. M. R.; CICCOTTI, L.; RODRIGUES, A. C. (org.). **Desastres: múltiplas abordagens e desafios**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017. p. 259-278.

SETTLEMENT and shelter. 2023a. **UNCHR - United Nations High Commissioner for Refugees**, 2023. Disponível em: <https://www.unhcr.org/what-we-do/respond-emergencies/shelter>. Acesso em: 25 nov. 2024.

SIQUEIRA-GAY, J. *et al.* Impacts of disasters on indigenous populations: a systematic review. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 43, p. 101389, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101389>.

SIVIERO MAXIMO, Gabriela Willemann *et al.* Arquitetura humanitária e uso de materiais naturais: projeto de abrigo temporário em acampamento planejado para comunidade indígena no Alto Vale do Itajaí, SC. *In: ENCONTRO DE SUSTENTABILIDADE EM PROJETO*, 13., Florianópolis, 2025. **Anais [...]**. Florianópolis: UFSC, 2025. p. 1881-1891.

SPHERE ASSOCIATION. **The Sphere Handbook: Humanitarian Charter and Minimum Standards in Humanitarian Response**. Geneva: Practical Action Publishing, 2018. 458 p.

UNDRR. United Nations Office for Disaster Risk Reduction. **UNDRR Annual report 2021**. Geneva: United Nations Office for Disaster risk reduction, 2021. Disponível em: <https://www.undrr.org/publication/undrr-annual-report-2021>. Acesso em: 25 nov. 2024.

UNHCR - United Nations High Commissioner for Refugees. **Emergency: emergency handbook**. 2023. Disponível em: <https://emergency.unhcr.org/>. Acesso em: 25 nov. 2024.

VAN DER LOO, E. M. L.; VAN DER VEEN, J. C. W. The use of climate information in humanitarian relief efforts: a literature review. **Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management**, v. 7, n. 1, p. 2-25, 2017.

VENTURI, Tommaso *et al.* Terra-Ink: additive earth manufacturing for emergency architecture. **Spool**, v. 6, n. 2, p. 41-46, 2019.

VEY, I. L. **Proteção e defesa civil no Brasil: da gestão de desastres à gestão de riscos**. 2014. 237 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

WISNER, B.; ADAMS, J. **Environmental health in emergencies and disasters: a practical guide**. Geneva: World Health Organization, 2002.

TRANS VERSO

08 Jogo de tabuleiro para auxiliar na educação ambiental na Ilha do Campeche

recebido em 11/09/2025
aprovado em 13/10/2025

Jogo de tabuleiro para auxiliar na educação ambiental na Ilha do Campeche

Isabela Meding Borges

isabelameding@gmail.com

Universidade Federal de Santa Catarina

Ana Veronica Pazmino

Dra. anaverpw@gmail.com

Universidade Federal de Santa Catarina

RESUMO (PT): O artigo apresenta o desenvolvimento de um jogo educativo para auxiliar no acompanhamento de um projeto escolar na Ilha do Campeche/SC, que visa ensinar às crianças de escolas majoritariamente públicas sobre a flora e a fauna da Ilha, bem como a importância histórica das oficinas líticas e da preservação ambiental. A metodologia aplicada são pesquisas documentais e de campo, além da aplicação de métodos de design. A partir disso, o trabalho mostra o desenvolvimento de um jogo de tabuleiro inspirado no clássico Jogo da Vida, adaptando-o a uma nova realidade, mais colaborativa e sustentável. Na versão do jogo, cada peão pode representar mais de uma criança, permitindo que se ajudem na resolução das cartas, que apresentam questionamentos a serem respondidos para a retirada de resíduos/lixo. Além disso, os resíduos não são contabilizados em termos monetários, a fim de evitar a transmissão de ideias de acumulação e individualismo, sendo substituídos pela contagem da quantidade de resíduos coletados.

Palavras-chave: Ilha do Campeche, educação ambiental, jogos educacionais.

ABSTRACT (ENG): This article presents the development of an educational game to assist in monitoring a school project on Campeche Island, Santa Catarina, which aims to teach children from mostly public schools about the island's flora and fauna, as well as the historical importance of lithic workshops and environmental preservation. The methodology used is documentary and field research, in addition to the application of design methods. Based on this, the work demonstrates the development of a board game inspired by the classic Game of Life, adapting it to a new, more collaborative and sustainable reality. In this version of the game, there can be more than one child per pawn, so they can help each other answer the cards, which contain questions that must be answered to remove waste/garbage. Waste is also not calculated in terms of money, avoiding the idea of hoarding and individualism, replacing it with the amount of waste collected.

Keywords: Campeche Island, environmental education, educational games.

1. Introdução

A Ilha do Campeche (SC) é um ambiente tombado e o “projeto escolas” visa tornar a ilha um ambiente natural preservado, valorizado e cuidado pelos seus visitantes. Os funcionários que cuidam das visitas e da ilha têm problemas com a quantidade de visitas no período de alta temporada, as embalagens que são deixadas na praia pelos visitantes, os microplásticos que chegam pela maré e as bitucas de cigarro incorretamente descartadas pelas trilhas da ilha. Como já alertava Barbosa (2019) o uso do tabaco envenena água, solo e as praias com produtos químicos, resíduos tóxicos, incluindo micro plásticos, e resíduos de cigarros eletrônicos, que causam imenso dano ao meio ambiente. Para resolver esses pontos, acreditam os próprios monitores do local, que apenas falta consciência ecológica por parte dos visitantes e tal problema poderia ser facilmente resolvido por meio de informação e instrução contínua e voltado para crianças que tem maior flexibilidade para mudança de comportamentos.

Pensando em expandir o acesso ao conhecimento à população, os monitores da Ilha do Campeche criaram o “projeto escolas”, que visa por meio de palestras pré excursão (realizado em escolas públicas antes de visitar a Ilha do Campeche), o “projeto escolas” visa instruir as futuras gerações sobre as questões que a ilha passa para que não haja danos ao patrimônio durante o passeio e se disseminem informações importantes como a necessidade de guardar seu próprio resíduo ao visitar a ilha que não possui lixeiras e mostrar os impactos ao meio ambiente. Porém, o novo percalço foi em relação aos estudantes, que apesar de ouvirem as palestras, não retinham o conteúdo e ficavam com dúvidas na hora de utilizar as informações sobre a ilha do Campeche em seus trabalhos. Com isso, o grupo do projeto escolas da Ilha do Campeche vinculado a prefeitura de Florianópolis, iniciou uma parceria com o curso de Design de Produto da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) para solicitar a confecção de material informativo e/ou didático que ensinassem sobre a preservação ambiental de maneira lúdica e divertida.

O desenvolvimento foi realizado na disciplina de Metodologia de Projeto que trata do conhecimento e aplicação de métodos de design para entender o público-alvo e materializar o resultado. Ferramentas e técnicas de design foram aplicadas para alcançar os objetivos que eram: investigar os problemas da Ilha do Campeche; identificar e levantar necessidades do público-alvo, analisar produtos concorrentes e similares, sintetizar os requisitos de projeto, criar soluções e materializar a melhor solução, testar e refinar o resultado final.

2. Desenvolvimento do jogo

O projeto foi desenvolvido na disciplina de Metodologia de Projeto oferecida na segunda fase do curso de Design de Produto da UFSC. Os temas de projeto na disciplina têm abordagem social/ambiental e dentro de um processo de ensino aprendizagem são aplicados métodos de design (técnicas e ferramentas) no desenvolvimento de objetos para a comunidade contribuindo com a extensão da Instituição de Ensino (IES).

2.1 Público-alvo: crianças e adolescentes

O público-alvo do projeto são crianças de 10 a 14 anos, fase em que acontece o estágio operatório-formal. Segundo Piaget (1973), os alunos estariam vivenciando as fases finais do desenvolvimento cognitivo, as crianças são

capazes de realizar tarefas mentais que envolvem abstrações e símbolos que nem sempre possuem formas concretas. Ou seja, eles possuem habilidades de raciocínio abstrato. Eles também podem se colocar no lugar de outra pessoa, imaginando sua perspectiva sobre uma situação específica. A característica mais importante deste estágio é o desenvolvimento do pensamento hipotético-dedutivo.

Para Jean Piaget (1973), a inteligência é organizada por meio de estruturas que transmitem funções e conteúdos comportamentais imutáveis. As atividades variam de acordo com a faixa etária da criança. As funções invariantes definem a essência e as características da inteligência não mudam com a idade do indivíduo. O trabalho de inteligência é um processo ativo e sistemático de absorção de novas informações relacionadas ao conhecimento prévio. Portanto, inteligência muda constantemente dependendo de fatores internos e externos.

As crianças melhoram a sua capacidade de formular hipóteses para explicar e resolver problemas. Está claro que crianças e adolescentes entendem que o brincar é de suma importância e constituem aprendizado. Segundo Pereira (2000, p. 190) “O brincar é constituinte da vida do ser humano como uma forma de estar em relação com outro e com a cultura. Na dimensão lúdica, o ser humano coloca muito do mais profundo de sua alma”.

Portanto, ensinar as crianças sobre a flora e a fauna é fundamental para a compreensão e valorização do meio ambiente. Para Rousseau (1989), a educação ambiental devia ser iniciada desde cedo, a criança deve conviver na natureza para que consiga valorizar aquilo que o meio ambiente tem de importante. Ao aprenderem sobre os ecossistemas locais e as espécies que os habitam, as crianças podem desenvolver uma compreensão mais profunda do mundo natural e da importância de preservá-lo. Um jogo educativo pode ajudar a reforçar estes conceitos de uma forma divertida e envolvente, permitindo que as crianças explorem e interajam com o ambiente antes mesmo de visitar o local. Ao incorporar elementos da flora e fauna locais no jogo, as crianças podem aprender sobre estas espécies de uma forma informativa e divertida, assim criando laços com o espaço e fazendo-os se perceberem cidadãos que também são responsáveis pelo cuidado com a Ilha.

2.2 Jogos educativos

O jogo é um instrumento pedagógico muito significativo. No contexto cultural e biológico é uma atividade livre, alegre que engloba uma significação. É de grande valor social, oferecendo inúmeras possibilidades educacionais, pois favorece o desenvolvimento corporal, estimula a vida psíquica e a inteligência, contribui para a adaptação ao grupo, preparando a criança para viver em sociedade, participando e questionando os pressupostos das relações sociais tais como estão postos. (Kishimoto, 1996, p. 26 *apud* Silva e Santos, 20--).

Para Huizinga (1986), o jogo potencializa a identidade do grupo social. Contribui para fomentar a coesão e a solidariedade do grupo e, portanto, favorece os sentimentos de comunidade. Aparece como mecanismo de identificação do indivíduo e do grupo “jogar não é estudar nem trabalhar, mas, jogando a criança aprende a conhecer e a compreender o mundo social que a cerca” (Ortega, 1990).

Dessa forma a criança aprende valores humanos e éticos destinados à formação integral de sua personalidade e ao desenvolvimento motor e intelectual. O ensino deve favorecer uma participação mais ativa por parte da criança no processo educativo. Deve-se estimular as atividades lúdicas como meio pedagógico que, junto com outras atividades, como as artísticas e musicais, ajudam a enriquecer a personalidade criadora, necessária para enfrentar os desafios na vida. Para qualquer aprendizagem, tão importante com adquirir, é sentir os conhecimentos.

Os jogos têm um importante papel no meio educacional, pois por meio deles, as crianças podem ter um desenvolvimento integral e dinâmico nas áreas cognitiva, social, motora, moral, linguística, afetiva, entre outras, além de contribuir na construção de sua criticidade, autonomia criatividade, responsabilidade e cooperação como um todo. “Se o ensino for lúdico e desafiador, a aprendizagem prolonga-se fora da sala de aula, fora da escola, pelo cotidiano, até as férias, num crescendo muito mais rico do que algumas informações que o aluno decora porque vão cair na prova”. (Neto, 1992, p. 43 *apud* Pugens, Habowski, Silva e Conte, 2017).

As características do jogo fazem com que ele mesmo seja um veículo de aprendizagem e comunicação ideal para o desenvolvimento da personalidade e da inteligência emocional da criança. Divertir-se enquanto aprende e envolver-se com aprendizagem fazem com que a criança cresça, mude e participe ativamente do processo educativo. A importância e a necessidade do jogo como meio educativo foi além do reconhecimento e se converteu direito inalienável das crianças: a Declaração dos direitos das crianças, no Art. 7º, estabelece: “A criança terá ampla oportunidade para brincar e divertir-se, visando os propósitos mesmos da sua educação; a sociedade e as autoridades públicas empenhar-se-ão em promover o gozo deste direito” (UNICEF, 1959).

O jogo deve cumprir duas funções na escola como conteúdo e com finalidade: a educação através do jogo e para o jogo. A aprendizagem, necessária para alcançar o desenvolvimento completo, está continuamente presente, tanto na escola quanto na própria vida. É necessário aprender em todas as etapas da vida para formar de maneira harmônica a personalidade da criança e com ela desenvolver e manter o fio vital de expressão e de entendimento do mundo que a cerca. Aprender jogando é o primário, e o mais simples e natural na criança, já que é o menos traumático. O jogo é a primeira expressão da criança, a mais pura e espontânea, logo, a mais natural. Atendendo essas duas funções que o jogo deve cumprir, primeiro na vida escolar e depois em sua vida profissional, a criança deve ser protagonista de sua educação.

É importante frisar que um jogo comercial não necessariamente deixa de ser educativo. Como por exemplo, no material de escolas da DEVIR, a editora de jogos demonstra como jogos do seu catálogo podem ser utilizados para aperfeiçoar as 10 competências na Base Nacional Comum Curricular (Brasil, 1998). Jogos “comerciais” como *Carcassonne*, *Set* e *Código Secreto* podem auxiliar nas competências de capacidade analítica, raciocínio lógico e trabalho em equipe e relacionamento interpessoal, respectivamente. Identificam-se também no mercado jogos de caráter educativo mais voltados ao conteúdo, que, contudo, não abdicam do refinamento do produto nem da qualidade da experiência lúdica do jogador.

De acordo com Antunes (2017), do ponto de vista educacional, o jogo não é relacionado ao seu lado competitivo, muitas vezes já relacionado à palavra, mas sim, à brincadeira, lazer e passatempo. Desta forma, o autor deixa entendido a diferença que o jogo possui, quando bem pensado, respeitando

as variações e amadurecimento das crianças em suas diferentes etapas de desenvolvimento, quando colocado em temas referentes ao cotidiano, estabelecendo regras e estimulando o cooperativismo entre colegas, agrega grande valor a um objeto que anteriormente, poderia ser visto apenas como um meio de divertimento, sendo também educativo e inclusivo.

Assim, tendo em consideração que o jogo significa sim alguma coisa, mesmo que ilusória por vezes aos olhos de um adulto, para uma criança, mesmo o jogo e regras imaginários para espectadores externos não sejam entendíveis, isso não reduz a sua importância no desenvolvimento de tal relação interpessoal dos indivíduos relacionados na dinâmica. Separar “jogos educativos” e “jogos divertidos” foge do seu básico princípio de jogo, sendo apenas necessário, como mencionado anteriormente, se encaixar e respeitar o momento e desenvolvimento de cada faixa etária infantil, desta forma, jogos educativos nada mais do que traz a possibilidade de aprender sobre o cotidiano, sobre a si mesmo e os que o cercam, além de diversos outros assuntos, quando adaptados e formulados pensando nesse público tão jovem, trazendo apenas formas lúdicas e mais facilmente compreendidas quando a cooperação é possível entre os jogadores e a conversa sobre o tema escolhido é estimulada da maneira certa (Antunes, 2017).

Os quatro elementos básicos de um jogo, de acordo com Jesse Scheel (2008): mecânica, história, estética e tecnologia. Partindo do mais tangível para o menos:

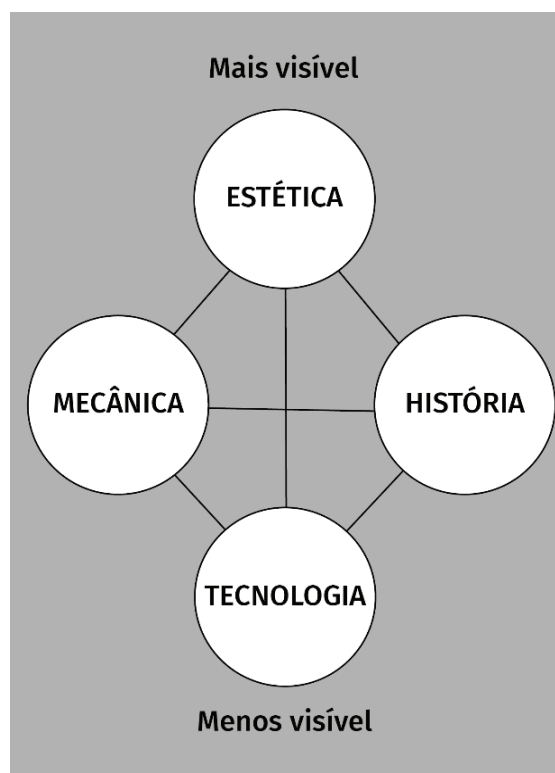


Figura 1 – Elementos básicos de um jogo. Fonte: adaptado de Scheel, 2008, p. 42.

A mecânica é parte do jogo que trata das ações e regras, através dela define-se o objetivo do jogo e as consequências das ações. A característica primordial ao definir um game é a mecânica, ela é o que diferencia experiências lineares de entretenimento, como livro ou filme, de um jogo.

A história, linear ou não, está relacionada aos eventos do jogo, assim é necessário elaborar mecânicas que fortaleçam a narrativa. A narrativa em

um jogo, mostra-se elemento significativo por possibilitar várias formas de contar e construir experiências narrativas singulares propícias devido a interatividade e imersão do mesmo.

A estética é aparência, o toque, o visual, o que cria o contato mais direto com a experiência do jogador. Ao definir a estética os outros elementos estão sendo reforçados e permitindo uma experiência significativa.

A tecnologia refere-se ao material que torna o jogo possível, lápis e papel, cartas, tabuleiro, consoles, etc. A tecnologia é o elemento limitante, o qual permite e exclui determinadas características do jogo. Dessa forma é preciso escolher a tecnologia adequada para o esperado do jogo (Scheel, 2008).

Após apresentar os quatro elementos é importante destacar que nenhum deles é mais importante. Como visível na imagem, eles conectam-se e sustentam a estrutura do jogo, mesmo que alguns aparentem ser mais visíveis do que outros, todos estão no mesmo nível, são essenciais.

Além de ensinar sobre o meio ambiente, o jogo educativo também pode destacar o significado histórico das oficinas líticas da Ilha do Campeche, que são hoje consideradas patrimônio imaterial do Brasil. Ao aprenderem sobre a história do ambiente que as rodeiam, as crianças podem adquirir uma maior apreciação pelas riquezas culturais de sua comunidade. O jogo pretende instruir de forma imersiva, fazendo com que os jogadores se sintam dentro da ilha e se afeiçoem aos personagens e a trama da aventura sobre preservação. Ao aprenderem sobre a história da sua comunidade, as crianças podem desenvolver um maior sentimento de pertencimento e ligação à sua herança cultural, e com esses laços, sentir a necessidade de preservação do local.

Assim iniciou-se o processo metodológico de design para descobrir as necessidades locais, qual os interesses dessa nova geração de crianças que irão usufruir do jogo? Qual a estética mais apropriada? Quais valores deveriam ser transmitidos, entre outras...

A pesquisa é uma ação importante no desenvolvimento de produtos, pois fornece informações valiosas sobre as necessidades e preferências do público. Sem pesquisa, os designers de produtos correm o risco de criar produtos que não atendam às necessidades de seu público-alvo, resultando em insatisfação da experiência do usuário. Ao realizar pesquisas, os designers podem identificar problemas e nichos no mercado, compreender as preferências dos usuários e projetar produtos que atendam às necessidades e cumpram com seu objetivo.

A partir da demanda do enunciado de projeto das monitoras do “projeto escolas” da Ilha do Campeche foi realizada uma pesquisa exploratória seguindo os itens da ferramenta *AEIOU* que é particularmente útil para pesquisas exploratórias centrada no usuário no desenvolvimento de design de produtos, pois fornece pesquisa ampla e estruturada para coletar informações sobre: as atividades, o espaço, as interações, os objetos e os usuários de um problema ou tema e os dados relacionados de forma enxergar oportunidades de desenvolvimento de um projeto de design.

Este método foi desenvolvido por Rick Robinson em 1994 como forma de compreender o contexto de um problema e identificar as necessidades e preferências dos usuários envolvidos. Cada letra da sigla representa uma categoria de informação que é importante considerar na realização de pesquisas. Atividade: refere-se às ações e comportamentos dos usuários;

Espaço: refere-se ao ambiente físico; Interação: refere-se à relação entre usuários e objetos; Objeto: refere-se às ferramentas e materiais utilizados pelo usuário; e Usuário: refere-se às pessoas envolvidas na situação. Ao reunir informações em cada uma dessas categorias, os designers podem obter uma compreensão abrangente do problema e desenvolver soluções eficazes. (Robinson, 1991 *apud* Martin; Hanington, 2012, p. 10).

Os benefícios de usar o método *AEIOU* para pesquisa são numerosos. Primeiro, o método proporciona uma abordagem estruturada para direcionar a coleta de informação, assegurando que todas as categorias sejam consideradas. Isto ajuda a garantir que os designers não negligenciem aspectos importantes do problema em relação aos usuários. Em segundo lugar, o método permite aos designers coletar dados quantitativos e qualitativos, o que proporciona uma compreensão do problema e das necessidades dos usuários envolvidos. Isso pode levar a insights importantes. No geral, o método *AEIOU* é uma ferramenta valiosa para conduzir pesquisas e perceber os diversos aspectos do problema.

A pesquisa feita sobre o tema da Ilha do Campeche usando o *AEIOU* reuniu diversos dados que precisam ser sintetizados e organizados para facilitar o entendimento do problema. A Figura 2 mostra o mapa conceitual desenvolvido, que reúne uma síntese das informações coletadas na pesquisa ampla.



Figura 2 – Mapa conceitual do método *AEIOU*. Fonte: elaborado pelas autoras.

Após a pesquisa inicial, foram realizadas entrevistas com três profissionais de áreas distintas que pudessem auxiliar com informações sobre o público-alvo. Dentre elas: uma psicóloga para aconselhar na questão emocional e de formação das crianças, relatando como os estímulos na infância afetam a percepção do espaço e consequentemente como agem no mundo; uma professora da área pedagógica, para focar na parte de retenção de atenção dos alunos; uma turismóloga para elucidar o cotidiano do turismo local, quem compra passagens para qual lugar? Quem leva crianças consigo? Quais fatores tornam um local adequado ao público infantil? etc... E por último com os próprios monitores do projeto escola da Ilha do Campeche para, além de pensar na parte lúdica para as crianças que irão usufruir do produto, incluir também os ensinamentos que os monitores desejam repassar sobre o bioma da Ilha do Campeche.

O terceiro ponto foi focar no público-alvo, então foram enviados questionários que foram respondidos por 31 crianças dentro da faixa etária de 10

– 14 anos para descobrir suas dificuldades e necessidades, para que se sentissem melhor representadas pelo jogo. Com as informações recolhidas, foram criadas personas (modelos que representam o público-alvo) e listadas as necessidades e preferências mais convergentes dos envolvidos no projeto. A Figura 3 mostra uma persona e a lista de necessidades.

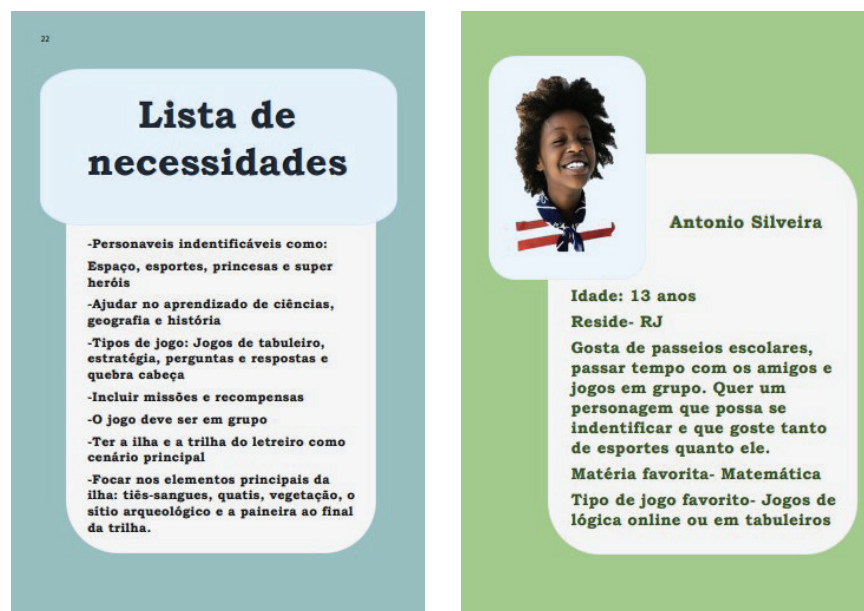


Figura 3 – Persona e lista de necessidades. Fonte: elaborado pelas autoras.

Após a síntese em lista de necessidades foi realizada a pesquisa de mercado para identificar produtos concorrentes e similares. O processo de análise de jogos já existentes para averiguar quais fatores trariam maior qualidade ao nosso produto e o que se mostrava dispensável no mercado. A ferramenta aplicada foi a análise sincrônica, que segundo Pazmino (2015) permite analisar os produtos concorrentes e similares comparando as características de cada produto, e a partir dela fazer uma lista de verificação para identificar os pontos fortes e fracos.

Combinando essas duas análises, foi possível ter uma compreensão mais completa do mercado e dos concorrentes, permitindo uma tomada de decisão sobre os requisitos necessários para o desenvolvimento do jogo. A Figura 4 mostra a análise sincrônica.

Jogo	Categoria	Mecânicas de jogo	Número de jogadores	Tempos de partida	Material	Dimensões	Preço
	Jogo de tabuleiro	O jogo simula a jornada da vida, desde a juventude até a aposentadoria. O jogo é jogado através de turnos, onde os jogadores avançam em um mapa, fazem escolhas e enfrentam eventos que afetam seu progresso na vida.	2 a 6	60min	O jogo é feito em papel cartão com algumas peças de plástico	Caixa: 40,8 x 27 x 6,8 centímetros	R\$ 99,99
	Jogo de tabuleiro	Os jogadores precisam coletar e combinar cartas de cores correspondentes para adquirir trens e construir rotas entre cidades. Além disso, também precisam cumprir objetivos específicos, chamados de "tickets", que envolvem conectar determinadas cidades ou alcançar uma certa quantidade de pontos.	2 a 5	30 a 60min	O jogo é feito em papel cartão com algumas peças de plástico	Caixa: 45,0 mm x 58,0 mm	R\$ 418,68
	Jogo de cartas	Todos os jogadores trabalham juntos para criar o mundo e realizar ações que beneficiem o grupo como um todo. Os jogadores têm ações limitadas por turno, como mover-se pela ilha, recolher recursos, ativar ou desativar eventos. Alguns jogadores podem ocorrer, como longitudes que causam mais mudanças.	2 a 4	30min	O jogo vem em uma lata, as peças são de plástico e os pedes de madeira, as cartas em papel cartão	Caixa: 16 x 7 x 22 cm	R\$ 184,76
	Jogo de tabuleiro	Os jogadores têm que escolher caminhos de um dos lados do tabuleiro central e colocá-los em seus tabuleiros individuais. Cada jogador tem cartas de diferentes cores para preencher com os azulejos, seguem um padrão específico e podem ganhar pontos extras por concluir colunas e linhas completas.	2 a 4	45min	O jogo é feito em papel cartão com algumas peças de plástico	Caixa: 26 x 25,8 x 7,2	R\$ 314,11

Figura 4 – Análise sincrônica. Fonte: elaborado pelas autoras.

Com todos os dados coletados nas pesquisas foi possível elaborar os requisitos de projeto que servem para traduzir as necessidades e dados do mercado em dados técnicos para solucionar o problema de projeto e direcionar a geração de alternativas. Foi definido que o jogo de tabuleiro teria cartas com questionamentos, que o tabuleiro representasse a ilha e que em lugar de pontos teria quantidade de lixo coletado.

A inspiração no *Jogo da Vida* deve-se a alguns de seus pontos fortes — como a facilidade de aprendizado, a variedade de escolhas ao longo da partida e a interação entre os jogadores. Por outro lado, apresenta como ponto fraco a ausência de abordagem sobre questões ambientais.

2.3 Alternativas de projeto

Como já enfatizava Luciana Alves (2010), o objetivo dos jogos nas escolas é garantir a importância da brincadeira para o desenvolvimento cognitivo e emocional das crianças. Neste contexto, é comprovado que, por meio de atividades lúdicas podemos desenvolver capacidades de exploração e reflexão sobre a realidade, a cultura em que vivemos, integrando e ao mesmo tempo questionando regras e papéis sociais. Seguindo essa lógica, criamos as alternativas de projeto almejando um produto lúdico e eficiente para instruir as crianças sobre os cuidados necessários para com o local. Focamos em um jogo colorido, usando as principais cores encontradas na ilha; cartas com os conhecimentos que os monitores gostariam de transmitir e personagens com temas escolhidos pelas crianças no questionário, para que conseguissem se identificar melhor com o produto.

Foi pensado um tabuleiro que represente a ilha e personagens que seriam modelados e impressos em fabricação digital. A Figura 5 mostra *sketches* de tabuleiros.

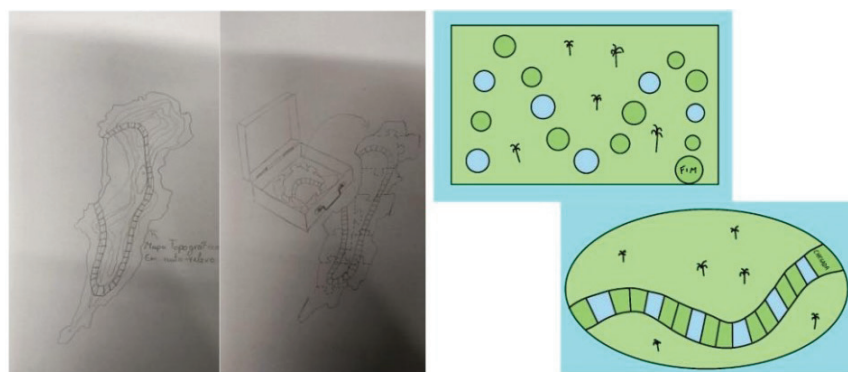


Figura 5 – *Sketches* de tabuleiro. Fonte: elaborado pelas autoras.

A Figura 6 mostra a criação de personagens para os peões do jogo de forma que as crianças se sintam representadas. As modelagens 3D para impressão incluem personagens como um *viking*, um super-herói, uma jogadora de tênis, uma princesa, uma futebolista, entre outros. Todas apresentam formas que podem ser percebidas pelo tato, facilitando a inclusão de crianças cegas.

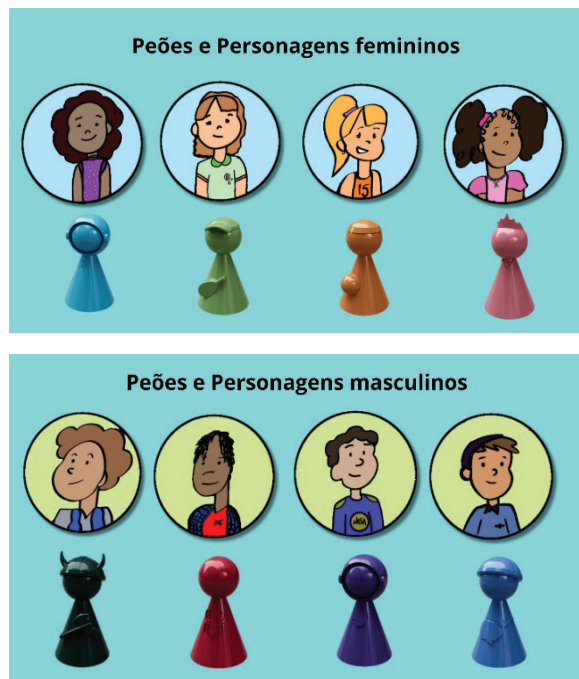


Figura 6 – Personagens dos peões. Fonte: elaborado pelas autoras.

As cartas contêm perguntas sobre a fauna e flora da ilha, assim como da arqueologia de arte rupestre que faz parte da Ilha do Campeche. O acerto das perguntas mostra a quantidade de lixos que o jogador recebe. A carta deve ser lida por um outro jogador para evitar que seja lido pelo jogador de turno. A Figura 7 mostra três cartas. No total o jogo possui 36 cartas.

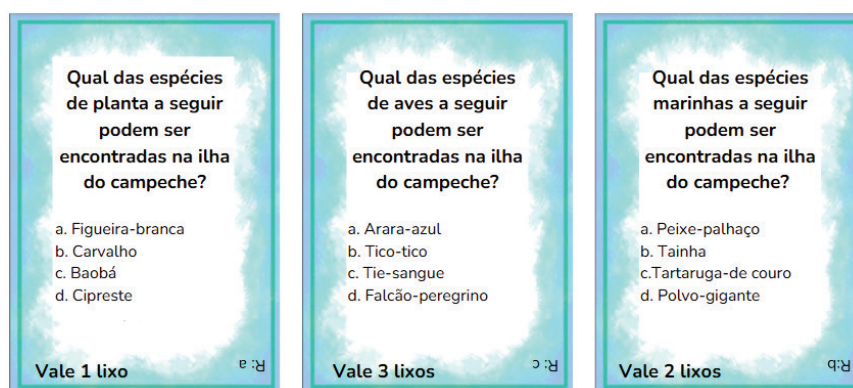


Figura 7 – Cartas do jogo. Fonte: elaborado pelas autoras.

A seguir são mostrados os resultados do jogo e todas as peças que foram materializadas, testadas pelos envolvidos no projeto e serão entregues ao “projeto escola” para testes nas escolas.

3. Resultados

O tabuleiro possui dimensão de 1000mm x 300mm. Contém 36 cartas, um manual e 8 peões. Os peões foram produzidos através de impressão 3D e o tabuleiro foi cortado a laser para facilitar a forma orgânica da ilha. As cartas foram impressas em gráfica. Ele está pronto e testado. A Figura 8 mostra o tabuleiro, peões e cartas.



Figura 8 – Jogo *Trilha pela Ilha*. Fonte: elaborado pelas autoras.

O tabuleiro possui ilustrações da flora e fauna como a tartaruga verde o tié sangue e a textura visual do bioma da Mata Atlântica. Os espaços do tabuleiro são as pegadas verdes e azuis, as cartas são levantadas tanto nas cartas azuis como nas verdes. Inicialmente a proposta era levantar a carta apenas na carta azul, porém, após os testes a duração do jogo ficou curto em 15 min e levantando em todos os espaços o tempo foi para 20 min. A figura 9 mostra o manual (*folder*) que tem a estética compatível com o tabuleiro e uma estética interior de história em quadrinhos dos personagens em um passeio na ilha.

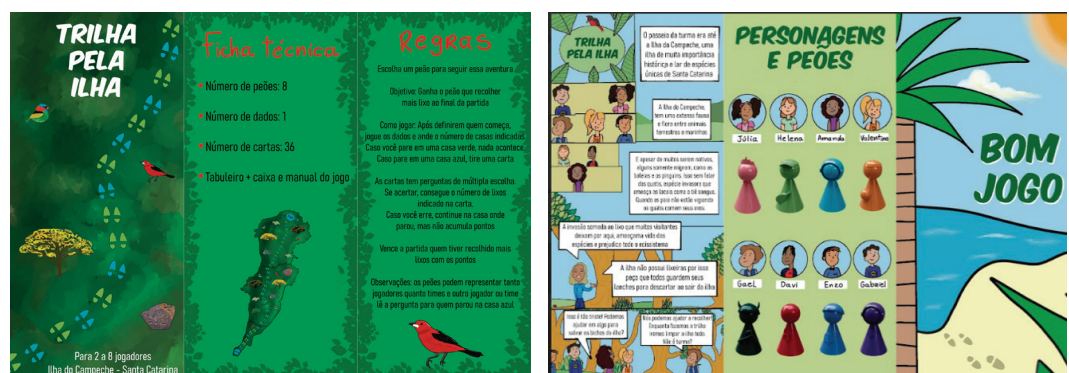


Figura 9 – Manual *Trilha pela Ilha*. Fonte: elaborado pelas autoras.

Como mencionado no item de jogos, os elementos básicos do jogo: mecânica, estética, tecnologia e narrativa são fundamentais. Dessa forma, no jogo *Trilha pela Ilha* temos:

- **Mecânica:** de dois a oito jogadores, cada jogador é um personagem (representados por figuras de protagonistas individuais) deve-se rolar um dado para se mover ao longo da trilha linear, que serpenteia irregularmente

pelo tabuleiro. Eles recebem lixos se acertam as perguntas das cartas (que podem, por exemplo, perguntar sobre a fauna, flora), com ilustrações da mata atlântica. Duração de 20 minutos. O jogador deve rolar os dados, mover, acompanhar o movimento. Perguntas e respostas.

- História: passeio pela trilha da ilha do Campeche e encontrar perguntas nas pegadas azuis. Inspirada no *Jogo da Vida*, cada personagem remete a personagens como tenista, super-herói, futebolista. Coletando lixos que não podem ser deixados na ilha.
- Estética: ilustrações de alta qualidade que remetam a natureza, fauna e flora.
- Tecnologia: tabuleiro de papelão de 670mm x 320mm, 8 peões de polímero reciclável de 32mm x 18mm; dado, embalagem.

Para mais testes foram impressos três jogos, peões e cartas. No dia 13/09/2025 foi realizado um teste por alunos do curso de design que fazem parte do grupo de pesquisa Pedejogo, suas ações podem ser vistas no Instagram em @pedejogo. O resultado do teste pode ser visto na tabela 1.

	Playtest 1	Playtest 2
Número de jogadores	3	6
Tempo de jogo	10 min	17 min
Pontuação	J1=1, J2=3, J3=5	J1=4, J2=3, J3=5, J4=5, J5=3, J6=4
Número de cartas utilizadas	9/36	24/36

Tabela 1 – *Playtest*. Fonte: elaborado pelos autores.

A Figura 10 mostra o *playtest* da tabela 1 e os pacotes de cartas, peões e dado.



Figura 10 – *Playtest* e cartas para três jogos. Fonte: elaborado pelas autoras.

O resultado do *playtest* como pontos positivos apontou: o jogo tem o um número suficiente de cartas para funcionar e a pontuação está equilibrada, o tempo para ser colocado na embalagem pode ser de 20 min (que pode variar dependendo do número de jogadores). Como sugestões, foi apontado que a fauna e flora citadas nas cartas poderia ter cartas impressas com as fotos dos animais e plantas. Ter resíduos físicos para retirar do tabuleiro. As próximas etapas, após os refinamentos mencionados no *playtest* deve ser o *playtest* dos monitores do “projeto escola”.

No processo de design de jogos é importante realizar muitos playtests com diversos públicos para aprimorar os elementos básicos.

O jogo tem o objetivo de ser usado pelo “projeto escolas da Ilha do Campeche” nas escolas públicas de Florianópolis e para processo de seleção de monitores da ilha. É um jogo de baixo custo e pode ser produzido por demanda e adaptado para outros ambientes naturais que precisem de cuidado e preservação. A mecânica do jogo pode ser mantida com desenvolvimento de outros tabuleiros e perguntas e respostas do ambiente a ser preservado.

4. Considerações finais

Utilizando diversos métodos de design da disciplina de Metodologia de Projeto foi possível conceber uma estrutura simples para um jogo educativo divertido e fácil de ser jogado em aproximadamente 20 minutos. O manual de instruções é de fácil entendimento e mostra que ao responder acertadamente as perguntas das cartas o jogador pode retirar o lixo que se encontra na ilha, ganha quem mais lixo coletar. Espera-se auxiliar os monitores e educadores nas apresentações para os alunos sobre a Ilha do Campeche que é um lugar tombado por possuir pedras rupestres e por ser um bioma da Mata Atlântica que é um ambiente que deve ser preservado. O artigo mostrou que por meio do design, da criatividade de alunos é possível contribuir com a educação ambiental e estabelecer ligações com a Ilha do Campeche, um importante tesouro nacional e de grande importância histórica e cultural para o estado de Santa Catarina.

Referências

- ALVES, Luciana; BIANCHIN, Maysa A. O jogo como recurso de aprendizagem: the game as a learning resource. Pepsic. **Revista Psicopedagogia**, São José do Rio Preto, v. 27, n. 83, 2010.
- ANTUNES, Anna; MORENO, Angela. Jogos e Materiais Manipuláveis no Ensino de Matemática. **Sigmae**, Alfenas, v. 6, n. 2, p. 88-97, 2017.
- BARBOSA, Thiago Oliveira; Fujihara, César Yuji. Bitucas de cigarro: riscos ambientais e alternativa de coleta. **Anais do Semex**, [s. l.], n. 11, 2018. Disponível em: <https://anaisonline.uems.br/index.php/semex/article/view/5517>. Acesso em: 26 ago. 2023.
- HUIZINGA, Johan. **Homo Ludens**: O jogo como elemento da cultura. Editora Perspectivas S.A. 4ª ed. São Paulo – SP, 2000
- MARTIN, Bella; HANINGTON, Bruce. **Universal Methods of design**. Rockport Publishers, 2012.
- MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO. **Referencial curricular nacional para a educação infantil**. Brasília: MEC/SEF, 1998.
- ORTEGA, R. **Jogar e aprender**. Sevilha: Diada, 1990.
- PAZMINO, Ana. **Como se cria**: 40 métodos para o design de produtos. São Paulo: Ed Blucher. 2015.
- PEREIRA, Eugenio. Tadeu. **Brincar na adolescência**: uma leitura no espaço escolar. Orientadora: Maria Aparecida Paiva S. dos Santos. 2000. 252 p. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2000. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/FAEC-85ZHL/1/1000000337.pdf>. Acesso em: 05 de set. 2023.
- PIAGET, J. **O tempo e o desenvolvimento intelectual da criança**. Rio de Janeiro: Forense, 1973.
- PUGENS, Natália de Borba; HABOWSKI, Adilson Cristiano; SILVA, Raquel Silva da; CONTE, Elaine. A educação formativa para a convivência entre os estudantes: alicerce dos processos de ensino e de aprendizagem. **Revista Gestão Universitária**, 23 nov. 2017. Disponível em: <http://www.gestaouniversitaria.com.br/artigos/a-educacao-formativa-para-a-convivencia-entre-os-estudantes-alicerce-dos-processos-de-ensino-e-de-aprendizagem>. Acesso em: 20 abr. 2024.
- ROBINSON, Rick E. Making Sense of Making Sense: Frameworks and Organizational Perception. **Design Management Journal**, [s. l.], v. 5, n. 1, 1994.
- ROUSSEAU, Jean-Jacques. **Discurso sobre a origem e os fundamentos da desigualdade entre os homens**. Trad. Iracema Gomes Soares e Maria Cristina Roveri Nagle. São Paulo: Ed. Ática, 1989.
- SCHEEL, J. **The Art of Game Design**: A Book of Lenses. Burlington, USA: Morgan Kaufmann Publishers, 2008.

SILVA, Benedita da Conceição Mendes; SANTOS, Lilian de Jesus Marques. A importância do lúdico na educação infantil. **Monografias Brasil Escola**, 2017. Disponível em: <https://monografias.brasilecola.uol.com.br/educacao/a-importancia-ludico-na-educacao-infantil.htm>. Acesso em: 24 nov. 2023.

UNICEF. **Declaração dos Direitos da Criança**. 1959. Disponível em: <https://www.unicef.org/brazil/media/22026/file/declaracao-dos-direitos-da-crianca-1959.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2024.

TRANS VERSO

09 Integração entre Psicologia Social e Design Sustentável na promoção de hábitos ecológicos

recebido em 11/09/2025
aprovado em 13/10/2025

Integração entre Psicologia Social e Design Sustentável na promoção de hábitos ecológicos

Gislaine da Silva Oliveira
gislainesilvaoliveira4@gmail.com
Universidade de Brasília

Dianne Magalhães Viana
dianne.magav@gmail.com
Universidade de Brasília

Ana Claudia Maynardes
anacmay@gmail.com
Universidade de Brasília

RESUMO (PT): O presente artigo examina de que maneira teorias da psicologia social contribuem para compreender tanto a adesão quanto a resistência em relação a práticas sustentáveis, destacando o papel do design na superação de barreiras de ordem psicológica e social. Metodologicamente, adota-se uma revisão narrativa de literatura, fundamentada em autores como Cialdini, Moscovici, Stern, Flusser, Bauman e Maldonado, e que contempla noções como normas sociais, influência social, representações ambientais e percepção do risco ecológico. A análise discute como o design pode intervir na transformação de comportamentos, considerando o impacto de normas descritivas e injuntivas na promoção de práticas sustentáveis, por meio de mecanismos como simplificação de escolhas, fortalecimento da identidade social e uso de estratégias de gamificação. Também se aponta como a lógica do consumo acelerado representa um obstáculo à consolidação de valores ambientais. Além disso, são exploradas as relações entre cultura, sociedade e técnica na configuração de novos padrões de consumo. Conclui-se que o design se apresenta como recurso estratégico na transição para práticas mais sustentáveis, ao torná-las acessíveis, intuitivas e socialmente reconhecidas. Ao articular dimensões psicológicas e sociais, o design mostra-se capaz de transformar representações ambientais e incentivar hábitos sustentáveis de maneira eficaz.

Palavras-chave: *psicologia social, normas sociais, design sustentável, sustentabilidade.*

ABSTRACT (ENG): *This article examines how social psychology theories contribute to understanding both the adoption and resistance to sustainable practices, highlighting the role of design in overcoming psychological and social barriers. Methodologically, it adopts a narrative literature review based on authors such as Cialdini, Moscovici, Stern, Flusser, Bauman, and Maldonado, addressing concepts such as social norms, social influence, environmental representations, and the perception of ecological risk. The analysis discusses how design can intervene in behavior change, considering the impact of descriptive and injunctive norms in promoting sustainable practices through mechanisms such as choice simplification, reinforcement of social identity, and the use of gamification strategies. It also points out how the logic of accelerated consumption represents an obstacle to the consolidation of environmental values. Furthermore, the relationships between culture, society, and technology in shaping new consumption patterns are explored. The study concludes that design emerges as a strategic resource in the transition to more sustainable practices by making them accessible, intuitive, and socially valued. By integrating psychological and social dimensions, design proves capable of transforming environmental representations and fostering sustainable habits effectively.*

Keywords: *social psychology, social norms, sustainable design, sustainability.*

1. Introdução

A incorporação de práticas sustentáveis é fortemente condicionada por fatores sociais e psicológicos que orientam o comportamento humano. Cialdini e Jacobson (2021) demonstram que as normas sociais possuem grande relevância nos comportamentos relacionados às mudanças climáticas, funcionando como guias para ações individuais e coletivas. De modo semelhante, Stern *et al.* (2011) elaboraram a Teoria do Valor-Crença-Norma, a qual sustenta que indivíduos que compartilham valores centrais de determinado movimento, reconhecem ameaças a esses valores e percebem que suas ações podem contribuir para revertê-las, tendem a sentir-se moralmente responsáveis por agir em defesa do movimento. Assim, este estudo busca analisar a relação entre normas sociais, percepção ambiental e condutas sustentáveis, com ênfase no papel do design como elemento de incentivo a práticas ecológicas.

A psicologia social tem desempenhado um papel central na compreensão da sustentabilidade. Cialdini e Jacobson (2021) argumentam que normas sociais moldam profundamente os comportamentos humanos ao definirem o que é socialmente aceito ou desaprovado em contextos específicos. Essas normas podem assumir caráter descritivo, quando indicam o que a maioria faz, ou injuntivo, quando sinalizam o que é moralmente adequado. No campo da sustentabilidade, ambas influenciam tanto a adesão quanto a resistência a comportamentos ecológicos, embora ainda exista o desafio de compreender como esses padrões são internalizados e aplicados de forma efetiva para estimular práticas sustentáveis.

A construção e a circulação dessas normas estão ligadas às representações sociais. Moscovici (1978) afirma que tais representações organizam a forma como as pessoas interpretam os fenômenos ao seu redor. Quando a sustentabilidade é percebida como valor central na sociedade, a aceitação de práticas ambientais tende a ser maior. Contudo, quando prevalecem representações associadas ao consumo imediato e descartável, a resistência às mudanças sustentáveis se intensifica. Esse aspecto se relaciona com a noção de modernidade líquida discutida por Bauman (2001), que destaca como a fluidez e a fragilidade das relações contemporâneas dificultam a consolidação de valores ambientais duradouros.

Apesar dos avanços, ainda há lacunas no entendimento de como normas sociais emergem e se tornam parte das práticas individuais e coletivas, especialmente no contexto digital. Bastos e Mercea (2019) chamam atenção para o papel crescente de influenciadores e redes sociais na difusão de práticas ambientais, embora seja necessário verificar se tais influências produzem mudanças reais de comportamento ou apenas engajamento superficial.

O design voltado ao comportamento apresenta-se como ferramenta promissora para estruturar ambientes, produtos e serviços que estimulem escolhas sustentáveis de forma natural e envolvente. Para Flusser (2010), o design ultrapassa a dimensão estética, atuando como mediador da experiência humana e das tomadas de decisão. Maldonado (2012) reforça que soluções ambientais devem ser pensadas na interseção entre cultura, sociedade e técnica. Dessa maneira, o design pode servir como elo entre consciência ambiental e prática cotidiana, contribuindo para a assimilação de novos hábitos sustentáveis.

Essas abordagens teóricas evidenciam o potencial estratégico do design para influenciar comportamentos diários. Quando transformadas em iniciativas concretas, elas se materializam em exemplos como embalagens reutilizáveis, concebidas para reforçar hábitos de reaproveitamento por

meio de atributos visuais e funcionais; sistemas de mobilidade urbana que oferecem alternativas ecológicas sem comprometer a praticidade, recorrendo a incentivos e design atrativo; plataformas digitais gamificadas, que recompensam ações ambientais com base em mecanismos motivacionais; e mobiliários urbanos interativos, projetados para promover descarte consciente e reciclagem de forma acessível.

A relevância deste estudo decorre da urgência em estimular mudanças sustentáveis de maneira eficaz. Embora a conscientização ambiental venha crescendo, a resistência a práticas sustentáveis permanece expressiva. A psicologia social fornece instrumentos valiosos para compreender esse cenário, permitindo investigar os processos que sustentam atitudes e hábitos coletivos. Stern *et al.* (2011) demonstram, por exemplo, que a adesão a movimentos ambientalistas pode ser explicada a partir de modelos psicossociais. Ainda assim, há espaço para explorar a integração entre psicologia social e design, de modo a tornar práticas sustentáveis mais intuitivas, acessíveis e atraentes, como sugerem Pimentel *et al.* (2024). Nesse sentido, torna-se fundamental investigar como o design pode ajudar a superar barreiras sociais e psicológicas que limitam a mudança de comportamento, articulando-se com normas sociais para favorecer a adoção de estilos de vida mais sustentáveis.

2. Procedimentos metodológicos

Portanto, esta investigação adota um enfoque qualitativo de caráter bibliográfico, em que a revisão narrativa da literatura constitui o recurso metodológico utilizado para sustentar a análise teórica. As buscas foram realizadas na base de dados Scopus, bem como em plataformas de indexação acadêmica, como o *Google Scholar*, priorizando a pertinência, a atualidade e a confiabilidade das produções incluídas. O levantamento concentrou-se, sobretudo, em publicações dos últimos 15 anos (2009-2024), com a finalidade de contemplar discussões contemporâneas sobre sustentabilidade, design e comportamento humano. As estratégias de busca envolveram diferentes combinações de descritores, tais como “práticas sustentáveis”, “psicologia social”, “design e comportamento”, “normas sociais e sustentabilidade”, “influência social e meio ambiente”. Além disso, foram considerados livros, artigos e capítulos de referência nos campos da psicologia social e do design sustentável, favorecendo uma leitura crítica e integrada dos temas.

A seleção de autores e conceitos esteve relacionada à contribuição significativa de suas obras para a análise das práticas sustentáveis e do papel do design na transformação de comportamentos. Vilém Flusser foi incluído em razão de suas reflexões sobre o design e a articulação entre forma, função e significado nos produtos sustentáveis. Zygmunt Bauman foi incorporado por suas análises acerca da modernidade líquida, do consumo e da sustentabilidade na vida cotidiana. Serge Moscovici foi mobilizado devido à relevância de sua teoria das representações sociais, essencial para compreender como imagens e percepções ambientais se consolidam culturalmente. Já Tomás Maldonado oferece uma leitura crítica sobre o design e a cultura, permitindo discutir a integração entre sustentabilidade, estética e funcionalidade nos processos projetuais.

A análise do material coletado foi conduzida de forma interpretativa, por meio da análise temática, identificando padrões e recorrências em torno de tópicos como normas sociais, percepção ambiental, influência do design e barreiras de ordem psicológica e social. Essa opção metodológica teve como propósito evidenciar os mecanismos que condicionam escolhas relacionadas à sustentabilidade e as estratégias projetuais capazes de favorecer mudanças atitudinais.

3. Psicologia social e comportamento sustentável

3.1 Normas sociais e influência social

As normas sociais desempenham um elemento importante na regulação do comportamento humano e são um dos principais fatores que influenciam a adoção ou resistência a práticas sustentáveis. Elas funcionam como regras implícitas ou explícitas que guiam o que é considerado aceitável dentro de um grupo ou sociedade. Segundo Robert Cialdini (2001), as normas sociais podem ser classificadas em normas descritivas e normas injuntivas, que afetam a forma como os indivíduos percebem e respondem a questões ambientais.

As normas descritivas referem-se ao que as pessoas realmente fazem, refletindo padrões de comportamento observáveis que servem como referência para orientar as ações de outros indivíduos. Por exemplo, se alguém percebe que a maioria das pessoas em sua vizinhança separa o lixo para reciclagem, é mais provável que essa pessoa também adote essa prática. Já as normas injuntivas dizem respeito ao que as pessoas acreditam que deveriam fazer, baseando-se no que é socialmente aprovado ou desaprovado. Essas normas estão ligadas a expectativas morais e culturais, como a ideia de que economizar água ou evitar o desperdício de alimentos são comportamentos socialmente valorizados. Dessa forma, tanto as normas descritivas quanto as injuntivas influenciam diretamente a maneira como as práticas sustentáveis são incorporadas ou rejeitadas dentro de uma sociedade (Cialdini; Jacobson, 2021). Uma meta-análise recente de Helferich, Thøgersen e Bergquist (2023), que incluiu 572 estudos, totalizando mais de 312 mil participantes em 56 países, utiliza modelagem de equações estruturais meta-analítica (MASEM) para comprovar que normas pessoais internalizadas são os preditores mais robustos de comportamento pró-ambiental (CPA), ao passo que normas descritivas e injuntivas exercem efeitos independentes, porém moderados, sobre o CPA. Além disso, esse estudo revela que as normas pessoais mediam grande parte do impacto das normas descritivas e injuntivas sobre as intenções e comportamentos pró-ambientais, evidenciando a importância de estratégias que favoreçam a internalização normativa (Helferich; Thøgersen; Bergquist, 2023).

A influência dessas normas na adoção de comportamentos sustentáveis é amplamente estudada na psicologia social. Cialdini e Jacobson (2021) argumentam que, muitas vezes, as pessoas ajustam seu comportamento para se alinhar ao que percebem como norma predominante, seja por pressão social, seja por um desejo de aceitação. No entanto, o impacto das normas pode ser ambíguo: enquanto normas sociais que incentivam práticas sustentáveis podem promover mudanças positivas, normas que reforçam hábitos prejudiciais ao meio ambiente podem dificultar essa transição. Além disso, estudos de “normas dinâmicas” indicam que informar que um comportamento sustentável está crescendo ao longo do tempo, mesmo que ainda minoritário, pode acelerar sua adoção, ao sinalizar uma tendência social em ascensão (Sparkman; Walton, 2017).

Em pesquisas sobre consumo energético, verificou-se que, ao receberem relatórios comparando seu uso de energia ao de seus vizinhos, consumidores que apresentavam um gasto acima da média tendiam a reduzi-lo para se alinhar ao padrão do grupo. Esse efeito psicológico pode ser observado em diferentes contextos, como na redução do desperdício de alimentos e no uso responsável de recursos naturais. Esse fenômeno demonstra como as normas sociais influenciam o comportamento individual, moldando a adoção ou resistência a práticas sustentáveis. Estudos realizados nos Estados Unidos

demonstraram que os chamados “relatórios de uso domiciliar”, que informam periodicamente aos consumidores seu consumo de energia comparado ao de vizinhos semelhantes, reduzem de forma estatisticamente significativa o gasto energético. Esses efeitos, embora duradouros, tendem a se atenuar caso os relatórios deixem de ser enviados, o que reforça a importância de reforços normativos periódicos para manter o comportamento sustentável (Allcott, 2011; Allcott; Rogers, 2014). Complementarmente, um experimento europeu publicado na *Nature Energy* evidenciou que mensagens que combinam normas descritivas, isto é, informar o que os pares fazem, com normas injuntivas, sinalizar explicitamente que esse comportamento é socialmente aprovado, são mais eficazes do que mensagens normativas isoladas, potencializando tanto a magnitude quanto a persistência das economias de energia obtidas pelos participantes (Bonan *et al.*, 2020).

Além disso, Cialdini e Jacobson (2021) destacam que a influência social, frequentemente associada às normas, também desempenha um papel determinante na adesão a esses comportamentos, operando por meio de diferentes mecanismos. Um dos principais mecanismos é a influência normativa, que ocorre quando as pessoas adotam um comportamento para se conformar às expectativas sociais e evitar a desaprovação do grupo. Por exemplo, um indivíduo pode se sentir pressionado a reduzir o consumo de carne se perceber que seu círculo social valoriza dietas sustentáveis. Além disso, a influência informacional também contribui para a mudança de comportamento, pois leva as pessoas a ajustarem suas ações ao acreditarem que os outros possuem mais conhecimento sobre determinada questão. Se um consumidor percebe que amigos e familiares estão migrando para fontes de energia renováveis, ele pode interpretar isso como uma decisão mais vantajosa e decidir seguir o mesmo caminho. Revisões recentes ressaltam, contudo, que mensagens normativas devem ser desenhadas com cautela, pois ‘nudges’ baseados em normas podem falhar ou até gerar efeitos contraproducentes quando comunicam prevalência de comportamentos indesejáveis ou quando o público mal interpreta o sinal social (Bicchieri; Dimant, 2022). Os autores argumentam que, ao normalizar involuntariamente condutas negativas ou apresentar sinais sociais ambíguos, intervenções desse tipo podem desencadear o chamado ‘efeito bumerangue’, isto é, aumento do comportamento indesejável. Por isso defendem o uso de normas dinâmicas e injuntivas positivas, bem como o pré-teste das mensagens para garantir clareza e evitar interpretações equivocadas (Bicchieri; Dimant, 2022).

Por fim, a influência de conformidade reforça a tendência de seguir comportamentos populares para evitar se destacar negativamente. Um exemplo seria um bairro onde a maioria dos moradores adere à compostagem doméstica, criando uma expectativa social que incentiva os demais a adotarem essa prática. Evidências mostram que intervenções normativas têm, em média, efeitos positivos em comportamentos pró-ambientais no “mundo real”, especialmente quando integradas a estratégias que facilitam a internalização como normas pessoais (Helferich; Thøgersen; Bergquist, 2023). Um caminho promissor é alinhar normas sociais com percepções acuradas de apoio coletivo: estudo global recente documentou que a população subestima o apoio social à ação climática, e corrigir essa “ignorância pluralista” pode fortalecer a legitimidade percebida de comportamentos sustentáveis (Andre *et al.*, 2024).

Estudos demonstram que a comparação social também pode ser utilizada para reforçar comportamentos sustentáveis. Esse efeito psicológico pode ser observado em diferentes contextos, como na redução do desperdício de alimentos e no uso responsável de recursos naturais (Cialdini, Jacobson 2021). Experimentos de campo confirmam consistentemente esse padrão

para múltiplos comportamentos pró-ambientais, embora com tamanhos de efeito modestos e heterogêneos a depender do contexto e do desenho da intervenção (Bergquist; Nilsson, 2019).

Além disso, o compromisso público também é um fator psicológico relevante. Quando as pessoas assumem publicamente um compromisso ambiental, como participar de um programa de reciclagem ou reduzir o consumo de plástico, elas se sentem mais motivadas a manter esse comportamento para evitar a dissonância entre suas palavras e ações. Esse efeito é amplamente explorado em campanhas ambientais que incentivam as pessoas a declararem suas intenções sustentáveis, pois esse pequeno passo pode aumentar a probabilidade de mudança de hábito. Pesquisas em conservação mostram que tornar visíveis os compromissos e as contribuições de “modelos” na comunidade aciona incentivos reputacionais e amplia a difusão de práticas sustentáveis em redes sociais locais (Niemic *et al.*, 2019).

Portanto, as normas sociais e a influência social são forças poderosas que podem atuar tanto para facilitar quanto para dificultar a adoção de práticas sustentáveis. Para que essas práticas se tornem amplamente aceitas e incorporadas ao cotidiano, é necessário compreender como as normas existentes moldam o comportamento humano e como pequenas mudanças na percepção social podem impactar a motivação para a sustentabilidade. Em termos práticos, recomenda-se: (i) priorizar mensagens que destaquem tendências de crescimento de comportamentos sustentáveis, evitando normalizar condutas indesejáveis; (ii) combinar informações descritivas com sinais injuntivos positivos; e (iii) criar condições para a internalização normativa, por meio de compromissos públicos e feedback periódico que consolidem normas pessoais pró-ambientais (Sparkman; Walton, 2017; Bonan *et al.*, 2020; Helfferich; Thøgersen; Bergquist, 2023).

3.2 Representações sociais e resistência à sustentabilidade

A adoção de práticas sustentáveis enfrenta desafios que vão além de questões estruturais ou econômicas, sendo também influenciada pelas representações sociais que os indivíduos e grupos constroem em relação ao meio ambiente e às mudanças necessárias para sua preservação. As representações sociais, conforme definidas por Guerra e Ichikawa (2011), são formas de conhecimento socialmente elaboradas e compartilhadas, que ajudam os indivíduos a interpretar e dar sentido ao mundo. No contexto da sustentabilidade, tais representações podem tanto facilitar quanto dificultar a incorporação de práticas ambientalmente responsáveis (Guerra; Ichikawa, 2011).

Guerra e Ichikawa (2011) propõem a utilização conjunta da Teoria das Representações Sociais (TRS) e da Teoria Institucional para compreender fenômenos organizacionais, destacando que as normas e valores compartilhados por um grupo moldam percepções e comportamentos. No caso da sustentabilidade, a resistência pode surgir da institucionalização de representações que associam consumo excessivo ao progresso ou que minimizam a urgência das questões ambientais. O processo de institucionalização ocorre quando determinadas ideias ou práticas se consolidam como regras sociais, tornando-se normativas dentro de um contexto.

Pesquisas recentes aplicando a TRS a temas ambientais têm mostrado que as imagens coletivas sobre “sustentabilidade” e “consumo sustentável” variam fortemente entre contextos culturais e socioeconômicos, e que essas variações explicam diferenças importantes na adoção de práticas sustentáveis. Estudos apontam que, em muitos contextos, a sustentabilidade é representada de forma ambígua, ora como responsabilidade individual,

ora como tema sistêmico, e essa ambiguidade dificulta a tradução de valores em ações concretas (Golob; Podnar; Weder; MDPI, 2024).

Essa resistência se manifesta de diversas formas, incluindo a manutenção de hábitos insustentáveis e a rejeição de novas práticas que desafiem modelos estabelecidos de produção e consumo. A ancoragem e objetivação, processos descritos por Moscovici (1978), são fundamentais para entender como representações sociais relacionadas à sustentabilidade se estruturam. A ancoragem permite que novos conceitos sejam interpretados a partir de esquemas já conhecidos, o que pode reforçar crenças existentes e dificultar a mudança. Por exemplo, quando políticas ambientais são enquadradas como imposições governamentais ou restrições à liberdade individual, torna-se mais difícil para certos grupos aceitá-las. A objetivação, por sua vez, materializa esses conceitos em discursos e práticas do cotidiano, tornando visível a forma como a sociedade enxerga a sustentabilidade (Moscovici, 1978).

Pesquisas sobre representações públicas do clima e do desenvolvimento sustentável identificaram núcleos centrais simbólicos (por exemplo: “progresso”, “trabalho”, “qualidade de vida”) que ancoram as interpretações locais, enquanto elementos periféricos contêm preocupações ambientais mais específicas. Essas estruturas simbólicas explicam por que mensagens ambientalistas que não dialogam com os significados pré-existentes falham em gerar mudança (Dézma *et al.*, 2024; Sarrica *et al.*, 2024).

Além disso, Guerra e Ichikawa (2011) ressaltam que o ambiente institucional (político, econômico e cultural) desempenha um papel importante na conformação das crenças e ações dos indivíduos. A resistência à sustentabilidade pode estar ligada à influência de setores econômicos que veem tais práticas como ameaças aos seus interesses, reforçando discursos contrários à mudança. As organizações tendem a se tornar homogêneas por meio do isomorfismo institucional, um processo que pode tanto favorecer quanto dificultar a adoção de novas práticas ambientais, dependendo de como as normas sociais são construídas e disseminadas.

A literatura recente sobre transições sociotécnicas e disputas por regimes de sustentabilidade confirma que representações públicas e narrativas midiáticas interferem diretamente na viabilidade política de políticas verdes. Pesquisas de caso em setores agrícolas e energéticos mostram que representações que direcionam iniciativas sustentáveis como “ameaças aos modos de vida” mobilizam resistência organizada, enquanto narrativas que enquadram a transição como oportunidade econômica e de justiça social tendem a obter maior aceitação (Frontiers; Rethinking energy transition, 2025).

Dessa forma, a resistência à sustentabilidade não pode ser vista apenas como uma questão de falta de informação ou de incentivos econômicos, mas sim como um fenômeno social e institucionalizado. Para superar essa barreira, faz-se necessário promover novas representações sociais que valorizem práticas sustentáveis, articulando-as a valores já enraizados na sociedade e criando um ambiente favorável à sua aceitação e institucionalização.

No entanto, esse processo enfrenta desafios significativos em um contexto de modernidade líquida, conforme argumenta Bauman (2001). Vivemos em uma era caracterizada pela fluidez das relações sociais, econômicas e culturais, na qual os valores tradicionais de estabilidade e durabilidade são substituídos por um modelo baseado na constante renovação, descarte e substituição. Essa lógica influencia diretamente os padrões de consumo, tornando mais difícil a adoção de hábitos sustentáveis, já que a sociedade tende a valorizar a novidade e a obsolescência programada em detrimento

da preservação e do uso consciente dos recursos. Trabalhos que reavaliam a noção de consumo demonstram como práticas de acesso, economia de experiência e obsolescência cultural reforçam representações que privilegiam a renovação rápida, criando obstáculos simbólicos e materiais à durabilidade e à circularidade (Liquid Consumption Reviews, 2020-2022; Philosophical Analyses, 2023). Assim, a construção de novas representações sociais favoráveis à sustentabilidade exige não apenas informação e políticas públicas, mas também uma mudança cultural capaz de desafiar essa lógica de consumo efêmero.

A sustentabilidade, ao propor modelos de consumo mais duráveis e responsáveis, entra em choque com essa lógica do consumo acelerado. Dessa forma, muitas pessoas resistem à mudança por acreditarem que isso implicaria abrir mão do conforto, do status e da praticidade proporcionados pela cultura do consumo.

A resistência à adoção de práticas sustentáveis não se deve apenas à falta de informação, mas também a barreiras psicossociais que reforçam hábitos de consumo insustentáveis. A percepção da sustentabilidade como um sacrifício faz com que muitos a associem a dificuldades adicionais, aumentando a resistência à mudança. Além disso, a crença de que ações individuais têm impacto insignificante desmotiva comportamentos ecológicos, especialmente quando normas sociais reforçam práticas insustentáveis, tornando mais difícil agir de forma diferente sem sentir-se deslocado. A desconexão temporal também influencia essa resistência, já que a crise ambiental é vista como um problema futuro, reduzindo a urgência da ação no presente. Paralelamente, o marketing e a publicidade intensificam esse cenário ao promover constantemente o consumo rápido e a substituição contínua de produtos, dificultando a transição para um modelo mais sustentável.

As representações sociais desempenham um papel importante na formação de crenças e atitudes, influenciando como as pessoas interpretam a sustentabilidade e tomam decisões sobre seu comportamento. Enquanto algumas representações incentivam práticas ecológicas, outras criam barreiras à mudança. Se a reciclagem for vista como um ato de cidadania, sua adoção tende a aumentar, mas, se o consumo sustentável for associado a um privilégio da elite ou produtos sustentáveis forem percebidos como ineficientes e mais caros, a resistência se fortalece.

As resistências à sustentabilidade são, em grande parte, fruto do conflito entre representações coletivas e a lógica de consumo da modernidade líquida descrita por Bauman, que reforça a cultura do descarte e da substituição constante. Já Moscovici (1978) demonstra como o significado atribuído à sustentabilidade pode determinar sua aceitação ou rejeição. Portanto, políticas e intervenções eficazes deverão articular mudança material (incentivos, infraestrutura) com mudança simbólica (trabalho com representações): isto é, alinhar estruturas institucionais e narrativas públicas para construir representações sustentáveis que sejam socialmente legítimas, culturalmente sensíveis e materialmente exequíveis (Sarrica *et al.*, 2024).

Assim, compreender essas dinâmicas é relevante para desenvolver estratégias que tornem a sustentabilidade mais acessível e desejável, superando as barreiras psicossociais que perpetuam padrões de consumo insustentáveis.

3.3 A teoria dos valores, crenças e normas e a motivação para a mudança

A *Value-Belief-Norm Theory* (Teoria dos Valores, Crenças e Normas - VBN) de Paul Stern *et al.* (2000) fornece um modelo explicativo importante para compreender por que algumas pessoas agem de maneira sustentável enquanto outras não, mesmo diante da percepção de riscos ambientais. De acordo com essa teoria, o comportamento ecológico é impulsionado por uma cadeia de fatores psicológicos e sociais interconectados.

Os valores pessoais de um indivíduo influenciam diretamente sua atitude em relação ao meio ambiente. Pessoas que possuem valores biosféricos, com preocupação voltada à natureza e às gerações futuras, ou valores altruístas, focados no bem-estar coletivo, tendem a adotar práticas sustentáveis. De acordo com Kim e Seock (2019), indivíduos com esses valores são mais propensos a envolver-se em comportamentos ecológicos, pois internalizam normas ambientais pessoais, considerando essas ações como parte de sua ética. Estudos recentes reforçam que a ativação de valores biosféricos e altruístas continua a ser um preditor consistente de engajamento ambiental em diversos contextos culturais e sociais (Chua *et al.*, 2020; Wang *et al.*, 2025). Em contraste, aqueles com valores mais egocêntricos ou materialistas, que priorizam o conforto e o consumo, apresentam maior resistência à mudança de hábitos, como ressaltado por Cialdini e Jacobson (2021), que destacam a importância das normas sociais no comportamento sustentável.

Além disso, as crenças ambientais também desempenham um elemento importante. A percepção de que os problemas ambientais são graves e que ações individuais podem contribuir para mitigá-los é uma característica para o engajamento em práticas ecológicas. A teoria *Value-Belief-Norm* (VBN) explica como essas crenças geram uma motivação para mudanças, especialmente quando as pessoas acreditam que suas escolhas fazem diferença (Guerra; Ichikawa, 2011). Pesquisas recentes mostram que o fortalecimento da percepção de eficácia pessoal e a compreensão ambiental aumentam significativamente a probabilidade de adoção de comportamentos sustentáveis (Huang & Li, 2025). Quando uma pessoa acredita que suas escolhas podem ter impacto positivo, sua motivação para agir de maneira sustentável tende a aumentar. O papel das normas pessoais é igualmente relevante, pois pessoas com fortes normas ambientais não apenas veem a adoção de comportamentos sustentáveis como uma escolha racional, mas como uma obrigação moral e ética, um ponto destacado na pesquisa de Kim e Seock (2019). Stern (2000) resalta ainda que normas pessoais internalizadas geram engajamento voluntário e apoio a movimentos sociais ambientais, ampliando o alcance das ações individuais. Tais normas são internalizadas com o tempo, reforçando a responsabilidade para com o planeta e as gerações futuras (Bauman, 2010).

Esses fatores não atuam isoladamente, mas de forma integrada: os valores pessoais influenciam as crenças ambientais, que, por sua vez, fortalecem as normas pessoais. Quando todos esses elementos convergem, há uma alta probabilidade de envolvimento em comportamentos sustentáveis (Moscovici, 1978). Caso contrário, a mudança de atitude se torna mais difícil. No entanto, a percepção de risco e os fatores psicológicos também influenciam a adoção de práticas sustentáveis. O viés de otimismo leva muitas pessoas a subestimarem os riscos ambientais, acreditando que esses problemas não as afetarão diretamente ou que ocorrerão apenas no futuro, o que reduz a urgência de ação. Esse efeito é amplificado pelo distanciamento temporal, como mostrado por Flusser (2010), onde problemas como a mudança climática são percebidos como algo que impactará gerações futuras, levando à procrastinação das atitudes sustentáveis.

Outro obstáculo é a rejeição ao sacrifício, pois muitas pessoas veem práticas sustentáveis como uma perda de conforto ou prazer, como reduzir o consumo de carne ou pagar mais por produtos ecológicos (Bauman, 2010). Para superar essa barreira, a sustentabilidade precisa ser associada a benefícios concretos e melhorias na qualidade de vida. Além disso, a influência social desempenha um papel crucial, como apontado por Cialdini e Jacobson (2021): se práticas ecológicas não são valorizadas dentro de um grupo, os indivíduos tendem a resistir à mudança para evitar o desconforto social. A fadiga da sustentabilidade e a sobrecarga informativa também desmotivam a ação, pois o excesso de informações sobre crises ambientais pode gerar um senso de impotência e indiferença. Por outro lado, a recompensa e o reconhecimento social, podem aumentar a motivação para comportamentos sustentáveis, tornando a mudança mais atraente quando associada a incentivos financeiros, status ou prestígio dentro de um grupo (Cialdini & Jacobson, 2021). Estudos recentes demonstram que a percepção de reconhecimento social e o capital social podem amplificar a internalização das normas pessoais e incentivar comportamentos ecológicos mais consistentes (Huang & Li, 2025).

Portanto, compreender esses fatores psicológicos é relevante para desenvolver estratégias que incentivem práticas ambientais. Segundo Guerra e Ichikawa (2011), a construção de novas representações sociais sobre o meio ambiente e a sustentabilidade pode ser uma chave para promover uma mudança permanente e generalizada no comportamento humano. A literatura atual sugere que políticas e campanhas que combinam conscientização, reforço social e valorização de normas ambientais têm maior potencial de gerar mudanças de comportamento duradouras (Chua *et al.*, 2020; Wang *et al.*, 2025). Para que as estratégias de sustentabilidade sejam eficientes, é necessário criar um contexto onde os riscos sejam percebidos de forma mais imediata e pessoal, e onde as ações sustentáveis sejam vistas como viáveis, reconhecidas e recompensadas (Kim & Seock, 2019). A integração de incentivos sociais, educacionais e econômicos, aliada à comunicação clara dos impactos ambientais, pode fomentar uma mudança de atitude mais ampla e sustentável (Huang & Li, 2025).

4. O papel do design na superação das barreiras psicológicas e sociais

4.1 Design e formação de hábitos sustentáveis

O design, ao longo das últimas décadas, tem se consolidado como uma poderosa ferramenta para moldar comportamentos humanos, influenciando desde escolhas cotidianas até a formação de hábitos complexos. No contexto da sustentabilidade, ele desempenha um papel crucial na superação de barreiras psicológicas e sociais que dificultam a adoção de práticas ecológicas. Segundo Vilém Flusser (2010), o design não apenas estrutura a forma das coisas, mas também determina como as pessoas interagem com elas, transformando experiências em comportamentos naturais e intuitivos.

Abordagens de “*Design for Sustainable Behaviour*” (DfSB) utilizam *feedback*, automação e motivação para orientar o uso sustentável de produtos e sistemas domésticos, induzindo comportamentos ecológicos sem exigir esforço consciente. O modelo de Shin e Bull (2019) descreve três dimensões essenciais: empoderamento, ao dar ao usuário controle significativo; informação, ao fornecer *feedback* contínuo e claro sobre os impactos; e motivação, ao utilizar reconhecimento e recompensas para internalizar práticas. Quando aplicadas em conjunto, essas estratégias transformam hábitos cotidianos por meio de decisões autônomas e engajadas.

Flusser (2010) argumenta que a forma dos objetos, sistemas e interfaces influencia diretamente a percepção e a ação humanas. Ao projetar um objeto ou sistema, o designer cria um código visual, funcional e emocional que molda a relação das pessoas com ele. Exemplos incluem sistemas de coleta seletiva com cores universais e sinalização padronizada, que aumentam a adesão ao descarte correto (Scherer; Santos, 2023), e interfaces socialmente inteligentes que comparam o consumo de energia pessoal com o de pares, incentivando ajustes sutis e persistentes no uso de recursos (Karlgrén *et al.*, 2021).

O design também reduz a carga cognitiva associada às decisões ecológicas. Quando práticas sustentáveis são complexas ou difíceis de executar, tendem a ser evitadas. Ao simplificar e tornar intuitivas soluções ecológicas, o design transforma ações como economia de água, uso de transportes públicos ou escolha de alimentos orgânicos em hábitos automáticos. Dispositivos automatizados, como termostatos inteligentes ou torneiras de fluxo controlado, exemplificam como o design institucionaliza comportamentos sustentáveis sem exigir esforço contínuo (BAUMAN, 2010; WILSON; YANG, 2025). Estudos de “*nudging digital*” mostram que camadas de informação, participação e imersão em interfaces digitais podem engajar usuários e incentivar escolhas mais ecológicas (Digital Nudging, 2025; NI *et al.*, 2025).

No contexto brasileiro, exemplos de design aplicado à sustentabilidade incluem kits visuais em escolas, como adesivos lúdicos em banheiros para economia de água, que funcionam como lembretes sutis, aumentando a motivação e promovendo comportamentos conscientes (Sustainability, 2023). Sistemas de reciclagem bem projetados, com instruções visuais intuitivas, reduzem a confusão e facilitam a adesão (Kim; Seock, 2019).

Além da funcionalidade, a acessibilidade e a inclusão garantem que práticas sustentáveis sejam viáveis para diferentes públicos. Transporte público intuitivo e acessível, bem como produtos ecológicos com preços adequados, ampliam a adesão a comportamentos mais sustentáveis (Cialdini; Jacobson, 2021). O design emocional e motivacional também desempenha papel importante, criando experiências prazerosas e visualmente atraentes. Embalagens ecológicas com apelo estético ou mensagens que destacam impactos positivos podem estimular escolhas sustentáveis, como ressaltava Moscovici (1978) sobre a influência das representações sociais na formação de atitudes. Interfaces digitais que informam sobre sustentabilidade, como o uso de energia renovável em sites, reforçam positivamente a tomada de decisão (ACM, 2023).

Assim, ao aliar funcionalidade, automação e apelo emocional, o design se torna um agente poderoso na construção de uma cultura mais sustentável (Flusser, 2010). Ele facilita a implementação de escolhas ecológicas, tornando práticas sustentáveis não apenas viáveis, mas também desejáveis. Quando bem aplicado, o design reduz barreiras cognitivas, emocionais e sociais, transformando ações complexas em hábitos cotidianos intuitivos e acessíveis. Dessa forma, o design não é apenas uma ferramenta estética ou funcional, mas um instrumento estratégico para integrar a sustentabilidade ao cotidiano das pessoas.

4.2 Estratégias de design para influenciar comportamentos sustentáveis

O design, ao integrar conceitos da psicologia social, pode ser uma ferramenta poderosa para modificar comportamentos individuais e coletivos em direção à sustentabilidade. Ao incorporar elementos como normas sociais, influência social, percepção ambiental e representações sociais, o design

pode facilitar a adoção de hábitos ecológicos e superar barreiras psicológicas e sociais que muitas vezes impedem a mudança. De acordo com Moscovici (1978), as representações sociais desempenham um elemento importante na formação das atitudes e podem ser alteradas por meio do design, que tem o poder de reconfigurar a percepção das questões ambientais.

Por exemplo, ao criar produtos ou serviços sustentáveis com atributos que reforçam seu valor, como status ou inovação, é possível transformar a sustentabilidade de um conceito abstrato para algo desejável e concreto. O design de carros elétricos, por exemplo, não só foca no desempenho e estética, mas também na criação de uma imagem positiva associada à modernidade e prestígio, o que, segundo Cialdini e Jacobson (2021), influencia as percepções sociais e torna a sustentabilidade mais atraente ao associá-la a normas sociais de status e prestígio.

Além disso, o design de produtos ecológicos pode facilitar a percepção ambiental. Ao tornar o impacto ecológico mais tangível, como no caso de embalagens biodegradáveis que mudam de cor ou se desintegram ao longo do tempo, o design ajuda as pessoas a visualizar o ciclo de vida de um produto e a diferença entre opções sustentáveis e convencionais, incentivando escolhas mais conscientes (Flusser, 2010). Tais práticas tornam o impacto ambiental mais palpável, ampliando a percepção das consequências das ações humanas sobre o meio ambiente.

O design também pode reforçar normas sociais positivas que promovem comportamentos sustentáveis. Sistemas de compartilhamento de recursos, como bicicletas ou carros, são um exemplo de como o design pode criar e reforçar a mobilidade coletiva como uma prática sustentável, associada ao bem comum. Segundo Kim e Seock (2019), ao projetar esses sistemas de forma acessível e atraente, o design contribui para a normalização dessas práticas na sociedade, tornando-as uma parte natural do cotidiano.

Em cenários corporativos, Morschheuser *et al.* (2022) enfatizaram que *gamification* deve considerar fatores pessoais e contextuais, muitos colaboradores têm motivações egoístas: por isso, o design de narrativas e recursos gamificados (recompensas, competição, progresso visual) deve alinhar incentivos hedonistas e sociais a objetivos sustentáveis. Essas estratégias incentivam a mudança de comportamento ao conectar metas pessoais e coletivas.

A gamificação é outra estratégia em que o design pode ser utilizado para incentivar comportamentos ecológicos. Por meio de aplicativos que recompensam o consumo responsável ou a separação de resíduos, a gamificação cria um sistema de feedback positivo que aumenta o engajamento com práticas sustentáveis. A comparação de pontuações entre os usuários também ajuda a reforçar as normas sociais, tornando comportamentos ecológicos mais comuns e desejáveis, como observam Kim e Seock (2019). Estudos de caso com aplicativos de gamificação mostram que, embora *gamification* seja útil na fase inicial para formar hábitos, sua eficácia diminui após a internalização da prática, ou seja, uma vez que a ação sustentável se torna parte da rotina, os elementos lúdicos tornam-se secundários (Aguiar-Castillo *et al.*, 2023). Outro estudo encontrou que a gamificação acadêmica pode alinhar metas normativas, hedonistas e de ganho, mantendo o foco na sustentabilidade sem exigir esforço cognitivo elevado (Seidler *et al.*, 2020).

Por fim, sistemas de *feedback* visual, como os encontrados em prédios sustentáveis com painéis solares ou sistemas de economia de água, tornam as consequências das escolhas ambientais mais tangíveis. Esses sistemas permitem que as pessoas vejam o impacto direto de suas ações, tornando-as

mais conscientes e motivadas a adotar práticas mais responsáveis e sustentáveis, como argumenta Flusser (2010). Esse tipo de design visual fortalece a percepção ambiental e aumenta o compromisso com práticas sustentáveis.

Portanto, o design, ao aplicar conceitos da psicologia social como normas sociais, influência social e percepção ambiental, pode ser uma ferramenta poderosa para promover comportamentos sustentáveis. Ao criar produtos, serviços e ambientes que facilitam a adoção de práticas ecológicas, o design pode ajudar a modificar representações sociais, reforçar normas sociais positivas e aumentar a percepção ambiental das pessoas. A chave para o sucesso dessas estratégias está em compreender as necessidades e motivações humanas, criando soluções que tornem a sustentabilidade não apenas acessível e conveniente, mas também desejável e culturalmente integrada no cotidiano das pessoas (Moscovici, 1978; Cialdini; Jacobson, 2021).

5. Considerações finais

Este estudo teve como propósito examinar a relação entre psicologia social, normas sociais e design na indução de comportamentos sustentáveis, buscando compreender de que maneira esses elementos interagem na formação de atitudes e práticas voltadas à sustentabilidade. A questão central consistiu em investigar como as teorias da psicologia social permitem explicar tanto a adoção quanto a rejeição de práticas sustentáveis, bem como em que medida o design pode contribuir para superar barreiras de ordem psicológica e social. A pesquisa concentrou-se em avaliar o impacto das normas sociais, da percepção ambiental e da construção de hábitos sustentáveis, destacando o papel estratégico do design na concepção de soluções práticas, atrativas e de fácil compreensão, capazes de estimular comportamentos ecológicos.

A partir da análise de conceitos fundamentais da psicologia social, tais como normas sociais, percepção de risco e representações coletivas, identificou-se que esses fatores exercem influência decisiva tanto na promoção quanto na resistência a condutas sustentáveis. O arcabouço teórico da psicologia social possibilita a compreensão das barreiras de caráter psicológico e social que dificultam a adoção de práticas ambientais, ressaltando a centralidade das normas no processo de transformação de atitudes. Por sua vez, o design surge como um agente de mudança, capaz de tornar comportamentos ecológicos mais atrativos, simples e socialmente valorizados. Além disso, o design pode reforçar normas sociais por meio da criação de artefatos, serviços e espaços que favoreçam hábitos sustentáveis, utilizando recursos de influência social como o destaque visual das consequências ambientais e a simplificação de escolhas pró-ecológicas.

Os resultados evidenciam a relevância da integração entre psicologia social e design como caminho para promover transformações comportamentais em direção à sustentabilidade. A formulação de soluções que levem em conta tanto dimensões psicológicas quanto sociais pode originar produtos, serviços e ambientes que favoreçam a incorporação de práticas sustentáveis no cotidiano. A pesquisa também apontou que a percepção do risco ambiental pode desempenhar um papel ambíguo, funcionando ao mesmo tempo como incentivo ou como barreira à mudança de comportamento, sugerindo que o design pode tornar a sustentabilidade mais concreta, acessível e menos associada a ameaças.

Ainda assim, é necessário reconhecer certas limitações. Embora este trabalho tenha conseguido articular conceitos da psicologia social com a prática do design, a ausência de evidências empíricas que comprovem tais relações representa um aspecto a ser explorado em futuras pesquisas. Para tanto, será fundamental recorrer a estudos de caso e experimentos comportamentais que validem a eficácia das intervenções de design na promoção de hábitos sustentáveis. Ademais, este estudo não aprofundou a questão da diversidade cultural e da variação dos comportamentos pró-ambientais em diferentes contextos socioculturais. Assim, futuras investigações devem considerar como distintos grupos sociais se apropriam das práticas sustentáveis e quais barreiras específicas enfrentam na sua implementação.

Agradecimentos

Este trabalho foi desenvolvido parcialmente no contexto do projeto 2023-1-DK01-KA220-HED-00165709, “EGALITARIAN - Educação, Digitalização e Colaboração para a Sustentabilidade”, que recebeu apoio da Comissão Europeia. Esta publicação reflete apenas as opiniões dos autores, e a Comissão não pode ser responsabilizada por qualquer uso que possa ser feito das informações aqui contidas.

Referências

- AGUIAR-CASTILLO, L.; RAJENDRA-TELI, S.; PEREZ-JIMENEZ, R. Gamification and proenvironmental performance: could tourists return home with more sustainable habits? **Journal of Hospitality and Tourism Technology**, v. 14, n. 3, p. 444-459, 2023. Disponível em: <https://www.emerald.com/jhtt/article/14/3/444/431737/Gamification-and-proenvironmental-performance>. Acesso em: 14 out. 2025.
- ALLCOTT, H. Social norms and energy conservation. **Journal of Public Economics**, v. 95, n. 9-10, p. 1082-1095, 2011. DOI: 10.1016/j.jpubeco.2011.03.003.
- Allcott, H.; ROGERS, T. The short-run and long-run effects of behavioral interventions: experimental evidence from energy conservation. **American Economic Review**, v. 104, n. 10, p. 3003-3037, 2014. DOI: 10.1257/aer.104.10.3003.
- ANDRE, P. *et al.* Globally representative evidence on the actual and perceived support for climate action. **Nature Climate Change**, v. 14, p. 253-259, 2024. DOI: 10.1038/s41558-024-01925-3.
- BASTOS, F.; MERCEA, A. **O papel das redes sociais na promoção de práticas sustentáveis e seu impacto na mudança comportamental**. 2019.
- BAUMAN, Z. **A cultura na era da modernidade líquida**. Rio de Janeiro: Zahar, 2001.
- BAUMAN, Z. **Ensaaios sobre o conceito de cultura**. Rio de Janeiro: Zahar, 2011.
- BERGQUIST, M.; NILSSON, A. A meta-analysis of field-experiments using social norms to promote pro-environmental behaviors. **Global Environmental Change**, v. 59, 101941, 2019. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2019.101941.
- BICCHIERI, C.; DIMANT, E. Nudging with care: the risks and benefits of social information. **Public Choice**, v. 191, n. 3-4, p. 443-484, 2022. DOI: 10.1007/s11127-019-00684-6.
- BONAN, J.; CATTANEO, C.; D'ADDA, G.; TAVONI, M. Social interaction and peer effects in energy conservation: a randomized field experiment. **Nature Energy**, v. 5, p. 615-625, 2020. DOI: 10.1038/s41560-020-00721-7.
- BUVÁR, Á.; ZSILA, Á.; OROSZ, G. Non-green influencers promoting sustainable consumption: dynamic norms enhance the credibility of authentic pro-environmental posts. **Frontiers in Psychology**, v. 14, 1112762, 2023. DOI: 10.3389/fpsyg.2023.1112762.
- CHEN, X.; KNIGHT, C. Investigating social norms and personal norms in pro-environmental behaviors. **Energy Research & Social Science**, 2022.
- CIALDINI, R. B. **Influence: science and practice**. 4. ed. Boston: Allyn & Bacon, 2001.
- CIALDINI, R. B.; JACOBSON, R. P. A focus theory of normative conduct and pro-environmental behavior. In: STEG, L.; DE GROOT, J. I. M. (org.). **Environmental psychology: an introduction**. 3. ed. Hoboken: Wiley, 2021, p. 201-220.
- CIALDINI, R. B.; JACOBSON, R. P. Influences of social norms on climate change-related behaviors. **Current Opinion in Behavioral Sciences**, v. 42, p. 1-8, 2021.

CONDE, Júlio; TAKANO-ROJAS, Harumi. Rethinking energy transition: approaches from social representations theory. **Energy Research & Social Science**, v. 122, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2025.104001>.

DÉZMA, L. *et al.* Social representation of global climate change: an exploratory study focusing on emotions. **Journal of Constructivist Psychology**, v. 38, n. 2, 2024. DOI: 10.1080/10720537.2024.2310828.

DIGITAL NUDGING. Digital nudging for sustainable tourist behavior in new media. **Tourism Management**, v. 107, 105087, abr. 2025. DOI: 10.1016/j.tourman.2024.105087.

DO, V. T. H.; DO, L. T. The effectiveness of social norms in promoting green consumption. **Social Responsibility Journal**, v. 20, n. 3, p. 444-461, 2023. DOI: 10.1108/SRJ-10-2022-0466.

FLUSSER, V. **Uma filosofia do design: a forma das coisas**. Lisboa: Relógio D'Água, 2010.

FUNK, S. H. Empowering voices, shaping futures: digital storytelling for sustainable transformation. **International Journal of Science and Research Archive**, v. 13, n. 1, p. 1345-1359, 2024. DOI: 10.30574/ijrsra.2024.13.1.1827.

GOLOB, U.; PODNAR, K.; WEDER, F. Reimagining the sustainable consumer: why social representations of sustainable consumption matter. **Business Ethics, the Environment & Responsibility**, v. 33, n. 4, p. 847-859, 2024. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/beer.12656>.

GUERRA, G. C. M.; ICHIKAWA, E. Y. A institucionalização de representações sociais: uma proposta de integração teórica. **REGE - Revista de Gestão**, v. 18, n. 3, p. 339-359, 2011.

HELPERICH, M.; THØGERSEN, J.; BERGQUIST, M. Direct and mediated impacts of social norms on pro-environmental behavior. **Global Environmental Change**, v. 80, 102680, 2023. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2023.102680.

HOSTA, M.; ZABKAR, V. Antecedents of environmentally and socially responsible sustainable consumer behavior. **Journal of Business Ethics**, v. 171, n. 2, p. 273-293, 2020.

KAHAN, D. M.; JENKINS-SMITH, H.; BRAMAN, D. Cultural cognition of scientific consensus. **Journal of Risk Research**, v. 14, n. 2, 147-174, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1080/13669877.2010.511246>.

KARLGREN, J. *et al.* Socially intelligent interfaces for increased energy awareness in the home. **ArXiv**, 2021. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2106.15297>. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/2106.15297>.

KIM, S. H.; SEOCK, Y. K. The roles of values and social norm on personal norms and pro-environmentally friendly apparel product purchasing behavior: the mediating role of personal norms. **Journal of Retailing and Consumer Services**, v. 51, p. 83-90, 2019. DOI: 10.1016/j.jretconser.2019.05.023.

LIQUID CONSUMPTION REVIEWS. Revisões críticas sobre consumo líquido e implicações para práticas sustentáveis. 2020-2023.

MALDONADO, T. **Cultura, sociedade e técnica**. São Paulo: Ed. Edgar Blucher, 2012.

MDPI STUDY. Design for sustainable behaviour: an exploratory study in schools' washrooms. **Sustainability**, v. 17, n. 3, 1219, 2023. DOI: 10.3390/su17031219.

MOSCOVICI, S. **A psicologia das minorias ativas**. Rio de Janeiro: Zahar, 1978.

MORSCHHEUSER, B.; KRATH, J.; VON KORFLESCH, H. Designing gamification for sustainable employee behavior: insights on employee motivations, design features and gamification elements. In: 55th Hawaii International Conference on System Sciences, Honolulu. **Anais [...]**, 2022. Honolulu: University of Hawaii, 2022. Disponível em: <https://scholarspace.manoa.hawaii.edu/items/bb3c12ef-de50-4ba7-9043-d25ee68469b5>.

NIEMIEC, R. M. *et al.* Social norms and the promotion of conservation behavior: the moderating role of visibility. **Conservation Biology**, v. 33, n. 3, p. 547-558, 2019.

OREA-GINER, M.; FUSTÉ-FORNÉ, F. Applying the VBN model to green consumerism in Indonesia. **Humanities and Social Sciences Communications**, 2025.

PIMENTEL, A. K. O. *et al.* Maslow e o meio ambiente: integrando representação social e a teoria das necessidades e motivações. **Ambiente & Sociedade**, v. 27, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc0147r1vu27L2AO>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/jpk4kr6H9sd8F4SDnzLpK5k/?format=pdf&lang=pt>.

REQUENA-I-MORA, M. Social representations of the environment and socio-metabolic regimes: the case of the Spanish state. **Environment and Planning E: Nature and Space**, v. 7, n. 1, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1177/25148486231169208>.

SAVCHENKO, O. M. *et al.* Encouraging pro-environmental behavior: do testimonials by experts work?. **PLOS ONE**, v. 18, n. 10, e0291612, 2023. DOI: 10.1371/journal.pone.0291612.

SCHERER, K.; SANTOS, A. dos. Design for sustainable behaviour: reflections on cultural cooking habits for sustainable innovation in the household appliance sector. **e-Revista LOGO**, v. 12, n. 1, 2023. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/erevistalogo/article/download/106074/59322/414139>.

SEIDLER, A. R.; HENKEL, C.; FIEDLER, M.; KRANZ, J. Promoting eco-sustainable behavior with gamification: an experimental study on the alignment of competing goals. In: Internacional Conference on Information Systems, 41., 2020, India. **Anais [...]**. 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/344785282_Promoting_Eco-Sustainable_Behavior_with_Gamification_An_Experimental_Study_on_the_Alignment_of_Competing_Goals.

SHIN, H. D.; BULL, R. Three dimensions of design for sustainable behaviour. **Sustainability**, v. 11, n. 17, 4610, 2019. DOI: 10.3390/su11174610.

SOVACOL, B. K. *et al.* Temporality, vulnerability, and energy justice in household low carbon innovations. **Energy Policy**, v. 128, p. 495-504, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.01.010>.

SPARKMAN, G.; WALTON, G. M. Dynamic norms promote sustainable behavior, even when only a minority engages in it. **Psychological Science**, v. 28, n. 11, p. 1663-1674, 2017. DOI: 10.1177/0956797617719950.

STERN, P. C. *et al.* **A value-belief-norm theory of support for social movements: the case of environmentalism.** Washington, DC: National Research Council, 2011.

SUSTAINABILITY. Gamification for sustainability: a systematic review of applications, trends, and opportunities. **Computers in Human Behavior**, v. 165, 108529, 2025. DOI: 10.1016/j.chb.2024.108529.

UPHAM, Paul; SCHOLTE, Rianne; FERON, Sarah. Social representations of injustice in sustainability transitions. **Frontiers in Political Science**, v. 7, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpos.2025.1501904>.

VAN RIPER, C.J.; KYLE, G. Capturing multiple values of ecosystem services shaped by environmental worldviews: A spatial analysis. **Journal of Environmental Management**, v. 145, p. 374-384, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301479714003156?via%3Dihub>.

VISUAL FEEDBACK META-ANALYSIS. Understanding visual feedback mechanism from three-dimensional of information, time and display: a meta-analysis of feedback research for household electricity conservation. **Energy and Buildings**, v. 316, 114297, 2024. DOI: 10.1016/j.enbuild.2024.114297.

WEDER, F.; GOLOB, U.; PODNAR, K. Sustainable consumption in context: a cross-cultural study of social representations. **Sustainability**, v. 17, n. 4, art. 1531, 2025. DOI: 10.3390/su17041531.

WILSON, S. L.; YANG, M. C. User-informed LLM learning: identifying effective design features for sustainable behavior through AI perception. **Proceedings of the Design Society**, v. 5, p. 3331-3340, 2025. DOI: 10.1017/pds.2025.10347.

YOUNG, Sydney; GUPTA, Udit; HESTER, Josiah. Empowering Users to Make Sustainability-Forward Decisions for Computing Services. **Communications of the ACM**, v. 68, n. 7, p. 80-85, 2023.