

Licença



Este trabalho está licenciado sob uma licença [Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/). Fonte:

<https://livros.unb.br/index.php/portal/catalog/book/775>. Acesso em: 1 out. 2026.

Referência

SILVA, Caio Frederico e (org.). **Caminhos da reabilitação ambiental**: reflexões sobre o futuro das cidades. Brasília: LaSUS FAU; Editora Universidade de Brasília, 2026. 370 p., il. DOI:

<https://doi.org/10.26512/plunb.775>. Disponível em:

<https://livros.unb.br/index.php/portal/catalog/book/775>. Acesso em: 1 out. 2026.

caminhos da reabilitação ambiental

reflexões sobre
o futuro das cidades

Brasília, DF
2026

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

REITORA

Rozana Reigota Naves

VICE-REITOR

Márcio Muniz

DECANA DE PESQUISA E INOVAÇÃO

Renata Aquino

DECANATO DE PÓS-GRADUAÇÃO

Roberto Goulart Menezes

FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO

DIRETOR DA FAU

Caio Frederico e Silva

VICE-DIRETOR DA FAU

Ricardo Trevisan

COORDENADORA DE PÓS-GRADUAÇÃO

Maria do Carmo de Lima Bezerra

COORDENADOR DO LASUS

Caio Frederico e Silva

ORGANIZADORES

Caio Frederico e Silva

Éderson Oliveira Teixeira

Marta Adriana Bustos Romero

Paula Lelis Rabelo Albala

Thiago Montenegro Góes

Valmor Cerqueira Pazos

PRODUÇÃO

COORDENAÇÃO DE PRODUÇÃO

Caio Frederico e Silva

Thiago Montenegro Góes

Paula Lelis Rabelo Albala

CAPA

Cássio Aguiar Moura

DIAGRAMAÇÃO

João Vitor Lopes Lima Farias

Emilly Freire Gomes

REVISÃO TEXTUAL

Érika Stella Silva Menezes

APRESENTAÇÃO

Marta Adriana Bustos Romero

PREFÁCIO

Ana Cláudia Duarte Cardoso

AUTORES

Alice Flexa Rocha

Ana Carolina Cordeiro Correia Lima

Ana Clara Carvalho Correia Cavalcante

Ana Flávia Teles Silveira

Ana Maria Montandon Chaer

Andrey Rosenthal Schlee

Antônio Hildegardo Soares de Oliveira Filho

Caio Frederico e Silva

Camila Amaro de Souza

Daniel Richard Sant’Ana

Daniela Arruda Guterres Soares

Gabriela Capuano Pedro

Gabriella Carmona Granado Lima

Gustavo Macedo de Mello Baptista

Hazzell Carolina Mejia Diaz

João Bandeira da Silva

João da Costa Pantoja

José Marcelo Martins Medeiros

Juliana Alvarenga Candido

Juliana Andrade Borges de Sousa

Laís Ferreira Lopes

Liza Maria Souza de Andrade

Luca Augusto Correa

Lucas Silva de Oliveira Maranhão

Marta Adriana Bustos Romero

Rodrigo Studart Corrêa

Talita Knopf

CONSELHO EDITORIAL

Camila Amaro de Souza – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS)
José Marcelo Martins Medeiros – Universidade Federal de Tocantins (UFT)
Leonardo da Silveira Pirillo Inojosa – Universidade de Brasília - (UnB)
Lucas Rosse Caldas – Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
Nina Hormazabal-Poblete – Universidade Técnica Federico Santa Maria (Chile)
Teresa Silva Santos – Universidade Nova de Lisboa (Portugal)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)	
Caminhos da reabilitação ambiental: reflexões sobre o futuro das cidades / organização Caio Frederico e Silva...[et al.]. -- Brasília, DF : LaSUS FAU : Editora da Universidade de Brasília-UnB, 2026.	
Vários autores.	
Outros organizadores: Ederson Oliveira Teixeira, Marta Adriana Bustos Romero, Paula Rabelo Albala, Thiago Montenegro Goes, Valmor Cerqueira Pazos.	
Bibliografia ISBN 978-65-84854-69-7	
1. Arquitetura 2. Cidades 3. Clima 4. Sustentabilidade 5. Urbanismo - Aspectos sociais I. Silva, Caio Frederico e. II. Teixeira, Ederson Oliveira. III. Romero, Marta Adriana Bustos. IV. Albala, Paula Rabelo. V. Goes, Thiago Montenegro. VI. Pazos, Valmor Cerqueira.	
25-310000.0	CDD-711.13

Índices para catálogo sistemático:

1. Urbanismo : Aspectos sociais 711.13

Apresentação

O curso de Especialização Reabilita reúne, nesta obra, as pesquisas desenvolvidas pelos discentes e as reflexões do corpo docente, apresentando resultados tanto da 12ª edição da especialização quanto dos Trabalhos de Conclusão de Curso da graduação orientados por seus professores.

Na primeira parte, os trabalhos, ao tratar de Diagnósticos e Desafios, destacam a necessidade de compreender as transformações e mudanças que impactam na maneira de pensar, projetar e construir enfrentadas pelas cidades brasileiras, por meio de análises e estudos de caso que revelam vulnerabilidades, padrões climáticos e desafios ambientais.

Nossa matriz energética permanece predominantemente hidrelétrica, e as leis que disciplinam o uso do solo consideram superficialmente as questões ambientais urbanas, aplicando escassamente princípios

da relação contextual à mudança e à pertença, além de evitar conteúdos referenciais.

O desempenho ambiental das cidades depende tanto do clima pré-existente quanto das modificações climáticas introduzidas pela urbanização, de modo que trabalhar as características e o conjunto de relações da forma urbana permite que esta se constitua em um instrumento de controle do clima urbano. A ação do homem no meio urbano, como a impermeabilização do solo, a retirada da cobertura vegetal e os adensamentos das áreas centrais de forma indevida, influencia o campo térmico urbano e causa o fenômeno de ilhas de calor urbanas. Verificam-se impactos no clima urbano quando no espaço construído, a morfologia e as propriedades térmicas são alteradas, modificando dessa forma, pela mudança de rugosidade e geometria das construções, o deslo-

camento do ar e as trocas térmicas, o que enfraquece a resistência material do sítio que o sustenta.

Na segunda parte, são apresentadas Estratégias de Reabilitação na forma de Propostas e soluções sustentáveis para a requalificação ambiental das cidades, com foco em drenagem urbana, infraestrutura verde, conforto e bem-estar. A compreensão do repertório das formas urbanas existentes pode contribuir para a identificação de sistemas formais mais adaptáveis, constituindo uma forma de permanência e resiliência. Desse modo, entre tantos enfrentamentos necessários, a aproximação entre a cidade e a natureza revela-se pauta de grande relevância para a sobrevivência dos sistemas biológicos do planeta. Considerando o aumento das áreas urbanizadas, esta aproximação pode ser um meio de melhorar as oportunidades de acesso aos elementos bá-

sicos da natureza, para todos os cidadãos. As conexões verdes podem, por sua vez, restabelecer os visuais como dimensão relevante da cidade, capazes de preencher os vazios que o tecido desarticulado possa ter deixado. Observa-se, nas últimas décadas, uma mudança paradigmática no olhar da função primordial da vegetação nas cidades: sua principal função deixou de ser predominantemente estética e ornamental para ganhar um novo papel crucial enquanto promotora de serviços ambientais.

Na terceira parte, são apresentados estudos de projetos sustentáveis e de transformações do espaço urbano que abordam tanto as dimensões simbólicas quanto as materiais da cidade, concebida como espaço fixado entre o céu e a terra e em constante relação com o entorno, seus processos de transformação e as proposições em diversas escalas: o contexto

urbano de Brasília, a região ribeirinha de Belém e o ambiente de aldeias amazônicas. Os textos refletem, direta ou indiretamente, sobre temáticas plurais de elaboração recente e em confronto com paradigmas cristalizados da atividade profissional tradicional. O fenômeno urbano é complexo e não só as questões geográficas, espaciais e ambientais o compõem, mas também as questões de cunho social e econômico. Evidenciam-se, ainda, as dificuldades de regulação dos amplos espaços abertos e a necessidade de projetá-los como mediadores qualificados na relação com o entorno. É essencial identificar os padrões de desenvolvimento das áreas urbanas e relacionar estas formas de apropriação do território às suas implicações ambientais, principalmente sua influência no clima local.

A realidade não deve ser concebida como mera soma de sensações, mas como um sistema de configurações inscritas em certo campo perceptivo. Nesse sentido, a arquitetura exerce um papel não apenas modificador, mas também integrador, ao assumir como parte de sua função tanto a criação de ambientes que satisfaçam às necessidades humanas, como também a responsabilidade de reduzir os impactos sobre o meio ambiente.

Marta Romero

Professora Emérita - UnB

Professora Titular - FAU-UnB



Prefácio

A produção do espaço construído é um processo social que passou a contar com o apoio de profissionais habilitados há pouco mais de dois séculos, a partir da estruturação do campo do urbanismo e do planejamento urbano. Antes disso, a tratadística e as artes urbanas orientavam os arquitetos que trabalhavam para reis e aristocratas. Uma elite privilegiada contava com orientação profissional, enquanto a maioria da população apoiava-se em saberes tradicionais para produzir o habitat, antes da vida acontecer em grandes aglomerações.

O conhecimento técnico emergiu como uma necessidade de racionalizar atividades e processos nas grandes metrópoles. Protocolos técnicos sobre como fazer edificações ou cidades, prover infraestrutura individual ou coletiva, foram estabelecidos em paralelo à consolidação de um paradigma funcionalista, mecanicista

e químico, que colocava os seres humanos como protagonistas da vida no planeta. Muito comodamente as formações educativas passaram a transmitir tais protocolos de intervenção, os quais prossupunham a supressão da vegetação, a terraplenagem, o aterro e outras interferências radicais nos ecossistemas, visando domesticá-los para o uso humano.

Em 2025, já vivemos um quarto do século XXI, e se intensificam as demandas por novos modos de operação para um mundo em transformação, que tende a tornar-se hostil à vida. No Brasil o clima das Regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste tende a esquentar, enquanto as cidades sofrem inundações e deslizamentos de morros, em tragédias que são consequência de um risco também socialmente produzido, desta feita por falta de compreensão do limite de ocupação dos sítios. Neste cenário, há mais

de uma década, a Especialização Reabilita, oferecida pela FAU/UnB, opera na transição para abordagens mais sensíveis às desigualdades sociais e ao impacto ambiental, manifestos cada vez mais perto de quem vive em cidades, em especial aquelas que todos os anos aparecem no noticiário por causa de inundações nem tão inesperadas.

O Reabilita constitui-se em uma experiência consolidada de formação de jovens profissionais, oferecendo aos estudantes de graduação uma referência para ação socioambientalmente comprometida. Essa perspectiva tem se refletido em diversos Trabalhos de Conclusão de Curso desenvolvidos na própria Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, onde o programa é realizado.

Essas duas trajetórias de formação, tanto da graduação quanto dos jovens graduados, estão registra-

das nesta obra, Trata-se de mais uma consolidação dos resultados da especialização, que apresentam propostas de reciclagem e ressignificação de espaços vulneráveis. Tais propostas se organizam em duas partes: a primeira dedicada às abordagens bioclimáticas, e a segunda voltada a soluções baseadas na natureza e a novas interpretações de sustentabilidade, ambas resultantes das experiências do Reabilita.

Na terceira parte, os capítulos oriundos dos TCCs, apresentam enfoques que envolvem tecnologias, abordagens sociais sensíveis, e o desempenho de materiais, sempre orientados pela transição do saber fazer já obsoleto do paradigma do século passado para perspectivas capazes de reimaginar o mundo como um espaço de coexistência na diversidade de grupos sociais e formas de vida. vida.

A divulgação desse exercício, por meio desta publicação, é uma partilha. Trata-se da apresentação de um momento no percurso em que se encontram os jovens autores e a própria escola, que pode servir como fagulha de ignição para outros jovens e instituições deste país. Ainda que os ventos de mudança já soprem há décadas na direção à adoção de soluções que dialoguem com os ecossistemas, as ameaças e pressões localizadas e o desenvolvimento de protocolos adaptados para cada lugar é urgente. Será necessário um trabalho coletivo, comunicação e a decisão consciente de permanecer no planeta, para que arquitetos urbanistas assumam novas posições, integrando equipes mais interdisciplinares (desta vez incorporando pessoas que cuidam de solos, plantas, águas, além da associação já mais comum com colegas que cuidam de pessoas) para que no século XXI, os humanos se reconciliem com o planeta, e se reabilitem à condição de cuidadores conscientes de um “Jardim do Éden”, que terá que ser reconstruído a muitas mãos.

Ana Cláudia Cardoso
Professora Associada -
Universidade Federal do Pará - UFPA





Sumário

parte 1 - diagnósticos e desafios

1. Análise bioclimática do Parque da Liberdade, em Fortaleza - CE.....	18
2. Sensoriamento remoto aplicado ao sequestro de carbono (CO2): um estudo na cidade de Iguatu - CE	40
3. Riscos climáticos e vulnerabilidade socioambiental: análise do Lagamar em Fortaleza - CE	56
4. Influência da vegetação sobre o conforto térmico: simulação microclimática da Praça Antônio de Pádua Dutra, em Piracicaba - SP	76
5. Requalificação de infraestrutura e espaço urbano: estudos de caso em áreas de demolição de viadutos	98
6. Processo de patrimonialização do núcleo rural de Pomerode – SC entre 2007 e 2024.....	132
7. Sentir a cidade: saúde e reabilitação ambiental	154

parte 2 - estratégias de reabilitação

8. Sistema normativo sobre pavimento permeável no Distrito Federal: tipos e métodos de execução	176
9. Uso do Capim Vetiver em bacias de retenção no Distrito Federal do Brasil.....	198
10. Barreiras psicológicas na busca por uma arquitetura mais sustentável	220
11. Parques lineares: reconectando a paisagem ribeirinha e a cidade de Januária, MG	238
12. O som sob controle: análise de painéis acústicos caseiros para estúdios musicais	264

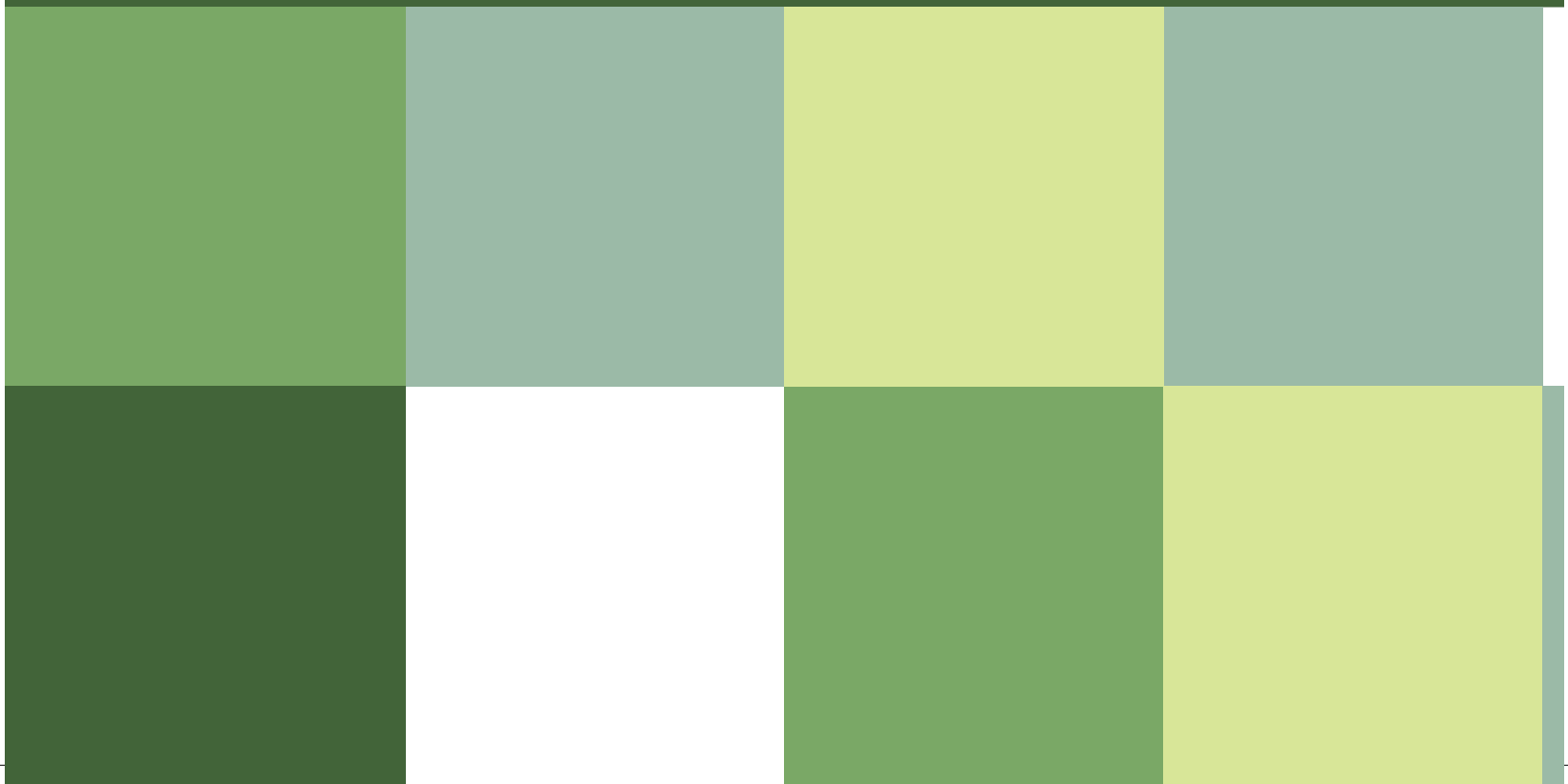
parte 3 - intervenções no território

13. Coexistir: projeto de museu ribeirinho em Belém - PA	290
14. Ressignificando paisagens: parque do centro administrativo vivencial e esporte, no Guará - DF	308
15. Habitar e Resistir: proposta de habitação e planejamento territorial para a Aldeia Kaarimã no Médio Xingu	330

parte1

diagnósticos e desafios

Análises e estudos de caso que revelam vulnerabilidades, padrões climáticos e desafios ambientais enfrentados pelas cidades brasileiras.





1.

Análise bioclimática do Parque da Liberdade, em Fortaleza - CE

Bioclimatic analysis of Parque da Liberdade, in Fortaleza - CE

Análisis bioclimático del Parque da Liberdade, en Fortaleza - CE

Antônio Hildegardo Soares de Oliveira Filho¹
Marta Adriana Bustos Romero²

¹ Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Brasília, DF, Brasil. hildegardof@gmail.com

² Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Brasília, DF, Brasil. bustosromero@gmail.com

Resumo

O crescente adensamento urbano e as mudanças climáticas têm impactado diretamente na qualidade de vida das cidades. Com isso, os estudos sobre espaços verdes públicos tornam-se relevantes para a melhoria do conforto térmico. O objetivo do estudo é entender a interação entre vegetação, elementos naturais e construídos no microclima local do Parque da Liberdade, em Fortaleza - CE. Para a análise, foi utilizada a simulação computacional de um mês úmido e outro seco pelo software ENVI-met V 5.6.1 e a Ficha Bioclimática. A metodologia do estudo se baseou em: Levantamentos de dados, modelagem, simulação e leitura dos dados. Para a Ficha Bioclimática foram realizadas visitas in loco e leitura de materiais disponibilizados e discussão. Os resultados para os dois períodos foram similares com temperaturas mais elevadas no período da tarde (15h), destacando-se nos mapas as áreas de temperaturas levemente mais suaves sob as árvores do parque e próximo ao lago. Já a análise da Ficha Bioclimática aponta que o Parque atende aos critérios de qualidade social e ambiental do local.

Palavras-chave: Microclima Urbano; Verde Urbano; ENVI-met; Simulação Computacional.

Abstract

The increasing urban density and climate change have directly impacted the quality of life in cities, making studies on public green spaces relevant for improving thermal comfort. This study aims to understand the interaction between vegetation, natural elements, and built structures in the local microclimate of Parque da Liberdade, in Fortaleza, Brazil. The analysis utilized computational simulation for a wet month and a dry month using the ENVI-met V 5.6.1 software and the Bioclimatic Checklist. The study's methodology was based on data collection, modeling, simulation, and data analysis. For the Bioclimatic Checklist, field visits, review of available materials, and discussions were conducted. Results for both periods were similar, with higher temperatures observed in the afternoon (3:00 PM), and maps highlighted slightly cooler areas under the park's trees and near the lake. The Bioclimatic Checklist analysis indicates that the park meets the social and environmental quality standards of the area.

Keywords: Urban Microclimate; Urban Green Spaces; ENVI-met; Computational Simulation.

Resumen

La creciente densificación urbana y los cambios climáticos han impactado directamente en la calidad de vida de las ciudades, haciendo que los estudios sobre espacios verdes públicos sean relevantes para mejorar el confort térmico. El objetivo del estudio es comprender la interacción entre la vegetación, los elementos naturales y construidos en el microclima local del Parque da Liberdade, en Fortaleza, Brasil. El análisis utilizó simulaciones computacionales para un mes húmedo y otro seco con el software ENVI-met V 5.6.1 y la Ficha Bioclimática. La metodología del estudio se basó en: recopilación de datos, modelado, simulación y análisis de datos. Para la Ficha Bioclimática se realizaron visitas in situ, revisión de materiales disponibles y discusiones. Los resultados para ambos períodos fueron similares, con temperaturas más altas observadas por la tarde (15:00), destacando en los mapas áreas ligeramente más frescas bajo los árboles del parque y cerca del lago. El análisis de la Ficha Bioclimática indica que el parque cumple con la calidad social y ambiental del lugar.

Palabras clave: Microclima Urbano; Verde Urbano; ENVI-met; Simulación Computacional.



1. Introdução

As mudanças climáticas e o constante adensamento dos centros urbanos têm intensificado os debates sobre o conforto térmico urbano em espaços públicos de lazer, especialmente em cidades tropicais como Fortaleza. A expansão urbana tem resultado em cidades cada vez mais impermeáveis. No Brasil, o grau de urbanização obteve um aumento de 31,24 % para 87,41 % entre os anos de 1940 e 2022 (IBGE, 2022), resultando nos desafios da manutenção da qualidade de vida urbana, como verticalização desordenada, redução de áreas verdes e, consequentemente, impermeabilização do solo.

Como consequência desse crescimento urbano desordenado, os problemas socioambientais são intensificados. A expansão territorial exige maiores deslocamentos e demanda de infraestruturas custosas em bairros periféricos, enquanto a verticalização de áreas valorizadas prioriza interesses imobiliários ao invés do planejamento climático. Esses processos aumentam as ilhas de calor, fenômeno cujos efeitos são agravados por ações antrópicas, como poluição atmosférica, impermeabilização do solo, rugosidade urbana e uso de materiais com baixo albedo e capacidades térmicas (Romero, 2015).

A combinação desses fatores retém a radiação solar na rugosidade do tecido urbano, comprometendo o equilíbrio térmico e ampliando o desconforto em espaços públicos. O calor acumula-se em estruturas como os cânions urbanos, espaços entre edificações que, dependendo de sua proporção altura/largura e orientação, podem tanto influenciar a percepção da paisagem urbana quanto interferir no conforto térmico (Santamouris, 2006; Oke, 1988). As características desse fenômeno afetam diretamente o Fator de Visão do Céu, parâmetro utilizado para permitir a desobstrução das trocas energéticas, isto é, a quantidade de abertura que a luz solar consegue atingir o solo. Em cidades densas, essas edificações agrupadas dificultam a troca de massas de ar e radiação, prejudicando o balanço térmico (Romero, 2015).

Assim, percebe-se que a estrutura urbana influencia diretamente a percepção térmica, uma vez que o uso de materiais diversos, a poluição e a impermeabilização alteram as transformações energéticas do microclima. Embora o conforto térmico tenha um componente subjetivo, devido a diferenças fisiológicas, parâmetros objetivos como metabolismo, umidade, radiação solar, temperatura e velocidade do ar definem zonas de conforto para projetos urbanos. Portanto, o equilíbrio ocorre quando o corpo dissipa calor passivamente, sem esforço (ASHRAE, 2004; Petalas, 2015).

Nesse contexto, os espaços verdes urbanos desempenham um grande papel na regulação térmica, amenizando ilhas de calor ao ampliar o Fator de Visão do Céu, fazendo com que a estrutura urbana consiga devolver parte da radiação recebida para a atmosfera, permitindo também que as trocas de massas de ar sejam mais eficazes, evitando o acúmulo de calor em cânions urbanos (Romero, 2015). Além da vegetação, estratégias como corpos d'água, sombreamento e proteção solar potencializam o conforto térmico, combinando funcionalidade ecológica e bem-estar humano.

Para além do conforto climático, a combinação dessas estratégias promove a permeabilidade do solo, previne desastres naturais e serve como refúgio para fauna, integrando ecossistemas (Cormier; Pellegrino, 2008). Essas áreas verdes contínuas podem auxiliar a redução do ruído urbano, influenciar umidade, ventos e radiação, o que reforça sua importância no planejamento de cidades resilientes.

Diante das transformações urbanas que vêm impactando negativamente a qualidade do conforto ambiental de Fortaleza, onde 29,25% da população do estado se concentra (Prefeitura de Fortaleza, 2021), acentuadas pela redução da cobertura vegetal e pela verticalização intensa da cidade, compreender como ocorre o impacto de espaços públicos de lazer no conforto climático da cidade é essencial para a melhoria e promoção de espaços verdes urbanos. Assim, a motivação dessa pesquisa é realizar uma análise de conforto térmico, com o objetivo de compreender como diferentes variáveis climáticas de Fortaleza interagem com os elementos construídos e naturais.

1.1 **Objetivo**

O objetivo deste estudo é compreender o comportamento bioclimático do Parque da Liberdade, em Fortaleza- CE, a fim de contribuir para a concepção de espaços públicos mais confortáveis e sustentáveis.

2. **Método**

O método do estudo foi baseado na utilização do software de simulação ENVI-met V 5.6.1, com o objetivo de entender como são feitas as trocas energéticas ao longo do dia e do período noturno. Seguindo método de Silva *et al* (2022), é feito o levantamento dos dados climáticos e físicos do local, posteriormente a modelagem do espaço, a configuração do arquivo climático para definir períodos úmidos e secos, a simulação e, por fim, a extração e leitura dos mapas pelo plugin Leonardo. Complementar a essa análise, também é feito a análise qualitativa do espaço pelo método da análise de escalas, levando em consideração a escala do lugar segundo Romero (2023), baseando-se em visitas em campo, materiais disponibilizados pela prefeitura e imagens do Google Earth.

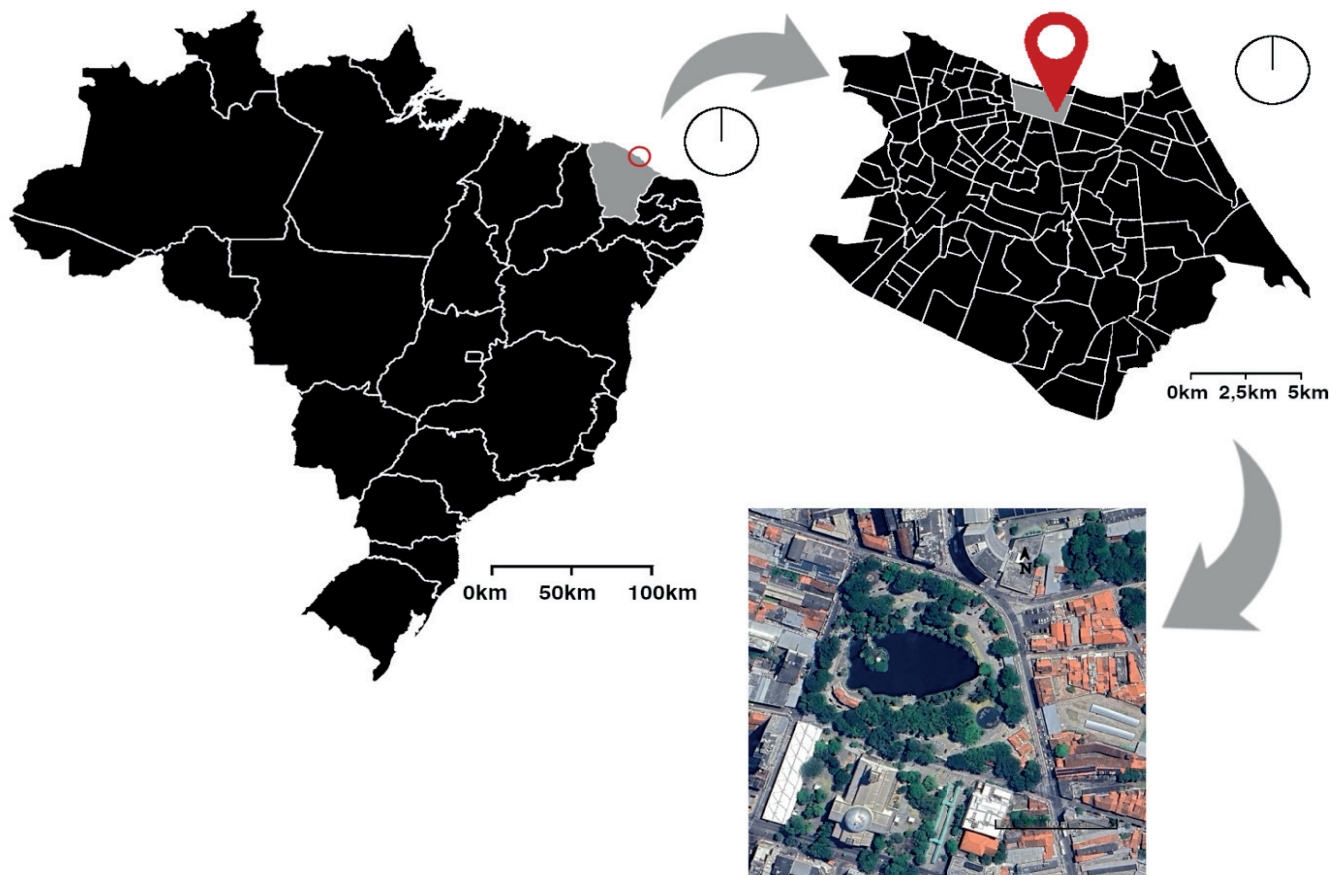
2.1 **Estudo de caso**

O Parque da Liberdade, também conhecido como Cidade das Crianças, localizado no bairro Centro de Fortaleza- CE foi escolhido como objeto de estudo para realizar a análise devido à sua relevância histórica e urbanística. Circundado pelas ruas Solon Pinheiro, Pedro I, Pedro Pereira e avenida Visconde do Rio Branco, o Parque possui área de 25.067,89 m², contando com um lago de aproximadamente 5.044 m² (figura 1). Segundo dados do IBGE

(2022), a cidade possui população de cerca de 1.400.000 habitantes e uma área territorial de 312.353 km², resultando num forte impacto na urbanização e adensamento da cidade.

Fortaleza, por sua localização litorânea, possui clima tropical semiúmido, zona bioclimática 8, com temperaturas anuais entre 23,9°C e 31,1°C, atingindo o horário de desconforto térmico das 8h às 18h, quanto a umidade, apresenta alta média anual de 70%, fora da zona de conforto de 30% a 60% (Petalas, 2015; INMET, 2020). Devido à proximidade com o oceano, os efeitos da ilha de calor são amenizados pelas trocas de massa de ar oceânicas e terrestres e o clima apresenta dois períodos distintos, um chuvoso de janeiro a junho, com ventos mais fracos e um seco de agosto até dezembro com ventos mais intensos.

Figura 1: Localização do Parque da Liberdade.



Fonte: Adaptado de Google Earth (2024).

Inaugurado oficialmente em 1902, o Parque celebra a abolição da escravidão no Brasil, acontecida em 1888, um ano antes do início do processo da criação do Parque. O local escolhido para a construção levou em consideração a lagoa do Garrote existente na região, formada pelo encontro de dois riachos, que atualmente encontram-se canalizados. Em 1936, foi inaugurada uma escola pré-primária do Estado e adicionado mais algumas edificações, o que levou a renomeação como Cidade das crianças, já em 1948 a praça passa a ser chamada de Parque da Liberdade novamente e apenas em 1991, pela Lei nº 6.837/1991, o Parque passa a ser considerado um patrimônio histórico e cultural a ser preservado e abrigar a Fundação da Criança e da Família Cidadã (FUNCI) (SECULT, 2017). Em 2021, foi concluída a obra de reforma, fruto de uma obra de requalificação da área do entorno do Parque, realocando novos usos para as edificações do Parque, abrigando a sede da guarda municipal e usos comerciais.

A escolha do Parque da liberdade como objeto de estudo justifica-se por sua importância histórica e urbanística que o espaço representa para a cidade, sua localização no centro comercial, local de passagem de diversos usuários, pelo seu tamanho e forte presença de elementos naturais (figura 2). Essas características contribuem para uma análise mais completa do microclima urbano e da escala do lugar.

Figura 2: Imagens do local.



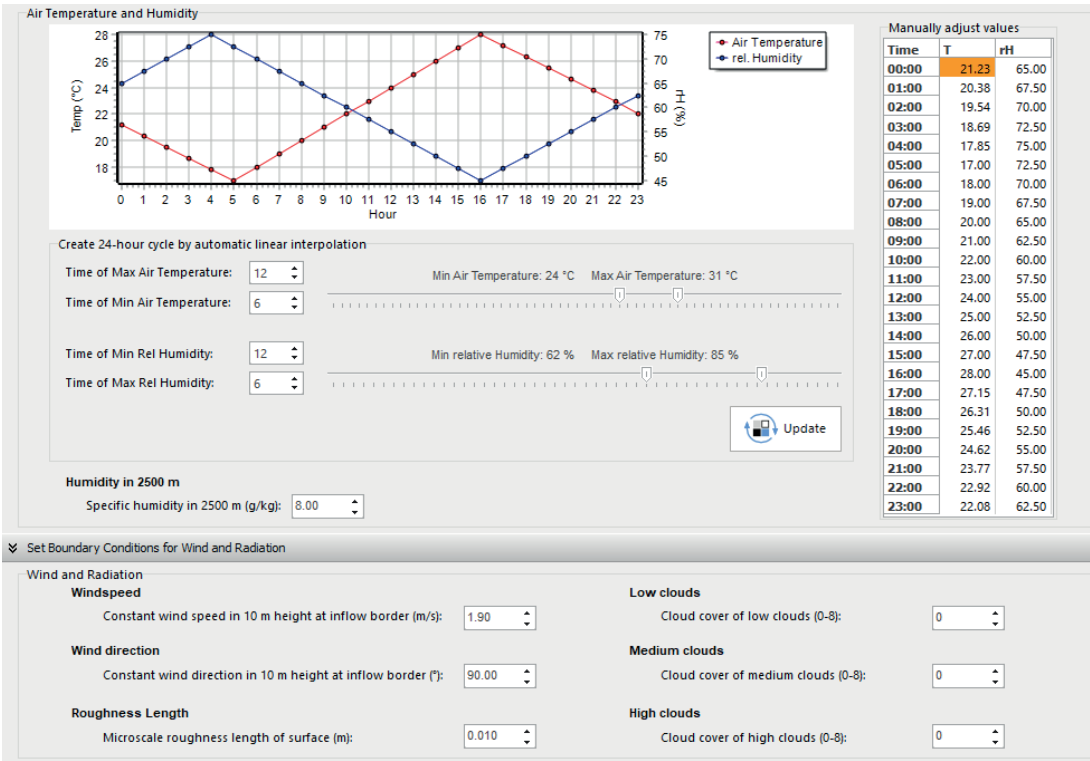
Fonte: Autores (2024).

2.2 Levantamento de dados climáticos

Para a utilização do software ENVI-met, foram utilizados os dados de temperatura, umidade e velocidade dos ventos disponibilizados pelos sites do INMET e Projeteeee, já para a umidade específica de 2500m, foram utilizadas as informações da estação da universidade de Wyoming localizada em Natal-RN, a mais próxima de Fortaleza-CE. Após a análise dos dados foram definidos dois períodos para comparação, uma época com maior umidade e temperatura mais amena e outra com menor umidade e temperatura mais elevadas, assim foram escolhidos respectivamente os meses de abril e outubro.

Para abril, a temperatura máxima relativa foi de 29° e a mínima de 22°, a umidade mínima e máxima foram respectivamente 74% e 90%, enquanto a específica de 2500m foi de 10.72 g/kg, já a ventilação obteve velocidade média 1.90 m/s vindos ao Leste (90°) (figura 3).

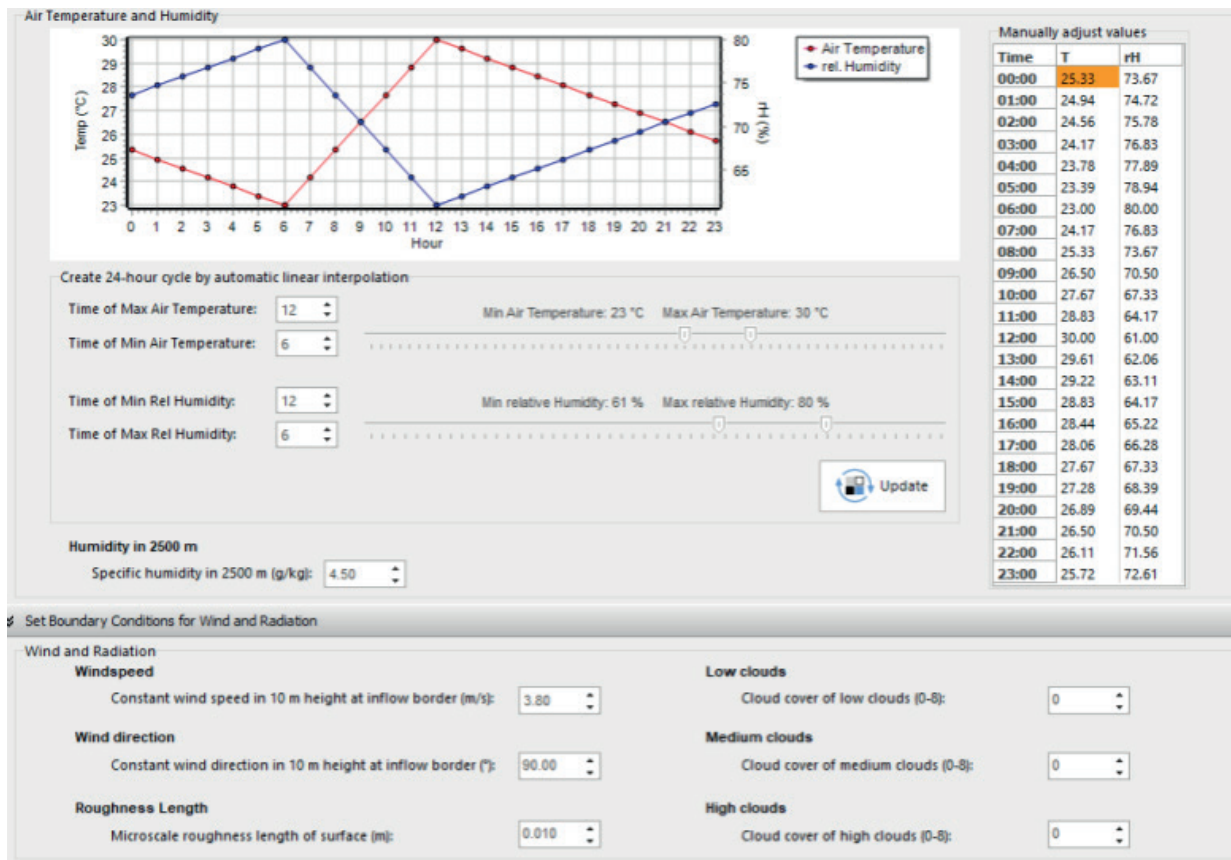
Figura 3: Parâmetros climáticos utilizados para abril.



Fonte: Autores (2024).

Para outubro, a temperatura máxima foi de 30° e a mínima de 23°, a umidade relativa para esse mês atingiu máxima de 80% e mínima de 61%, enquanto a específica de 2500m foi de 4,50g/kg. Para a ventilação a velocidade média foi 3,8 m/s, também predominantemente vindo do Leste (90°) (figura 4).

Figura 4: Parâmetros climáticos utilizados para outubro.



Fonte: Autores (2024)

2.3 Levantamento arbóreo

Em visita *in loco*, foram registradas 76 árvores de grande porte no Parque e cerca de trinta palmeiras, sendo observada a predominância de cinco espécies, Oiti, Castanhola,

Mangueira, Carnaubeira e Palmeira imperial, dentre elas, apenas o Oiti e a Carnaúba sendo plantas nativas. Quanto à vegetação de baixo e médio porte, observaram-se espécies florais e arbustivas, mas esse tipo de vegetação não foi utilizado no software pelo foco em elementos de maior impacto térmico e precisão da escala utilizada.

A partir disso, foram escolhidos os modelos de árvores para a utilização no software, pela similaridade entre as três das espécies de árvore foi utilizado o modelo 02SMSM Spherical, medium trunk, sparse, medium (15m) e para as palmeiras utilizou-se 01 PLDM Palm, large trunk, dense, medium (15 m).

3.4 Levantamento físico e modelagem

Para a realização da análise, foram utilizados os arquivos AutoCAD disponibilizados pela prefeitura de Fortaleza e os arquivos atualizados do Parque cedidos pela Secretaria Municipal da Cultura de Fortaleza (SECULTFOR). Aliado às visitas no local e auxílio do Google Earth foi possível determinar os materiais predominantemente usados e foi adotada a altura de três metros por pavimento para as edificações do entorno. A partir de visitas no local foi possível determinar os principais materiais utilizados no Parque.

Para realizar o estudo no programa, respeitando as limitações da versão gratuita, foi utilizado uma base CAD de 250 m x 250 m, incluindo o entorno imediato do Parque, para se adequar à malha de 50 x 50 x 40 grids. Para facilitar a modelagem e leitura, o norte foi rotacionado em 18°, também devido às limitações da versão gratuita, o gabarito máximo da simulação se limitou a 39 metros de altura (figura 5).

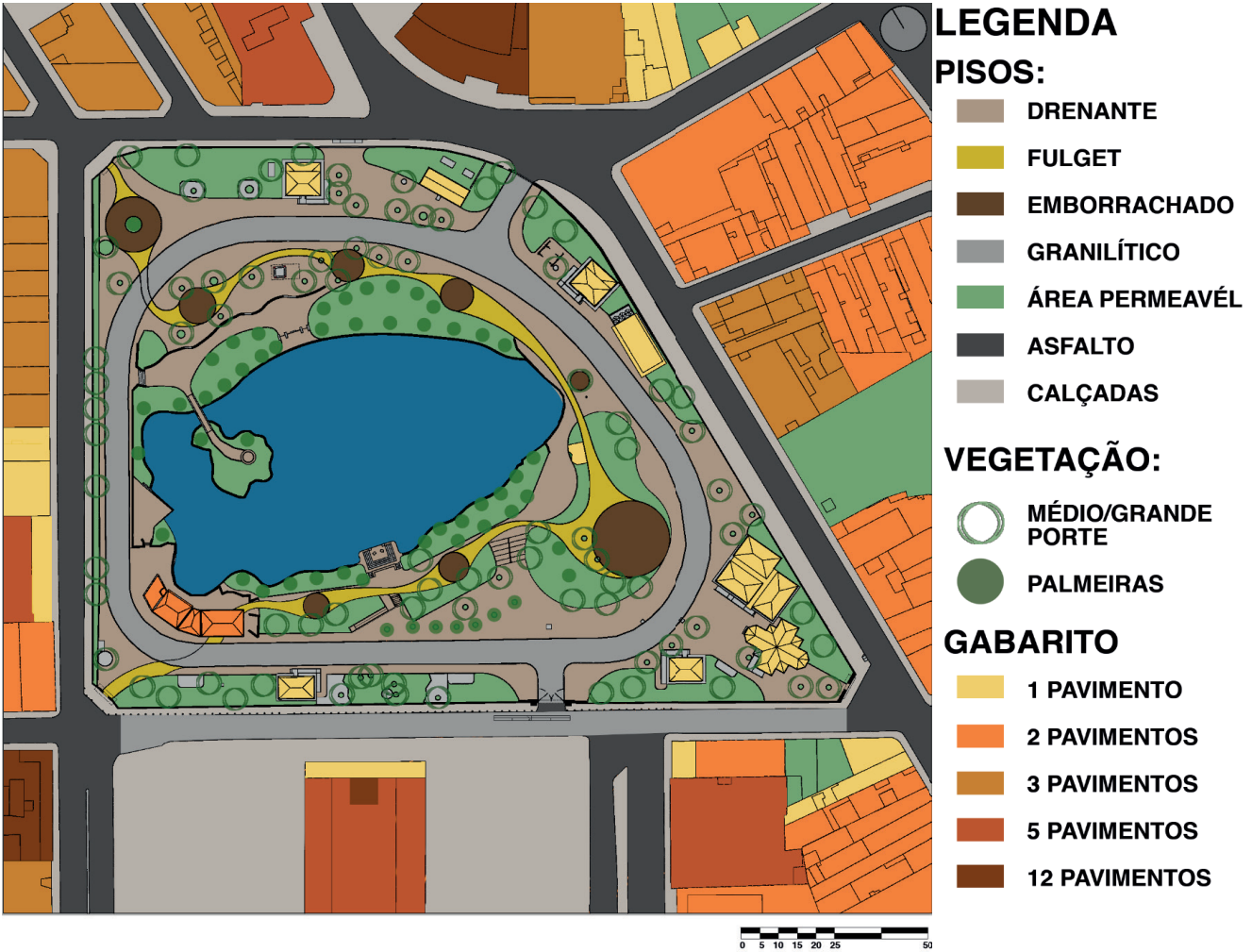
Figura 5: Modelagem no software.



Fonte: Autores (2024).

No levantamento foi observada uma grande variedade de pisos no Parque e arredores, como asfalto, paralelepípedos de granito, piso drenante e fulget (figura 6). Para a simulação, foram utilizados os seguintes pisos disponibilizados pelo software (tabela 1).

Figura 6: Mapa com materiais, vegetação e gabarito.



Fonte: Autores (2024).

Tabela 1: Materiais de piso utilizados.

Asfalto	ST [0200ST] Asphalt Road
Calçada e piso sob edificações	PG [0200PG] Concrete Pavement Gray
Drenante	(0200PL) Concrete Pavement Light
Fulget	KG [0200KG] Brick road (yellow stones)
Grama / Terra batida	[000000] Default Sandy Loam
Paralelepípedos de granito	[0200GS] Granit Pavement (single stones)

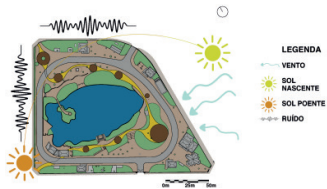
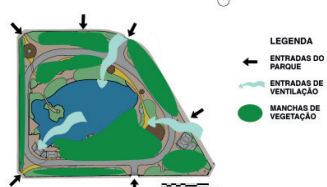
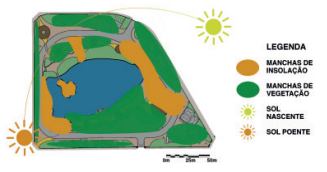
Fonte: Autores (2024).

3. **Análise específica do lugar**

A escala do lugar envolve percepção dos espaços e suas qualidades, que transcendem as dimensões físicas. A relação de como os locais são percebidos depende dos diferentes níveis de interação e uso, ao utilizar das escalas específicas, é possível observar o ambiente urbano em variados graus de detalhes e relações, compreendendo como os múltiplos níveis de complexidade do meio urbano se conectam e impactam tanto os usuários quanto a sustentabilidade da cidade (Romero, 2023).

Para complementar a análise bioclimática do Parque da Liberdade, utilizou-se a escala específica do lugar, que se refere a espaços públicos e analisa a identidade do local, funcionalidade, segurança, relação com o ambiente, influência nas relações sociais, bem-estar dos usuários e conforto climático. Para realizar essa avaliação, adotou-se o método da Ficha Bioclimática criado por Romero (2023), que analisa dados espaciais e ambientais. As informações foram coletadas a partir de visitas in loco, dados disponibilizados pela Prefeitura e imagens Google Earth (tabela 5).

Quadro 1: Ficha Bioclimática da Análise específica do lugar.

ESPACIAIS			PARQUE DA LIBERDADE	AMBIENTAIS	
E N T O R N O	ACESSOS	VENTO Ventos predominantes vêm no sentido leste.		SENSAÇÃO DE COR Verde, da vegetação; cinza, da via interna e piso cimentício; amarelo claro, do piso, pintura e elementos de comunicação visual.	C O R
		SOM O ruído sonoro proveniente das ruas Solon Pinheiro e Pedro Pedreira, já a rua Pedro I, de frente a outra praça, apresenta menor movimento e maior silêncio.		Leve absorção sonora pela vegetação.	S O M
		SOL A trajetória solar da região é bem estável ao longo do ano, com o sol nascendo a leste e se pondo a oeste.		UMIDADE DO AR Apresenta valores da média para baixo	C L I M A
	CONDUÇÃO DOS VENTOS, ENTRADAS NÃO INTENCIONAIS A aberturas identificadas na vegetação orientam a ventilação no sentido oeste.			TEMPERATURA DO AR 23,9°C e 31,1°C	
	CONTINUIDADE DA MASSA Não há continuidade de massa pois o Parque é murado.			VELOCIDADE DOS VENTOS Abaixo da média da cidade	
ÁREA TOTAL Área total: 26.877,74 m² Área edificada: 1.013,31 m²				ALBEDO Baixo albedo devido a intensa presença de vegetação e concreto drenante.	C L I M A
				RADIAÇÃO Direta – Predominante na região leste, nascente, devido à baixa densidade de vegetação de grande porte. Difusa – Elevada nas áreas sombreadas pela cobertura vegetal. Reflexiva – Alta no lago central, que reflete a radiação solar recebida devido à ausência de cobertura vegetal.	
				O ruído sonoro é levemente reduzido pela vegetação e topografia do local.	S O M

B A S E	ELEMENTOS	MATERIAIS: Paralelepípedos de granito, para a via interna; cimento drenante cinza claro, para o piso geral; fulget amarelo, de destaque cênico, e o piso emborrachado colorido, nas áreas infantis. Todos priorizam drenagem e acessibilidade.		VARIAÇÃO SAZONAL Não há variação sazonal	C O R
	COMPONENTES	MOBILIÁRIO Bancos, postes de iluminação, câmeras de segurança, lixeiras, placas de sinalização. Preservação e restauração de mobiliário e esculturas originais. VEGETAÇÃO Grama em maior parte dos canteiros centrais e terra batida nos canteiros laterais. Ao centro do Parque destaca-se um corpo d'água. ÁGUA Existência de uma lagoa central com cerca de 5044 m²		CONJUNTO DE CORES Verde da vegetação, cinza da pavimentação e branco da pintura. MANCHAS DE LUZ Dia: Criada pela copa das árvores. Noite: Criada pela iluminação artificial.	
F R O N T E I R A	CONTINUIDADE DA SUPERFÍCIE Apresenta declividade em direção ao centro. CONTINUIDADE DA SUPERFÍCIE Não há continuidade. TIPOLOGIA ARQUITETÔNICA Pequenas edificações em arquitetura colonial com detalhes ecléticos. ABERTURAS Existem poucas aberturas no muro. TENSÃO Há tensão no muro com gradeado. DETALHES ARQUITETÔNICOS Muro com gradeado, coreto eclético no lago. CÉU Ampla visão. NÚMERO DE LADOS Quatro lados. ALTURA Há apenas dois edifícios com mais de 30 metros no entorno, a altura do Parque destaca-se pela massa vegetal.			LUMINÂNCIA Alta INCIDÊNCIA DE LUZ Em áreas com menor vegetação alta.	

Fonte: Os autores (2024)

4. Resultados

A partir do resultado da simulação no ENVI-met, foi possível entender o microclima da região com mapas que demonstram o comportamento da umidade relativa (%), velocidade dos ventos (m/s) e temperatura do ar (°C) em três horários de 9h, 15h e 21h. Comparando os resultados entre os dois meses escolhidos observou-se que não houve grandes variações entre os dois períodos (tabela 2).

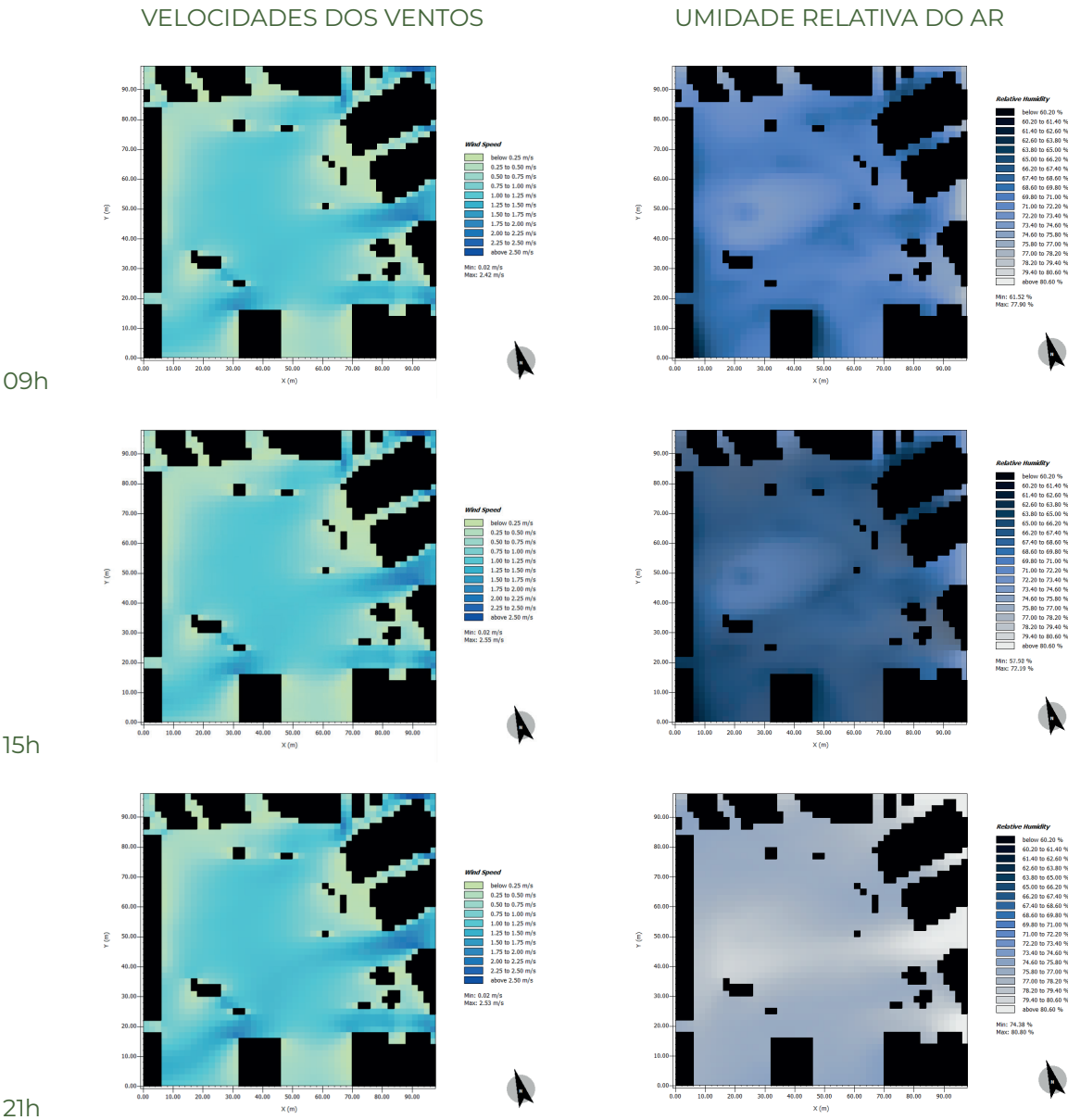
Tabela 2: Resultados da simulação.

Período	Hora	TEMPERATURA (Cª)			UMIDADE (%)			VELOCIDADE DO AR (m/s)		
		Mín	Máx	Média	Mín	Máx	Média	Mín	Máx	Média
Abril (Úmido)	9H	25,91	29,01	27,46	61,52	77,9	69,71	0,02	2,42	1,22
	15H	28,48	31,72	30,10	57,98	72,19	65,09	0,02	2,55	1,28
	21H	24,90	26,04	25,47	74,38	80,80	77,59	0,02	2,53	1,27
Outubro (seco)	9H	26,51	29,40	27,96	52,04	66,78	59,41	0,05	4,06	2,06
	15H	28,34	31,46	29,90	48,03	59,04	53,53	0,04	4,49	2,27
	21H	25,50	26,58	26,04	58,89	67,47	63,18	0,05	4,31	2,18

Fonte: Autores (2022)

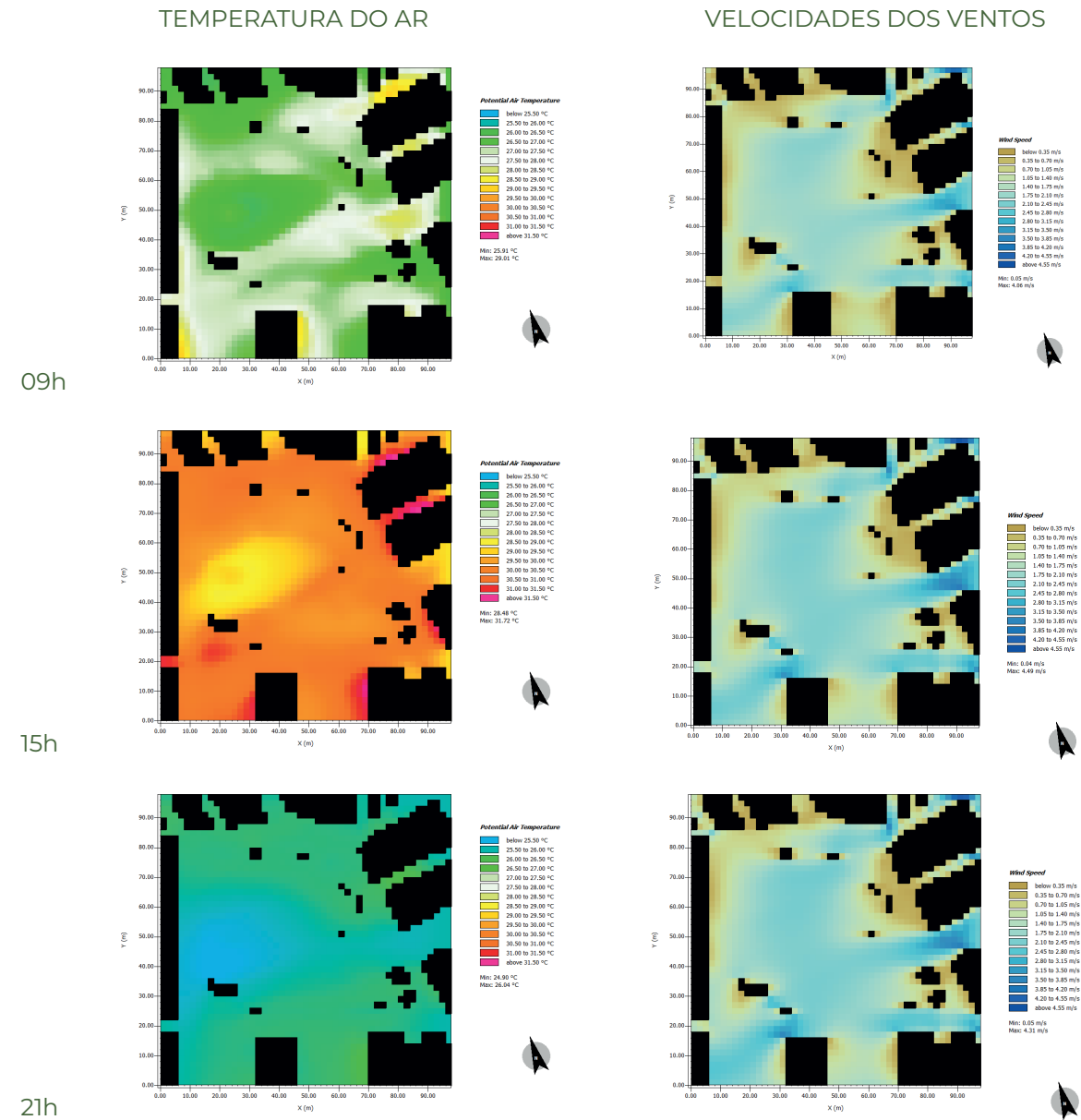
Os dois momentos analisados possuem médias de ventilação constantes ao longo do dia, quanto a temperatura os horários que apresentam a maior e a menor média de valores em ambos os meses foram respectivamente às 15h e 21h, em abril esses resultados foram 30,10°C e 25,47°C e em outubro 29,90°C e 26,04°C. Quanto os valores de umidade ambas as simulações apresentaram os maiores valores de média às 21h, sendo 77,59% em abril e 63,18% em outubro, enquanto o horário com a menor média dos dois períodos foi às 15h, 65,09% em abril e 53,53% em outubro (quadros 1 a 5).

Quadro 2: Mapas de velocidade dos ventos, umidade relativa do ar de abril.



Fonte: Autores (2024).

Quadro 3: Temperatura do ar de abril e velocidade dos ventos de outubro. Fonte: Autores (2024).

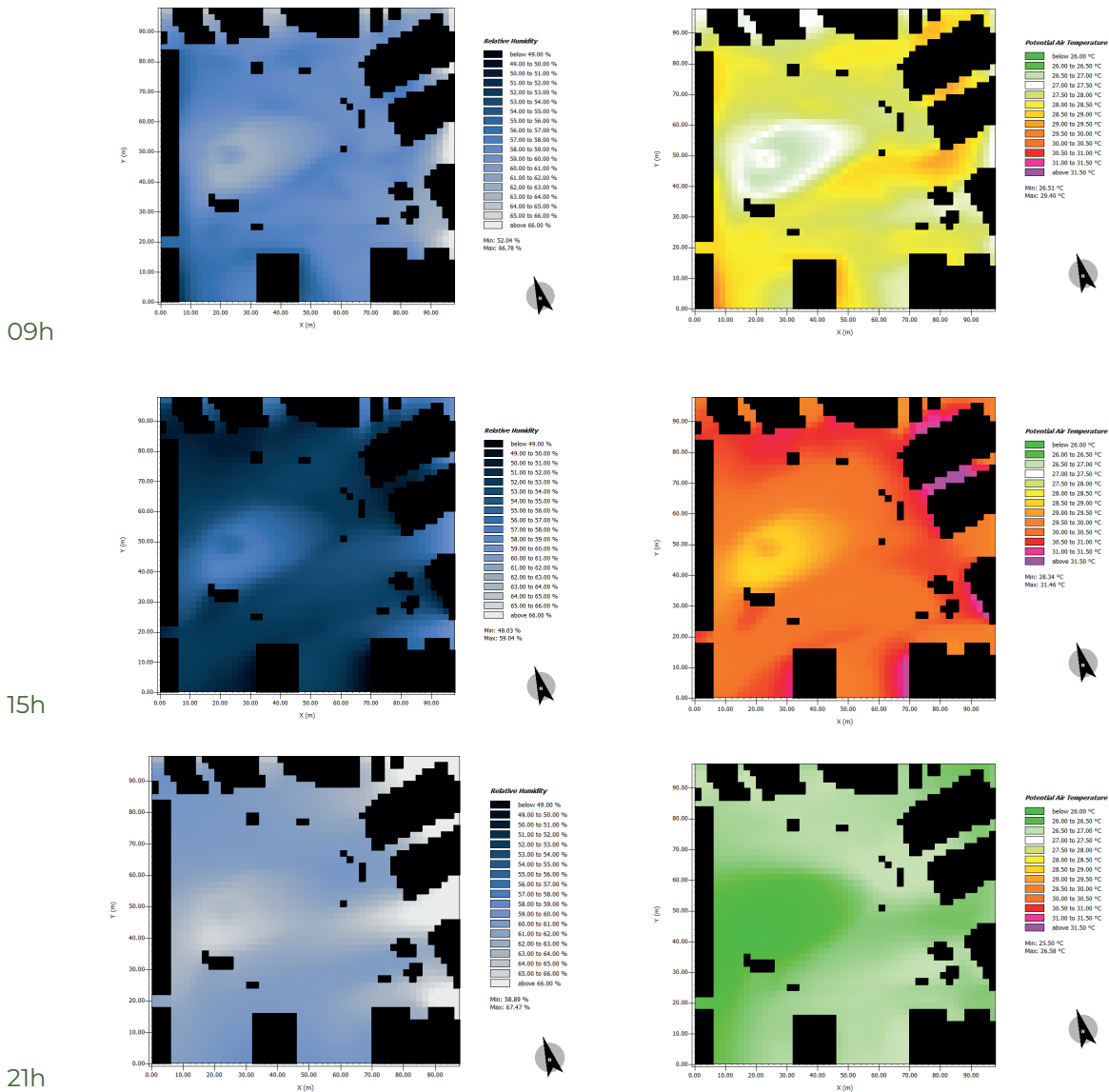


Fonte: Autores (2024).

Quadro 4: Mapas de umidade relativa e de temperatura do ar de outubro.

UMIDADE RELATIVA DO AR

TEMPERATURA DO AR



Fonte: Autores (2024).

A análise dos mapas evidencia a influência dos elementos naturais, que atuam como reguladores térmicos no meio construído. As maiores variações térmicas e potenciais situações de desconforto apontadas no mapa foram em áreas fora do Parque. Enquanto a lagoa apresenta grande destaque positivo nos resultados, principalmente nos mapas de umidade, com o registro dos maiores valores de umidade em sua região e manchas de umidade suave sob algumas áreas arborizadas. Também se destaca o impacto da vegetação na temperatura, especialmente na porção inferior do Parque, onde há uma mancha nos mapas das 9h e 15h de ambos os meses que corresponde a uma zona de menor temperatura que fica sob um aglomerado de árvores antigas e cuja fachada é face para outro Parque. Por outro lado, no entorno imediato do Parque, desprovido de vegetação nas vias, demonstrou maior retenção de calor e desconforto.

Já no mapa de ventilação, em ambos os períodos, há um comportamento estável ao longo do dia, tanto o direcionamento, quanto às velocidades não apresentam alterações significativas. Porém, a partir da análise dos mapas nota-se a influência da vegetação no direcionamento as correntes de ar, no norte do Parque há uma massa de ar que se intensifica e ganha velocidade em direção ao lago após passar por um aglomerado de arbóreo, já no leste a ventilação adentra o Parque por uma área com vegetação mais esparsa.

5. **Discussão**

Os resultados obtidos através das simulações realizadas com o software ENVI-met V 5.6.1, aliados à análise da ficha bioclimática criada por Romero (2023), evidenciam a relevância da vegetação, dos elementos naturais e da escolha de materiais superficiais para a criação de espaços com maior qualidade térmica. Os dados indicam que, apesar das diferenças sazonais, o microclima do Parque apresentou poucas variações entre os dois períodos analisados, com acentuações principalmente nas suas áreas externas, onde há menor fator de visão do céu e escassez de vegetação.

A simulação destacou o horário das 15h como o mais quente em ambos os meses, devido ao acúmulo da radiação recebida desde a manhã e liberada para o ambiente em forma de radiação longa, gerando desconforto térmico. Porém, nos dois cenários se destaca-se a importância da vegetação para a melhoria do clima, atuando na redução da absorção de radiação de ondas curtas pelos elementos construídos e no aumento da evapotranspiração (Labaki, 2011). Além disso, também foi evidenciado o impacto negativo dos materiais impermeáveis, como asfalto, e a rugosidade do desenho urbano na piora do microclima adjacente ao Parque, como abordado por Romero (2023), Oke (1988) e Santamouris (2006).

A partir da análise da Ficha Bioclimática foi possível perceber que o Parque atende requisitos que trazem qualidade ambiental e social ao local, como preservação de elementos arquitetônicos que remetem à identidade, espaços de lazer que promovem relações sociais e segurança, assim como a utilização de materiais que diminuem a absorção de calor

e aumentam a permeabilidade Parque e implementação de mais massa vegetal em áreas expostas à insolação.

6. Conclusão

No estudo do microclima do Parque da Liberdade, em Fortaleza, evidenciou-se a importância dos espaços públicos urbanos para a manutenção do conforto climático na cidade, destacando-se a integração de elementos naturais e escolhas de projeto, pontos importantes para a sustentabilidade e conforto. Os mapas e tabelas demonstram que, durante o dia, há maior probabilidade de desconforto térmico no horário das 15h, que apresenta os maiores valores de temperatura em ambos os meses analisados, abril e outubro. A leitura dos mapas também revela a importância da vegetação e do corpo d'água na melhoria do microclima, contribuindo para temperaturas mais amenas e influenciando na ventilação e a umidade, enquanto áreas ao redor do Parque apresentam resultados mais desconfortáveis.

Adicionalmente, a análise da Ficha Bioclimática contribuiu para uma melhor compreensão da Escala do lugar, com o entendimento da integração do espaço com o entorno e suas características específicas, auxiliando no entendimento dos resultados da simulação computacional. Assim, enfatiza-se a importância de considerar o contexto do local nos projetos urbanísticos.

A pesquisa do microclima do Parque da Liberdade reforça a necessidade da abordagem bioclimática no planejamento urbano, utilizando ferramentas como simulação computacional para analisar a qualidade dos espaços públicos, prever cenários diversos e otimização de soluções. Esses métodos visam promover melhorias no bem-estar urbano e auxiliar estudos futuros para medidas que contribuam para cidades mais resilientes às mudanças climáticas.

Referências

ASHRAE - American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers. Standard 55-2004 Thermal environmental conditions for human occupancy. Aprovada em janeiro de 2004. Atlanta: ASHRAE, 2004.

CORMIER, Nathaniel S.; PELLEGRINO, Paulo Renato Mesquita. Infraestrutura verde: UMA ESTRATÉGIA PAISAGÍSTICA PARA A ÁGUA URBANA. Paisagem Ambiente: ensaios, São Paulo, v. 25, p. 125 - 142, 2008.6

IBGE (Brasil). Cidades e Estados. In: Fortaleza. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ce/fortaleza.html>. Acesso em: 21 jun. 2024.

INMET. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA (Brasil). NORMAIS CLIMATOLÓGICAS DO BRASIL: Período: 1991-2020. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/normais>. Acesso em: 22 jun. 2024.

LABAKI, Lucila Chebe; SANTOS, Rozely Ferreira dos; BUENO-BARTHOLOMEI, Carolina Lotufo; ABREU, Loyde Vieira de. VEGETAÇÃO E CONFORTO TÉRMICO EM ESPAÇOS URBANOS ABERTOS. FÓRUM, v. 4, ed. 1, p. 1-18, 24 nov. 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/260591709_Vegetacao_e_conforto_termico_em_espacos_urbanos_abertos. Acesso em: 11 jun. 2024.

NOBRE, Yuri. Requalificação Urbano Arquitetônica do Parque da Liberdade - Cidade da Criança. In: Requalificação Urbano Arquitetônica do Parque da Liberdade - Cidade da Criança. Fortaleza: Yuri Nobre, 2019. Disponível em: <https://www.yurinobre.arq.br/pu-pdc>. Acesso em: 7 jun. 2024.

OKE, T.R. Street design and urban canopy layer climate. In: ENERGY and Buildings. Canada. 1988. v. 11, ISBN 0378-7788.

PETALAS, Kety Vasconcelos. Estudo da sensação térmica e definição de limites de conforto para espaços abertos na cidade de Fortaleza, CE. Orientador: Prof. Dr. Francisco Suetônio Bastos Mota. 2015. 274 f. Tese (Doutorado em engenharia Civil: Saneamento Ambiental) - Faculdade de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/11385>. Acesso em: 21 jun. 2024.

PREFEITURA DE FORTALEZA (Fortaleza, Ceará). Essas regionais abrigam atualmente a expansão dos limites do município. In: Essas regionais abrigam atualmente a expansão dos limites do município. Fortaleza, 2021. Disponível em: <https://www.fortaleza.ce.gov.br/a-cidade#:~:text=Essas%20regionais%20abrigam%20atualmente%20121,expans%C3%A3o%20dos%20limites%20do%20munic%C3%ADpio>. Acesso em: 23 jun. 2024.

PROJETEEE (Brasil). Ministério do Meio Ambiente. Dados Climáticos: Fortaleza. 2024. Disponível em: http://www.mme.gov.br/projeteee/dados-climaticos/?cidade=CE++Fortaleza&id_cidade=bra_ce_fortaleza-pinto.martins.intl.ap.823980_try.1962. Acesso em: 9 out. 2024.

ROMERO, Marta Adriana Bustos. Arquitetura bioclimática do espaço público. 4. ed. Brasília, DF: Editora Universidade de Brasília, 2015. 219 p. ISBN 85-230-0652-4.

ROMERO, Marta Adriana Bustos. Arquitetura do lugar: Uma visão bioclimática da sustentabilidade. 2. ed. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2023. 376 p. ISBN 23-177357.

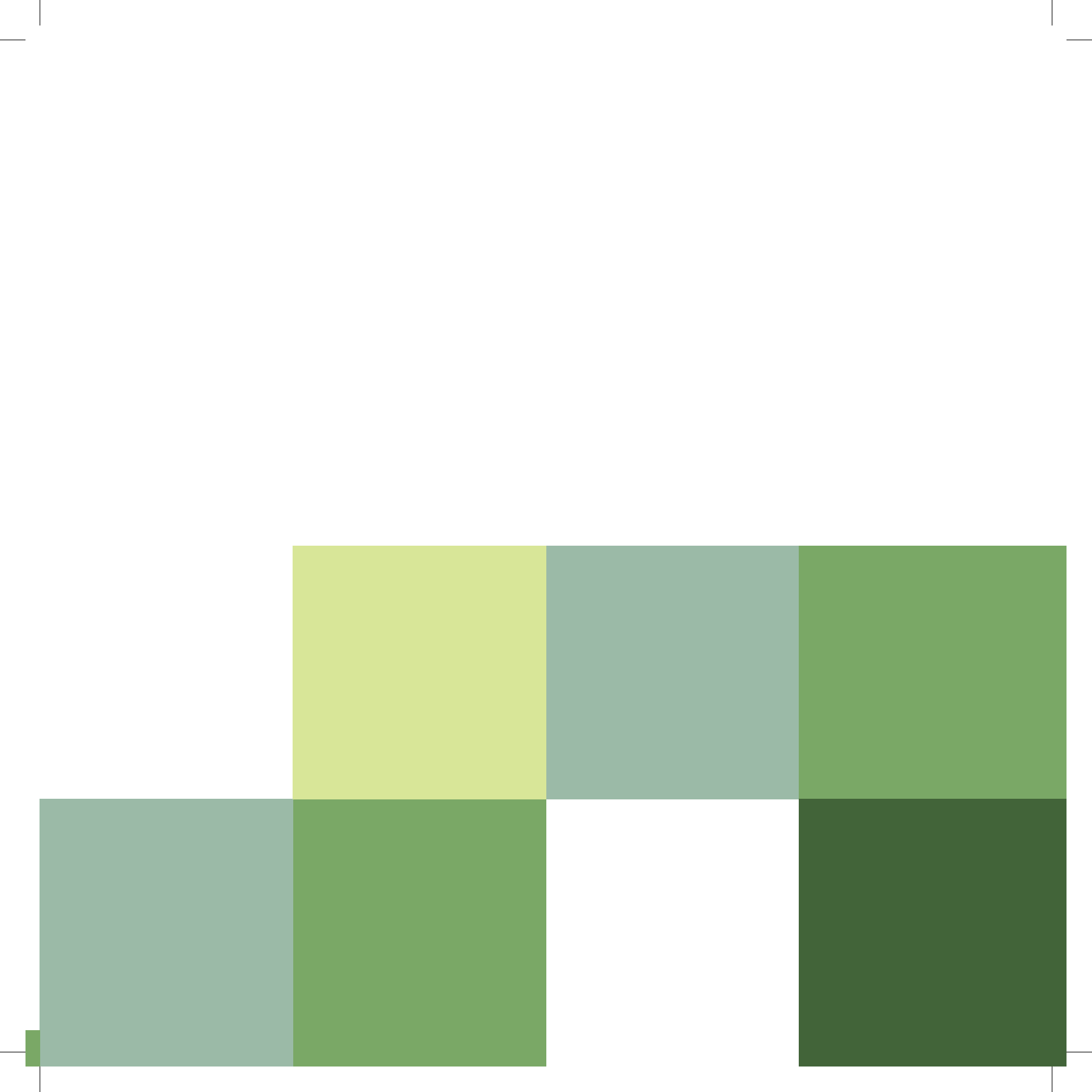
SANTAMOURIS, Mat. ENVIRONMENTAL DESIGN OF URBAN BUILDINGS: An Integrated Approach. United Kingdom: Mapset, 2006. 348 p. ISBN 978-1902916-42-2.

SECULT (Ceará). Bens culturais de natureza material. In: Parque da Liberdade - Cidade da Criança. Fortaleza, 2 ago. 2017. Disponível em: <https://mapacultural.secult.ce.gov.br/espaco/277/#/tab=sobre>. Acesso em: 23 jun. 2024.

SILVA, Caio Frederico e. CELIS, Anneli Maricielo Cárdenas; SILVA, Bárbara Gomes; WERNECK, Daniela Rocha; AVELINO FILHO, Lucídio Gomes; GÓES, Thiago Montenegro; Simulação Microclimática com o ENVI-met 5.0: Guia Metodológico. 1. ed. Brasília, DF: FAU: Editora Universidade de Brasília, 2022. 82 p. ISBN 978-65-84854-10-9. Disponível em: www.lasus.unb.br. Acesso em: 17 jul. 2024.

SILVA, Bárbara; SILVA, Caio; SANTOS, Teresa. Protocolo de Simulação Computacional do Microclima Urbano para a Cidade de Lisboa, Portugal. FCSH: CICS.NOVA - Artigos em revista nacional com arbitragem científica, Lisboa, p. 1-8, 2018. ISBN 978-972-636-275-3. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10362/64844>. Acesso em: 8 out. 2024.

WYOMING UNIVERSITY (Estados Unidos). Department of Atmospheric Science. 2024. Disponível em: <http://www.weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>. Acesso em: 17 set. 2024.



2. Sensoriamento remoto aplicado ao sequestro de carbono (CO2): um estudo na cidade de Iguatu - CE

Remote sensing applied to carbon dioxide (CO2) sequestration: a study in the city of Iguatu - CE

Teledetección aplicada al secuestro de dióxido de carbono (CO2): un estudio en la ciudad de Iguatu - CE

João Bandeira da Silva¹

Gustavo Macedo de Mello Baptista²

¹ Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Brasília, DF, Brasil. bandeira.joao@aluno.unb.br.

² Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Brasília, DF, Brasil. gmbaptista@unb.br.

Resumo

O sistema atmosférico pode ser compreendido como um complexo de camadas de gases. Desses gases, os principais gases que absorvem a radiação infravermelha são o vapor d'água, o ozônio e o dióxido de carbono. Esse último é absorvido no processo fotossintético das plantas, é possível analisar esse processo de absorção ou sequestro de carbono a partir do processamento digital de imagem de satélite com os índices espectrais de vegetação (NDVI), de refletância fotoquímica (PRI) e integrá-los no procedimento denominado de CO₂ flux. Diante destes pressupostos o presente trabalho objetiva analisar o fluxo CO₂ na cidade de Iguatu/CE, a partir de duas cenas sazonais, de imagens da constelação de satélites do Planet, nos meses chuvoso e seco.

Palavras-Chave: Índice Espectral; Vegetação; Cidade.

Abstract

The atmospheric system can be understood as a complex of gas layers. Of these gases, the main gases that absorb infrared radiation are water vapor, ozone and carbon dioxide. The latter is absorbed in the photosynthetic process of plants. It is possible to analyze this process of carbon absorption or sequestration from the digital processing of satellite images with the spectral vegetation index (NDVI) and photochemical reflectance index (PRI) and integrate them in the procedure called CO₂ flux. Given these assumptions, this study aims to analyze the CO₂ flux in the city of Iguatu/CE, from two seasonal scenes, images from the Planet satellite constellation, in the rainy and dry months.

Key-Words: Spectral Index; Vegetation; City.

Resumen

El sistema atmosférico puede entenderse como un complejo de capas gaseosas. De estos gases, los principales que absorben la radiación infrarroja son el vapor de agua, el ozono y el dióxido de carbono. Este último se absorbe en el proceso fotosintético de las plantas. Es posible analizar este proceso de absorción o secuestro de carbono a partir del procesamiento digital de imágenes satelitales con el índice espectral de vegetación (NDVI) y el índice de reflectancia fotoquímica (PRI) e integrarlos en el procedimiento denominado flujo de CO₂. Con estas premisas, este estudio busca analizar el flujo de CO₂ en la ciudad de Iguatu/CE, a partir de dos escenas estacionales, imágenes de la constelación de satélites Planet, en los meses de lluvia y de sequía.

Palabras clave: Índice espectral; Vegetación; Ciudad.



1. Introdução

O sistema atmosférico pode ser compreendido como um complexo de zonas/camadas de gases, que tem como os mais importantes, o nitrogênio (N₂), o oxigênio (O₂), o argônio (Ar), o dióxido de carbono (CO₂), o ozônio (O₃), o vapor de água (H₂O) e dentre outros em menor quantidade. Desses gases, os principais que absorvem a radiação infravermelha, são o vapor d'água (5,3 μm a 7,7 μm e além de 20 μm), o ozônio (9,4 μm a 9,8 μm) e o dióxido de carbono (13,1 μm a 16,9 μm), sendo que apenas 9% da radiação terrestre infravermelha é liberada diretamente no espaço e os 91% restantes são absorvidos pela atmosfera, capacidade essa denominada de efeito estufa (Ayoade, 1996).

Assim, o efeito estufa é um processo de manutenção da temperatura global, pois a partir disso a temperatura média do planeta mantém-se em torno de 16 °C (Baptista, 2015). Um gás, contido no processo de radiação terrestre infravermelha, que mantém o equilíbrio térmico da Terra, o CO₂, é responsável também como fonte de energia e troca gasosa pela vegetação, participante da fotossíntese.

O processo de fotossíntese, no qual as plantas absorvem o CO₂, transforma-o em energia, produzindo a glicose, e liberam o oxigênio. Essa ação continuada é conhecida como sequestro de carbono. Entretanto, a humanidade vem produzindo dióxido de carbono em excesso, pelas fábricas das indústrias, carros etc. Desde o Protocolo de Quioto, de 1997, há tratados de estabelecimento de medidas a serem compromissadas para redução da emissão de gases que provocam alta concentração desses gases, causando desequilíbrio no efeito estufa natural.

Uma dessas medidas é a pesquisa, promoção e desenvolvimento e o aumento do uso de formas novas e renováveis de energia, de tecnologias de sequestro de dióxido de carbono (Brasil, 1998). Segundo Baptista (2004) o dióxido de carbono deve ser encarado importante, não só associado ao efeito estufa, mas ao processo de fotossíntese e, infelizmente, sua concentração tem aumentado progressivamente nas últimas décadas.

Diante desse processo, estudos (Coltri *et al.*, 2009; Magalhães *et al.*, 2023) comprovam que a partir do uso do método do NDVI (Normalized Difference Vegetation Index - Índice de Vegetação por Diferença Normalizada), é uma amostragem, que estima o sequestro de carbono pela vegetação durante essa fase. Para determinar esse fluxo, Rahman *et al.* (2000), é possível através da integração do NDVI com o PRI (Photosynthetic Reflectance Index - Índice de Reflectância Fotoquímica). De acordo com Baptista (2004), essa integração mede a eficiência do processo de sequestro de carbono, denominada de CO₂flux.

Com isso, justifica-se a importância da pesquisa em compreender o processo fundamental de sequestro de carbono, realizado pelas plantas a partir da fotossíntese na área urbana do município de Iguatu/CE. A compreensão disso reflete em observar onde há maior ou menor concentração de dióxido de carbono e construir como proposta de reversão da alta concentração de CO₂ a construção de praças ou espaços verdes que possam compensar

o carbono liberado para atmosfera.

Para isso é preciso unir os índices espectrais para o entendimento da atuação do carbono em uma cidade que apresenta um adensamento urbano desenfreado. Por isso segue também a problemática de cartografar e perceber os possíveis problemas com o fenômeno. Já que ao compreender esse processo e a sua espacialização pode ser um dado para fomentar possíveis políticas públicas no município para o conforto térmico com construção de espaços verdes, por exemplo.

O perímetro urbano de Iguatu/CE tem um histórico de ocupação nas margens do rio Jaguaribe, de forma desordenada por fazendeiros, para abastecimento hídrico e dessedentação animal (Nogueira, 1985). Com o passar do tempo, a urbanização foi se consolidando, porém as residências foram construídas de forma amontoada, apenas algumas praças com arborização, sem nenhum planejamento urbano (Nogueira, 1985; Aragão, 1997).

Diante desses pressupostos, o presente trabalho objetiva analisar o fluxo de CO₂ na cidade de Iguatu/CE. E com os objetivos específicos, de mapear o fluxo de CO₂ na sede municipal de Iguatu/CE e identificar os possíveis problemas do fenômeno. Para isso foi necessário a integração proposta por Rahman *et al.* (2000) para duas cenas sazonais, o mês de abril de 2023 (período chuvoso) e o mês de novembro (período seco), de imagens da constelação de satélites do Planet.

2. Índices Espectrais para o sequestro de carbono pela vegetação

Rouse, Haas e Schell (1973), no projeto *Great Plains Corridor*, realizado no *Texas A&M University*, elaborou um método quantitativo de medição das condições de vegetação em amplas regiões, o *Normalized Difference Vegetation* (NDVI).

Para isso, foram utilizados dados do ERTS-1 MSS. Este método proposto pelos autores consiste na normalização do índice Razão Simples a partir da equação (1), determinando o intervalo -1 a 1 aos seus valores (Ponzoni; Shimabukuro, 2010). Quanto mais próximo de 1, mais densa é a vegetação; o valor 0 (zero) indica superfície não vegetada (Rosendo, 2005).

Vale ressaltar que os maiores valores de NDVI correspondem aos Números Digitais (ND) mais elevados e estão relacionados às áreas de vegetação com maior vigor. Os menores valores correspondem a ND baixos, representam as áreas de vegetação estressada ou áreas desnudas (Viganó; Borges; Franca-Rocha, 2011).

Para os estudos de sequestro de carbono pela vegetação, há uma integração entre o NDVI com um outro índice espectral do tipo “diferença normalizada”. Rahman *et al.* (2000), integra o NDVI com o *Photochemical Reflectance Index* (PRI). Enquanto o índice NDVI expressa a diferença de reflectância entre a feição de absorção do vermelho (660nm) e o aumento de albedo, ocorrido nos espectros de vegetação, após o início do infravermelho próximo (800nm), o PRI expressa a diferença entre a feição de absorção no azul (531 nm) e o pico de reflectância do verde (570nm) (Baptista, 2004).

Segundo Baptista (2004, p. 193),

[...] o índice espectral PRI pode ser correlacionado com as taxas de fotossíntese e, como citado anteriormente, o NDVI com o seqüestro de carbono. Isso é facilmente compreendido, pois quanto maior for a atividade fotossintética, maior serão as feições de absorção nas faixas do azul e do vermelho e mais expressivos serão os valores.

O método de Rahman *et al.* (2000) foi utilizado por alguns pesquisadores como Baptista (2004), para o ambiente tropical de Cerrado com cenas do AVIRIS e uma do Hyperion, obteve resultados com alta correlação entre os modelos propostos por Rahman *et al.* (2000) e a criação de um domo urbano. Coltri *et al.* (2009) também utilizou este método para estimativas não destrutivas da biomassa, estoque e sequestro de carbono com o café arábico, onde o CO₂flux teve correlação fraca com a quantidade calculada de carbono estocado na biomassa.

E recentemente no trabalho de Magalhães *et al.* (2023), para uma análise espaço-temporal de sequestro de carbono combinada com o NDVI na região de integração de Caeté-Nordeste da Amazônia Legal Brasileira. Foi possível realizar a caracterização do comportamento espacial e temporal do NDVI e CO₂flux. Ressalta que os valores do sPRI e do NDVI são semelhantes, mas quando uni (soma) esses valores obtém o CO₂flux, que observa o sequestro de carbono ativo ou não ativo fotossinteticamente pela vegetação

3. Material e Métodos

Neste tópico é abordado a área de estudo da pesquisa que foi realizada na sede municipal de Iguatu, Ceará, Brasil e os materiais e métodos com as suas devidas etapas e procedimentos, juntamente com a base teórica metodológica. O presente trabalho foi realizado com seguintes etapas: seleção das cenas no Planet Dove; determinação do NDVI; determinação do PRI; reescalonamento de PRI, para gerar o sPRI; e determinação do CO₂flux. O cálculo para os índices espectrais NDVI e PRI são expressão de acordo com as equações 1 e 2, abaixo.

$$(1) \text{ NDVI} = (R_{800} - R_{660}) / (R_{800} + R_{660})$$

$$(2) \text{ PRI} = (R_{531} - R_{570}) / (R_{531} + R_{570})$$

Onde Ri é o valor de reflectância em cada comprimento de onda, em nm, de valor i. Para ajustar os valores positivos (sPRI) do índice PRI, segundo Rahman *et al.* (2000), uma forma de representá-lo como uma medida de eficiência, é expresso de acordo com a equação 3, respectivamente.

$$(3) \text{ sPRI} = ((\text{PRI} + 1)) / 2$$

Por fim, para determinar o fluxo de CO₂, Rahman et. al (2000), apresenta a equação (4) para a realização do cálculo.

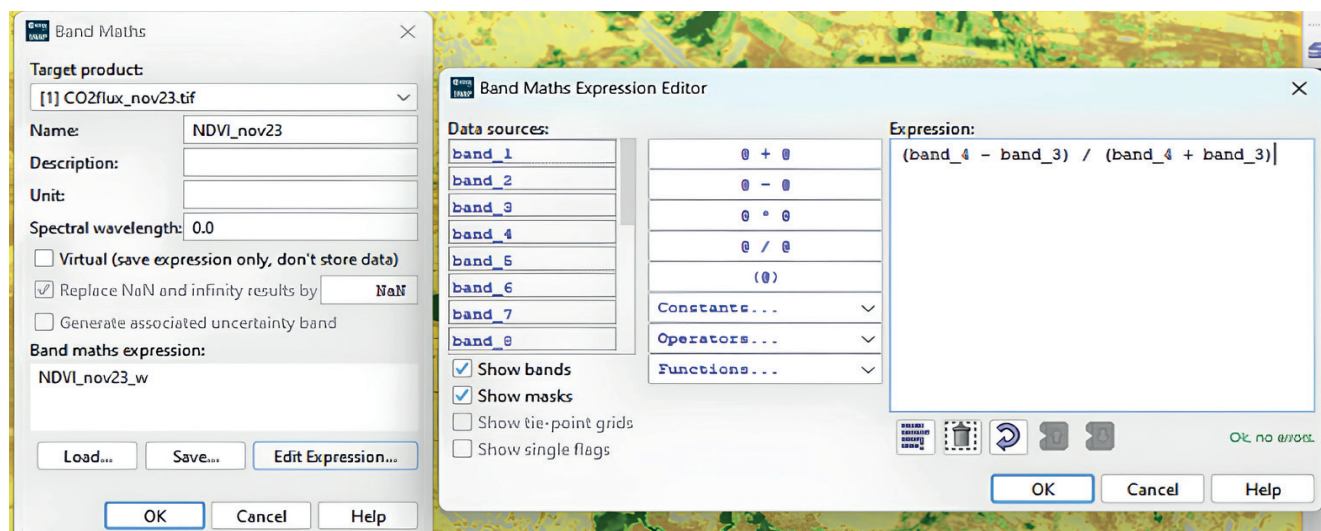
$$(4) \text{ CO2flux} = (\text{NDVI} * \text{sPRI})$$

Para a seleção das imagens de satélite, buscaram-se as cenas da *Planet Labs* (www.planet.com) constelação de sistemas de satélites em órbita, com nanossatélites “Doves” para a resolução temporal, contém quatro faixas o RGB (Vermelho, Verde, Azul) e o infravermelho próximo (NICFI, 2022).

O mosaico de reflectância de superfície *PlanetScope* com resolução espacial de 4,77 m e a resolução temporal, mensal desde setembro de 2020 (NICFI, 2022). Foi adotado as cenas do período seco (novembro) e chuvoso (abril) da sede municipal de Iguatu/CE, do ano de 2023.

Depois de selecionadas as cenas, o passo seguinte foi a determinação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), por meio da equação 1. Esse índice espectral visa mapear a relação existente entre a absorção de radiação para a fotossíntese na faixa espectral do vermelho (660 nm) e o pico de reflectância que a vegetação apresenta na faixa do infravermelho próximo (800 nm). O procedimento foi realizado no *software* de Processamento de Imagens Digitais (PDI), *SeNtinel Applications Platform – SNAP* ESA® versão 10.0.0, por meio da ferramenta Band Math (Figura 1).

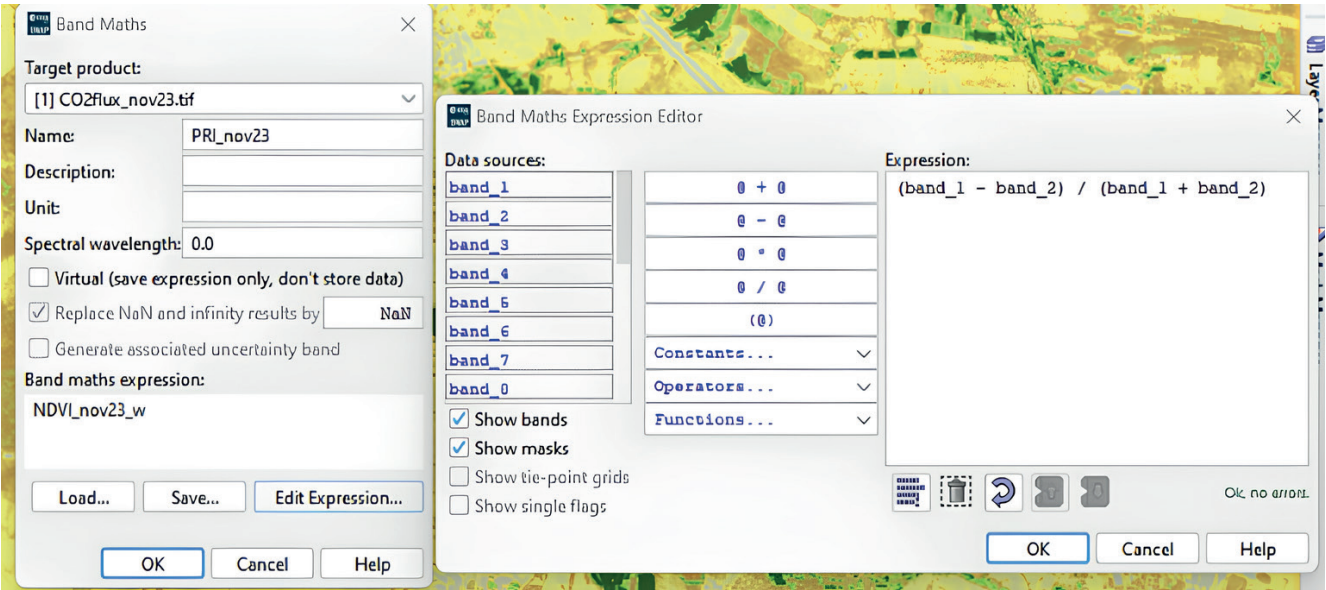
Figura 1: Cálculo do NDVI por meio da ferramenta Band Math.



Fonte: Acervo dos autores (2024)

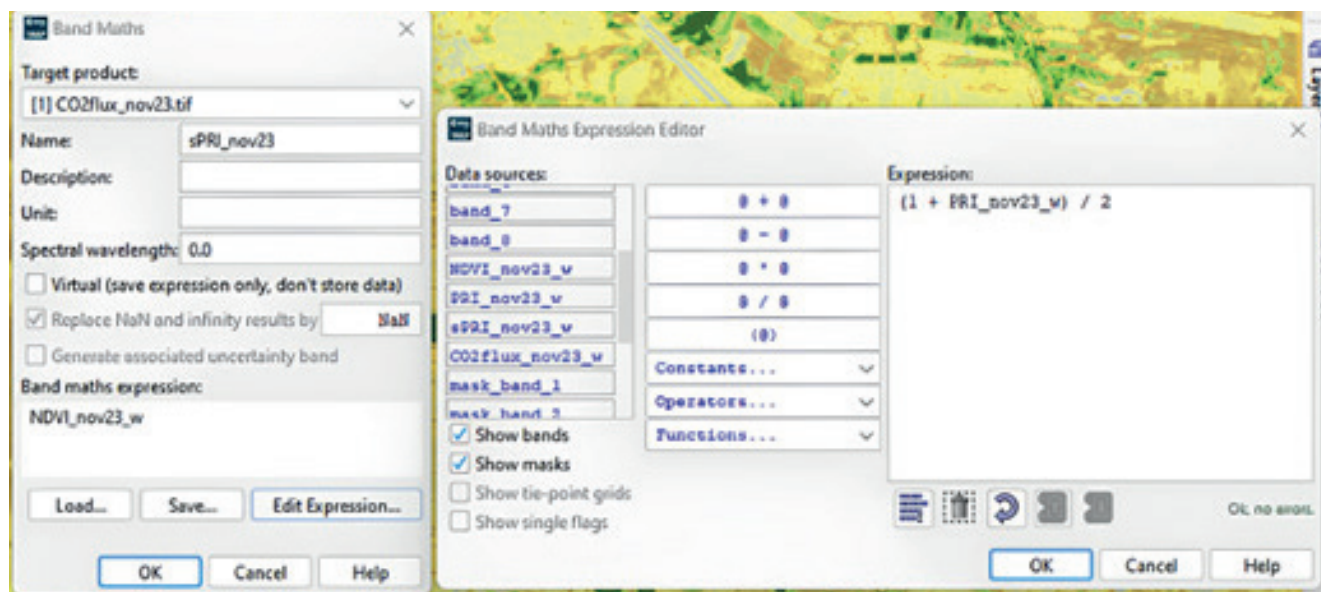
A mesma ferramenta (*Band Math*) foi utilizada para a determinação do índice fotosintético de reflectância (PRI), determinado pela equação 2. Também obtido pela diferença normalizada, mede a relação existente entre o pico de reflectância da vegetação na região do verde e a absorção de radiação na faixa do azul. Após isso, segue a orientação de Rahman *et al.* (2000), usa-se a mesma ferramenta para equação 3, o PRI precisa ser reescalonado os seus valores para evitar valores negativos, gera-se então o plano de informação sPRI ou PRI reescalonado (Figuras 2 e 3).

Figura 2: Cálculo do PRI.



Fonte: Acervo dos autores (2024).

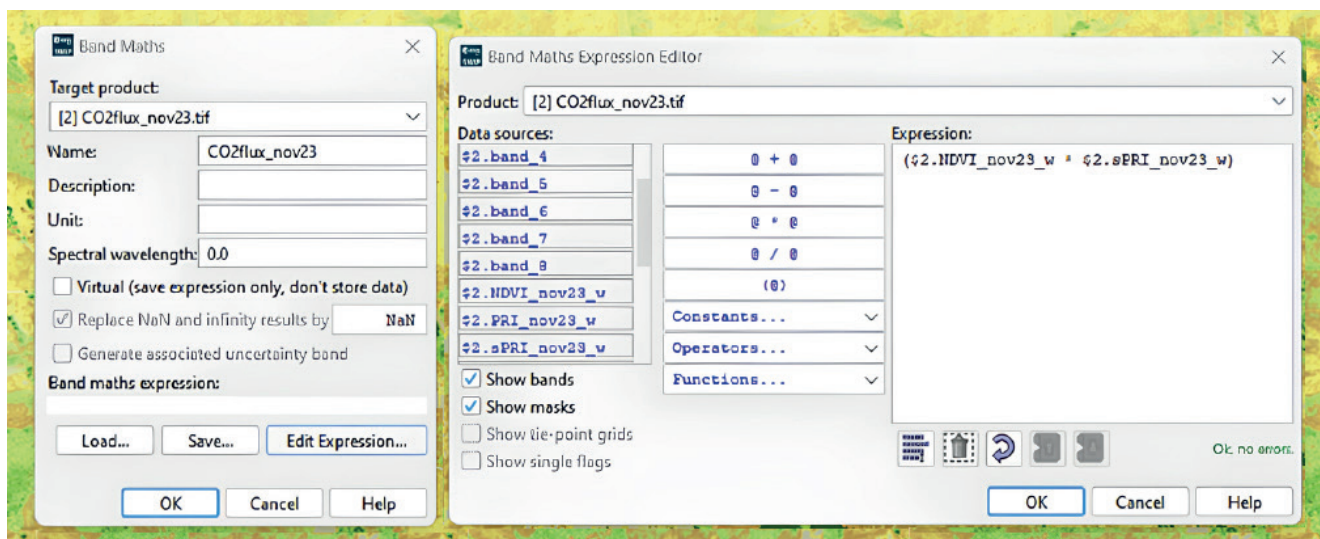
Figura 3: Cálculo do reescalonamento do PRI, gerando o sPRI.



Fonte: Acervo dos autores (2024).

Por fim, utiliza-se também a ferramenta *Band Math* para determinar a equação 4, o cálculo foi ajustado, para realizar o cálculo do sequestro/fluxo de CO₂ flux, (Figura 4).

Figura 4: Cálculo do CO2flux.



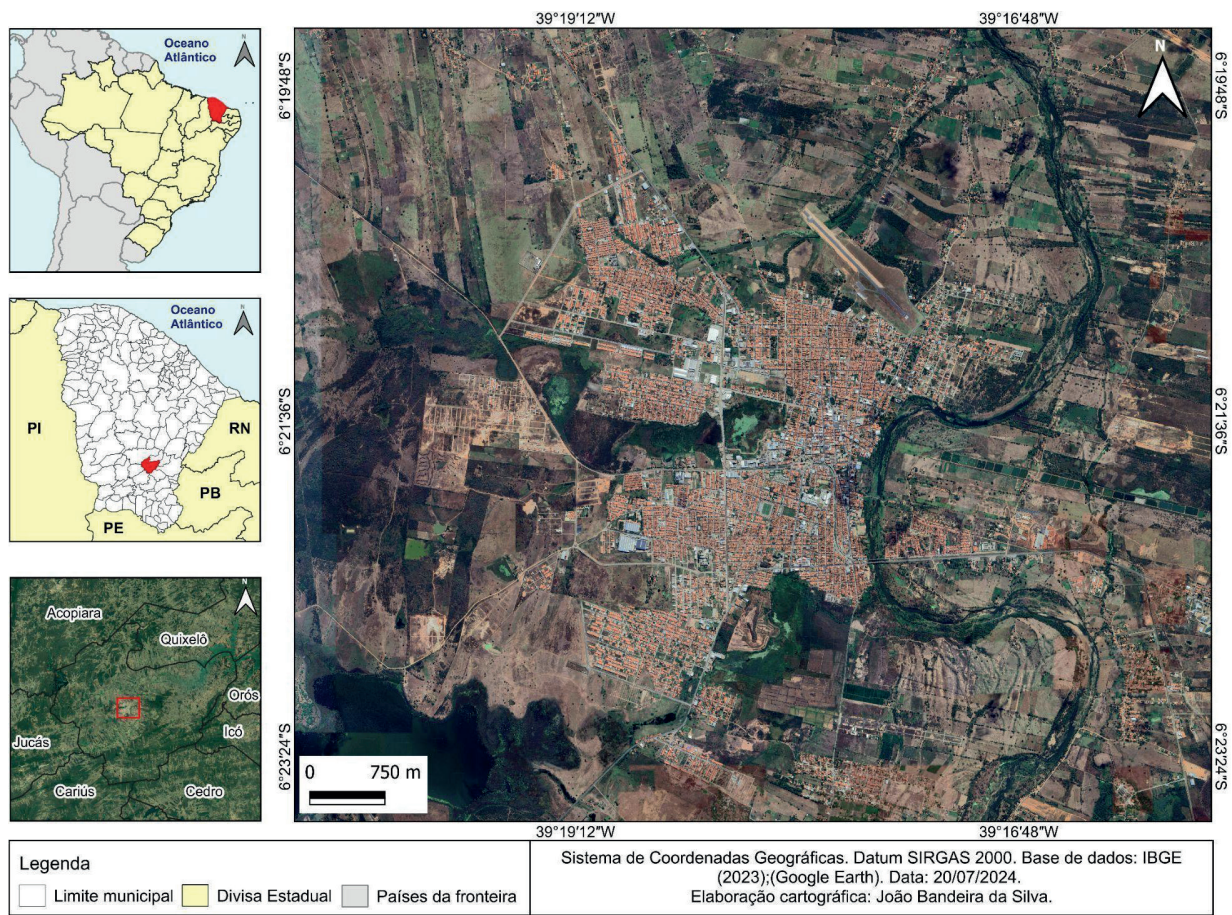
Fonte: Acervo dos autores (2024).

As cenas referentes aos meses de abril e novembro de 2023 foram selecionadas já com as correções atmosféricas. Posteriormente, as imagens foram recortadas para o limite da área de estudo, para serem realizados os cálculos mencionados nas figuras 1, 2, 3 e 4.

4. Resultados e Discussões

Localizado no Centro-Sul do estado do Ceará, o município de Iguatu de coordenadas 6°21'34"S e 39°17'55"W, tem como municípios limítrofes a norte Quixelô e Acopiara, a sul Cariús e Cedro, a leste Cedro, Quixelô, Icó e Orós, e a oeste Acopiara, Jucás e Cariús (IPECE, 2017). A área de estudo do presente trabalho é a sede municipal de Iguatu (Mapa 1).

Mapa 1: Localização da área de estudo.



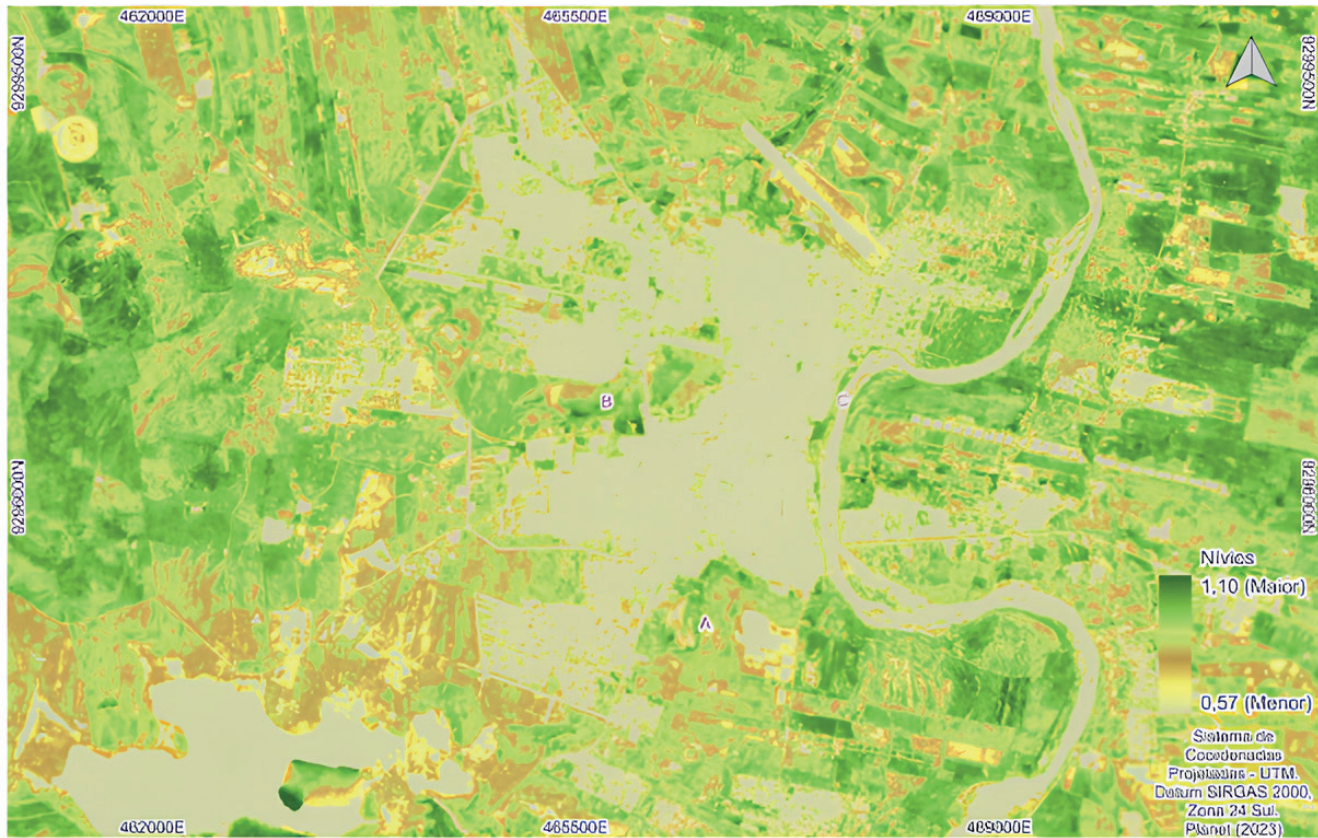
Fonte: Organizados pelos autores (2024) a partir da elaboração no SIG QGIS® Desktop 3.34.4 “Prizren” com os dados vetoriais da Base Contínua Cartográfica do Brasil (IBGE, 2023) e do basemap Google Earth.

Na história de ocupação da cidade, destaca-se a colonização, pelos caminhos do gado na interiorização do sertão no estado do Ceará no século XVIII, entre os corpos hídricos (as lagoas e o rio Jaguaribe), em seguida, no século XIX, a monocultura do algodão que teve seu declínio na segunda metade do mesmo século. Houve um desenvolvimento industrial pela monocultura que dinamizou o perímetro urbano de Iguatu, o que causou também a urbanização sem planejamento e com um significativo adensamento urbano (Lima, 2011; Freitas; Freitas, 2015; Carvalho *et al.*, 2020; Costa *et al.*, 2022).

Este processo histórico sobre a sede municipal fez com que não houvesse uma preocupação no fator da arborização. Com isso, para realizar o processamento do sequestro de carbono usa-se um dos parâmetros do índice espectral de comportamento da vegetação, NDVI, determinar o índice fotossintético, PRI, e reescalonar, sPRI. Assim, é possível identificar o comportamento de absorção/sequestro de carbono.

Foi possível observar que no mês de abril houve uma variação entre 0,57 e 1,10 e em novembro varia de 0,25 a 1,20. Lembra-se que em áreas onde apresenta menores vigores de vegetação, ocorre baixo sequestro de carbono e maior é a emissão de CO₂ para a atmosfera e em áreas de vegetação com vigor maior o CO₂flux é maior. Dessa maneira, os dados foram processados no software SNAP ESA®, versão 10.0.0, utilizando-se o módulo *band math*. Os mapas 2 e 3 apresentam o resultado da integração entre NDVI e sPRI, chamada de CO₂flux, aplicadas às cenas do período chuvoso, abril de 2023, e do período seco, novembro de 2023.

Mapa 2: CO₂flux no período chuvoso (abril de 2023).



Fonte: Os autores, com a imagem do PlanetScope do mês de abril de 2023 no software de Processamento de Imagem SNAP ESA® versão 10.0.0.

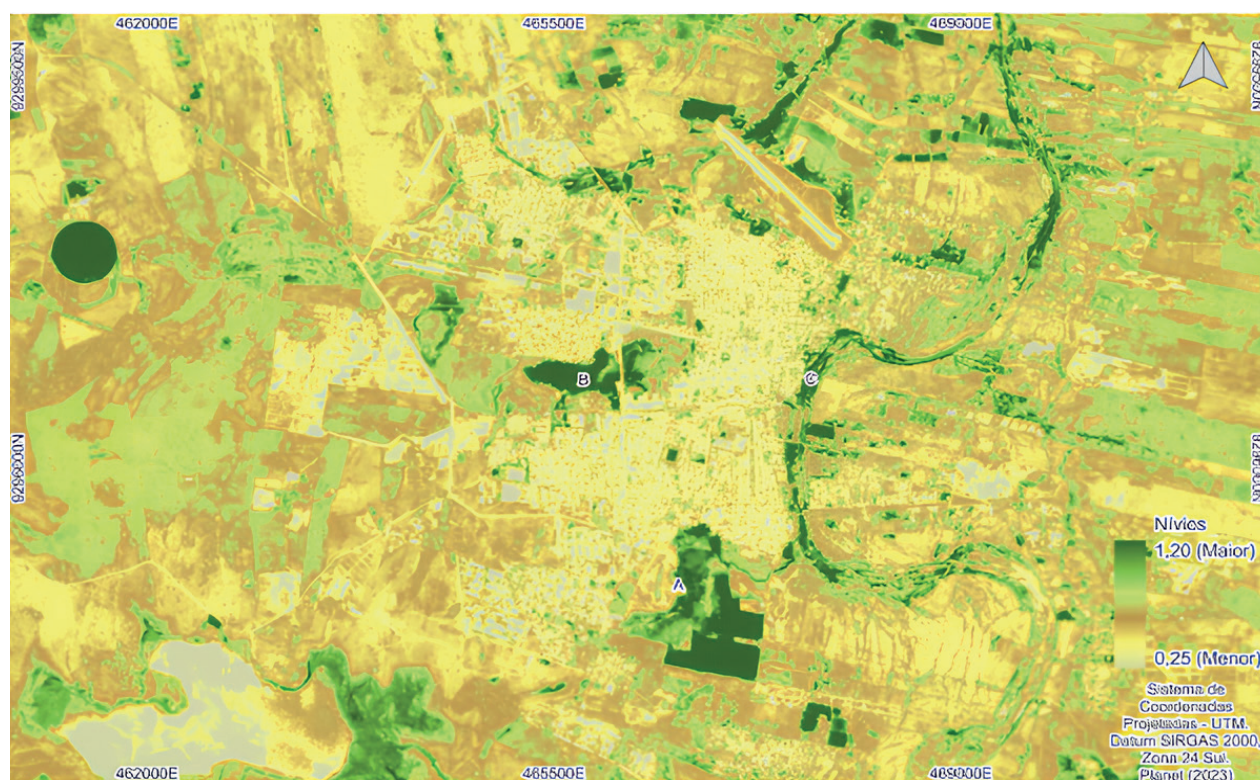
No período chuvoso, há uma considerável reação da vegetação, associada ao período. Essa reação só é observada nas áreas onde há pouca presença de vegetação entre a área urbana e nas lagoas que estão em processo de eutrofização, a lagoa do Cocobó (A) e da Bastiana (B), como também nas margens do rio Jaguaribe (C) que meandra na cidade, nota-se que a mata ciliar é reduzida em alguns pontos.

Isso ocorre, ora pelo desmatamento às margens do rio Jaguaribe, que foi ocupado e perdeu a mata ciliar característica. A construção e edificações de loteamentos sobre as lagoas aterradas ou próximo das lagoas que ainda existem no perímetro urbano (A e B). Embora haja com o amparo legal por meio do licenciamento ambiental para edificações e

ocupação no perímetro urbano (Iguatu, 2012a; 2012b) que não impactem tanto os componentes físico-naturais. E como há uma maior concentração de propriedades e pouca presença de plantas para equilibrar a absorção/sequestro de carbono, mesmo no período chuvoso percebe-se (Mapa 1) uma considerável diminuição de absorção de dióxido de carbono pelas plantas.

Já no período seco, onde o vigor da vegetação é menor pelas condições de tempo meteorológico, há estratos menores de vegetação (Mapa 2). Pois, é onde encontram-se algumas áreas que foram exploradas, mas que estão com o solo exposto, acontece o processo natural de sucessão fitoecológica, ou está acontecendo a reação da vegetação em áreas que não ocorrem as atividades humanas citadas. Evidencia valores maiores de eficiência do CO₂flux nos corpos hídricos eutrofizados e nas áreas com pouca vegetação.

Mapa 3: CO₂flux no período seco (11/2023).



Fonte: Os autores, com a imagem do PlanetScope do mês de novembro de 2023 no software de Processamento de Imagem SNAP ESA® versão 10.0.0.

Os valores mais altos de absorção ocorrem justamente nas áreas já citadas, porém como há também nas áreas edificadas, onde há menor vigor de vegetação e solo exposto, registra-se baixos teores de CO_2 na atmosfera. Consequentemente, a temperatura aumenta no perímetro urbano.

Nessas áreas urbanizadas, sem a existência da vegetação, o comportamento é inverso, não há sequestro de carbono pela vegetação no período seco. Esses parâmetros são inversamente proporcionais, quanto maior o sequestro de carbono, menos CO_2 atmosférico existirá na coluna do alvo. E quanto menor o sequestro de carbono, há mais CO_2 atmosférico, o que pode ocasionar, além da poluição do ar, o desequilíbrio do processo natural do efeito estufa e o aumento da temperatura do clima urbano.

5. Considerações finais

O presente trabalho apresentou uma pesquisa nova para a sede municipal de Iguatu/CE. O resultado do processamento do sequestro de carbono na cidade, tanto no período chuvoso como seco, mostrou o papel significativo da vegetação para absorção do dióxido de carbono e com a falta dela é absorvido para a atmosfera. Há uma relação benéfica nesse sequestro CO_2 e com a própria existência da vegetação, que é o regulamento térmico para a cidade.

Notou-se que nas áreas com maior adensamento urbano, ocorreu baixo sequestro de carbono e maior emissão de CO_2 para atmosfera em ambos os períodos, que foi possível caracterizar espacial e temporal as variações do CO_2 flux. Conclui-se que a falta de arborização é uma realidade na cidade de Iguatu/CE, é necessário que o poder público tome ciência deste fato e possa instalar como solução o plantio de árvores na sede municipal para que o processo fotossintético seja maior e contribua para o sequestro de carbono.

Referências

ARAGÃO, R. B. Iguatu: História. Fortaleza: Copcultura, 1997.

AYOADE, J. O. Introdução à climatologia para os trópicos. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

BAPTISTA, G. M. M. Mapeamento do sequestro de carbono: um passo importante para consolidar o protocolo de Quioto. Revista do Ceam, v. 3, n. 1, 2015.

BAPTISTA, G. M. M. Mapeamento do Seqüestro de Carbono e de Domos Urbanos de CO_2 em Ambientes Tropicais, por meio de Sensoriamento Remoto Hiperespectral. GEOGRAFIA, Rio Claro, v. 29, n. 2, p. 189-202, 2004.

Bases cartográficas contínuas - Brasil. IBGE, 2023. Shapefile. Escala 1:250.000. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/bases-cartograficas-continuas/15759-brasil.html?=&t=downloads>>. Acesso em: 20 jul. 2024.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. Protocolo de Quioto: a convenção sobre mudança do clima: O Brasil e a convenção – quadro das nações unidas. Brasília: MCT, 1998.

CARVALHO, R. M.; ALMEIDA, W. A.; ALBUQUERQUE, F. N. B.; BANDEIRA DA SILVA, J. Histórico de uso, ocupação e degradação da lagoa da Telha na cidade de Iguatu, Ceará. In: ALBUQUERQUE, F. N. B.; MONTEIRO, J. B. M.; LIMA, A. M. M. (Org.). Bacias Hidrográficas e Planejamento: Teoria e Práticas no Ambiente Semiárido. 1ed. Sobral, CE: Eder Oliveira, v. 1, p. 93-100, 2020.

COLTRI, P. P.; RAMIREZ, G. M.; WALTER, M. K. C; JUNIOR, J. Z.; PINTO, H. S.; NASCIMENTO, C. R.; GONÇALVES, R. D. V. Utilização de índices de tecido para estimativas não destrutivas de biomassa, estoque e sequestro de carbono do Cafeeiro Arábica. XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Natal, 121-128, 2009.

COSTA, A. T.; MOURA-FÉ, M. M.; PINHEIRO, M. V. A.; PEREIRA, R. S. Análise socioambiental da Lagoa da Bastiana, Iguatu (Região Centro Sul do Ceará). In: OPEN SCIENCE RESEARCH VI. Editora Científica Digital, p. 1156-1173, 2022.

FREITAS, F. R. D.; FREITAS, V. P. Análise da degradação ambiental na Lagoa da Bastiana (município de Iguatu/CE). Revista Juridica, v. 4, n. 41, p. 109-127, 2015.

IGUATU. Lei nº 1.660, de 13 de abril de 2012. Lei do Parcelamento do Solo do Município de Iguatu, Iguatu, CE, n. 12, p. 1-17, 2012b.

IGUATU. Lei nº 1.659, de 13 de abril de 2012. Lei de Uso e Ocupação do Solo do município de Iguatu, Iguatu, CE, n. 12, p. 1-39, 2012a.

IGUATU. Lei nº 1.277, de 9 de abril de 2009. Prefeitura municipal de Iguatu. Diretrizes do Plano Diretor, Iguatu, CE, n. 9, p. 1-34, 2009.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ (IPECE). Perfil Municipal Iguatu. Fortaleza, 2017.

LIMA, A. M. A geografia histórica de Iguatu-CE: uma análise da cultura algodoeira de 1920 a 1980. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia) – Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências e Tecnologia, Fortaleza, 2011.

MAGALHÃES, D. S.; JÚNIOR, J. F. S.; SANTOS, L. S.; RUIZ, I. ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DO CO2FLUX E NDVI DA REGIÃO DE INTEGRAÇÃO DO CAETÉ-NORDESTE DA AMAZÔNIA LEGAL BRASILEIRA. Anais do XX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2023. Disponível em: < <http://marte2.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/marte2/2023/05.17.18.01/doc/156028.pdf> >. Acesso em: 29 jan. 2025.

NOGUERIA, A. Iguatu memória sócio – histórico – econômica. Fortaleza: 2ª Edição Revisada e Ampliada, 1985.

NORWAY'S INTERNATIONAL CLIMATE AND FORESTS INITIATIVE (NICFI). Programa de Dados de Satélite NICFI: Perguntas Frequentes. [S.L], 2022. Disponível em: <https://assets.planet.com/docs/NICFI_General_FAQs_POR.pdf?_gl=1>. Acesso em: 20 jul. 2024.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação. São José dos Campos/SP: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 2010.

RAHMAN, A. F.; GAMOM, J. A.; FUENTES, D. A.; ROBERTS, D.; PRENTISS, D.; QUI, H. Modeling CO2 flux of boreal forests using narrow-band indices from AVIRIS imagery. AVIRIS Workshop, JPL/NASA, Pasadena, Califórnia, 2000.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; Deering, D.W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS: In Earth Resources Technology Satellite- 1 Symposium, 3, 1973. Washington, Proceedings, v.1, Sec. A, p. 309-317, 1973.

ROSENDO, J. S. Índices de Vegetação e Monitoramento do uso do solo e cobertura vegetal na Bacia do rio Araguari -MG - utilizando dados do sensor Modis. 2005. 130 p. Dissertação (Mestrado em Geografia e Gestão do Território) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2005.

VIGANÓ, H. A.; BORGES, E. F.; FRANCA-ROCHA, W. J. S. Análise do desempenho dos Índices de Vegetação NDVI e SAVI a partir da imagem Aster. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, v. 15, p. 1828-1834, 2011.

3. **Riscos climáticos e vulnerabilidade socioambiental: análise do Lagamar em Fortaleza - CE**

Climate risks and socio-environmental vulnerability: analysis of Lagamar in Fortaleza - CE.

Riesgos climáticos y vulnerabilidad socioambiental: análisis de Lagamar en Fortaleza - CE.

Ana Flávia Teles Silveira¹
Liza Maria Souza de Andrade²

¹ Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Brasília, DF, Brasil. anaflaviatelesc@gmail.com

² Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Brasília, DF, Brasil. anaflaviatelesc@gmail.com

Resumo

A emergência climática constitui, na atualidade, um fenômeno inerente a todo o planeta; contudo, suas consequências manifestam-se de formas distintas de acordo conforme o contexto socioambiental. O Lagamar, favela localizada em Fortaleza no Ceará, representa um exemplo emblemático de vulnerabilidade socioambiental, apresentando riscos que tendem se agravar frente às mudanças climáticas. O presente artigo possui um viés reflexivo, buscando estudar o planejamento urbano atual de Fortaleza e as problemáticas que se manifestam no espaço do Lagamar, interligando-as com os impactos climáticos projetados. Concluiu-se que o planejamento urbano tradicional tem uma contribuição relevante na manutenção da precariedade e da ameaça climática nas comunidades. Portanto, devem ser tomadas medidas de planejamento alternativas para tornar a comunidade mais resiliente, além de introduzir a sustentabilidade para os cidadãos de forma imersiva para propagação do conhecimento e reprodução das técnicas, assim, foram analisadas as ações da Rede DLIS no Grande Bom Jardim e do Plano Comunitário de Redução de Riscos no Sol Nascente, a fim de destacar como as alternativas mais sustentáveis podem ser trabalhadas no contexto do Lagamar.

Palavras-Chave: Riscos, Vulnerabilidade, Comunidades, Resiliência, Lagamar, Fortaleza.

Abstract

The climate emergency is currently a phenomenon inherent to the entire planet, however, the consequences are different according to the socio-environmental context. Lagamar, a favela located in Fortaleza, Ceará, is an example of socio-environmental vulnerability, with risks that may worsen in the face of climate change. This article has a reflective bias, seeking to study the current urban planning of Fortaleza and the problems that manifest themselves in the Lagamar space, interconnecting them with possible climate impacts. It was concluded that traditional urban planning has a relevant contribution to maintaining precariousness and climate threat in communities. Therefore, alternative planning measures must be taken to make the community more resilient, in addition to introducing sustainability to citizens in an immersive way to spread knowledge and reproduce techniques. Thus, the actions of the DLIS Network in Grande Bom Jardim and the Community Risk Reduction Plan in Sol Nascente were analyzed in order to highlight how more sustainable alternatives can be worked on in the context of Lagamar.

Key-Words: Risks, Vulnerability, Communities, Resilience, Lagamar, Fortaleza.

Resumen

La emergencia climática es actualmente un fenómeno inherente a todo el planeta; sin embargo, sus consecuencias difieren según el contexto socioambiental. Lagamar, una favela ubicada en Fortaleza, Ceará, es un ejemplo de vulnerabilidad socioambiental, con riesgos que podrían agravarse ante el cambio climático. Este artículo, con un enfoque reflexivo, busca estudiar la planificación urbana actual de Fortaleza y los problemas que se manifiestan en el espacio de Lagamar, interconectándolos con los posibles impactos climáticos. Se concluyó que la planificación urbana tradicional contribuye significativamente al mantenimiento de la precariedad y la amenaza climática en las comunidades. Por lo tanto, es necesario implementar medidas de planificación alternativas para fortalecer la resiliencia de la comunidad, además de presentar la sostenibilidad a la ciudadanía de forma imersiva para difundir conocimientos y reproducir técnicas. Así, se analizaron las acciones de la Red DLIS en Grande Bom Jardim y el Plan de Reducción de Riesgos Comunitarios en Sol Nascente para destacar cómo se pueden implementar alternativas más sostenibles en el contexto de Lagamar.

Palabras clave: Riesgos, Vulnerabilidad, Comunidades, Resiliencia, Lagamar, Fortaleza.



1. Introdução

Os impactos das ações antrópicas no meio ambiente passaram a alcançar protagonismo nas discussões urbanas devido à configuração de uma emergência climática e ambiental. Nesse contexto, a Nova Agenda Urbana estabelecida na Conferência das Nações Unidas em 2016, apresenta objetivos voltados para a diminuição da pobreza, construção de infraestruturas mais resilientes e combater as mudanças climáticas (ONU, 2017), portanto deveriam ser ações prioritárias a serem refletidas no contexto urbano.

Esse fenômeno tem plena relação com o processo de crescimento das cidades brasileiras demarcado pela disputa do território, onde a ocupação acelerada não deu margem para um planejamento sustentável, sendo mais urgente o acesso às oportunidades do meio urbano. Nesse sentido, a população carente passa a se instalar em áreas geograficamente frágeis de relevo acidentado ou no entorno de cursos hídricos (Maricato, 2015), configurando um cenário de vulnerabilidade socioambiental (Alves, 2006; Alvim, Rubio e Bóguls, 2021) de difícil reversão.

Segundo Garcia *et al.* (2023) o conceito de risco contém fatores sociais, econômicos e políticos, portanto, a crise climática e ambiental tende afetar os mais vulneráveis de forma mais intensa. Além disso, os autores alertam que o modo precário de vida advém da falta de alternativas, não devendo ser atribuído como responsabilidades das vítimas e, sim, como frutos de planejamentos e gestão urbanas segregadoras e insustentáveis.

O cenário descrito condiz com as dinâmicas urbanas de Fortaleza, segundo Freitas (2019), Máximo e Pequeno (2024), a legislação municipal falha em exercer suas políticas habitacionais em vigência, o que ocorre devido a priorização de investimentos em outros eixos e aos conflitos de interesses públicos e particulares. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2024), 19,4% da população de Fortaleza reside em favelas e comunidades urbanas, representando cerca de 664.059 habitantes.

Os riscos climáticos projetados para a região nordeste do país, segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), têm plena relação com a questão hídrica, sendo previstos fenômenos como períodos de seca prolongados, inundações e desastres geo-hidrológicos. Assim, visto que uma parcela considerável de Fortaleza está inserida em um quadro de vulnerabilidade, há um número significativo de pessoas sem poder de resposta expostas a complicações climáticas.

Atualmente, a infraestrutura tradicional da cidade falha em assegurar a resiliência da população, visto que ocorrem perdas materiais significativas durante eventos extremos, como inundações e alagamentos, ocorrências frequentes que advém de um sistema falho de drenagem composto por infraestruturas cinzas. Portanto, torna-se insustentável a permanência desse cenário frente à crise climática, sendo urgente aplicar novas abordagens capazes de direcionar o planejamento para meios mais sustentáveis.

O presente artigo teve como objetivo levantar as vulnerabilidades socioambientais da cidade e investigar qual sua relação com os futuros riscos climáticos, fazendo um recorte na comunidade do Lagamar e, por fim, pesquisar metodologias sustentáveis compatíveis. O propósito é ofertar mais um estudo voltado para as favelas de Fortaleza, de forma a contribuir para a discussão da pauta da sustentabilidade dentro de realidades informais.

1.1. Justificativa

A Defesa Civil Municipal de Fortaleza, a partir de levantamento feito em 2023, identificou 66 áreas de risco em 39 bairros diferentes, categorizados em deslizamentos, inundações e alagamentos, onde a maior parte dos riscos é referente a inundações (Nascimento, 2024). Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), os balanços de precipitação de Fortaleza entre 2023 e 2024 registraram números acima da média, mas também há um aumento de temperatura considerável. Portanto, já se percebe um agravamento da situação climática, tendendo a intensificar as desigualdades.

O Lagamar, está constantemente nos portais de notícias devido aos frequentes alagamentos que prejudicam os moradores, causando perdas materiais significativas. O trecho do Rio Cocó, que percorre a região, é canalizado e transborda quando as chuvas são intensas, segundo os moradores a falta de limpeza e manutenção contribui muito para o agravamento da situação (O Povo, 2019). Portanto, esse fenômeno demonstra a fragilidade das infraestruturas cinzas em alcançar a resiliência.

Localizada entre os bairros São João do Tauape e Alto da Balança, a comunidade Lagamar é demarcada como Zona Especial de Interesse Social (ZEIS) no Plano Diretor e possui um Plano Integrado de Regularização Fundiária (PIRF) com diagnóstico e proposta de projeto urbanístico disponíveis. Esse material permite que seja feita uma análise mais rápida sobre o território, considerando a extensão do artigo.

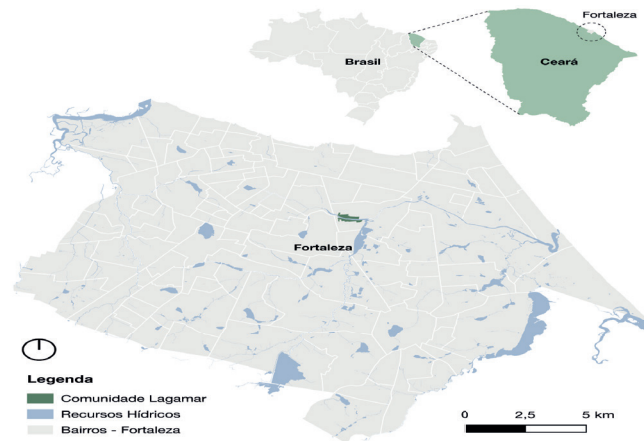
No território estão presentes duas favelas conhecidas como Lagamar e Santo Expedito com cerca de 11.747 habitantes (Fortaleza, 2012). Portanto, contempla um alto número de pessoas enquadradas em vulnerabilidade socioambiental sujeitas a impactos climáticos extremos. Além disso, a sua forma de ocupação condiz com a realidade dos demais bairros da cidade, enquadrando-se nas dinâmicas de disputa territorial por moradia em conflito com a natureza.

Assim, a escolha da região é justificada por ser exemplo prático de como o planejamento urbano insustentável em Fortaleza desencadeou uma ameaça futura para as comunidades frente à crise climática.

1.2. Objetivos

O artigo buscou, em um primeiro momento, expor as definições teóricas de risco e vulnerabilidade, de forma a compreender como esses termos estão inseridos na realidade das favelas. A partir disso, a visão foi direcionada para as emergências climáticas, identificando quais seriam as principais projeções de eventos para a área em estudo, o território da comunidade Lagamar - localizada na cidade de Fortaleza, no Ceará (Figura 1).

Figura 1: Mapas de localização do Lagamar no contexto de Fortaleza.



Fonte: Adaptado de Fortaleza em Mapas (2025).

Com esse embasamento bem definido, foi realizado o estudo mais específico da área, em uma escala mais reduzida, demonstrando os impactos da infraestrutura tradicional na capacidade de enfrentamento da população frente aos riscos levantados. Essas etapas levaram ao objetivo central do trabalho, levantar as vulnerabilidades socioambientais existentes na cidade e investigar qual sua relação com os futuros riscos climáticos, fazendo um recorte na comunidade do Lagamar e pesquisando metodologias sustentáveis compatíveis que estão sendo aplicadas.

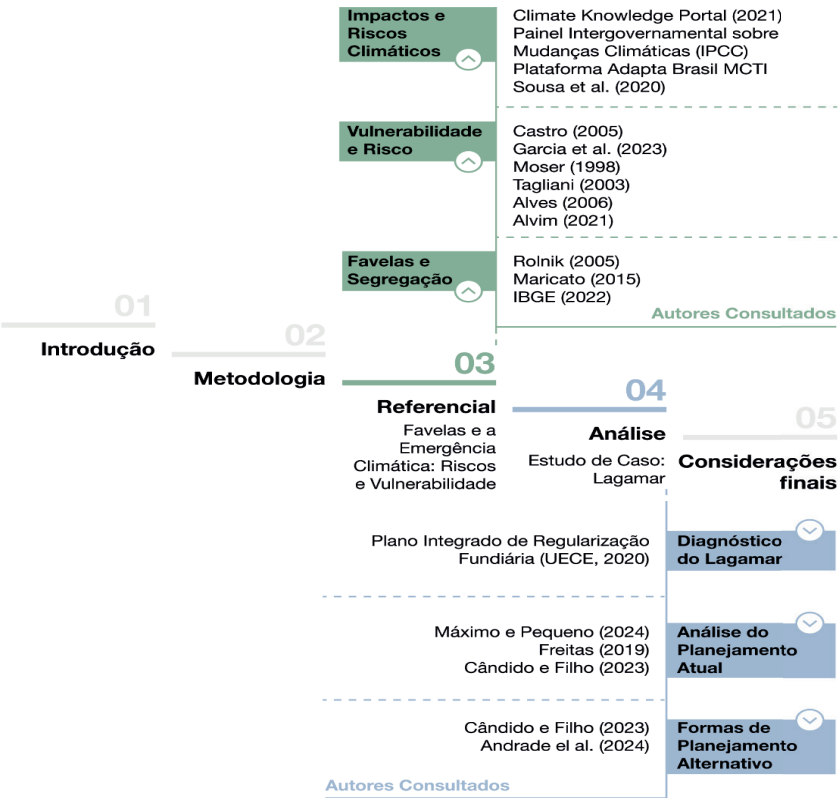
2. Material e métodos

Para alcançar o objetivo da pesquisa, o conteúdo foi dividido entre duas partes principais (Figura 2). A primeira parte apresenta o embasamento teórico sobre comunidades urbanas, vulnerabilidades e riscos climáticos. Já a segunda, se dedica ao estudo de caso sobre

o Lagamar, demonstrando na prática como os fenômenos se manifestam no espaço, seus obstáculos e possíveis soluções.

A metodologia utilizada foi a pesquisa bibliográfica acerca das temáticas, de forma a selecionar autores e materiais de relevância para a compreensão dos termos e para estruturar uma análise de soluções viáveis para a reversão do quadro. Autores como Rolnik (2005), Maricato (2015), Castro (2005), Garcia *et al.* (2023), Moser (1998), Tagliani (2003), Alves (2006), Alvim (2021), nortearam a conceituação das comunidades urbanas, dos riscos e vulnerabilidades. Já os portais Climate Knowledge Portal (2021), IPCC, Adapta Brasil MCTI, e os autores Sousa *et al.* (2020), foram utilizados para a extração de dados acerca dos impactos climáticos projetados para Fortaleza.

Figura 2: Estruturação da Pesquisa e Síntese da Revisão de Literatura.



Fonte: Elaborado pelas autoras (2024).

O intuito dessa análise foi destacar os principais riscos a serem enfrentados para que, no tópico seguinte, fosse investigado como eles se comportam no Lagamar. Para o estudo de caso, o Plano de Regularização Fundiária (PIRF) funcionou como fonte de dados para caracterização da comunidade Lagamar, de forma a extrair suas principais problemáticas. Em seguida, foram cruzados os riscos climáticos projetados com os problemas socioambientais do Lagamar, compreendendo a relação entre eles. Além disso, buscou-se entender a realidade das políticas habitacionais e do planejamento sustentável em Fortaleza, através das análises de Máximo e Pequeno (2024), Freitas (2019), Cândido e Filho (2023), destacando seus principais obstáculos atualmente para sua concretização.

Por fim, também foram buscados exemplos práticos existentes que interligam as temáticas da sustentabilidade dentro do recorte das comunidades urbanas, a fim de extrair perspectivas e refletir sobre novas formas de planejamento que possam possibilitar a mitigação dos impactos climáticos. Para esta etapa, foram utilizados os autores Andrade *et al.* (2024) e Cândido e Filho (2023).

3. Favelas e a Emergência Climática: Riscos e Vulnerabilidades

De acordo com o censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2022, são definidos como “Favelas” e “Comunidades Urbanas” os territórios gerados de forma autônoma pela população para atender suas necessidades de moradia e usos associados, devido às carências de políticas e investimentos para garantir seu direito à cidade (IBGE, 2024). Os autores Nóbrega *et al.* (2021) discorrem sobre o processo de segregação socioespacial, que cercam a população pobre nas porções indesejadas pelo mercado imobiliário, coincidindo com áreas ambientais frágeis (Rolnik, 2005; Maricato, 2015), além de impossibilitar sua participação nas trocas socioeconômicas.

A consolidação da informalidade ainda é um grande desafio para o planejamento urbano no país, mesmo com as contribuições do Estatuto da Cidade (2001) nos Planos Diretores dos municípios e com a adoção das Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS) como um instrumento. Os interesses públicos e privados dificultam a concretização de políticas habitacionais mais sustentáveis e democráticas, reforçando uma urbanização de risco (Rolnik *et al.*, 2005) que alimenta a vulnerabilidade socioambiental.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2022), o Brasil apresenta cerca de 16.390.815 habitantes em favelas, representando 8,1% da sua população. Em Fortaleza, 19,4% da população reside em favelas e comunidades urbanas, cerca de 664.059 habitantes. Portanto, a vulnerabilidade e o risco estão intrínsecos no contexto das comunidades e representam a realidade de muitos brasileiros. Os autores Castro *et al.* (2005) fazem uma síntese sobre a conceituação do risco, em suma, definem o termo como uma possível ocorrência, que pode ou não se concretizar, diretamente atrelada à possibilidade de perdas materiais ou imateriais. Também apontam que o risco é construído ao longo do tempo como

fruto das dinâmicas urbanas, devendo ser previsto e amenizado pela administração pública.

Acrescentando ao debate, Garcia *et al.* (2023) afirmam que os riscos se manifestam de formas distintas de acordo com os fatores sociais, econômicos e políticos, tendo maiores impactos sobre os mais vulneráveis. O Núcleo de Porto Alegre do Observatório das Cidades (2024) comprova essa afirmação a partir da análise sobre os impactos da população pobre e negra diante da catástrofe no Rio Grande do Sul ocorrida em 2024, cruzando dados de renda média e composição étnico-racial com a mancha da inundação, confirmando que esta parcela foi a mais afetada.

A vulnerabilidade surge a partir da exposição ao risco, seja econômico, ambiental ou sanitário, Moser (1998) define a vulnerabilidade social como a incapacidade de responder ou resistir às complicações. O Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) utiliza três eixos para medir o Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) no território: infraestrutura urbana, capital humano, renda e trabalho. Na maioria das vezes, as comunidades possuem desequilíbrio em todos esses eixos, logo, sua população é socialmente vulnerável.

Em uma perspectiva espacial, Tagliani (2003) percebe a vulnerabilidade ambiental como as características geográficas que fragilizam o espaço, se agravando a partir da ação humana. A sobreposição de ambas, formam a vulnerabilidade socioambiental (Alves, 2006; Alvim, 2021), ou seja, além da dificuldade em participar da cidade formal, estão suscetíveis a desastres naturais devido ao seu contexto territorial. As ocupações em Áreas de Preservação Permanente (APP), por exemplo, são mais suscetíveis a desastres, mas a condição de vulnerabilidade social não permite que a população deixe o espaço.

Em sobreposição a todos os obstáculos citados, a crise climática se torna mais um vetor para o agravamento da vulnerabilidade socioambiental devido à intensificação dos riscos. A elevação da temperatura é certa em nível global, segundo o *Climate Knowledge Portal* (2021) pode haver um aumento de até 5°C, caso não haja redução no nível de emissões de gases poluentes. Os principais impactos apontados pelo portal são o aumento da intensidade de calor extremo e precipitações elevadas, afetando a saúde, a agricultura e a segurança alimentar, o abastecimento de água e de energia, os sistemas de transporte, a biodiversidade e os ecossistemas.

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) reforça que a desigualdade socioeconômica e étnica na América Central e América do Sul serão exacerbadas pela mudança climática. As regiões Norte e Nordeste concentram grande parte dos riscos levantados pelo relatório do IPCC (2022), estando caracterizados na região NES (Northeastern South America). O Nordeste, uma região populosa e semiárida, está propícia a períodos de seca prolongados, impactando no abastecimento de água e consequentemente na produção de alimentos, assim como na economia, na manutenção do bioma da Caatinga e seus ecossistemas e na intensificação de epidemias (IPCC, 2022).

A plataforma Adapta Brasil MCTI, fundada pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações em 2020, expõe os impactos climáticos no país no presente e projeções para os

anos de 2030 e 2050 em cenários pessimistas e otimistas, com o objetivo de propagar informações e facilitar a tomada de decisões. Os riscos climáticos são divididos em oito categorias: recursos hídricos, segurança alimentar, segurança energética, infraestrutura portuária, saúde, desastres hidrológicos, infraestrutura rodoviária e infraestrutura ferroviária.

Na aba de Recursos Hídricos (Figura 3), o impacto apontado para a cidade de Fortaleza é a seca, com um índice de alto risco. A sua composição é formada pela vulnerabilidade, exposição e ameaça climática. Os principais fatores influenciadores para essa classificação são “Programas ou ações de prevenção contra impactos da seca”, “Armazenamento e reservação de água” e “Demanda hídrica para múltiplos usos da água”.

Figura 3: Riscos atuais no município de Fortaleza.

ÍNDICES DE RISCO PARA FORTALEZA/CE (ADAPTA BRASIL)		
Impacto para a seca	Inundações, enxurradas e alagamentos	Deslizamento de terra
0,67 Alto	0,47 Médio	0,61 Alto
Fatores influenciadores	Fatores influenciadores	Fatores influenciadores
Programas ou ações de prevenção contra impactos de seca - 9,3%	Densidade da população em áreas urbanizadas - 24,2%	Densidade da população em áreas urbanizadas - 22,3%
Armazenamento e reservação de água - 8,9%	Proporção de domicílios em áreas de risco - 24,2%	Proporção de domicílios em áreas de risco - 22,3%
Demanda hídrica para múltiplos usos da água - 8,4%	População com demandas especiais em situação de desastres - 9,1%	População com demandas especiais em situação de desastres - 9,2%

Fonte: Adaptado de Adapta Brasil (2025).

Já quanto aos desastres geo-hidrológicos (Figura 3), Fortaleza tem um risco médio para inundações, enxurradas e alagamentos e um alto risco para deslizamento de terra. Os índices consideram a vulnerabilidade, exposição e ameaça. Os fatores influenciadores relevantes para as categorias são “Densidade da população em áreas urbanizadas”, “Proporção de domicílios em áreas de risco” e “População com demandas especiais em situação de desastres”.

Os autores Sousa *et al.*(2020) cruzam os dados de Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) com os Eventos Pluviométricos Extremos (EPE) no recorte de Fortaleza, concluindo que as áreas mais densas da cidade obtiveram mais incidência de eventos pluviométricos extremos, contudo, os bairros mais vulneráveis, que possuem menor poder de resposta, tiveram danos mais significativos em suas residências.

Segundo a Defesa Civil Municipal de Fortaleza, no ano de 2023 foram identificados deslizamentos, inundações e alagamentos em 39 bairros (Nascimento, 2024). De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a precipitação registrada na cidade durante 2023 e 2024 foi acima da média. Portanto, apesar da seca ser o risco principal, as precipitações elevadas também são fenômenos a serem considerados. Os cenários atuais já configuram uma situação de emergência, onde a água tem relação com maior parte dos impactos. Diante de um possível quadro de estresse hídrico, a gestão sustentável das águas é essencial para o mantimento dos ecossistemas e das atividades humanas. As infraestruturas tradicionais da cidade não se demonstram alinhadas com as urgentes necessidades de adaptação e redução das vulnerabilidades.

4. **Estudo de Caso: Lagamar**

Os eventos climáticos extremos não são recentes no contexto nordestino, no início do século XX o interior do Ceará enfrentou uma grande seca causando migração da população para a cidade de Fortaleza como forma de sobrevivência. O Lagamar é uma das comunidades mais antigas e surgiu como consequência desse contexto, ocupando uma área de mangue nas proximidades do Rio Cocó e alterando permanentemente o sítio natural existente. Nesse contexto, é um exemplo de vulnerabilidade socioambiental, consequentemente, surgem riscos que ameaçam a integridade das habitações, assim como o bem-estar da população.

A consolidação das habitações no perímetro, a partir da década de 80, se deu devido à valorização imobiliária das áreas adjacentes (Freitas, 2014), denotando o caráter segregatório no ambiente urbano da época, que reverbera até a atualidade. Atualmente, possui um Plano Integrado de Regularização Fundiária (PIRF) em andamento, sendo uma das únicas ZEIS onde foi aprovado um conselho gestor. Contudo, apesar de existirem diagnósticos, um projeto urbanístico aprovado e articulações com a comunidade, as obras foram pontuais e as problemáticas permanecem no território.

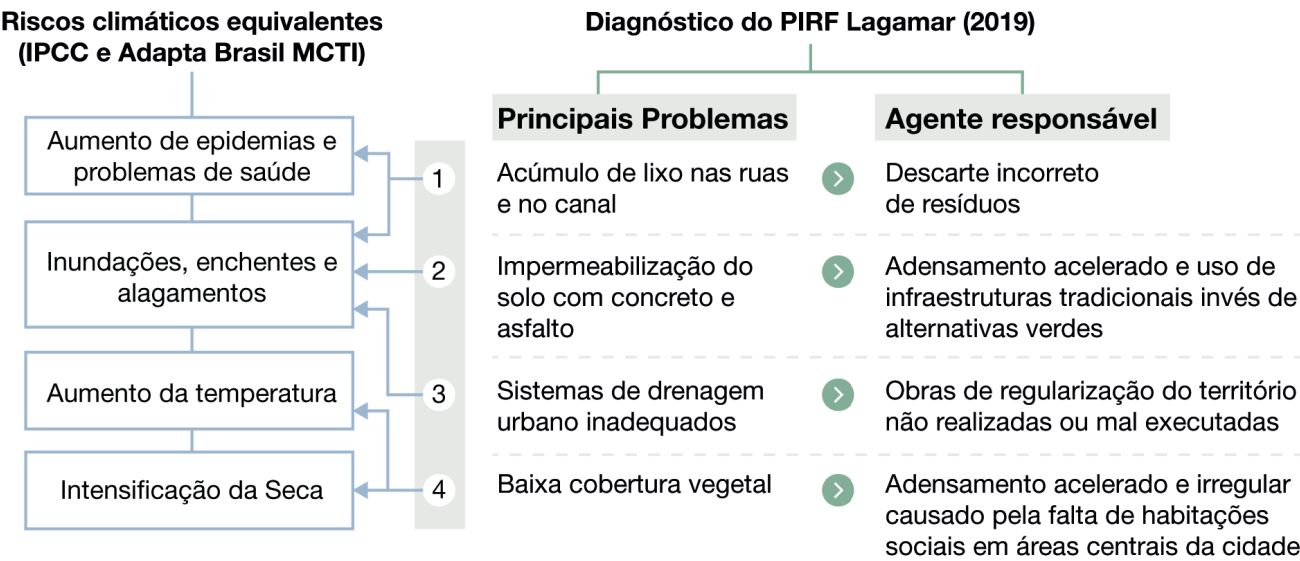
O assentamento está localizado nos bairros São João do Tauape e Alto da Balança, de baixo IDH, contudo, faz fronteira com áreas centrais da cidade de maiores concentrações de atividades e equipamentos. Essa proximidade com áreas valorizadas gerou diversos conflitos durante a existência do assentamento devido ao interesse público e privado (UECE, 2020), com ameaças de remoções devido a projetos de mobilidade - como o alargamento da avenida Raul Barbosa e a obra do Veículo Leve sobre Trilhos (VLT).

De acordo com o Caderno de Participação Comunitária (UECE, 2020), as alianças comunitárias do Lagamar sempre foram expressivas desde o início, na qual a população permaneceu unida para reivindicar seus direitos. Um desses casos foi a luta pela demarcação da área como Zona Especial de Interesse Social (ZEIS), não incluída no Plano Diretor aprovado em 2009 e conquistada após protestos da comunidade. O mesmo ocorreu quando obras

públicas previam a demolição de 350 casas, número para 11 demolições devido a esforços da comunidade (UECE, 2020).

Os moradores do Lagamar enfrentaram diversos desafios ao longo dos anos, sendo um grande exemplo de resistência e luta pela moradia. A comunidade é alvo das reportagens e matérias, principalmente em épocas chuvosas, devido às recorrentes inundações e prejuízos aos moradores, episódios frequentes durante toda a história do assentamento. Esse é o risco mais característico da região, de acordo com os relatórios do PIRF, artigos e jornais, representando uma situação alarmante diante da intensificação dos fenômenos climáticos. Vale ressaltar que para além disso, também existem problemáticas de segurança e violência, onde há uma disputa territorial pelas facções, dentre outras vulnerabilidades, contudo, devido ao recorte do artigo, serão enfatizadas aquelas que contribuem para os riscos climáticos.

Figura 4: Influência dos problemas do Lagamar nos Riscos Climáticos.



Fonte: Elaborado pelas autoras (2024).

Na Figura 4, foram destacados os principais problemas de acordo com o diagnóstico do PIRF e seus respectivos agentes responsáveis. Além disso, foi atribuído a cada um deles o risco climático equivalente - de acordo com IPCC e Adapta Brasil, ou seja, como influenciam em possíveis impactos futuros. Assim, busca-se avaliar quais são os riscos mais influentes no recorte em estudo e os motivos da permanência do cenário.

Analizando os problemas, é possível constatar que grande parte deles provém de dificuldades infraestruturais e no ordenamento territorial, além de que as inundações, enchentes e alagamentos são os riscos frequentemente interligados a eles. O problema 1 tem um viés cultural, já que depende também da educação ambiental e do descarte correto dos resíduos produzidos. Um fato relevante quanto a isso, seria a própria relação da população com o Riacho Tauape, que corta a comunidade ao meio e a divide em dois territórios. Por ser canalizado desde o início da ocupação, a população não desenvolveu uma conexão ou contato direto, influenciando na percepção do recurso como um local de despejo de dejetos, até pela falta de alternativas de esgotamento na época. Além disso, a coleta domiciliar, muitas vezes, não acontece devido à dimensão das vias, reforçando a importância do ordenamento territorial.

No Caderno de Diagnóstico e Plano Urbanístico do PIRF são previstas intervenções que solucionem ou amenizam os problemas 2, 3 e 4. Um novo sistema de drenagem é proposto, sugerindo que sejam adotados sistemas sustentáveis de drenagem como telhados verdes, pavimentos permeáveis, reservatórios de retenção e retenção ou trincheiras de infiltração. Além disso, as intervenções de regularização preveem a realocação de lotes que estão dentro do risco de inundação para áreas adjacentes. Também são propostos novos espaços de convivência como plataformas flutuantes que podem auxiliar na mudança de percepção do Riacho e incentivar sua preservação (UECE, 2020). Já quanto à vegetação, o plano se concentra na arborização nas praças, sendo importante reforçar mais vegetação ao longo das calçadas, um desafio devido ao espaço disponível.

Portanto, a resiliência do Lagamar depende da concretização das obras estruturais que solucionem as problemáticas persistentes, sobretudo que amenizem a precariedade e riscos dos assentamentos. Contudo, como observado nas últimas décadas, as políticas urbanas de Fortaleza têm uma implementação lenta tendo em vista a urgência do quadro. Alguns estudiosos, como Máximo e Pequeno (2024) e Freitas (2019), alertam para a priorização das necessidades do mercado acima da questão habitacional em Fortaleza, por mais que as políticas públicas tenham evoluído em incluir a pauta das comunidades urbanas.

Outra problemática observada é que as propostas de regularização fundiária e de planejamento urbano ainda incorporam muitas infraestruturas cinzas ou tradicionais. Cândido e Filho (2023) reforçam as dificuldades da urbanização sustentável em favelas, ressaltando que os discursos das políticas públicas não são praticados, em contrapartida, índices urbanísticos são flexibilizados para construções particulares.

Diante desse impasse, o Lagamar permanece vulnerável aos riscos existentes e suscetíveis aos futuros impactos climáticos, com possíveis perdas e danos mais graves. Quais ações podem amenizar os riscos no Lagamar de forma mais imediata? Quais metodologias podem ser adotadas para que a comunidade seja mais independente da iniciativa pública?

Alguns autores vêm estudando o fenômeno da insurgência em áreas periféricas, que resumidamente consiste na movimentação espontânea da população com a finalidade de

superar dificuldades, muitas vezes estão associados a instituições de ensino, que funcionam como corpo técnico. A partir da nova realidade climática, a sustentabilidade passa a ser um tema de relevância nessas organizações, surgindo métodos eficientes de atingi-la com resultados mais rápidos e promovendo a autonomia.

Cândido e Filho (2023) consideram a insurgência como uma possibilidade em concretizar a implantação de infraestruturas verdes nas periferias, citando o exemplo da Rede Desenvolvimento Local, Integrado e Sustentável (DLIS) nos bairros do Grande Bom Jardim. Segundo os autores, a Rede DLIS promove encontros com diversas temáticas, dentre elas a de Meio Ambiente, onde são elaborados diagnósticos e propostas a partir da participação popular. Dentre algumas propostas do eixo estão:

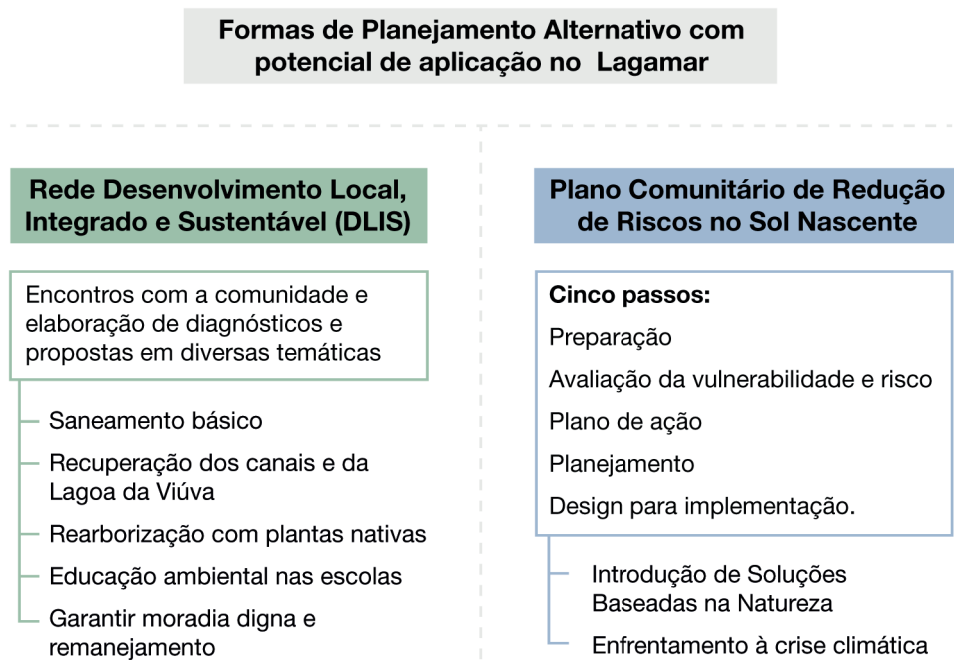
[...] garantir saneamento básico; recuperação dos canais, do rio Maranguapinho e da Lagoa da Viúva; rearborização com plantas nativas; educação ambiental no currículo das escolas; garantir moradia digna e remanejamento de pessoas que estão morando próximo aos corpos hídricos para áreas próximas de suas atuais moradias. (Cândido; Filho, 2023, p.13)

A existência dessas organizações no local permite que a sociedade civil tenha maior envolvimento e participação na preservação dos recursos naturais. Um exemplo disso é a luta da comunidade do Bom Jardim para a demarcação e implantação do Parque da Lagoa da Viúva (Cândido; Filho, 2023), demonstrando o interesse na preservação promovido pela insurgência.

O Laboratório Periférico, Grupo de Pesquisa e Extensão da Universidade de Brasília, é outro exemplo concreto da tentativa em implementar alternativas sustentáveis em áreas de vulnerabilidade. Dentre os diversos projetos do grupo, o Plano Comunitário de Redução de Riscos no Sol Nascente com base em Soluções Baseadas na Natureza (Andrade *et al.*, 2024) tem plena conexão com a realidade do Lagamar, existindo um potencial de articulação com as organizações locais em replicar o modelo.

Andrade *et al.* (2024) explicam que a iniciativa foi baseada no Guia de Mudanças Climáticas, Vulnerabilidade e Risco da ONU Habitat de 2020 que propõe cinco passos: preparação; avaliação da vulnerabilidade e risco; plano de ação, planejamento e design para implementação. Para isso, foram agendados 6 encontros presenciais com a população, em horários convenientes para que a maioria pudesse participar. Devido ao aumento do risco de alagamentos e enxurradas, o projeto tem o objetivo de introduzir soluções baseadas na natureza como forma de enfrentamento à crise climática. Para o processo formativo, foram utilizados conceitos descritos por Paulo Freire em associação com o estudo de padrões espaciais proposto por Andrade (2014). Com a utilização de mapas colaborativos, foram identificados os problemas da região e aplicadas as soluções em formatos de códigos pela própria comunidade (Andrade *et al.*, 2024).

Figura 5: Síntese dos exemplos de Planejamento Alternativo citados.



Fonte: Elaborado pelas autoras (2024).

Portanto, ambos os exemplos (Figura 5) demonstram formas de planejamento alternativo como uma alternativa viável em combater os riscos climáticos, de forma a possibilitar que a população tenha mais autonomia em aplicar soluções mais adequadas à sua região e compreender os possíveis eventos extremos que possam vir a acontecer. Assim, são metodologias que devem ser replicadas em demais comunidades, também como forma de mobilização geral para a temática climática em espaços mais vulneráveis.

5. Considerações finais

Diante de tudo que foi estudado, podemos trazer algumas discussões sobre as questões de vulnerabilidade e risco em comunidades urbanas. Em primeira instância, o planejamento urbano tradicional tem uma contribuição relevante na manutenção da precariedade e da ameaça climática nas comunidades, visto que as prioridades do mercado são postas acima das necessidades de ordenamento territorial e habitação digna. Além disso, a partir do estudo do Lagamar, vemos como os impactos climáticos são capazes de multiplicar no-

vas vulnerabilidades, já que surgiu a partir da seca extrema no interior do estado. Assim, as áreas ambientais intactas na cidade podem igualmente ser invadidas conforme a necessidade populacional, formando um ciclo vicioso.

Fortaleza, por ter um expressivo número de habitantes com baixo poder de resposta, precisa pôr em prática sua legislação vigente, se propondo a mitigar as desigualdades espaciais - como as existentes no contexto do Lagamar, como uma forma de combate à crise climática. Como foi abordado durante o estudo de caso, as propostas formais de planejamento - indispensáveis para a melhora das condições de vida da população, não se demonstraram eficientes o suficiente para promover uma resiliência imediata no local.

A problemática das inundações, um problema tão antigo da comunidade que também tem relação com a vulnerabilidade ambiental, persiste sem soluções efetivas e continua causando perdas materiais para os moradores. Além das demais ameaças no espectro da saúde e conforto térmico. Portanto, conclui-se que devem ser tomadas medidas de planejamento alternativas que tornem o Lagamar mais independente, além de introduzir a sustentabilidade para os cidadãos de forma imersiva para propagação do conhecimento e reprodução das técnicas.

Diante dos exemplos abordados da Rede Desenvolvimento Local, Integrado e Sustentável (DLIS) e do Laboratório Periférico, podem ser desenvolvidas estratégias similares com a comunidade em conjunto com a implantação do Plano Integrado de Regularização Fundiária (PIRF) em andamento. Dentre os problemas apontados na Figura 4, os que possuem maiores potencialidades de integrar essas alternativas são os Problemas 1 e 4, relacionados ao acúmulo de lixo e à cobertura vegetal.

Assim como nos exemplos citados, podem ser promovidas oficinas temáticas e mutirões de limpeza para conscientização, além de capacitar os indivíduos. Além disso, assim como no Grande Bom Jardim, podem ser propostas o plantio voluntário de mudas nativas para a diminuição das ilhas de calor. O papel das universidades como assessoria técnica é muito significativo para impulsionar os movimentos insurgentes e munir a população de argumentos frente à gestão pública.

Em conclusão, o estudo aqui apresentado demonstra um interesse em continuar investigando as novas possibilidades de planejamento alternativo dentro de realidades vulneráveis que tragam resultados mais palpáveis e espelhem as reais necessidades da população. O conhecimento pode ser compartilhado de forma mútua, os moradores ao sofrerem por tantos anos com os mesmos transtornos têm plena noção de como o território se comporta, sendo guias imprescindíveis para a montagem de Planos de Riscos e demais ações a serem implementadas.

Referências

ALVES, H. P. F.; TORRES, H. G. Vulnerabilidade socioambiental na cidade de São Paulo: uma análise de famílias e domicílios em situação de pobreza e risco ambiental. *Rev. São Paulo em Perspectiva*, São Paulo, Fundação Seade, v. 20, n. 1, p. 44-60, jan./mar. 2006. Disponível em: http://www.produtos.seade.gov.br/produtos/spp/v20n01/v20n01_04.pdf. Acesso em 12 out. 2024.

ALVIM, A. T. B.; RUBIO, V. M.; BÓGUS, L. M. M. Conflitos, áreas vulneráveis e sustentabilidade na Macrometrópole Paulista. *Rev. Ambiente & Sociedade*, São Paulo, v. 23, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20190133r1vu2020L2DE>.

ANDRADE L. Conexão dos padrões espaciais dos ecossistemas urbanos: A construção de um método com enfoque transdisciplinar para o processo de desenho urbano sensível à água no nível da comunidade e da paisagem. 2014. 544p. Trabalho de Doutorado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília. Brasília.

ANDRADE, L. M. S.; MORETTI, R. S.; LOUREIRO, V. R. T.; ROCHA, H. F. M. Formação popular para elaboração do plano comunitário de gestão de riscos frente às mudanças climáticas com soluções baseadas na natureza no Sol Nascente-DF. In: CONGRESSO LUSO-BRASILEIRO PARA O PLANEJAMENTO URBANO, REGIONAL, INTEGRADO E SUSTENTÁVEL (PLURIS), 10., 2024, Guimarães, Portugal

BRASIL. Ministério das Cidades. Assentamentos Precários no Brasil Urbano. 2010. Disponível em: https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNH/ArquivosPDF/Assentamentos_Precarios_no_Brasil_Urbano.pdf. Acesso em 12 out. 2024.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Adapta Brasil: sistema de informação para adaptação às mudanças climáticas. Disponível em: <https://adaptabrasil.mcti.gov.br/>. Acesso em: 12 out. 2024.

CÂNDIDO, M. E. P.; FILHO, J. A. F. F.. Infraestrutura verde como demanda de práticas insurgentes. Belém. In: XX ENANPUR Belém, mai. 2023. Disponível em: <https://anpur.org.br/wp-content/uploads/2023/05/st04-29.pdf>. Acesso em 17 mai. 2024.

CASTELLANOS, E. *et al.* Central and South America. *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2022. p. 1689-1816. DOI: <https://doi.org/10.1017/9781009325844.014>.

CASTRO, C.; PEIXOTO, M.; PIRES DO RIO, G. Riscos ambientais e geografia: conceituações, abordagens e escalas. Anuário do Instituto de Geociências UFRJ, v. 28, n. 2, 2005, pp. 11-30. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/aigeo/article/download/6292/4889>. Acesso em 27 mai. 2024.

CLIMATE KNOWLEDGE PORTAL. What is Climate Change?. Disponível em: <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/overview>. Acesso em 12 out. 2024.

FORTALEZA. Plano Local de Habitação de Interesse Social. 2012. Fortaleza. Disponível em: <http://salasituacional.fortaleza.ce.gov.br:8081/acervo/documentById?id=fcd18692-a091-4677-ac71-346c5cff1010>. Acesso em 27 mai. 2024.

Fortaleza em Mapas. 2025. Fortaleza. Disponível em: <https://mapas.fortaleza.ce.gov.br/>. Acesso em 1 mai. 2025.

FREITAS, C. F. S. Ilegalidade e degradação em Fortaleza: os riscos do conflito entre a agenda urbana e ambiental brasileira. Urbe - Revista Brasileira de Gestão Urbana, Curitiba, v. 6, n. 1, p. 109-125, jan./abr. 2014. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/12305>. Acesso em 27 mai. 2024.

FREITAS, C. F. S. Planejamento Insurgente? Insights de duas décadas do Direito à Cidade em Fortaleza, Brasil. 2019. City, analysis of urban trends, culture, theory, policy, action. Disponível em: <https://ppgaud.ufc.br/wp-content/uploads/2021/05/2019-city-insurgent-planning-portugues.pdf>. Acesso em 27 mai. 2024.

GARCIA, L. C.; VIANA, J. N. L.; LIMA, C. M. S. Gestão de risco, vulnerabilidade ambiental e a questão climática na gestão metropolitana. Cadernos Metrópole, v. 25, n. 58, p. 875-897, set. 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2236-9996.2023-5805>.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Censo Demográfico 2022: Favelas e Comunidades Urbanas - Resultados do universo. Rio de Janeiro: IBGE, 2024.

NASCIMENTO, T. Com 66 áreas de risco em Fortaleza, Prefeitura e Governo Federal irão revisar a situação desses locais. Jornal Diário do Nordeste. Fortaleza. 2024. Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/ceara/com-66-areas-de-risco-em-fortaleza-prefeitura-e-governo-federal-irao-revisar-situacao-desses-locais-1.3511815>. Acesso em 27 mai. 2024.

MARICATO, E. Metrópole na periferia do capitalismo. São Paulo, Hucitec, 1996.

MÁXIMO, R.; PEQUENO, R. Construir grandes conjuntos habitacionais periféricos não resolve o problema da moradia em Fortaleza. Observatório das Metrôpoles nas Eleições de Fortaleza. 2024. Disponível em: <https://www.brasildefatoce.com.br/2024/05/03/construir-grandes-conjuntos-habitacionais-perifericos-nao-resolve-o-problema-da-moradia-em-fortaleza>. Acesso em 27 mai. 2024.

MOSER, C. The asset vulnerability framework: reassessing urban poverty reduction strategies. World Development, New York, v.26, n.1, 1998.

OBSERVATÓRIO DAS METRÓPOLES. Núcleo Porto Alegre analisa os impactos das enchentes na população pobre e negra do Rio Grande do Sul. 2024. Disponível em: https://www.observatoriodasmetropoles.net.br/nucleo-porto-alegre-analisa-os-impactos-das-enchentes-na-populacao-pobre-e-negra-do-rio-grande-do-sul/?utm_source=Boletim&utm_medium=E-mail&utm_campaign=835&utm_content=N%C3%BAcleo+Porto+Alegre+analisa+os+impactos+das+enchentes+na+popula%C3%A7%C3%A3o+pobre+e+negra+do+Rio+Grande+do+Sul. Acesso em 27 mai. 2024.

O POVO. 2019. Moradores do Lagamar perdem bens, temem problemas de saúde e reclamam de ruas alagadas. Disponível em: <https://www.opovo.com.br/noticias/fortaleza/2019/04/02/moradores-do-lagamar-perdem-bens--temem-problemas-de-saude-e-reclamam-de-ruas-alagadas.html>. Acesso em 12 out. 2024.

O POVO. 2019. O que contribui para as enchentes e compromete os recursos hídricos em Fortaleza. Disponível em: <https://mais.opovo.com.br/jornal/2019/04/16/as-veias-abertas-de-fortaleza.html>. Acesso em 3 out. 2024.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Nova Agenda Urbana. In: Conferência das Nações Unidas sobre Habitação e Desenvolvimento Urbano Sustentável (Habitat III), 2016, Quito. Publicação do Secretariado da Habitat III. Nova York: ONU, 2017. Disponível em: <https://habitat3.org/the-new-urban-agenda/>. Acesso em: 12 out. 2024.

ROLNIK, R. Regularização fundiária. Brasília: Ministério das Cidades, 2005.

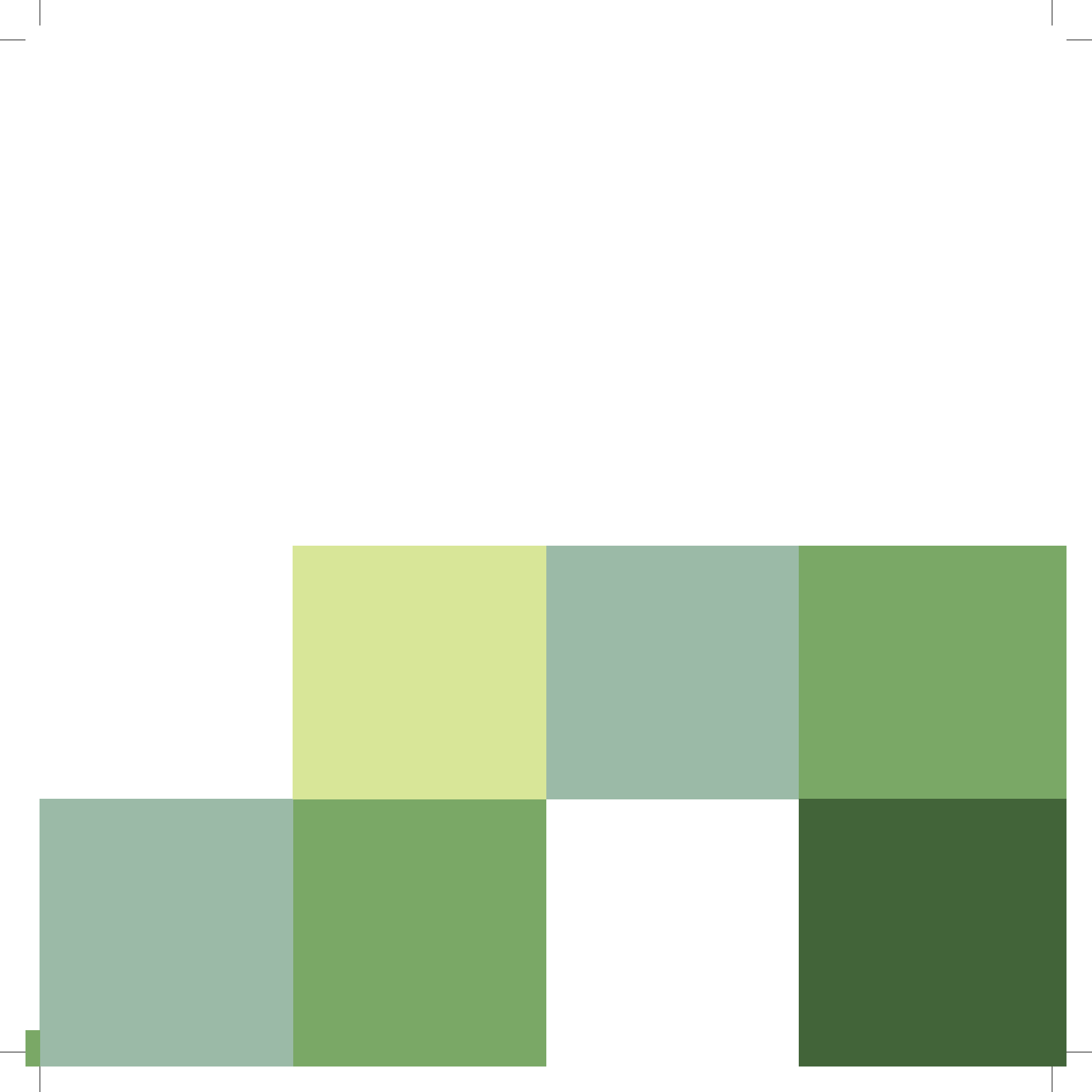
SOUSA, G. L.; ALVES, A. V. C. A.; NOGUEIRA, R.; ZANELLA, M. E. Impactos de eventos pluviométricos intensos em bairros socialmente vulneráveis na zona urbana de Fortaleza - CE em 2020. In: Congresso Internacional de Geoecologia das Paisagens e Planejamento Ambiental. Fortaleza, 2020.

NÓBREGA, A. C. O.; SILVA, A. A. B.; CIDRÃO, T. V. Os assentamentos precários em Fortaleza: um breve panorama da qualidade de vida dos excluídos. Revista de Direito da Cidade, v. 13, n. 2, p. 1023-1051, 2021. <https://doi.org/10.12957/rdc.2021.64644>.

TAGLIANI, C. R. A. Técnicas para avaliação da vulnerabilidade ambiental de ambientes costeiros utilizando um sistema geográfico de informações. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 11., 2003, Belo Horizonte. Anais. Belo Horizonte: INPE, 2003. p. 1657-1664.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ (UECE). Caderno de Participação Comunitária e Desenvolvimento Social: ZEIS Lagamar. Fortaleza, 2020.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ (UECE). Diagnóstico e Plano de Participação Comunitária e Desenvolvimento Social: ZEIS Lagamar. Fortaleza, 2020.



4. **Influência da vegetação sobre o conforto térmico: simulação microclimática da Praça Antônio de Pádua Dutra, em Piracicaba - SP**

Influence of vegetation on thermal comfort:
microclimatic simulation of Antônio de Pádua Dutra
Square, in Piracicaba - SP

Influencia de la vegetación en el confort térmico:
simulación microclimática de la Plaza Antônio de
Pádua Dutra, en Piracicaba - SP

Gabriela Capuano Pedro¹
Caio Frederico e Silva²

¹ Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Brasília, DF, Brasil. gabriela.capuanop@gmail.com

² Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Brasília, DF, Brasil. caiosilva@unb.br

Resumo

O aumento das edificações, a impermeabilização do solo e a supressão da vegetação contribuem para a elevação da temperatura e aumento do desconforto térmico nos centros urbanos. A fim de investigar a contribuição bioclimática da arborização nesse contexto, o estudo analisa a influência da vegetação para o conforto térmico no microclima da Praça Antônio de Pádua Dutra, em Piracicaba-São Paulo. O método baseado em simulações computacionais realizadas no software ENVI-met, versão 5.6.1, avalia o desempenho térmico em cenário anterior e outro posterior à remodelação realizada pela prefeitura para acomodar um estacionamento no local. Com foco na variação do índice PMV (Predicted Mean Vote), a pesquisa foi estruturada em quatro etapas: levantamento, modelagem, simulação e análise dos dados. Os resultados revelaram que a intervenção ocasionou alteração dos padrões climáticos locais e expansão de áreas de maior desconforto térmico. A superfície considerada termicamente confortável (PMV $-0,5$ e $+0,5$) reduziu-se, enquanto as zonas de desconforto severo (PMV superior a $+2$) aumentaram. Esses dados reforçam a importância da vegetação como estratégia de mitigação e adaptação climática no contexto urbano.

Palavras-Chave: Simulação computacional; Conforto térmico; Microclima; Vegetação; ENVI-met.

Abstract

The increase in buildings, soil sealing, and vegetation removal contributes to rising temperatures and greater thermal discomfort in urban centers. To investigate the bioclimatic contribution of urban greenery in this context, the study analyzes the influence of vegetation on thermal comfort in the microclimate of Praça Antônio de Pádua Dutra, in Piracicaba, São Paulo. Using computer simulations performed with the ENVI-met software, version 5.6.1, the method evaluates thermal performance in scenarios before and after a remodeling intervention by the local government to install a parking lot. Focused on the variation of the PMV (Predicted Mean Vote) index, the research was structured into four stages: data collection, modeling, simulation, and analysis. The results revealed that the intervention altered local climatic patterns and expanded areas of greater thermal discomfort. The thermally comfortable surface (PMV -0.5 and $+0.5$) decreased, while zones of severe discomfort (PMV above $+2$) increased. These findings reinforce the importance of vegetation as a strategy for climate mitigation and adaptation in urban environments.

Key-Words: Computer simulation; Thermal comfort; Microclimate; Vegetation; ENVI-met.

Resumen

El aumento de edificaciones, la impermeabilización del suelo y la eliminación de la vegetación contribuyen al incremento de la temperatura y al mayor malestar térmico en los centros urbanos. Con el objetivo de investigar la contribución bioclimática del arbolado en este contexto, el estudio analiza la influencia de la vegetación sobre el confort térmico en el microclima de la Plaza Antônio de Pádua Dutra, en Piracicaba, São Paulo. A través de simulaciones computacionales realizadas con el software ENVI-met, versión 5.6.1, se evalúa el desempeño térmico en escenarios anteriores y posteriores a una remodelación realizada por el ayuntamiento para la instalación de un estacionamiento. Enfocada en la variación del índice PMV (Predicted Mean Vote), la investigación se estructuró en cuatro etapas: recopilación de datos, modelado, simulación y análisis. Los resultados revelaron que la intervención modificó los patrones climáticos locales y expandió las áreas de mayor incomodidad térmica. La superficie considerada térmicamente confortable (PMV entre $-0,5$ y $+0,5$) se redujo, mientras que las zonas de incomodidad severa (PMV superior a $+2$) aumentaron. Estos datos refuerzan la importancia de la vegetación como estrategia de mitigación y adaptación climática en entornos urbanos.

Palabras clave: Simulación computacional; Confort térmico; Microclima; Vegetación, ENVI-met.



1. Introdução

Relatórios divulgados nos últimos anos pelo IPCC (Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas) e OMM (Organização Meteorológica Mundial) apontam que a temperatura média do planeta vem aumentando (IPCC, 2022; OMM, 2021). Mais do que dados, os impactos dessas alterações climáticas já são perceptíveis, seja pelos prolongados períodos de estiagem, pelo aumento do número de tempestades intensas ou pelas ondas de calor que agravam o desconforto térmico.

Conforme estudos de Oke (1987), o processo de urbanização contribui para esse cenário, uma vez que o crescimento urbano desordenado, combinado com o aumento da impermeabilização do solo e com o uso de materiais com alta absorção e emissão térmica, provoca alterações nas condições climáticas, que refletem diretamente no microclima urbano, no conforto ambiental e na qualidade de vida da população.

Diante dessa realidade, ainda que alguns municípios incorporem em suas legislações parâmetros construtivos que regulamentam e limitam a ocupação do solo, os aspectos climáticos continuam sendo sistematicamente negligenciados no processo de concepção dos projetos urbanos, comprometendo a eficácia das soluções propostas (Duarte, 2015). Assim, o planejamento urbano enfrenta o duplo desafio de adaptar as cidades para mitigar os efeitos das mudanças climáticas e superar a lacuna entre a legislação urbanística e sua aplicação prática.

Para atenuar os efeitos do calor nas áreas urbanas e otimizar a gestão ambiental, alguns estudos destacam o papel das áreas verdes na regulação térmica e na minimização de eventos extremos (Abreu e Labaki, 2010; Mascaró e Mascaró, 2002). Além da função paisagística, a vegetação urbana modifica significativamente parâmetros microclimáticos como umidade relativa do ar, temperatura, padrões de vento e sombreamento, contribuindo diretamente para a melhoria do conforto térmico e da qualidade de vida nas cidades (Duarte, 2015; Abreu, 2012; Labaki *et al.*, 2011; Shinzato e Duarte, 2013).

Entretanto, nota-se que, em muitas cidades brasileiras, além da concentração de áreas verdes se limitar a parques e praças ou como fragmentos isolados no tecido urbano, a sua remoção tem se tornado recorrente (Duarte, 2015). Justificada, em geral, por representarem riscos à população, por conflitarem com a infraestrutura urbana ou simplesmente para ceder espaço a novas construções, essa prática revela uma visão reducionista do planejamento urbano, que ignora os múltiplos benefícios ecossistêmicos da vegetação (Abreu e Labaki, 2010).

Um exemplo recente ocorreu na cidade de Piracicaba, no interior de São Paulo. Em 2023, a prefeitura do município executou uma obra que modificou a área de uma antiga praça no bairro central para acomodação de um estacionamento no local. Além de responsável pela retirada de toda vegetação e impermeabilização do solo, a instalação do estacionamento na Praça Antônio de Pádua Dutra, diverge de muitos estudos sobre mobilida-

de urbana sustentável, cujas propostas incentivam a criação de espaços adequados para o deslocamento de pedestres e ciclistas e priorizam o transporte coletivo em detrimento de automóveis particulares, principalmente em áreas centrais (Oliveira e Silva, 2015).

Além de comprometer a qualidade dos espaços públicos, devido ao valor estético e social proporcionado pela vegetação, a supressão de áreas verdes sem análises criteriosas que respaldem a tomada de decisões, como a executada no local pela prefeitura, também influi no conforto térmico e satisfação dos usuários (Romero, 2015). Dessa forma, estudos capazes de qualificar e quantificar a contribuição da vegetação nos centros urbanos têm grande potencial para servir como norteadores de futuras intervenções nos espaços públicos e melhoramento climático.

Diante desse contexto, a pesquisa teve como objetivo analisar a influência da vegetação para o conforto térmico no microclima da Praça Antônio de Pádua Dutra por meio das simulações computacionais realizadas no software ENVI-met, comparando o seu desempenho térmico em um cenário anterior e outro posterior à alteração da pavimentação e supressão vegetal realizada pela prefeitura do município.

Mais do que evidenciar a contribuição bioclimática da arborização no ambiente urbano, o estudo oferece embasamento teórico para orientar propostas de planejamento que promovam a vegetação adequada aos espaços públicos, favorecendo um desenho urbano que proporcione maior conforto térmico e bem-estar aos usuários.

2. Mudanças climáticas, urbanização e políticas públicas

Embora o clima apresente variações naturais, projeções indicam mudanças permanentes e irreversíveis, caracterizadas pelo aumento da temperatura média e pela maior frequência de eventos extremos (IPCC, 2022; OMM, 2021). Nessa conjuntura, as cidades passam a ter um papel central no debate sobre os impactos das mudanças climáticas, não apenas por concentrarem grande parte da população, mas principalmente pela gravidade dos riscos ambientais, já que os fenômenos naturais se tornam mais intensos e destrutivos nos ambientes urbanos, provocando perdas materiais e humanas expressivas.

Além de sofrerem os impactos das mudanças climáticas, os centros urbanos são reconhecidos como potenciais contribuintes para essas alterações, tanto pelas atividades humanas quanto pela forma de ocupação. Segundo Oke (1987), o clima das cidades resulta da interação entre o ambiente construído e a atmosfera, e fatores como a substituição da cobertura natural por superfícies impermeáveis, a alteração da rugosidade do solo e a introdução de materiais com diferentes propriedades térmicas e reflexivas modificam os balanços energéticos e os padrões climáticos locais.

Mediante o reconhecimento das cidades enquanto agentes transformadores do clima, surge a necessidade de adotar medidas para reverter e mitigar os problemas ambientais nesses locais, reforçando a importância de pesquisas que avaliem sua qualidade ambiental.

Nesse sentido, Labaki *et al.* (2011) ressaltam que diversos estudos têm sido conduzidos, com abordagens variadas, mas com o objetivo comum de compreender os fatores que influenciam as mudanças climáticas e fornecer subsídios para a implementação de ações que reduzam os efeitos negativos sobre o clima e o conforto.

Entretanto, ao analisar a questão sob uma perspectiva prática, nota-se que o tema ainda precisa evoluir para que seus conceitos sejam integralmente incorporados ao projeto e planejamento urbano. Apesar do reconhecimento cada vez maior das questões ambientais no âmbito das cidades, políticas que integrem aspectos climáticos na construção do espaço urbano e promovam a adaptação desses locais às mudanças climáticas, ainda são incipientes. Duarte (2015) esclarece que essa lacuna pode ser atribuída a fatores como as barreiras na comunicação entre o meio acadêmico e tomadores de decisão, ou até mesmo pela pouca importância atribuída aos elementos do clima na formulação de políticas urbanas.

A desconexão entre esses elementos resulta na ausência de diretrizes claras e eficazes para enfrentar os desafios climáticos, destacando a necessidade de maior integração entre pesquisa, planejamento e gestão pública. Para superar esses obstáculos, é fundamental a adoção de uma abordagem multidisciplinar que envolva especialistas, gestores e a comunidade, com o objetivo de desenvolver estratégias que garantam a qualidade de vida das populações urbanas e promovam cidades adaptadas às mudanças climáticas.

2.1 Forma urbana e desempenho climático

A urbanização no Brasil, assim como em outros países, ocorreu de forma acelerada e, em grande parte, desordenada, priorizando o crescimento econômico e a expansão das cidades em detrimento de questões ambientais e de uma gestão territorial sustentável (Duarte, 2015). Sem a devida integração entre a paisagem urbana e seu contexto físico, social e ambiental, esse processo resultou em uma série de problemas ambientais que afetam diretamente o conforto e a qualidade de vida da população.

A partir dessa realidade, torna-se fundamental repensar o planejamento das cidades e buscar formas urbanas que promovam um urbanismo sustentável. Sobre o tema, Assis (2008) resalta a importância crescente, nos últimos anos, das pesquisas que investigam a relação entre o desenho físico urbano e seus impactos nas condições climáticas. Centrados na influência da infraestrutura urbana sobre processos meteorológicos e atmosféricos locais, esses estudos indicam que a disposição dos elementos urbanos, as propriedades dos materiais de construção, a distribuição de áreas verdes e a densidade construída influenciam diretamente em variáveis como ventilação, insolação e distribuição de temperaturas (Romero, 2015; Labaki *et al.*, 2011; Lombardo, 1985).

Para reduzir problemas ambientais e criar espaços mais confortáveis que ofereçam uma melhor qualidade de vida, é importante analisar como os diversos elementos do de-

senho urbano podem ser incorporados no planejamento das cidades. Estratégias como a adaptação da forma, a manipulação da geometria e a implementação de infraestruturas verdes têm se destacado e demonstrado resultados positivos na melhoria das condições térmicas e na redução dos impactos negativos sobre o microclima (Shinzato e Duarte, 2013; Monteiro e Alucci, 2012; Abreu e Labaki, 2010).

Apesar da relevância do clima para o planejamento urbano, pouco do conhecimento climatológico é aplicado na prática. Para Assis (2008), alguns fatores explicam a dificuldade de transpor o conhecimento científico para a prática, como a escassez de estudos aprofundados na área, que frequentemente se limitam a análises descritivas com resultados aplicáveis apenas aos casos investigados, ou a elaboração de recomendações excessivamente genéricas, que não consideram as particularidades climáticas de cada localidade.

Essa desconexão entre o conhecimento científico e a prática também se evidencia ao analisar os mecanismos legais existentes. Embora a legislação disponha de diversos instrumentos para definir a forma urbana e regular a ocupação do solo, esses parâmetros raramente consideram estudos climáticos ou projeções de seus impactos no microclima. Em muitos casos, além de não preservarem as condições climáticas adequadas, limitam-se a organizar a ocupação do solo. Apesar de amplamente utilizados pela administração pública e por planejadores, tais instrumentos carecem de uma análise crítica e não aproveitam plenamente a integração de conhecimentos da climatologia no planejamento e gestão das cidades (Duarte, 2015).

Diante desses desafios, a comunidade acadêmica tem reunido esforços no desenvolvimento de metodologias e ferramentas que permitam análises quantitativas e integradas da forma e do clima urbano, priorizando o conforto ambiental e a eficiência no uso de recursos energéticos e materiais. São propostas baseadas em dados quantificados e que combinam análises sistemáticas do espaço urbano com modelos de simulação climática, o que possibilita revisões nos padrões de configuração das cidades, nas legislações e nos processos de planejamento (Assis, 2008).

Devido à sua versatilidade, ao permitir aplicações tanto em cenários reais quanto hipotéticos, a simulação microclimática surge como um método eficaz que ajuda a compreender fenômenos relacionados ao clima urbano e avaliar estratégias de mitigação e adaptação antes de sua implementação. Isso facilita na identificação dos arranjos urbanos mais adequados e na melhoria das condições climáticas locais, resultados que abordagens meramente descritivas não são capazes de alcançar.

Portanto, espera-se ampliar o escopo das pesquisas em climatologia urbana e desenvolver modelos preditivos aplicáveis ao planejamento, permitindo a comparação entre os cenários projetados pelas ações dos planos e legislações urbanas. A expectativa é que a análise sistemática dos espaços urbanos, combinada com o uso de modelos de simulação de variações climáticas, possa contribuir de forma significativa para a criação de critérios e métodos mais eficazes e adaptáveis.

2.2 Vegetação urbana como infraestrutura pública estratégica

A urbanização causa mudanças profundas nos ecossistemas naturais, como o aumento da temperatura, diminuição da umidade e alteração da composição química do ar, o que gera microclimas muitas vezes desfavoráveis à habitabilidade e à sustentabilidade (Abreu e Labaki, 2010). Nesse contexto, a vegetação emerge como um elemento essencial para mitigar ou reverter esses efeitos. Com sua capacidade de reguladora climática, ela se destaca como uma solução eficaz para melhorar o ambiente urbano, atenuando o aquecimento e contribuindo para condições mais equilibradas e agradáveis.

Áreas verdes proporcionam diversos benefícios ao ambiente urbano, e, conforme salientado por Mascaró e Mascaró (2002), o sombreamento é um dos mais relevantes. As árvores que protegem vias e estacionamentos da radiação solar evitam o superaquecimento de materiais como asfalto e concreto, além de atenuar a liberação do calor acumulado durante a noite. Do mesmo modo, a sombra projetada nas fachadas dos edifícios também contribui para a diminuição do calor interno, o que reduz a dependência de sistemas de refrigeração artificial e melhora a eficiência energética.

A contribuição da vegetação também se estende para a ventilação urbana, pois, ao controlar a circulação do ar e direcionar o fluxo de ventos, mantém sua velocidade mais estável. Pode ainda funcionar como barreiras naturais, auxiliando na redução de ruídos e retenção de partículas poluentes, o que repercute na melhora da qualidade do ar e diminuição da poluição atmosférica (Shinzato, 2009).

Além disso, as árvores ajudam a regular a umidade do ar por meio da evapotranspiração, processo no qual a vegetação absorve a radiação solar e libera vapor d'água, resfriando e umidificando o ambiente ao seu redor (Abreu e Labaki, 2010). Paralelamente a isso, sua presença representa benefícios para a permeabilidade do solo, pois facilita a infiltração da água da chuva e ajuda a diminuir o risco de enchentes, corroborando uma gestão hídrica mais sustentável.

Shinzato e Duarte (2013) reforçam que, além dos benefícios climáticos e ecológicos, as áreas arborizadas possuem valor estético e social, proporcionando espaços de lazer, descanso e recreação. Esses ambientes influenciam positivamente o conforto dos usuários, promovendo estabilidade emocional e bem-estar psicológico. Como consequência, podem contribuir para a redução dos custos com saúde pública, a diminuição da violência e a melhoria da qualidade de vida.

Contudo, apesar dos benefícios amplamente reconhecidos da vegetação, muitas cidades brasileiras ainda enfrentam desafios significativos, como o manejo inadequado das árvores, a falta de um planejamento integrado e a ausência de políticas que viabilizem ações efetivas para melhorar as condições da arborização urbana. Essa realidade se reflete na distribuição limitada da vegetação, restrita a parques, praças ou fragmentos isolados no tecido urbano, além da remoção frequente de árvores, muitas vezes justificada por questões de se-

gurança, incompatibilidade com infraestruturas ou para ceder espaço a novas construções (Abreu e Labaki, 2010).

Os impactos negativos desse contexto repercutem na qualidade de vida e evidenciam a necessidade imediata de políticas e ações que priorizem a vegetação como elemento central do planejamento urbano. Especialistas destacam que a criação de um sistema verde eficaz exige a avaliação criteriosa de múltiplos aspectos. Características intrínsecas das espécies (como porte, densidade e idade) devem ser analisadas em conjunto com sua disposição no espaço urbano. Essa abordagem integrada permite a seleção de espécies mais adequadas e a definição de estratégias de implantação e distribuição espacial que maximizem seus benefícios (Labaki *et al.*, 2011).

Nesse sentido, muitos autores apostam na simulação computacional como uma ferramenta capaz de analisar a eficácia da arborização em diferentes contextos, considerando variáveis climáticas, características das espécies e particularidades locais (Shinzato e Duarte, 2013; Abreu, 2012; Francisco 2012; Labaki *et al.*, 2011). Por meio dessa ferramenta, é possível avaliar cenários reais e projetar intervenções que maximizem os benefícios da vegetação, propondo melhorias ainda na fase de planejamento.

Assim, considerando a importância da vegetação na redução dos impactos negativos da urbanização, a integração de áreas verdes no planejamento urbano se torna uma solução fundamental para o desenvolvimento de cidades mais sustentáveis e confortáveis. Nessa perspectiva, a simulação computacional garante a integração estratégica da vegetação ao orientar intervenções futuras e evitar falhas no planejamento urbano. Dessa forma, promove-se a criação de ambientes climaticamente confortáveis, contribuindo para o equilíbrio ambiental e a melhoria da qualidade de vida nas cidades.

3. Método

A intervenção realizada pela prefeitura de Piracicaba na Praça Antônio de Pádua Dutra foi tomada como estudo de caso para avaliar os impactos microclimáticos decorrentes da remoção da vegetação e da impermeabilização do solo. Para isso, a pesquisa utilizou o software ENVI-met (versão 5.6.1) como ferramenta de simulação computacional, permitindo a comparação entre os cenários anterior e posterior à intervenção. A metodologia, estruturada em quatro etapas: levantamento, modelagem, simulação e análise dos dados, segue os procedimentos descritos por Silva e Santos (2018), com adaptações às condições climáticas específicas da cidade de Piracicaba.

3.1 Área de estudo

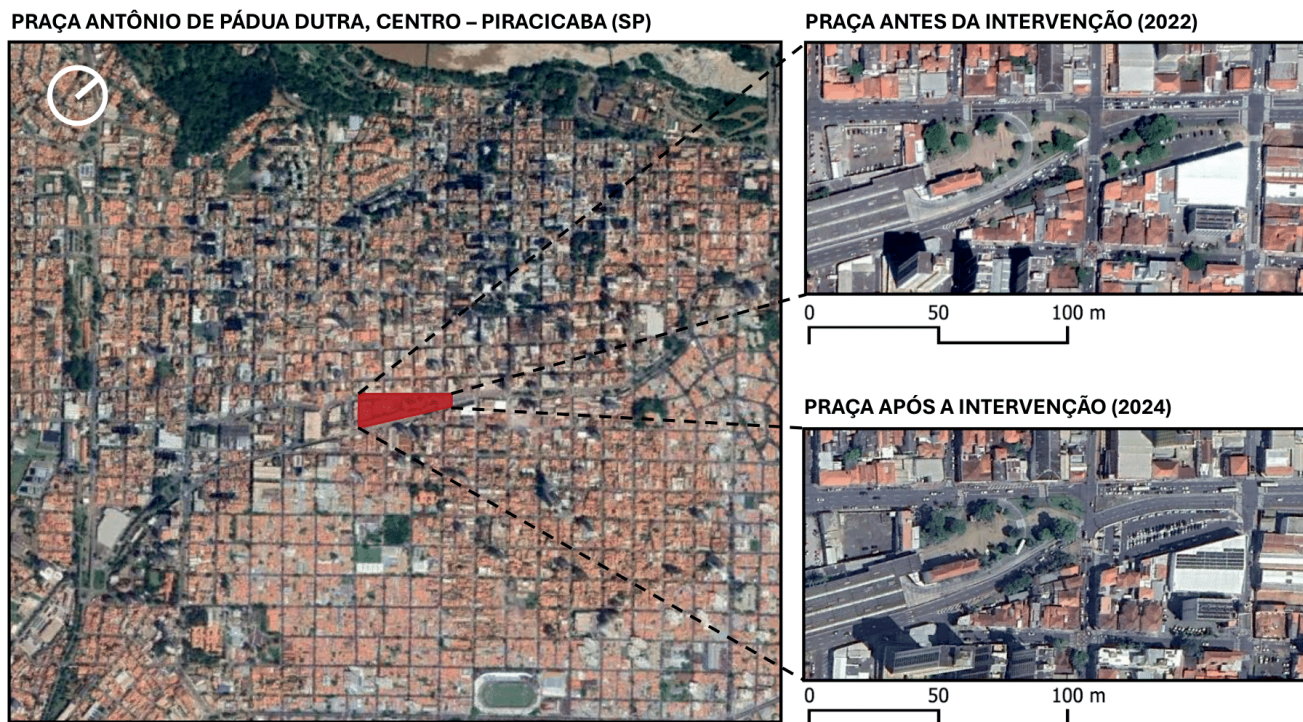
Localizada no centro de Piracicaba, cidade do interior de São Paulo, a aproximadamente 160 km da capital e com cerca de 423 mil habitantes (IBGE, 2022), a Praça Antônio de Pádua Dutra faz parte de um relevante conjunto histórico que se desenvolveu ao redor da antiga Estação Ferroviária Sorocabana, inaugurada em 1885 (IPPLAP, 2004). O espaço se destaca pela intensa movimentação de pessoas, impulsionada pela concentração de comércios e serviços, além da proximidade com o Terminal Central de Integração, principal ponto de conexão do transporte público municipal (Figura 1).

Em 2023, sob a justificativa de ampliar o número de vagas para automóveis, a prefeitura transformou a praça em um estacionamento. Contudo, além de negligenciar o potencial da praça enquanto espaço de convivência e lazer, a intervenção desconsiderou as características do local que poderiam ter sido usadas para soluções sustentáveis, contrariando tendências globais de planejamento urbano.

Ademais, a praça contava com uma cobertura vegetal expressiva, composta por espécies ornamentais, árvores frutíferas e exemplares nativos importantes da mata pluvial atlântica paulista (Silva Filho, 2004). A retirada dessa vegetação, aliada à impermeabilização do solo, ambas realizadas sem a devida avaliação dos impactos climáticos, despertou preocupações quanto à perda de biodiversidade, às mudanças no microclima e à diminuição do conforto térmico.

Nesse sentido, para avaliar as consequências das intervenções, a pesquisa utilizou simulações computacionais por meio do software ENVI-met, versão 5.6.1, que permitiram modelar o microclima da praça em um cenário antes e outro após as obras. Essa abordagem possibilitou uma análise detalhada das variáveis climáticas, contribuindo para uma compreensão mais profunda dos impactos das mudanças na vegetação e no solo para o conforto térmico do local.

Figura 1 - Localização da área de estudo no centro de Piracicaba-SP (esquerda), e das praças antes (2022) e depois (2024) da obra realizada pela prefeitura (direita).



Fonte: adaptado pelos autores.

Estudos sobre conforto térmico em espaços abertos enfrentam dificuldades devido à grande quantidade de variáveis e processos complexos envolvidos. Frente a isso, a modelagem numérica por simulação computacional tem se mostrado uma ferramenta eficiente, pois permite a construção de modelos tridimensionais e a simulação detalhada de fenômenos naturais (Francisco, 2012; Bruse e Fleer, 1998).

Essa abordagem possibilita avaliar cenários atuais e futuros, assim como prever impactos decorrentes de mudanças urbanísticas. Em virtude de suas características e potencialidades, essa metodologia colabora não apenas com pesquisas em clima urbano, mas gera dados precisos que podem orientar decisões que visam à sustentabilidade e ao conforto ambiental nas cidades.

No panorama global de modelagem ambiental, o software ENVI-met consolidou-se como referência em simulações ambientais, com ampla aplicação em pesquisas sobre mi-

croclima urbano e conforto térmico em espaços abertos. Desenvolvido pelo Departamento de Geografia da Universidade de Bochum, na Alemanha, o programa é reconhecido por sua eficiência em modelar, com precisão, fenômenos atmosféricos como radiação solar, variações de temperatura, umidade relativa e dinâmica de ventos. Sua funcionalidade estende-se, ainda, ao cálculo de índices de conforto térmico e à análise integrada de processos biofísicos - incluindo balanços de energia em superfícies vegetadas (Bruse e Fleer, 1998).

Devido à sua reconhecida eficácia em análises microclimáticas urbanas, esta pesquisa utilizou o software ENVI-met 5.6.1 para avaliar o impacto da vegetação no conforto térmico da Praça Antônio de Pádua Dutra em Piracicaba-SP. A abordagem baseou-se na comparação de dois cenários distintos: um anterior à intervenção (com vegetação e solo permeável) e outro posterior (com estacionamento e solo impermeabilizado).

3.2 Levantamento de dados, modelagem e simulação dos cenários

A modelagem dos dois cenários foi desenvolvida por meio da integração de diversas fontes de dados. Como referência principal, foram utilizadas plantas baixas da área de estudo cedidas pela Prefeitura de Piracicaba, as quais foram aprimoradas com levantamentos de campo e imagens de satélite obtidas pelo software Google Earth para garantir a atualização das informações. Na configuração dos cenários, as características das edificações (altura e disposição), tipos de pavimento e espécies vegetais registradas nos cenários pré e pós-intervenção foram catalogadas, conforme exibido na Figura 2.

Figura 2 - Dados físicos das edificações, superfícies e vegetação antes da obra (acima) e depois da obra (abaixo).

CENÁRIO ANTERIOR



CENÁRIO POSTERIOR



Fonte: Autores (2024).

Com o auxílio do Inventário da arborização viária nos bairros de Piracicaba/SP (Silva Filho *et al.*, 2004) foi possível a identificação das espécies vegetais que compunham a Praça Antônio de Pádua Dutra antes da modificação. Importante para o microclima urbano e conforto térmico dos usuários, a praça abrigava uma biodiversidade expressiva e contava com muitas espécies nativas que foram removidas durante a reforma, como Canelinha (*Nectan-*

dra megapotamica), Aldrigo (*Pterocarpus violaceous*), Sibipiruna (*Caesalpinia pluviosa*) e Sabão-de-Soldado (*Sapindus saponária*).

Além das espécies nativas, algumas árvores de frutos comestíveis como a Aceroleira (*Malpighia puniceifolia*) e outras ornamentais muito utilizadas na arborização urbana como o Resedá (*Lagerstroemia indica*) e o Jacarandá (*Jacaranda mimosifolia*) compunham a paisagem (Silva Filho *et al.*, 2004). A tabela 1 apresenta as espécies arbóreas levantadas em toda a área da praça, inclusive as espécies retiradas durante a execução das obras.

Tabela 1 - Levantamento das espécies arbóreas.

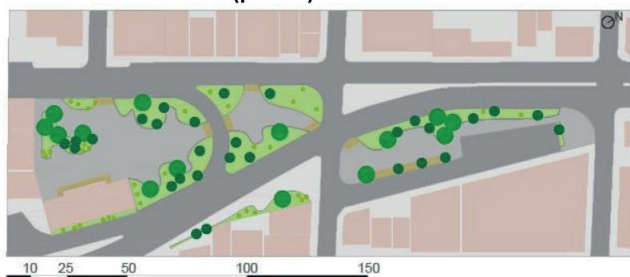
	NOME POPULAR	NOME CIENTÍFICO
1.	Aceroleira	Malpighia puniceifolia
2.	Goiabeira	Psidium guajava
v	Mangueira	Mangifera indica
4.	Aldrigo	Pterocarpus violaceous
5.	Canelinha	Nectandra megapotamica
6.	Sabão-de-soldado	Sapindus saponária
7.	Sibipiruna	Caesalpinia pluviosa
8.	Jacarandá	Jacaranda mimosifolia
11.	Resedá	Lagerstroemia indica
12.	Jerivá	Syagrus romanzoffianum

Fonte: Silva Filho *et al.*, 2004

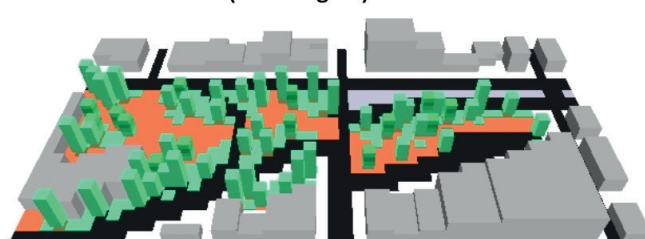
Considerando as configurações e restrições do software, para a modelagem de ambos os cenários foi definido um recorte de 200m x 100m e o norte foi rotacionado -62° Leste. Esses elementos foram então compatibilizados com o banco de dados do ENVI-met para garantir precisão nas simulações e foram apresentados na Figura 3 e Tabela 2.

Figura 3 - Planta baixa da praça e entorno imediato de ambos os cenários (esquerda) e respectivas modelagens executadas no software ENVI-met V5.6.1 (direita)

CENÁRIO ANTERIOR (planta)



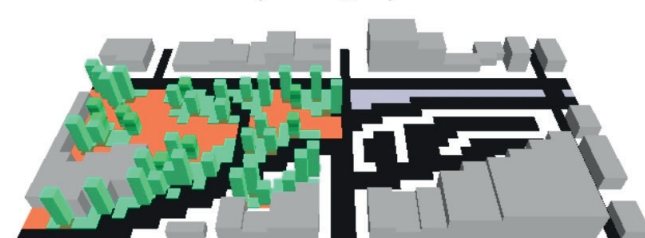
CENÁRIO ANTERIOR (modelagem)



CENÁRIO POSTERIOR (planta)



CENÁRIO POSTERIOR (modelagem)



Fonte: Imagem extraída do Software ENVI-met (2024), adaptado pelos autores.

Tabela 2 - Compatibilização dos materiais superficiais e da vegetação com o banco de dados do ENVI-met V5.6.1.

LEVANTAMENTO DE SUPERFÍCIES		BANCO DE DADOS ENVI-met V5.6.1.	
NOME	NOME		ALBEDO
Pedra portuguesa	Concrete pavement gray	PG	0,50
Intertravado	Brick road (red stone)	KK	0,30
Asfalto	Asphalt road	ST	0,20
Grama	Grass 25cm aver, dense	GG	X
LEVANTAMENTO DE VEGETAÇÃO		BANCO DE DADOS ENVI-met V5.6.1.	
NOME	NOME		
Árvores de grande porte	Tree 10m, very dense, leafless base		T1
Árvores de médio/pequeno porte	Tree 10m, medium dense, leagless base		T0
Jerivá	Tree 15m, medium dense, distinct crown		S1

Fonte: ENVI-met, adaptado pelos autores (2024).

Os parâmetros climáticos foram obtidos na plataforma do LEB/ESALQ-USP (Departamento de Engenharia de Biosistemas da USP - Campus Luiz de Queiroz, em Piracicaba-SP), por meio do Posto Meteorológico Professor Jesus Marden dos Santos, referentes ao dia 22 de setembro de 2023. Essa data foi selecionada estrategicamente para representar condições climáticas médias, evitando extremos de verão ou inverno. Os dados abrangeram três horários de referência: 9h, 15h e 21h, permitindo analisar variações diurnas no microclima, como indicado na Tabela 3.

Tabela 3 - Dados de entrada do modelo.

PARÂMETROS DE ENTRADA	HORÁRIO DA SIMULAÇÃO		
DATA DE INÍCIO	22/09/2023 (9:00)	22/09/2023 (15:00)	22/09/2023 (21:00)
Temperatura do ar (°C)	21,50	29,35	28,30
Velocidade do vento (m/s)	0,90	1,0	1,4
Umidade do ar (%)	75,00	49,50	42,00
Direção dos ventos (°)	122		
Coeficiente de rugosidade	0,01		
Umidade específica a 2500 metros (g/kg)	9,63		
DADOS GEOGRÁFICOS			
Latitude	22°42'30" S		
Longitude	47°38'00" W		
Rotação do norte	- 62		

Fonte: LEB-ESALQ-USP (2024).

O uso do índice PMV (*Predicted Mean Vote - Voto Médio Previsto*) nesta pesquisa deveu-se, em grande parte, às limitações impostas pela versão gratuita do software ENVI-met 5.6.1, que restringe o cálculo de outros indicadores de conforto térmico mais adequados a ambientes externos, como o PET (*Physiological Equivalent Temperature - Temperatura Equivalente Fisiológica*) ou o UTCI (*Universal Thermal Climate Index - Índice Climático Térmico Universal*). Embora o PMV tenha sido originalmente desenvolvido para avaliações em espaços internos, sua aplicação em contextos externos foi validada por estudos acadêmicos e pelo próprio fabricante do software, desde que consideradas as adaptações necessárias (ENVI-met, 2020; Honjo, 2009).

O índice PMV, desenvolvido por Fanger (1972), estabelece uma escala de sensação térmica que quantifica a percepção humana do ambiente térmico, integrando variáveis ambientais, como temperatura do ar (°C), umidade relativa (%), velocidade do vento (m/s), com fatores individuais, incluindo taxa metabólica e resistência térmica da vestimenta.

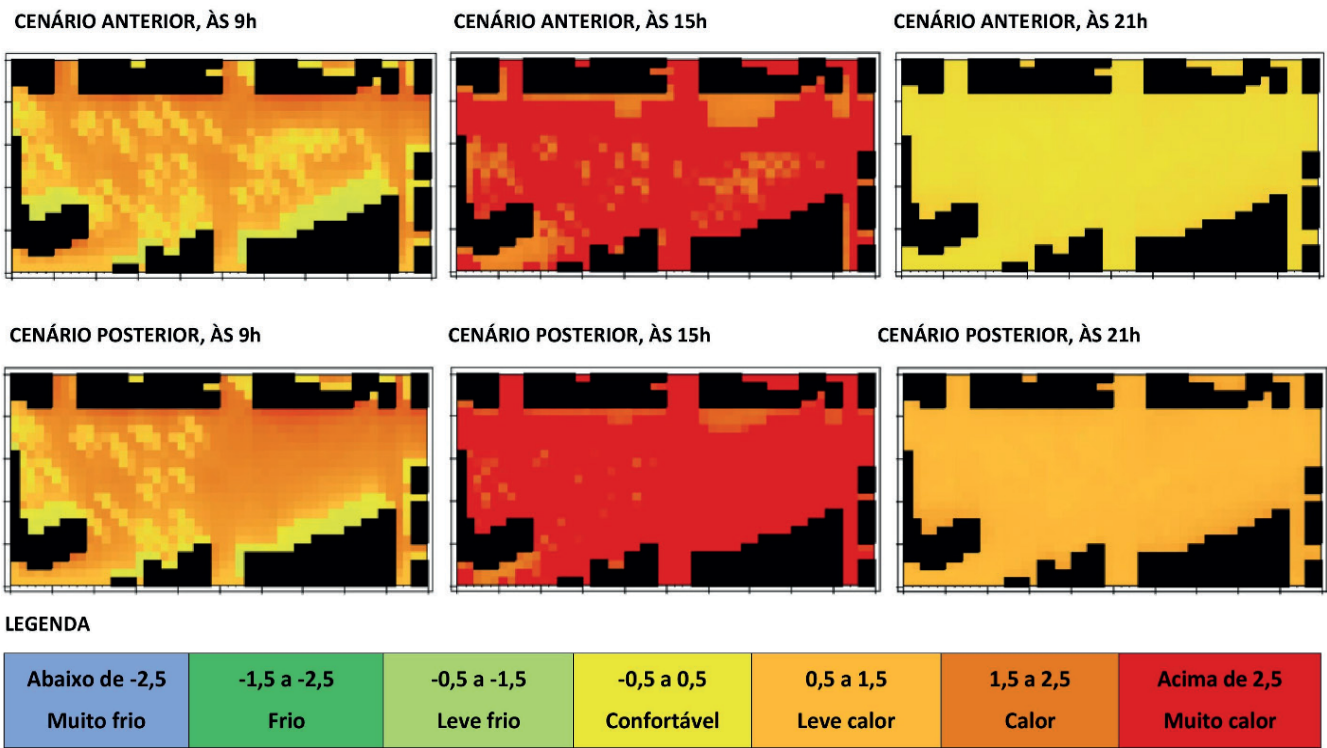
A escolha desse índice mostrou-se uma ferramenta viável para comparar o impacto da vegetação no conforto térmico, destacando as diferenças entre o cenário anterior e pos-

terior à intervenção sobre as condições de estresse térmico. Na pesquisa, o cálculo do PMV foi realizado por meio do plugin Biomet, integrado ao ENVI-met, considerando um indivíduo padrão (homem de 35 anos, 1,75m e 75kg).

4. Resultados

Após simulados os cenários, os resultados foram sintetizados em mapas pelo *plugin* Leonardo. Por meio da análise dos mapas de PMV, ilustrados na Figura 4, é possível avaliar a influência da vegetação no conforto térmico da área ao longo do dia.

Figura 4 - Mapas de PMV comparando os dois cenários. Imagem extraída do Software ENVI-met.



Fonte: Adaptado pelos autores. (2024),

Durante o período matutino (9h), no cenário anterior à reforma, os valores de PMV apresentaram variações mais equilibradas, com maior extensão de áreas sombreadas, os

valores se mantiveram em índice próximo ao “confortável”. Em contraste, o cenário pós-intervenção, caracterizado pela remoção das árvores e aumento da área impermeabilizada, apresentou um agravamento das condições térmicas com a expansão de áreas que indicam “calor”.

À medida que o sol atingia seu ápice às 15h, as diferenças entre os cenários se intensificavam. Nas áreas onde a vegetação foi removida para dar lugar à pavimentação, os índices PMV dispararam, saltando de «calor» para «muito calor». Em contraste, os locais que preservaram suas copas arbóreas no cenário original mantiveram condições térmicas relativamente mais amenas, ainda classificadas como «calor», porém significativamente menos intensas que nas áreas desprovidas de vegetação.

A análise noturna (21h) revelou que os efeitos da vegetação persistem mesmo após o pôr-do-sol, com contrastes ainda mais marcantes. O cenário com vegetação apresentou resfriamento mais rápido, conseguindo atingir níveis de “conforto” enquanto as áreas impermeabilizadas do cenário reformado mantiveram temperaturas elevadas por mais tempo, refletindo no PMV de “leve calor”.

As características da vegetação que explicam essa diferença nos resultados estão diretamente relacionadas às suas propriedades termorreguladoras. No cenário anterior, a copa das árvores proporcionava sombreamento contínuo, reduzindo a incidência direta da radiação solar sobre as superfícies e os usuários da praça. Esse sombreamento natural diminui a temperatura do ar nas áreas protegidas, mantendo os índices PMV próximos do confortável. Além disso, as áreas verdes promovem o resfriamento evaporativo através do processo de transpiração vegetal, que aumenta a umidade relativa do ar, outro fator importante para o conforto térmico.

Por outro lado, a remoção da vegetação no cenário pós-intervenção eliminou todos esses benefícios. As superfícies pavimentadas expostas absorvem e acumulam calor rapidamente, criando ilhas de calor localizadas. Sem o sombreamento arbóreo, a radiação solar incide diretamente sobre o solo e os materiais construtivos passam a irradiar calor para o ambiente. Esta transformação foi agravada pela interrupção do processo de transpiração vegetal, que anteriormente contribuía para o aumento da umidade relativa do ar e o consequente resfriamento evaporativo.

O comportamento dos materiais de alta inércia térmica revelou-se especialmente crítico no período noturno. Durante o dia, essas superfícies absorvem e armazenam calor de forma intensa; à noite, porém, liberam essa energia acumulada de maneira gradual e prolongada. Esse mecanismo de liberação térmica tardia explica a persistência de índices PMV elevados mesmo nas horas mais frescas, criando um padrão homogêneo de desconforto térmico que se estende por toda a área reformada. Diferentemente da vegetação, que permite o rápido resfriamento após o pôr do sol, esses materiais perpetuam as condições de calor, transformando a noite urbana em uma extensão do desconforto térmico diurno.

Ainda que o local anteriormente não apresentasse sensação de conforto térmico em todos os horários, os mapas demonstram que a cobertura vegetal e o solo permeável funcionam como um sistema de climatização natural capaz de modular as condições térmicas ao longo do ciclo diário, auxiliando na amenização da sensação de desconforto dos usuários. Nesse sentido, os resultados logrados coincidem com os estudos que defendem a influência positiva da cobertura vegetal no microclima urbano e sua relevância na atenuação das altas temperaturas e melhoria do conforto térmico, constituindo um recurso capaz de proporcionar maior qualidade de vida nas cidades (Shinzato e Duarte, 2013; Duarte, 2015; Abreu, 2012; Labaki *et al.*, 2011).

Além disso, os dados gerados pelas simulações evidenciam a fragilidade das políticas de planejamento urbano, ainda pouco estruturadas para incorporar variáveis climáticas de forma sistemática nos processos decisórios. Nesse contexto, a utilização do software ENVI-met (versão 5.6.1) demonstrou-se uma ferramenta eficaz para a análise do microclima, permitindo mensurar com precisão os efeitos da vegetação sobre o conforto térmico e avaliar comparativamente os diferentes cenários urbanos simulados. Ao articular dados técnicos com representações visuais acessíveis, a simulação computacional se consolida como um instrumento valioso para orientar intervenções urbanas mais sustentáveis, informadas e sensíveis às condições ambientais locais.

5. Conclusão

Diante dos desafios impostos pelas mudanças climáticas, a incorporação da vegetação no planejamento urbano emerge como estratégia capaz de auxiliar na adaptação e criação de cidades ambientalmente mais equilibradas. A experiência de Piracicaba exemplifica essa dinâmica, demonstrando tanto a capacidade da cobertura vegetal de melhorar as condições microclimáticas e o bem-estar dos habitantes quanto os riscos associados a projetos que subestimam seus benefícios.

Tendo em vista que a supressão indiscriminada de áreas verdes compromete o conforto térmico e constitui um obstáculo ao desenvolvimento urbano sustentável, é fundamental que gestores e planejadores urbanos adotem estratégias e metodologias que permitam avaliar e otimizar o impacto da vegetação no microclima das cidades, visando o conforto térmico e a melhora na qualidade de vida da população.

Nesse sentido, o estudo também evidencia o potencial das simulações computacionais, como o ENVI-met, para mensuração e avaliação dos cenários urbanos antes de intervenções, oferecendo dados concretos que ajudam a embasar decisões. Embora obstáculos como a escassez de dados climáticos precisos e a complexidade operacional dessas ferramentas ainda limitem sua aplicação rotineira, a superação dessas barreiras, inclusive mediante regulamentações específicas, é condição fundamental para sua adoção no planejamento urbano.

Assim, a pesquisa não apenas reforça o importante papel da vegetação frente à ampliação das temperaturas, mas também abre caminho para futuras investigações que explorem, por meio de novas abordagens, a análise de espécies arbóreas específicas, a relação entre densidade vegetal e redução de temperatura, ou a combinação de vegetação com outras estratégias bioclimáticas.

Além disso, é fundamental desenvolver metodologias mais acessíveis e bancos de dados climáticos padronizados, que permitam que as simulações ambientais façam parte do cotidiano prático dos profissionais. A falta de critérios climáticos em decisões urbanas, como na reforma da praça, expõe limitações na gestão do espaço público. Ferramentas como o ENVI-met devem ser vistas não apenas como recursos acadêmicos, mas como instrumentos estratégicos para orientar políticas públicas mais sensíveis ao clima local. Sua adoção por órgãos públicos e planejadores pode ajudar a superar modelos urbanos insustentáveis e fortalecer uma cultura técnica voltada à mitigação das mudanças climáticas.

Portanto, a pesquisa desponta como um alerta e um incentivo para que as cidades e planejadores não sigam repetindo erros na produção do espaço urbano e incluam os condicionantes climáticos e estratégias bioclimáticas como itens a serem considerados na produção de espaços públicos mais confortáveis, sobretudo para o enfrentamento dos impactos adversos das mudanças climáticas.

Referências

ABREU, L. V. de. Contribuições das árvores para o bioclima térmico no desenho urbano em cidades tropicais: o caso de Campinas, SP. 2012. 135 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/258632>. Acesso em: 12 ago. 2024.

ABREU, L. V.; LABAKI, L. C. Conforto térmico propiciado por algumas espécies arbóreas: avaliação do raio de influência através de diferentes índices de conforto. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 81-96, 2010.

ASSIS, E. S. Aplicações da climatologia urbana no planejamento da cidade: revisão dos estudos brasileiros. *RUA: Revista de Urbanismo e Arquitetura*, [S. l.], v. 0, p. 1-17, 2008. DOI: 10.9771/rua.vi0.3149. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/rua/article/view/3149>. Acesso em: 20 ago. 2024.

BRUSE, M.; FLEER, H. Simulating surface-plant-air interactions inside urban environments with a three-dimensional numerical model. *Environmental Modelling & Software*, v. 13, n. 3-4, p. 373-384, 1998.

BRUSE, M. *ENVI-met* [Software]. Version 5.0. Aachen: ENVI-met GmbH, 2023. Disponível em: <https://www.envi-met.com>. Acesso em: 18 abr. 2024.

DUARTE, D. H. S. O impacto da vegetação no microclima em cidades adensadas e seu papel na adaptação aos fenômenos de aquecimento urbano: contribuições a uma abordagem interdisciplinar. 2015. 167 f. Tese (Livre-docência) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

ENVI-MET. PMV/PPD – Biomet documentation. Essen, 2020. Disponível em: http://www.envi-met.info/doku.php?id=apps:biomet_pmv#references. Acesso em: 18 jul. 2024.

FANGER, P. O. Thermal comfort: analysis and applications in environmental engineering. New York: McGraw-Hill, 1972. 244 p.

FRANCISCO, R. C. A. Clima urbano: um estudo aplicado a Belo Horizonte. 2012. Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

GOOGLE. Google Earth Pro [Software]. Versão online. Mountain View, 2023. Acessado em: 20 ago. 2024.

HONJO, T. Thermal comfort in outdoor environment. Chiba: Chiba University, 2009.

IBGE. População estimada 2022. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2022.

IPCC. Climate change 2022: mitigation of climate change – contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press.

IPPLAP. Caderno diagnóstico das áreas públicas destinadas ao sistema de lazer e institucionais em Piracicaba. Piracicaba: Prefeitura Municipal de Piracicaba, 2004.

LABAKI, L. C.; SANTOS, R. F.; BUENO-BARTHOLOMEI, C. L.; ABREU, L. V. de. Vegetação e conforto térmico em espaços urbanos abertos. Fórum Patrimônio, Belo Horizonte, v. 4, n. 1, p. 23-42, 2011.

LOMBARDO, M. A. Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo. São Paulo: Hucitec, 1985.

MASCARÓ, L. E. A. R.; MASCARÓ, J. L. Vegetação urbana. Porto Alegre: Masquatro, 2002.

MONTEIRO, L. M.; ALUCCI, M. P. Modelo adaptativo de conforto para avaliação *in loco* de espaços urbanos abertos. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 61-79, jan./mar. 2012.

OLIVEIRA, G. M.; SILVA, A. N. R. da. Desafios e perspectivas para avaliação e melhoria da mobilidade urbana sustentável: um estudo comparativo de municípios brasileiros. Transportes, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 59-68, 2015.

OMM. State of the global climate 2020. Geneva: World Meteorological Organization, 2021.

OKE, T. R. Boundary layer climates. 2. ed. London: Routledge, 1987.

ROMERO, M. A. B. A arquitetura bioclimática do espaço público. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2015.

SILVA FILHO, D. F. *et al.* Inventário da arborização viária nos bairros de Piracicaba/SP. In: ANAIS DO CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ARBORIZAÇÃO URBANA, 2004, São Paulo. São Paulo: SBAU, 2004.

SHINZATO, P.; DUARTE, D. H. S. O impacto da vegetação nos microclimas urbanos: estimativa do índice de área foliar em diferentes grupos arbóreos. In: ENCAC; ELACAC, 2013. Anais [...]. 2013.

SHINZATO, P. O impacto da vegetação nos microclimas urbanos. 2009. 173 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

5. **Requalificação de infraestrutura e espaço urbano: estudos de caso em áreas de demolição de viadutos**

Requalification of infrastructure and urban space:
case studies in areas of viaduct demolition

Recalificación de infraestructuras y espacio urbano:
estudios de caso en zonas de demolición de
viaductos

Gabriella Carmona Granado Lima¹
João da Costa Pantoja²

¹ Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Brasília, DF, Brasil. gabriela.capuanop@gmail.com

² Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo – Reabilitação Ambiental Sustentável Arquitetônica e Urbanística (Reabilita). Brasília, DF, Brasil.

Resumo

No planejamento urbano, faz-se necessária a procura por alternativas sustentáveis, como a requalificação de espaços degradados a partir da demolição de viadutos. Neste sentido, esta pesquisa explora, sob uma perspectiva sustentável, três estudos de caso a partir de uma análise descritiva do histórico de cada contexto, desde a construção dos viadutos e suas demolições, aos projetos de requalificação. Em seguida, cada um foi aplicado à avaliação pelo Índice de Requalificação da Infraestrutura Urbana (IRU), que compõe parâmetros de sustentabilidade como modo de mensurar o grau da requalificação dos projetos antes e após sua realização. Aqui são analisados os projetos de reabilitação do Porto Maravilha, no Brasil, do riacho Cheonggyecheon, na Coreia do Sul, e do Madrid Río, na Espanha. Cada obra, com base nos resultados obtidos pela avaliação segundo o IRU e na observação histórica, demonstra os efeitos positivos que podem ser advindos de projetos que considerem intervenções voltadas para a demolição de estruturas urbanas e a relevância do planejamento urbanístico direcionado à requalificação de locais degradados.

Palavras-Chave: Requalificação, Sustentabilidade, Planejamento Urbano, Índice de Requalificação da Infraestrutura Urbana, Reabilitação.

Abstract

In urban planning, it is necessary to seek sustainable alternatives, such as the requalification of degraded spaces through the demolition of viaducts. In this regard, this research explores, from a sustainable perspective, three case studies based on a descriptive analysis of the history of each context, from the construction of the viaducts and their demolition, to the requalification projects. Then, each one was applied using the Urban Infrastructure's Requalification Index (IRU), which comprises sustainability parameters as a way of measuring the degree of requalification of the projects before and after their implementation. Here, the rehabilitation projects of Porto Maravilha, in Brazil, the Cheonggyecheon stream, in South Korea, and the Madrid Río, in Spain, are analyzed. Each project, based on the results obtained by the IRU assessment and historical observation, demonstrates the positive effects that can arise from projects that consider interventions aimed at the demolition of urban structures, and the relevance of urban planning aimed at the requalification of degraded areas.

Key-Words: Requalification, Sustainability, Urban Planning, Urban Infrastructure's Requalification Index, Rehabilitation.

Resumen

En la planificación urbana, es necesario buscar alternativas sostenibles, como la recalificación de espacios degradados mediante la demolición de viaductos. En esa línea, esta investigación explora, desde una perspectiva sostenible, tres estudios de caso basados en un análisis descriptivo de la historia de cada contexto, desde la construcción de los viaductos y su demolición hasta los proyectos de recalificación. Luego, a cada uno se le aplicó su evaluación mediante el Índice de Recalificación de Infraestructura Urbana (IRU), que comprende parámetros de sostenibilidad, como forma de medir el grado de recalificación de los proyectos antes y después de su implementación. Aquí se analizan los proyectos de rehabilitación del Porto Maravilha, en Brasil, el arroyo Cheonggyecheon, en Corea del Sur, y el Madrid Río, en España. Cada proyecto, basado en los resultados obtenidos de la evaluación del IRU y la observación histórica, demuestra los efectos positivos que pueden surgir de proyectos que consideran intervenciones dirigidas a la demolición de estructuras urbanas, y la relevancia de la planificación urbana orientada a la recalificación de lugares degradados.

Palabras clave: Recalificación, Sostenibilidad, Planificación Urbana, Índice de Recalificación de Infraestructura Urbana, Rehabilitación.



1. Introdução

A reabilitação de espaços degradados torna-se uma temática cada vez mais relevante no contexto mundial da busca por alternativas sustentáveis para projetos urbanísticos. Neste contexto, a requalificação de espaços, especialmente em áreas históricas de grandes centros urbanos, exige um planejamento minucioso que considere aspectos fundamentais do contexto em que se encontram, bem como o bem-estar da população e a atenção aos aspectos de sustentabilidade e acessibilidade. Uma opção de requalificação que é possível destacar é a de demolição de Obras de Arte Especiais (OAE) em locais de alta degradação com o intuito de reestabelecer o espaço como área de uso amplo para pessoas a partir da reabilitação de áreas verdes.

As Obras de Arte Especiais compõem principalmente as construções urbanas de pontes, viadutos, túneis e passarelas, que “constituem os elementos indispensáveis para a conexão dos bairros de uma cidade e das relações entre as pessoas, acesso à saúde, cultura e transporte, entre outros” (Galimi, 2021). Tais obras, apesar de sua relevância nas cidades, muitas vezes são parte de projetos fundamentados em soluções apenas funcionais, em termos de locomoção, do que necessariamente em prol do bem-estar da população e de proteção do meio ambiente, fato que comumente resulta em espaços que eventualmente tornam-se degradados, perigosos, e poluentes, desvalorizando a região em que se encontram e são originados de um alto nível de desmatamento.

Considerando a possibilidade de recriar espaços em centros urbanos, seja por motivos estéticos, sustentáveis ou econômicos, intervenções como a demolição de viadutos tornam-se alternativas recorrentes em diversos países, atribuindo novos usos e valores aos espaços. Os estudos de caso apresentados neste estudo compõem uma seleção de projetos em que a demolição de viadutos foi necessária para o estabelecimento de áreas verdes, culturais e de lazer. Os objetos de estudo aqui analisados são: a demolição do Elevado da Perimetral e o projeto do Porto Maravilha, no Rio de Janeiro, Brasil; a demolição do viaduto sobre o riacho Cheonggyecheon e a sua reabilitação, em Seul, Coreia do Sul; e a demolição e soterramento da via M-30 e o projeto de requalificação Madrid Río, em Madrid, Espanha. Cada caso ilustra diferentes abordagens de reabilitação e requalificação de espaços de modo que adaptam aspectos sociais, históricos e ambientais e geram grande impacto em suas cidades.

Como forma de avaliar e comparar as intervenções realizadas nos respectivos estudos de caso aqui descritos, cada projeto foi submetido a uma análise baseada no Índice de Requalificação da Infraestrutura Urbana (IRU), segundo os parâmetros e indicadores de adequação das obras a critérios sustentáveis. Segundo Galimi (2021), o IRU abrange elementos de caráter ambiental, estrutural e espacial das OAEs, visando a maior durabilidade da vida útil, do desempenho e da segurança para os usuários. Deste modo, o índice integra as dimensões Ambiental, Estrutural e Funcional a partir de oito indicadores analisadas em três dimensões da infraestrutura urbana, a Estrutural, a de Instalações e a de Implantação. No

presente artigo, será avaliado apenas o âmbito referente à Implantação, devido ao alcance de informações não ser suficiente para a avaliação dos outros aspectos. Os resultados obtidos foram, por fim, classificados de acordo com o grau de requalificação segundo o IRU.

Busca-se demonstrar, a partir da avaliação com o uso do Índice de Requalificação da Infraestrutura Urbana, uma análise dos estudos de caso selecionados, evidenciando a eficácia da demolição de viadutos e requalificação destes espaços sob critérios sustentáveis. A partir da contextualização histórica de cada caso, é possível observar o impacto que este tipo de intervenção representa no contexto urbano, a partir de sua construção, demolição, requalificação e reabilitação. Em suma, este estudo fornece informações a partir de uma visão detalhada de cada projeto, comprovando a relevância e a importância de considerar projetos de caráter semelhante no planejamento urbano sustentável.

2. Método: Avaliação do Índice de Requalificação da Infraestrutura Urbana

O planejamento urbano de uma cidade desempenha um papel fundamental, não apenas no que se refere ao impacto social, mas também ao ambiental. É relevante a observação de aspectos de níveis sustentáveis em especial no contexto mundial da atualidade, em que a poluição e degradação se tornam cada vez mais comuns em diversos centros urbanos. Deste modo, a regeneração urbana de cidades por meio de intervenções como a demolição de viadutos, representam diferentes soluções para o planejamento urbano, demonstrando como tais medidas podem resultar na reabilitação de áreas degradadas e criação de locais de caráter sustentável de impacto positivo.

Com base nos princípios de planejamento sustentável, as obras estudadas foram submetidas ao Índice de Requalificação da Infraestrutura Urbana (IRU), avaliando os parâmetros presentes antes e após as obras de requalificação. Foram selecionados para análise os elementos do IRU relacionados à Implantação dessas obras. O conjunto referente à Implantação abrange os subelementos relacionados à acessibilidade, paisagismo e elementos das áreas externas (Galimi, 2021). É composto pelos subelementos: acessibilidade, calçadas, ciclovias, paisagismo, vegetação, e mobiliário urbano. Estes foram submetidos às avaliações pelos indicadores Ambiental, Artístico, Durabilidade (vida útil), Econômico, Segurança, Simbólico, Social e Uso. Os elementos de análise foram dispostos em uma ficha avaliativa conforme demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1: Ficha avaliativa do Índice de Requalificação da Infraestrutura Urbana.

O.A.E. ANO. LOCAL.									
INDICADOR	Ambiental	Artístico	Durabilidade (vida útil)	Econômico	Segurança	Simbólico	Social	Uso	Total parametrizado
IMPLANTAÇÃO									
ACESSIBILIDADE									
CALÇADAS									
CICLOVIA									
PAISAGISMO									
VEGETAÇÃO									
MOBILIÁRIO URBANO									
IMPLANTAÇÃO GLOBAL									
I.R.U.									

Fonte: Adaptado de Galimi, 2021.

Os indicadores utilizados para avaliar, explicados por Galimi (2021), são compostos resumidamente pelas seguintes características: o indicador Ambiental é relacionado às tecnologias sustentáveis em aspectos ambientais, de longo prazo, inclusão, conforto ambiental, requisitos de sustentabilidade ambiental, e equipamentos tecnológicos. O indicador Artístico é referente à apreciação do elemento como Obra de Arte Especial e suas relações com correntes de expressão arquitetônica. A Durabilidade (vida útil) se define a partir dos materiais estruturais empregados e sua execução de acordo com as normas vigentes. O indicador Econômico avalia se os atributos da obra proporcionam potencial econômico no contexto em que se encontra. Já o indicador de Segurança é realizado por inspeções, ensaios de resistências dos materiais, análise de estrutura, e avaliação se os atributos desempenham papel de segurança para os usuários. O indicador Simbólico abrange o modo como a obra representa ideias e crenças, e como pode ser relacionada à identidade da população enquanto símbolo. Quanto ao indicador Social, se representa pelos atributos que apresentam potencial de desenvolvimento para a sociedade e proporcionar dinâmicas sociais variadas nos locais próximos. E, por fim, o indicador de Uso engloba a utilidade do bem para a sociedade com a qual se relaciona e a possibilidade de abrigar diversas funções.

Todos os indicadores foram aplicados aos estudos de caso na medida em que foram obtidas informações sobre cada atributo. Em alguns casos, as análises foram baseadas em comentários de diversos artigos, livros e registros em fotos ou representações gráficas. Deste modo, indicadores como o de Segurança, que exige profunda inspeção da obra estudada, foi avaliado apenas de forma superficial. Para as análises efetuadas neste estudo deve-se considerar que parte da metodologia aplicada é de base essencialmente observacional e descritiva. Em seguida, como explicado por Galimi (2021), o processo efetuado para a aplicação do IRU para avaliar Obras de Arte Especiais (OAE) se compõe pela análise dos subelementos como explicado na Tabela 2.

Tabela 2: Subelementos que constituem a Implantação.

Implantação - Obra de Arte Especial (OAE)			
13 – ACESSIBILIDADE			
Possibilidade de acessar um lugar, serviço, produto ou informação de maneira segura e autônoma, sem nenhum tipo de barreira arquitetônica, beneficiando a todas as pessoas, com ou sem deficiência e em todas as fases da vida.			
14 – CALÇADAS			
A calçada é o espaço público reservado ao pedestre para os deslocamentos diários realizados na cidade.			
15 – CICLOVIA			
Pista destinada exclusivamente à circulação de bicicletas.			
16 – PAISAGISMO			
Técnica de projetar, planejar e preservar os espaços urbanos, de forma a criar micro paisagens, de acordo com critérios estéticos e sustentáveis de cada lugar.			
17 – VEGETAÇÃO			
A arborização urbana, caracterizada pela vegetação que compõe o cenário ou a paisagem das cidades, tem uma função fundamental na melhoria da qualidade de vida da população, proporcionando aos municípios benefícios ecológicos, estéticos, econômicos e sociais.			
18 - MOBILIÁRIO URBANO			
Termo	coletivo	para objetos e equipamentos urbanos	instalados em ruas e estradas para diversos propósitos.

Fonte: Galimi, 2021

Deste modo, para cada um dos indicadores, que são pontuados com o valor “SIM”, de valor unitário de 1, aos elementos que contemplarem os critérios dos indicadores, e “NÃO”,

de valor 0, aos que não contemplarem. O valor mínimo é definido pelo valor 0/8 e o máximo é de valor 8/8. A dimensão da Implantação é abrangida pelo cálculo da seguinte forma:
 $X:8 = TP:1$

Onde:

X = Incógnita que representa o número gerado pela quantidade de “SIM”.
TP = Incógnita que representa o valor do *Total Parametrizado*.

Após o cálculo dos indicadores nos determinados subelementos, é obtido o valor Total Parametrizado de cada subelemento. A partir dos valores obtidos, há a efetuação do cálculo que envolve a somatória dos totais parametrizados e divisão do resultado por 6, como demonstrado a seguir:

$$IMPLANTAÇÃO = \frac{\Sigma (ACESSIBILIDADE + CALÇADAS + PAISAGISMO + VEGETAÇÃO + MOBILIÁRIO)}{6}$$

O resultado obtido deste cálculo indica o valor do IRU, que pode ser classificado em diferentes graus, sendo o Grau Máximo correspondente ao IRU de valor igual ou maior que 9, e o valor 0 corresponde ao Grau Mínimo. A Tabela 3 demonstra as classificações correspondentes para o grau de cada IRU.

Tabela 3: Índice de Requalificação da Infraestrutura Urbana.

IRU		CONDIÇÕES	COR
0,9 - 1	GRAU MÁXIMO - ESTADO DE REQUALIFICAÇÃO GLOBAL	ATENDE A TODOS OS PARÂMETROS DOS INDICADORES PROPOSTOS	
0,7 - 0,8	GRAU SUPERIOR – ESTADO DE REQUALIFICAÇÃO PARCIAL	ATENDE PARCIALMENTE A TODOS OS PARÂMETROS DOS INDICADORES PROPOSTOS	
0,5 - 0,6	GRAU MÉDIO - ESTADO DE INTEGRIDADE ESTRUTURAL E DE IMPLANTAÇÃO	ATENDE AOS PARÂMETROS DOS INDICADORES PROPOSTOS PARA O SISTEMA ESTRUTURAL E DE IMPLANTAÇÃO	
0,3 - 0,4	GRAU MÉDIO INFERIOR - ESTADO DE INTEGRIDADE ESTRUTURAL	ATENDE AOS PARÂMETROS DOS INDICADORES PROPOSTOS PARA O SISTEMA ESTRUTURAL	
0,1 - 0,2	GRAU INFERIOR - ESTADO DE CRITICIDADE ESTRUTURAL	ATENDE PARCIALMENTE AOS PARÂMETROS DOS INDICADORES PROPOSTOS PARA O SISTEMA ESTRUTURAL	
0	GRAU MÍNIMO – ESTADO DE OBSOLESCÊNCIA	NÃO ATENDE A NENHUM PARÂMETRO DOS INDICADORES PROPOSTOS	

Fonte: Galimi, 2021.

Para a seleção dos estudos de caso, a consideração inicial foi essencialmente a presença anterior de um viaduto, sua demolição e a requalificação do espaço com objetivos que considerem elementos sustentáveis. Desta forma, foram escolhidos o caso da demolição do Elevado da Perimetral e o Projeto Rio Maravilha, no Brasil; a demolição do viaduto Cheonggye e o projeto de restauração do riacho Cheonggyecheon, na Coreia do Sul; e a demolição de parte da via M-30 e o projeto Madrid Río, na Espanha. Após uma análise histórica de cada um, foi efetuada a avaliação de antes da demolição e após a demolição segundo o IRU.

2.1 Elevado da Perimetral e Projeto Porto Maravilha

Originalmente, o Elevado da Perimetral, no Rio de Janeiro, foi projetado com o intuito de fornecer uma via que conectasse o Aeroporto internacional do Galeão aos parques do Flamengo. Sua construção surgiu como um dos projetos para implementar pontos estratégicos políticos e econômicos no Rio de Janeiro que, após a transferência da capital federal para Brasília em 1960, passou por um período de abandono gradual na área portuária do Rio de Janeiro (Souza, 2023).

A construção do Elevado teve início a partir dos anos 1950 e foi realizada em etapas. Em 1960 já abrangia o Aeroporto Santos Dummont, na Avenida General Justo, e a Igreja de Nossa Senhora da Calendária, na Avenida Presidente Vargas. Em 1978, o Elevado chegou à Zona Portuária, na região acima da Avenida Rodrigues Alves. Sua extensão chegou a 4.790 metros e, em dias úteis, contava com um tráfego de mais de setenta mil veículos.

Como descrito por Silva e Sepulveda (2023), o projeto alterou esteticamente o Cais da Gamboa de forma considerável e obstruía a vista do mar, do ponto de vista de quem estava na cidade, e o traçado arquitetônico, quando visto para quem estava em navios e embarcações, além de que o elevado tornou algumas regiões mais ameaçadoras, com menos iluminação e propícias para assaltos. De modo geral, a presença do Elevado desvalorizou os imóveis do entorno e demonstrava frequentes engarrafamentos.

Questionamentos sobre alternativas para melhorar a situação do Elevado da Perimetral foram levantados no início dos anos 2000, quando foi inclusive considerado o projeto para transformar o elevado em um jardim suspenso, como o localizado em Nova York, o “High Line Park”. Contudo, com o surgimento do Projeto Porto Maravilha, o projeto para a revitalização da região necessitava da demolição do Elevado.

O processo do projeto de demolição, executado entre 2013 e 2014, foi realizado em etapas devido às consideráveis alterações no trânsito. A demolição foi planejada no trecho entre a Praça Mauá e a Avenida Francisco Bicalho (Figura 1), acompanhada da construção de um túnel entre a Praça Mauá e a Avenida Rodrigues Alves, para transferir o fluxo do trânsito. E, como forma de melhoria no transporte público e interligação entre o centro da cidade e o Aeroporto Santos Dummont, foi proposto o uso de VLTs (veículos leves sobre trilhos).

Figura 1: Vista de trecho do Elevado da Perimetral antes e após a demolição.



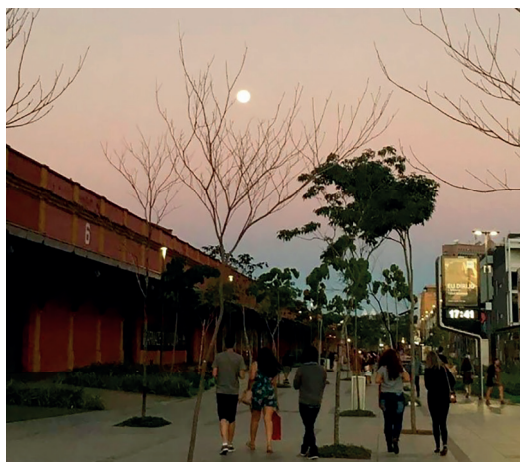
Fonte: Adaptado de Google Earth, 2025.

O Projeto Porto Maravilha é uma iniciativa da prefeitura do Rio de Janeiro criada em 2009 pela Lei municipal n.º 101/2009 para a revitalização urbana da cidade em um prazo de trinta anos. A proposta, segundo o site institucional do Porto Maravilha, possui o intuito de recuperar a infraestrutura urbana, e de transporte, bem como a requalificação do meio ambiente, dos patrimônios históricos e culturais. O projeto contou com a criação da Companhia de Desenvolvimento Urbano da Região do Porto do Rio de Janeiro-CDURP (Lei Complementar n.º 102, de 23 de novembro de 2009), para gerir o projeto e promover investimento em arte, educação e história. A área de atuação do projeto abrange aproximadamente cinco milhões de metros quadrados e engloba os bairros históricos do Santo Cristo, Gamboa, Saúde, além de trechos do Centro, Caju, Cidade Nova e São Cristóvão.

Contudo, para a realização do Projeto Porto Maravilha, foi efetuada a remoção e desocupação das famílias de baixa renda que ocupavam os locais históricos e culturais. Deste modo, a proposta em favor da estética da cidade é considerada como um processo de gentrificação urbana, sendo a remoção da população uma “prática de higienização no sentido de afastá-las da vista de turistas e estrangeiros e deslocá-las para regiões de segregação cada vez mais distantes do centro” (Souza, 2023, p.140).

Apesar dos processos de desocupação controversos, o projeto promoveu investimentos na requalificação dos espaços e, inclusive, na adaptação da cidade para receber a Copa do Mundo, em 2014, e os Jogos Olímpicos de Verão de 2016. O espaço anteriormente ocupado pelo Elevado da Perimetral foi inaugurado como o Boulevard Olímpico, em 2016, de modo que engloba a Orla Prefeito Luiz Paulo Conde e a Praça Mauá (Figura 2).

Figura 2: Trecho da Orla Prefeito Luiz Paulo Conde.



Fonte: Fabrícia Cardoso Reis, 2017.

Dentre algumas das principais obras de destaque na região do Boulevard Olímpico está o Museu de Arte do Rio (MAR), complexo arquitetônico que interliga o Pavilhão de Exposições, de 1916 em estilo eclético, e a Escola do Olhar, de 1940; o Museu do Amanhã, inaugurado em 2015 e um dos principais atrativos turísticos; o AquaRIO, em 2016; o Mural Etnias, também de 2016, na fachada de um armazém (Figura 3); e a roda gigante Rio Yup Star, de 2019. O Porto Maravilha também promoveu a construção de ciclovias, reurbanização de vias e calçadas, reconstrução de infraestruturas urbanas de água, esgoto e drenagem, e o plantio de 15000 árvores.

Figura 3: Boulevard Olímpico, vista do Mural das Etnias.



Fonte: Fabrícia Cardoso Reis, 2016.

A revitalização por meio da demolição do Elevado da Perimetral gerou espaços que passaram a atrair mercados variados, incentivo ao turismo e melhoria na circulação pela cidade com a circulação do VLT. É possível observar o caráter essencialmente de melhoria estética que mobilizou o projeto, que não considerou questões sociais das pessoas que foram

removidas de suas moradias na localidade, contudo resultou em uma região de turismo, cultura e relevante melhora urbanística.

2.2 Viaduto Cheonggye e Riacho Cheonggyecheon

O Projeto de Restauração do riacho Cheonggyecheon, em Seul, Coreia do Sul, é destaque como projeto de regeneração urbana ao criar um ambiente ecológico por meio da restauração do ecossistema anteriormente degradado na capital coreana, além de implementar o sistema de transporte e o bem-estar dos usuários. Os 12,04 km de trilha de caminhada ao redor do riacho acompanham 2.502.000 m² de área verde e a transplantação de 2.839.000 plantas (Kim, 2022), tornando o riacho em área de descanso e turismo no centro.

O riacho natural Cheonggyecheon foi alterado para a construção de instalações de drenagem devido às inundações causadas pelas precipitações na região montanhosa. Contudo, o riacho passou por fases de negligência, em especial durante o período colonial japonês (1910-1945) e durante a Guerra da Coreia (1950-1953), que resultaram em contaminação da água, habitações ilegais próximas ao riacho formando uma grande favela, problemas de saneamento e aumento de desastres naturais e acidentes (Kim, 2022). Em 1958, iniciou-se um projeto de cobertura do riacho e criação de uma rodovia elevada a partir da demolição dos barracos presentes nas bordas. A obra foi concluída em 1971 e transformou a região em um centro comercial e industrial em Seul.

A partir dos anos 1980, a estrutura urbana de Seul passou por mudanças, o desenvolvimento era dificultado pelos altos preços de terra e houve transição do sistema econômico para manufatura e serviços, e resultou em declínio dos negócios na região do centro. Com a intensificação da poluição e tráfego excessivo, Cheonggyecheon passou por um período de degradação urbana não apenas devido aos danos urbanos da construção da cobertura, como também no sentido econômico. Além disso, a poluição do ar era bastante ruim ao longo da via de Cheonggyecheon, marcada com a presença de óxidos de nitrogênio e compostos orgânicos voláteis (COV), conhecidos por serem cancerígenos, que excediam os padrões de ar ambiente da cidade (Kim, 2022).

Após análises, foram identificados pontos de corrosão na estrutura de *steel frame* dentro do viaduto, além de rachaduras que ameaçavam a capacidade de carga. Os constantes gastos com reparo e manutenção se aliaram à falta de segurança, evidenciando a relevância de um projeto de reconstrução.

Com o aumento da divulgação sobre os conceitos de sustentabilidade no início dos anos 2000, as questões ambientais foram levantadas para o desenvolvimento sustentável da cidade de Seul. O centro da cidade passava por declínio urbano notável, e a área do riacho Cheonggyecheon demonstrava necessidade urgente de restauração. Segundo Kim (2022), o Projeto de restauração de Cheonggyecheon ao seu fluxo natural envolveu o desenvolvimento de paradigmas ecologicamente corretos ao prover um ambiente mais limpo com a

criação de um eco parque na orla do riacho, o que, conseqüentemente, também revitalizou a economia e a área, dinamizando culturalmente a região de Cheonggyecheon que havia sido negligenciada e perdido a competitividade em comparação com outras regiões. Mesmo em meio à oposição de parte dos cidadãos coreanos após a demolição da rodovia elevada, o Governo Metropolitano de Seul focou o plano do sistema de transporte para favorecer o transporte público e minimizou os impactos no tráfego urbano.

Em 2003, foi realizada a demolição da rodovia elevada e iniciou-se a restauração do riacho, e sua construção foi finalizada em 2005. O projeto teve sua condução em três eixos principais, sendo a restauração até a marca de 2km enfocada em história e tradição; a extensão dos 2km a 4km foi direcionada a cultura e modernidade; enquanto que a partir da marca de 4km, o design projetado seguiu a linha de ênfase na natureza e futuro. O planejamento também tinha como objetivo revitalizar a área circundante para além do riacho, como forma de promover a revitalização da economia urbana. Para Kim (2022), foram consideradas as características regionais para efetuar a restauração das propriedades históricas e culturais em seus quatro portões principais e, conseqüentemente, resolver o fenômeno do esvaziamento urbano e estabelecer um sistema de transporte urbano orientado aos pedestres (Figura 4).

Figura 4: Trecho do Riacho Cheonggyecheon antes e após a reabilitação.



Fonte: Adaptado de Google Earth, 2025.

Foram estabelecidos projetos de realocação das instalações existentes ao longo do riacho, bem como planejamento para o tráfego de automóveis e planos para a circulação de pedestres, tratamento de esgotos, reconstituição do meio ambiente, e reformulação e criação de estradas e pontes. Houve a inclusão de medidas de segurança e prevenção de inundações com a proteção das áreas de descarga por meio da escavação da parte inferior de ambas as margens.

Como forma de reestabelecer a conexão entre o verde ao longo do Riacho Cheonggyecheon com a cidade em seu entorno, após a retirada do viaduto, foi objetivada a restauração de todo o ecossistema. Deste modo, o processo de restauração se direcionou a permitir o fluxo de água limpa no riacho e reestabelecer as áreas verdes para o fornecimento de habitat tendo em vista o retorno de pássaros e peixes. Após a restauração, o Cheonggyecheon conecta-se ao Rio Han através do Riacho Jungnangcheon, afluente do Rio Han. O ponto de conexão entre os riachos tornou-se uma área de conservação ecológica que favorece a criação de áreas para a desova de peixes.

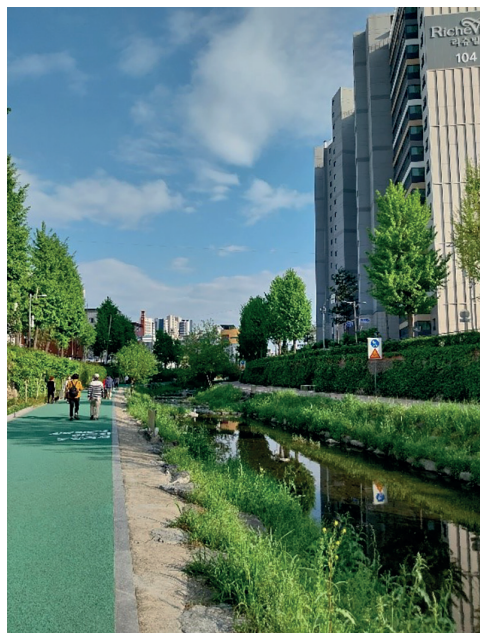
Deste modo, plano para o parque na encosta do riacho permitiu a introdução da paisagem verde, com a introdução de diversas espécies de árvores, juncos, capim-dos-pampas e vegetação nas encostas (Figuras 5 e 6). Foi enfocada a imagem da arquitetura tradicional com o uso de pedras de castelo nas paredes dos passeios. A inclusão dos mobiliários urbanos para descanso e dos calçadões de 1,5 a 3 metros permitiram a melhor interação da população com o espaço verde restaurado.

Figura 5: Vista do riacho Cheonggyecheon.



Fonte: Acervo da autora, Lima, 2024.

Figura 6: Vista da vegetação do riacho Cheonggyecheon no Distrito Seongbuk-gu.



Fonte: Acervo dos autores, 2024.

Foi concebido também o projeto para o Cheonggye Plaza como praça cívica para realização de eventos culturais e incentivo ao lazer. A praça demarca simbolicamente o início do Riacho Cheonggyecheon com uma cascata de 4 metros e se conecta à praça Gwanghwamun e outros pontos turísticos da cidade.

Durante as escavações para a restauração, foram encontradas ruínas pertencentes à dinastia Joseon (1392-1897) que foram enterradas durante o período colonial japonês e durante a construção da estrutura que cobriu o riacho em 1960. Com as descobertas, tornou-se prevista a reconstrução de pontes e monumentos. Dentre as pontes identificadas, destaca-se a que era a maior ponte da cidade, a ponte Gwangtong, que servia para a procissão dos reis, e como suas ruínas se encontravam em bom estado e havia registros pictóricos o suficiente sobre ela, foi possível sua reconstrução. Contudo por questões relativas à organização urbanística atual da cidade, ela foi posicionada a 170 metros de seu local original. Após a reconstrução de algumas pontes, o riacho Cheonggyecheon totalizou 22 pontes para automóveis e pedestres.

A revitalização do Riacho Cheonggyecheon, resultou em melhora do ar e significativas diminuições nos níveis de poluição, bem como a regeneração do antigo centro de Seul

nos planos urbano, histórico e ecológico, melhorou a segurança da região e a paisagem da cidade, além de permitir uma série de eventos culturais no próprio riacho (Figura 7). E, depois de realizadas avaliações na localidade, é perceptível a contribuição para a melhoria do espaço urbano, uma vez que a partir do incentivo ao redesenvolvimento e da mudança no uso do solo que geraram aumento nas atividades construtivas, ocorreu também aumento da população residente (Kim, 2022). Ademais, foi observado que as espécies e vegetações apresentaram-se mais semelhantes à de rios naturais, bem como aumento da diversidade na fauna e melhoria da qualidade da água.

Figura 7: Vista do riacho Cheonggyecheon durante a comemoração do Festival das Lanternas.



Fonte: Acervo dos autores, 2024.

O projeto para a renovação urbana em Seul a partir da retirada do antigo viaduto sobre o Riacho Cheonggyecheon, mostrou-se um verdadeiro marco na revitalização da cidade. O enfoque na realização de um projeto ecológico e sustentável favoreceu amplamente a convivência e interação da população com os espaços verdes e valorização da cidade. Assim, a região do riacho se destaca como espaço de lazer e turismo, e é referência em relação a projetos para reabilitação sustentável.

2.3 Via M-30 e Madrid Río

O projeto Madrid Río foi uma das obras mais importantes efetuadas na cidade de Madrid, Espanha, ao propor a revitalização da região das margens do rio Manzanares, recuperação ambiental do rio, e criação de espaços verdes em um parque linear. O projeto buscou reintegrar o rio à cidade tornando-o um espaço acessível e sustentável a partir do soterramento de parte da via M-30.

As margens do rio Manzanares, em Madrid, eram circundadas pela via M-30 construída nos anos 1970, sua construção na época foi necessária para distribuir e diminuir o tráfego do centro da cidade enquanto que permitia o crescimento urbano. Como afirma Diaz Orueta (2015), a via M-30 resultou em severas consequências na cidade, separou os bairros existentes na região na região central da cidade de maneira física e social. O desenho inicial da via resultou em uma grande quantidade de acidentes de trânsito e engarrafamento, alta densificação da área, além do aumento da contaminação e degradação ambiental, e deterioração da qualidade da água.

O rio foi cercado por vias de tráfego intenso e a poluição no rio gerava mau odor e grande quantidade de mosquitos durante o verão nas residências voltadas para a via. A região passava por um período de negligência das autoridades e falta de bem-estar da população, com críticas de que a via M-30 separava os cidadãos de terem acesso ao rio Manzanares.

Em 2003, foi considerada a remodelação da via M-30 como parte do grandioso projeto Madrid Calle 30. O projeto foi estruturado em 3 frentes: melhorias no traçado e nas conexões entre a M-30 e as principais vias da cidade; criação de soluções para os congestionamentos, por meio da criação de novos desvios ao norte e ao sul; e retirada das calçadas laterais ao longo do rio Manzanares para recuperar o rio e as margens, obra que mais tarde deu lugar ao projeto Madrid Río (Figura 8).

Figura 8: Trecho da via M-30 antes e após sua demolição e realização do projeto Madrid Río.



Fonte: Adaptado de Google Earth, 2025.

A obra, em toda sua extensão, foi considerada um projeto excepcional de grandes dimensões. O custo inicialmente estimado era de 1.700 milhões de euros, contudo as obras chegaram a alcançar 6.300 milhões de euros em sua fase inicial, com a adição de juros e manutenção, o projeto de remodelação gerou uma enorme dívida para a cidade, a maior da Espanha. Além disso, é possível destacar as controvérsias sobre a falta da realização de uma avaliação de impacto ambiental da obra e a diminuição de investimentos da Câmara Municipal de Madrid em áreas sociais.

Após longas avaliações judiciais, apenas em 2011 o projeto teve sua aprovação invalidada, contudo grande parte do projeto já havia sido concluído. O avanço intensivo da construção foi resultado de tentativas das autoridades de finalizar a obra antes das eleições de 2017, com a inclusão de turnos de construção noturnos que geraram uma alta taxa de acidentes, alguns deles mortais.

O projeto foi amplamente criticado pela falta de participação pública e oposição de grupos de ecologistas, uma vez que a ampliação da via implicaria na destruição de milhares de árvores às margens do rio e em outras partes da cidade, com a substituição por prado artificial e árvores que não alcançariam grande porte por serem implantadas em estruturas de concreto (Díaz Orueta, 2015). Ademais, com o aumento das faixas da via, anteriormente de três, para seis faixas, evidenciava o incentivo ao uso do veículo privado e não abordava uma mobilidade sustentável. Foram levantadas, também, preocupações com a saúde dos habitantes das áreas próximas às áreas de ventilação de poluentes emitidos pelos túneis.

Apesar da conclusão da primeira fase do projeto, devido às limitações financeiras, a segunda fase, que incluía o desvio a ser construído na área norte, foi paralisada. Devido aos altos gastos com as obras, surgiram dificuldades para justificar o projeto de ampliação da M-30. A recuperação do rio Manzanares tornou-se então uma das principais justificativas para a continuidade da obra. “Assim, o governo local fez de Madrid Río, com as suas aparentes virtudes sociais e ambientais, a estrela da remodelação e expansão da autovia” (Díaz Orueta, 2015, tradução nossa). Foram, inclusive, estimados gastos de 8.775 milhões de euros que deverão ocorrer até 2040, além dos gastos anteriores.

Deste modo, o projeto Madrid Río foi concebido como uma intervenção integrada ao Madrid Calle 30 para a remodelação da M-30 e soterramento de partes da via. A obra incluía propostas de intervenção em outras áreas urbanas próximas como o estádio de futebol Vicente Calderón e a fábrica de cerveja Mahou, cujos projetos foram adiados. Com a finalização de quase todo o soterramento da zona das margens do rio em 2007, foram liberados 6 km do total de 32,5 km de atuação do projeto da M-30. Contudo, sob o ponto de vista ambiental, o soterramento da via implicou num alto consumo de materiais de construção, em especial o concreto, como resultado da alternativa de manter o traçado original e do não uso de materiais sustentáveis, o que ocasiona a alta necessidade de manutenções recorrentes (Pérez-Fortes, Abajo, Alberti, Gálvez, 2021).

Em 2005, foram anunciados como vencedores do concurso internacional para o projeto do espaço público na superfície da via aterrada, Ginés Garrido e os ateliês Burgos & Garrido Arquitectos, Porras La Casta, RAS, e West 8. Foram investidos 420 milhões de euros para a execução do projeto que buscou a reincorporação da cidade ao rio e melhora da qualidade ambiental dos bairros, sendo concebido como um espaço para ser disfrutado por toda a população.

A área abrange 120 hectares de áreas verdes onde foram planejados equipamentos urbanos, 30 km ciclovias de uso compartilhado entre pedestres e ciclistas, quadras desportivas, a criação de uma praia urbana, e presença de quiosques e cafés (Figura 9). O projeto Madrid Río foi apresentado como uma grande sucessão de jardins que seriam conectados por um amplo passeio arborizado, além do planejamento com uma forte presença de água, tanto do próprio rio, como também das fontes e lagoas fluviais, pontes antigas e novas e as setes barragens (Díaz Orueta, 2015) (Figura 10). Além disso, o preço médio dos imóveis no entorno cresceu significativamente, e houve grande valorização da área.

Figura 9: Vista do rio Manzanares após a obra de restauração.



Fonte: Adaptado de Google Earth, 2025.

Figura 10: Vista do parque na margem do rio Manzanares.



Fonte: Adaptado de Google Earth, 2025.

O projeto Madrid Río promoveu a requalificação do espaço nas margens do rio e novos usos residenciais, comerciais e de serviços para o entorno da região. “A integração dos dois projetos de urbanização (Madrid-Río e Madrid Calle 30) integrou bairros, possibilitou a reabilitação do rio Manzanares e seu entorno, requalificou antigas pontes e adotou modernas soluções para reúso de água” (Franco, Castañer, Sousa, 2015, p.158).

O projeto foi amplamente divulgado como forma de melhora da qualidade ambiental e urbana das margens do rio Manzanares a partir da construção do parque sobre os túneis resultantes do soterramento da via M-30. Contudo, ainda é notável como a cidade de Madrid ainda enfrenta altos níveis de contaminação do ar, o congestionamento ainda não foi reduzido, e o processo de requalificação do rio é bastante questionado. “Novamente, o principal problema detectado foi o dióxido de nitrogênio (NO₂), um gás procedente, fundamentalmente, da combustão de veículos automotores” (Díaz Orueta, 2015, p.11, tradução nossa). Portanto, a obra criou espaços públicos com vasta vegetação e interação com a população, porém alguns problemas do projeto ainda são evidentes.

3. Resultados

A compreensão do contexto histórico de cada projeto e identificação de suas motivações e objetivos são essenciais para a análise por meio do Índice de Requalificação da Infraestrutura Urbana. Deste modo, a avaliação pelo IRU dos estudos de caso foi baseada na verificação dos elementos observados sobre cada obra. Alguns dos indicadores avaliados apresentavam restrições quanto ao acesso a detalhes específicos de materiais e estrutura, além da impossibilidade de inspeção minuciosa, sendo assim, estes critérios foram analisados superficialmente a partir dos registros coletados.

Cada estudo de caso foi analisado por meio do IRU e disposto nas tabelas de avaliação em duas fases, a primeira referente ao estado anterior à obra de requalificação, ou seja, com a presença do viaduto, e a segunda, realizada por meio da análise quanto aos resultados da obra de requalificação após a demolição dos viadutos. Por fim, uma breve comparação entre os resultados pertinentes a cada obra, permite a observação da melhora evidente em cada região após a demolição dos viadutos e reabilitação dos espaços.

3.1 Elevado da Perimetral e Projeto Porto Maravilha

A avaliação por meio do Índice de Requalificação da Infraestrutura Urbana sobre o Elevado da Perimetral antes de sua demolição demonstra o estado de degradação da área. A Tabela 4 apresenta a avaliação e o resultado de grau inferior, que atende apenas parcialmente aos parâmetros propostos.

Tabela 4: Avaliação do Elevado da Perimetral.

O.A.E: ELEVADO DA PERIMETRAL ANO: 1950 LOCAL: RIO DE JANEIRO - BRASIL									
INDICADOR	Am-bien-tal	Artís-tico	Durabi-lidade (vida útil)	Econô-mico	Segu-rança	Sim-bólico	Social	Uso	Total para-metrizado
IMPLANTAÇÃO									
ACESSIBILIDADE	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	0,0
CALÇADAS	NÃO	NÃO	SIM	SIM	SIM	NÃO	SIM	SIM	0,63
CICLOVIA	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	0,0
PAISAGISMO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	0,0
VEGETAÇÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	0,0
MOBILIÁRIO URBANO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	0,0
IMPLANTAÇÃO GLOBAL									0,11
I.R.U.	Grau Inferior								0,11

Fonte: Adaptado de Galimi, 2021; dados autorais.

A melhora na localidade após o projeto Porto Maravilha é notável com avaliação de grau superior, de valor 0,79. Deste modo, é relevante ressaltar a melhora significativa da qualidade de vida na área e a região requalificada como atrativo turístico. Como avaliado pela Tabela 5, a requalificação do espaço demonstrou impacto positivo e sustentabilidade.

Tabela 5: Avaliação após o Projeto Porto Maravilha.

O.A.E: PROJETO PORTO MARAVILHA ANO: 2016 LOCAL: RIO DE JANEIRO - BRASIL									
INDICADOR	Am- bien- tal	Artís- tico	Durabi- lidade (vida útil)	Econô- mico	Segu- rança	Simbó- lico	Social	Uso	Total para- metrizado
IMPLANTAÇÃO									
ACESSIBILIDADE	SIM	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	0,88
CALÇADAS	SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	SIM	0,62
CICLOVIA	SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	SIM	0,62
PAISAGISMO	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	1,00
VEGETAÇÃO	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	NÃO	SIM	SIM	0,88
MOBILIÁRIO UR- BANO	SIM	SIM	SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	SIM	0,75
IMPLANTAÇÃO GLOBAL									0,79
I.R.U.	Grau Superior								0,79

Fonte: Adaptado de Galimi, 2021; dados autorais.

Em suma, a obra se destaca no Rio de Janeiro como requalificação do espaço de maneira sustentável. As avaliações mostraram-se positivas com relação à obra e seu impacto na população.

3.2 Viaduto Cheonggye e Riacho Cheonggyecheon

Como parte da avaliação da requalificação da antiga infraestrutura presente acima do riacho Cheonggyecheon, foi observado como o projeto do viaduto não considerava atributos de sustentabilidade e acessibilidade à população, o que conferiu a degradação da região, como mencionado anteriormente. A avaliação pode ser observada na Tabela 6, com resultados de grau mínimo, ou seja, representava um estado de obsolescência.

Tabela 6: Avaliação antes da restauração do riacho Cheonggyecheon.

O.A.E: VIADUTO CHEONGGYE ANO: 1971 LOCAL: SEUL - COREIA DO SUL									
INDICADOR	Am- bien- tal	Artís- tico	Durabili- dade (vida útil)	Econô- mico	Segu- rança	Sim- bólico	Social	Uso	Total parame- trizado
IMPLANTAÇÃO									
ACESSIBILIDADE	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	0,0
CALÇADAS	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	0,25
CICLOVIA	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	0,0
PAISAGISMO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	0,0
VEGETAÇÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	0,0
MOBILIÁRIO URBANO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	0,0
IMPLANTAÇÃO GLOBAL									0,04
I.R.U.	Grau Mínimo								0,04

Fonte: Adaptado de Galimi, 2021; dados autorais.

A nova avaliação demonstra a alta consideração pela sustentabilidade no projeto de requalificação do riacho Cheonggyecheon. A obra releva não apenas da qualidade ambiental, como também a valorização do patrimônio e da história da capital coreana em suas diferentes dinastias. A avaliação presente na Tabela 7 comprova a alta requalificação da região e a melhora notável da qualidade de vida dos habitantes de Seul, com resultados de grau superior de valor 0,88, quase alcançando o grau máximo de requalificação.

Tabela 7: Avaliação após a restauração do riacho Cheonggyecheon.

O.A.E: RIACHO CHEONGGYECHEON ANO: 2005 LOCAL: SEUL - COREIA DO SUL									
INDICADOR	Am- bien- tal	Artís- tico	Durabi- lidade (vida útil)	Econô- mico	Segu- rança	Sim- bólico	So- cial	Uso	Total parametri- zado
IMPLANTAÇÃO									
ACESSIBILIDADE	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	NÃO	SIM	SIM	0,88
CALÇADAS	SIM	NÃO	SIM	SIM	SIM	NÃO	SIM	SIM	0,75
CICLOVIA	SIM	NÃO	SIM	SIM	SIM	NÃO	SIM	SIM	0,75
PAISAGISMO	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	1,00
VEGETAÇÃO	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	1,00
MOBILIÁRIO URBA- NO	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	NÃO	SIM	SIM	0,88
IMPLANTAÇÃO GLO- BAL									0,88
I.R.U.	Grau Superior								0,88

Fonte: Adaptado de Galimi, 2021; dados autorais.

A requalificação do riacho Cheonggyecheon se mostra exemplar e abrange considerações sustentáveis que são referência para um projeto de grande complexidade. A avaliação da obra é de resultados positivos para a população e para o meio ambiente da região.

3.3 Via M-30 e Madrid Río

A avaliação das margens do rio Manzanares antes da obra do Madrid Río, sem o soterramento da via M-30, apresentou grau mínimo, como apresentado pela Tabela 8. Estes resultados apenas comprovam a degradação anterior da região e o modo como não atendia a valores sustentáveis.

Tabela 8: Avaliação antes da restauração do rio Manzanares.

O.A.E: VIA M-30 ANO: 1970 LOCAL: MADRID - ESPANHA									
INDICADOR	Am- bien- tal	Artís- tico	Durabi- lidade (vida útil)	Econô- mico	Segu- rança	Sim- bólico	So- cial	Uso	Total parametri- zado
IMPLANTAÇÃO									
ACESSIBILIDADE	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	0,0
CALÇADAS	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	0,25
CICLOVIA	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	0,0
PAISAGISMO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	0,0
VEGETAÇÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	0,0
MOBILIÁRIO URBA- NO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	0,0
IMPLANTAÇÃO GLO- BAL									0,04
I.R.U.	Grau Mínimo								0,04

Fonte: Adaptado de Galimi, 2021; dados autorais.

A avaliação realizada sobre as margens do rio Manzanares após a obra do Madrid Río foram consideradas como positivas e de grau superior de valor 0,78, como é apresentado na Tabela 9. A relevância da obra demonstrou efetiva melhora na região e aumento da acessibilidade.

Tabela 9: Avaliação após a restauração do rio Manzanares.

O.A.E: MADRID RÍO ANO: 2011 LOCAL: MADRID - ESPANHA									
INDICADOR	Am- biental	Artís- tico	Durabi- lidade (vida útil)	Econô- mico	Segu- rança	Sim- bólico	So- cial	Uso	Total parametri- zado
IMPLANTAÇÃO									
ACESSIBILIDADE	SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	SIM	0,63
CALÇADAS	SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	SIM	0,63
CICLOVIA	SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	SIM	0,75
PAISAGISMO	SIM	SIM	SIM	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM	0,88
VEGETAÇÃO	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	0,88
MOBILIÁRIO URBANO	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	NÃO	SIM	SIM	0,88
IMPLANTAÇÃO GLOBAL									0,78
I.R.U.	Grau Superior								0,78

Fonte: Adaptado de Galimi, 2021; dados autorais.

A obra Madrid Río, apesar de bastante controversa, demonstrou uma avaliação positiva em sua conclusão. O projeto atendeu de maneira satisfatória aos parâmetros de requalificação e melhorou significativamente a região.

3.4 Comparação entre os estudos de caso

Os resultados obtidos em cada avaliação demonstram de forma efetiva as melhoras nas regiões das obras de requalificação. Em todos os casos observados, as obras de caráter sustentável alcançaram valores de grau superior de acordo com o IRU, como apresentado na Tabela 10, e, conseqüentemente, resultaram em benefícios para a população de cada cidade.

Tabela 10: Quadro comparativo entre os três estudos de caso analisados.

CASOS ANALISADOS	I.R.U. ANTERIOR À DEMOLIÇÃO	I.R.U. APÓS A REQUALIFICAÇÃO
ELEVADO DA PERIMETRAL E PROJETO PORTO MARAVILHA	GRAU INFERIOR - 0,11	GRAU SUPERIOR - 0,79
VIADUTO CHEONGGYE E RIACHO CHEONGGYECHEON	GRAU MÍNIMO - 0,04	GRAU SUPERIOR - 0,88
VIA M-30 E MADRID RÍO	GRAU MÍNIMO - 0,04	GRAU SUPERIOR - 0,78

Fonte: Elaboração própria, a partir de Galimi, 2021.

Comparativamente, o viaduto Cheonggye e a via M-30, demonstravam os valores mais baixos anteriores à demolição, classificados como de grau mínimo com índice de 0,04. Em contrapartida, a obra de restauração do riacho Cheonggyecheon totalizou o valor mais alto dentre os projetos, avaliado em 0,88 pelo índice do IRU e sendo o mais próximo do grau máximo. O Projeto Rio Maravilha obteve o valor de 0,79, de grau superior, em oposição à presença do Elevado da Perimetral, que apresentava grau inferior com 0,11. Por último, o projeto Madrid Río alcançou o valor de 0,78, semelhante ao caso do Rio de Janeiro.

4. **Considerações finais**

A análise dos estudos de caso submetidos ao Índice de Requalificação da Infraestrutura Urbana (IRU), demonstra de maneira efetiva como a requalificação de espaços urbanos pode ser efetuada em áreas de alta degradação a partir da demolição de antigos viadutos e do planejamento urbanístico sustentável. Assim, apesar dos diferentes contextos projetuais, os casos do Porto Maravilha, no Rio de Janeiro, da restauração do riacho Cheonggyecheon, em Seul, e do projeto Madrid Río, em Madrid, manifestaram notável a melhoria na qualidade

de vida dos habitantes das regiões onde ocorreram em comparação ao estado anterior à demolição dos respectivos viadutos.

No caso Projeto Rio Maravilha, observa-se que sua principal motivação foi a estética urbana e o turismo, de modo que levantou questionamentos sobre o processo de gentrificação resultante da efetuação do projeto. Elementos históricos e sociais poderiam ter sido fundamentalmente considerados para o planejamento da obra com o intuito de gerar menos impacto nas comunidades presentes na região. Quanto aos resultados obtidos conforme os critérios do IRU, estes são, de fato, positivos, especialmente em aspectos estéticos e de estímulo ao turismo na localidade. Os incentivos culturais e as melhorias de locomoção e acesso, em especial pela implantação do VLT, são destaques como efeitos benéficos do projeto como um todo.

Por sua vez, a obra de reabilitação do riacho Cheonggyecheon pode ser considerado como de fundamentação sustentável e econômica, uma vez que ao visar a recuperação dos espaços naturais degradados, houve também uma revitalização das áreas ao redor do riacho. Sob a perspectiva da avaliação feita através do IRU, o projeto obteve o valor de IRU mais alto dentre os estudos de caso, e se mostra como referencial em termos de requalificação de espaços e planejamento urbano sustentável. A busca pelo reestabelecimento da fauna e flora do local tem tido resultados satisfatórios que implicam, conseqüentemente, no conforto ambiental e bem-estar social da população de Seul. Quando comparado ao estado anterior do riacho, em que foi coberto para abrigar o antigo viaduto, a restauração histórica e ecológica promovida pelo projeto é bem executada e efetiva.

O último estudo de caso analisado, o projeto Madrid Río, marcou-se por sua iniciativa centrada na locomoção e remodelação urbana, que implicou em uma obra em grande escala e controversa quanto à sua intervenção ambiental e ao alto custo. Contudo, o espaço verde criado nas margens do rio Manzanares demonstrou resultados significativos, segundo o IRU obtido. A transformação do espaço foi bem-sucedida e de impacto abrangente para o bem-estar da população da região. Deste modo, ao ser comparado com seu estado anterior, o projeto definitivamente valorizou a área e incentivou o lazer e contemplação. É uma intervenção que apesar de não ter cumprido inteiramente com a despoluição do rio, foi benéfica em abrangência social e visual.

Apesar das limitações quanto às informações e inspeções mais detalhadas sobre cada caso, a análise pôde ser realizada superficialmente com base nos estudos em artigos e registros pictóricos dos locais em diferentes períodos. As complicações com fontes minuciosas de informação, inclusive, implicaram na seleção de apenas três objetos de análise, outros casos que poderiam ser citados, como por exemplo, o projeto Big Dig em Boston, tinham limitação de acesso aprofundado aos seus estudos, e por isso foram deixados como possibilidade de estudo posterior. Este tema de pesquisa, relacionada à demolição de Obras de Arte Especiais e requalificação de seus espaços, pode ser ampliado para diferentes investigações sobre seus impactos e possibilidades de novos projetos.

Por fim, esta pesquisa destacou a importância da consideração de intervenções de caráter sustentável realizadas a partir da premissa da possível demolição de estruturas urbanísticas e recriação de áreas públicas em favor social e ambiental. Para tanto, é relevante ressaltar que a base projetual para a demolição e reabilitação deve ser minuciosamente estudada e considerada sob critérios de sustentabilidade e qualidade do ambiente. É, portanto, necessária a avaliação dos impactos gerados pela demolição, das soluções construtivas e dos materiais empregados para realizar o projeto, considerando causas ambientais.

Referências

DIAZ ORUETA, Fernando. Megaproyectos urbanos y modelo de ciudad: El ejemplo de Madrid Río. Cuad. urbano, Resistencia, v. 19, n. 19, p. 179-200, dez. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1853-36552015000400009&lng=es&nrm=i-so>. Acesso em: 1 nov. 2024.

FRANCO, Maria de Assunção Ribeiro; CASTAÑER, Carme Machí; SOUSA, Ricardo da Cruz e. INFRAESTRUTURA VERDE E RESILIÊNCIA URBANA PARA AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA PENÍNSULA IBÉRICA: ESTUDOS DE CASO. Revista LABVERDE, São Paulo, Brasil, n. 9, p. 128-163, 28 jan. 2015. <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2179-2275.v0i9p128-163>. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/revistalabverde/article/view/89479>. Acesso em: 1 nov. 2024.

GALIMI, Stefano. Índice de requalificação da infraestrutura urbana: uma proposta para avaliação das intervenções de retrofit no patrimônio das obras de arte especiais. 2021. 459 f. Tese (Doutorado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2021.

KIM, Hyeongil. Cheonggyecheon Stream, Seoul Restoration and Regeneration for a Future City. In: KOO, Ja-Hoon et al. Urban Regeneration in Korea - Five Ways to Revitalize Old Cities. Coreia do Sul: Daega Publishing, 2022, cap. 2. p. 142-179.

PÉREZ-FORTES, A. P.; ABAJO, L. López-De; ALBERTI, M. G.; GÁLVEZ, J. C. Evaluación de la sostenibilidad del soterramiento de la carretera M-30 y la creación de Madrid Río en Madrid, España. Congreso Latino-Americano de Patología de Construcción, [S.L.], p. 496-506, out. 2021.

ALCONPAT. <http://dx.doi.org/10.4322/conpat2021.708>. Disponível em: https://www.academia.edu/77201547/Evaluación_de_la_sostenibilidad_del_soterramiento_de_la_carretera_M_30_y_la_creación_de_Madrid_Río_en_Madrid_España. Acesso em: 4 nov. 2024.

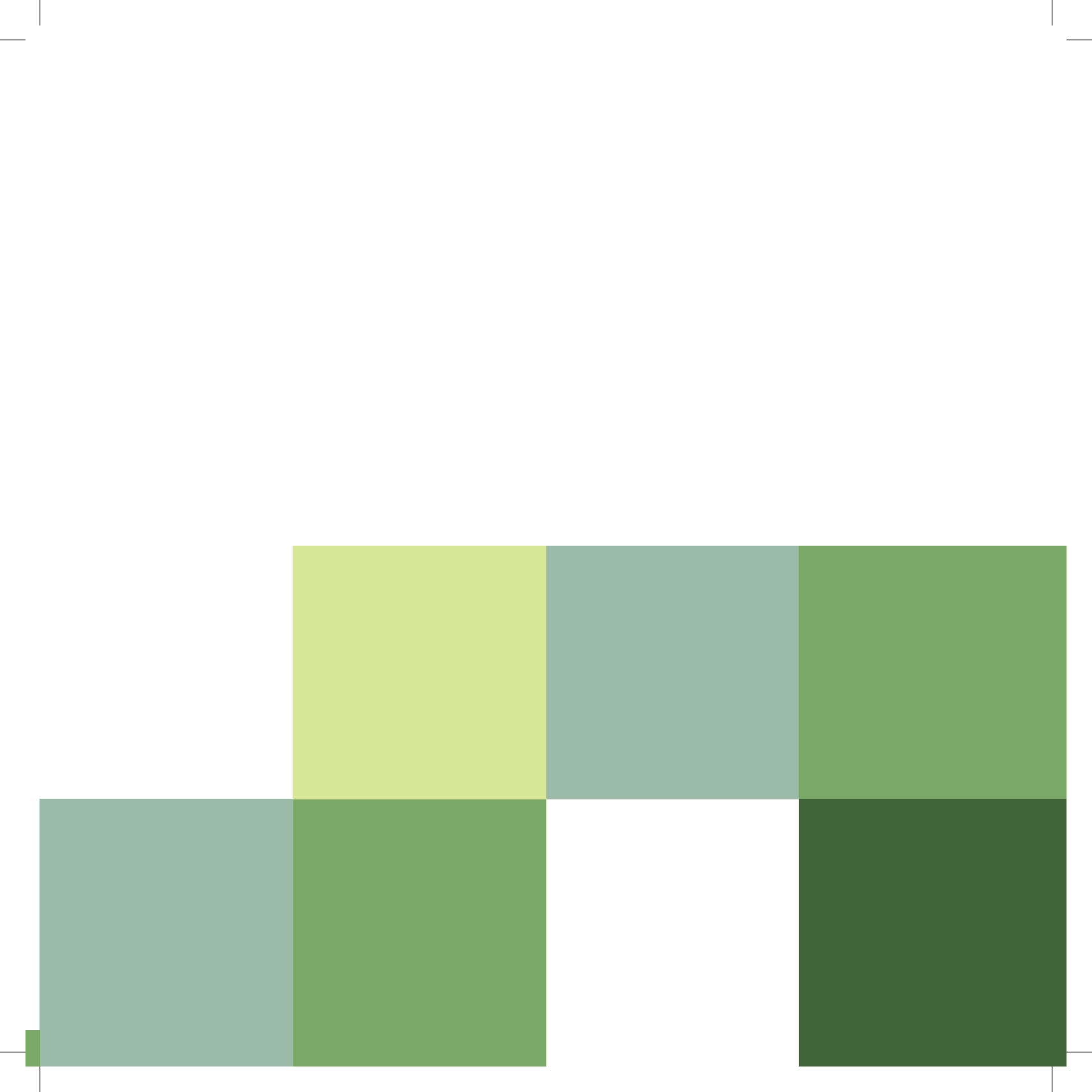
RIO Prefeitura. Porto Maravilha: operação urbana. Operação Urbana. [ca 2016] data provável. Disponível em: <https://www.ccpa.rio/projeto/porto-maravilha/operacao-urbana/>. Acesso em: 15 out. 2024.

RIO Prefeitura. Projeto Porto Maravilha. Rio de Janeiro, RJ, [ca. 2009] data provável. 50 slides, color. Disponível em: https://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/6165511/4162118/projeto_porto_maravilha.pdf. Acesso em: 15 out. 2024.

Seoul Urban Regeneration: cheonggyecheon restoration and downtown revitalization. Cheonggyecheon Restoration and Downtown Revitalization. 2014. Disponível em: <https://www.seoulsolution.kr/en/content/seoul-urban-regeneration-cheonggyecheon-restoration-and-downtown-revitalization>. Acesso em: 2 out. 2024.

SILVA, José; SEPULVEDA, José. O Projeto Porto Maravilha e os 450 anos da cidade do Rio: sobre realces e silenciamentos. Pro-Posições, Campinas, SP, v. 34, p. e20210040, 2023. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/proposic/article/view/8675167>. Acesso em: 10 dez. 2024.

SOUZA, Jéser Abílio de. Do cais ao porto: a racialização intrínseca ao desenvolvimento e as práticas de ordenação e de higienização do projeto porto maravilha. Revista da Sociedade Brasileira de Economia Política, [S.L], n. 66, p. 121-146, jul. 2023. Semestral. Disponível em: <https://revistasep.org.br/index.php/SEP/article/view/1023>. Acesso em: 9 out. 2024.



6. **Processo de patrimonialização do núcleo rural de Pomerode – SC entre 2007 e 2024**

Heritage process of the rural nucleus of Pomerode – SC between 2007 and 2024

Proceso de patrimonialización del núcleo rural de Pomerode – SC entre 2007 y 2024

Talita Knopf¹
Andrey Rosenthal Schlee²

1 Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Brasília, DF, Brasil. arqtalitaknopf@gmail.com

2 Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Brasília, DF, Brasil. andreyrosenthal@gmail.com

Resumo

A imigração europeia no sul do Brasil contribuiu para um rico patrimônio cultural, integrado à diversidade brasileira. Na década de 1980, o IPHAN iniciou um projeto para preservar esse legado no Vale do Itajaí, promovendo o turismo em áreas rurais. A partir de 2007, diversas políticas patrimoniais foram implementadas em Santa Catarina, destacando-se a cidade de Pomerode, que teve papel central no processo. Este artigo tem como objetivo analisar esse processo de patrimonialização, evidenciando as tensões, desafios e implicações resultantes da ação do poder público e da apropriação turística desses bens culturais. Para isso, adota-se uma abordagem histórico-descritiva, com base em pesquisa documental e bibliográfica. A análise dos principais marcos legais e administrativos ocorridos entre os anos de 2007 e 2024, permite compreender a evolução das políticas públicas de preservação e os conflitos decorrentes da exclusão da comunidade local nos processos decisórios. Fica claro que o processo de patrimonialização em Pomerode exige maior participação da comunidade local para valorizar a identidade cultural e evitar o turismo descontextualizado, fortalecendo o patrimônio como ferramenta de transformação social.

Palavras-Chave: patrimônio cultural, região de imigração, turismo, processo de patrimonialização.

Abstract

European immigration to southern Brazil contributed to a rich cultural heritage, integrated into the broader Brazilian diversity. In the 1980s, IPHAN initiated a project to preserve this legacy in the Vale do Itajaí, promoting tourism in rural areas. Starting in 2007, various heritage policies were implemented in Santa Catarina, with the city of Pomerode standing out as playing a central role in the process. This article aims to analyze the heritage-making process, highlighting the tensions, challenges, and implications resulting from the actions of public authorities and the touristic appropriation of these cultural assets. To this end, a historical-descriptive approach is adopted, based on documentary and bibliographic research. The analysis of the main legal and administrative milestones between 2007 and 2024 makes it possible to understand the evolution of public preservation policies and the conflicts arising from the exclusion of the local community from decision-making processes. It becomes clear that the heritage-making process in Pomerode requires greater participation from the local community to value cultural identity and avoid decontextualized tourism, strengthening heritage as a tool for social transformation.

Key-Words: cultural heritage, immigration region, tourism, heritage process.

Resumen

La inmigración europea en el sur de Brasil contribuyó a un rico patrimonio cultural, integrado a la diversidad brasileña. En la década de 1980, el IPHAN inició un proyecto para preservar ese legado en el Vale do Itajaí, promoviendo el turismo en áreas rurales. A partir de 2007, se implementaron diversas políticas patrimoniales en Santa Catarina, destacándose la ciudad de Pomerode, que tuvo un papel central en el proceso. Este artículo tiene como objetivo analizar dicho proceso de patrimonialización, evidenciando las tensiones, desafíos e implicaciones resultantes de la acción del poder público y de la apropiación turística de estos bienes culturales. Para ello, se adopta un enfoque histórico-descriptivo, basado en investigación documental y bibliográfica. El análisis de los principales hitos legales y administrativos ocurridos entre los años 2007 y 2024 permite comprender la evolución de las políticas públicas de preservación y los conflictos derivados de la exclusión de la comunidad local en los procesos de toma de decisiones. Queda claro que el proceso de patrimonialización en Pomerode exige una mayor participación de la comunidad local para valorar la identidad cultural y evitar un turismo descontextualizado, fortaleciendo el patrimonio como herramienta de transformación social.

Palabras clave: patrimonio cultural, región de inmigración, turismo, proceso de patrimonialización.



1. Introdução

No sul do Brasil, entre os séculos XIX e XX, a imigração europeia passou a ser estimulada como política oficial. Naquele momento, era conveniente para o governo brasileiro receber trabalhadores livres que mudassem, pouco a pouco, o sistema escravocrata da sociedade colonial. Entre outros objetivos, era igualmente fundamental ocupar as chamadas “terras devolutas”, ou seja, grandes porções do território que permaneciam sem ocupação oficial, apesar de serem conhecidamente exploradas por grupos indígenas. Contudo, foi a partir de 1850, com a Lei de Terras, que a imigração obteve maior impulso em Santa Catarina. Esse período foi marcado pelo surgimento de diversas colônias de imigração, como foi o caso de Blumenau e Dona Francisca, oriundas deste estímulo à colonização. A ocupação do território ocorreu por meio da adaptação do imigrante às condições locais, climáticas e geográficas, aliada ao convívio com demais grupos, desenvolvendo características peculiares do modo de vida na pequena propriedade rural. Entre outras coisas, o processo de imigração deu origem a um importante patrimônio cultural, formado por diferentes paisagens, costumes, saberes e fazeres. Esse processo contribuiu ainda mais com a diversidade cultural nacional (Weissheimer, 2016). Sobre o reconhecimento de tal patrimônio, cabe observar as políticas implementadas pelo órgão federal de preservação.

No início da década de 1980, o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) passou a atuar na região de imigração de Santa Catarina, desenvolvendo estudos sobre o patrimônio local. Como resultado, destacou-se o projeto ‘Roteiros Nacionais de Imigração’, inicialmente desenvolvido no Vale do Itajaí. A intenção inicial era identificar as edificações de interesse cultural e traçar um roteiro temático do patrimônio da imigração, capaz de alavancar a sustentabilidade econômica da região. Através da pesquisa consequente do inventário, percebeu-se a permanência de sistemas construtivos, dialetos linguísticos, tradições culinárias e modos de vida próprios de descendentes de alemães, poloneses, italianos, ucranianos, entre outros grupos de imigrantes, no local. Foi igualmente possível identificar, o esvaziamento demográfico das regiões rurais e a desvalorização da agricultura familiar e da vida no campo, decorrente da intensa industrialização e consequentemente sua forte urbanização. Nesse período, a solução encontrada pela equipe técnica, foi a abertura dessas propriedades para o turismo, na tentativa de proteger esse patrimônio e promover sustentabilidade econômica para as famílias detentoras dos bens (Menini, 2023).

No ano de 2007, se iniciou um processo de tombamentos federais sucessivos no estado de Santa Catarina, decorrente do longo processo de inventário. Inicialmente, foram tombadas 45 edificações, o núcleo urbano de Alto Paraguaçu e os núcleos rurais de Testo Alto e Rio da Luz. Totalizando 61 bens individualmente tombados, em um segundo momento, distribuídos em 16 cidades catarinenses.

Nesse processo, destaca-se a cidade de Pomerode, que tem um protagonismo relevante por abrigar um número considerável de bens inventariados. Além de fazer parte do

tombamento do conjunto rural de Testo Alto e Rio da Luz, juntamente com o município de Jaraguá do Sul. Trata-se de dois grandes bairros rurais interligados pelas cidades vizinhas. O processo foi um dos primeiros no Brasil e levantou uma discussão abrangente em torno do tema da paisagem cultural. Meses antes do tombamento do conjunto rural, foi celebrado em Pomerode o Termo de Cooperação Técnica dos Roteiros Nacionais de Imigração, assinado pelos principais agentes públicos envolvidos, nas três esferas governamentais: municipal, estadual e federal. O Termo consolida um pacto de gestão compartilhada entre as instâncias, se comprometendo a preservar e incentivar a sustentabilidade do patrimônio cultural da imigração.

A problemática em torno desse tema é extremamente complexa e envolve diferentes agentes e interesses. As discussões acerca do tombamento foram muito penosas, a exclusão da comunidade local nas etapas iniciais do processo de patrimonialização gerou uma gestão dificultosa. A descontinuidade de políticas de gestões anteriores também contribuiu para o enfraquecimento de uma gestão integrada do patrimônio, sendo que o principal aliado para a continuação do projeto é a própria comunidade, que se apropria e lhe atribui valor (Menini, 2023).

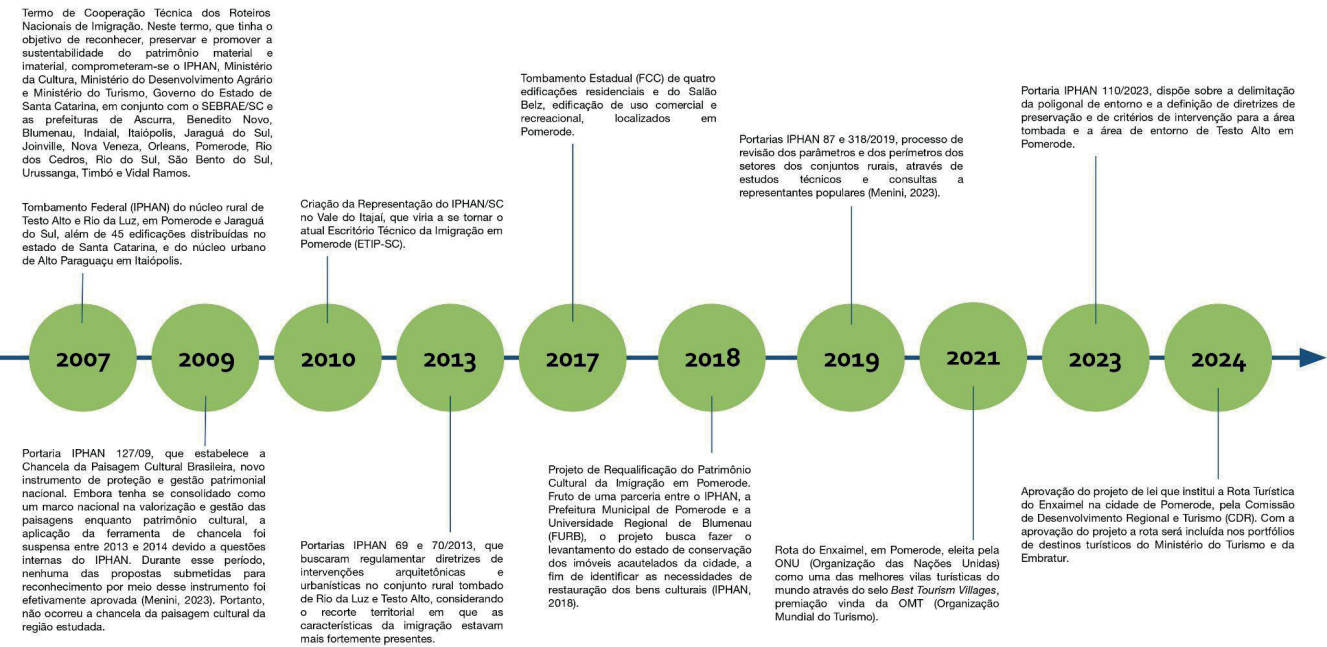
Apesar da atual visibilidade da região alcançada pelo turismo, o abandono e as descaracterizações físicas do patrimônio material e da paisagem cultural continuam frequentes. O turismo massificado da região contribuiu com o abandono nesse sentido, por promover uma arquitetura cenográfica de baixa qualidade, não condizente com a realidade histórica desses grupos sociais. De certa maneira, essa arquitetura falsificada, resulta na supervalorização de uma paisagem artificial, que acaba ganhando mais espaço do que a preservação dos bens de imigração.

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo analisar o processo de patrimonialização do patrimônio cultural da imigração europeia em Santa Catarina, com foco na cidade de Pomerode, evidenciando as tensões, desafios e implicações resultantes da ação do poder público e da apropriação turística desses bens culturais. Para isso, adota-se uma abordagem histórico-descritiva, com base em pesquisa documental e bibliográfica, utilizando como fontes principais as portarias do IPHAN, atos normativos, projetos institucionais e referências acadêmicas que tratam da temática. A análise se estrutura a partir de uma cronologia dos principais marcos legais e administrativos ocorridos entre os anos de 2007 e 2024, o que permite compreender a evolução das políticas públicas de preservação, os conflitos decorrentes da exclusão da comunidade local nos processos decisórios e refletir sobre os impactos da crescente turistificação sobre a integridade da paisagem cultural e do modo de vida tradicional da região.

1.1 Cronologia

Para facilitar o entendimento do problema, vamos apresentar uma cronologia do processo de patrimonialização ocorrido na região de imigração em Santa Catarina, a partir do ano de 2007.

Figura 1: Linha do tempo.



Fonte: Autores (2025)

Esse processo revela um esforço contínuo e articulado de reconhecimento, preservação e valorização do patrimônio cultural, com avanços institucionais, legais e significativos desde 2007. No entanto, o processo também evidencia desafios, como a descontinuidade de instrumentos como a chancela de paisagem cultural e a necessidade permanente de revisão das diretrizes de preservação, indicando que a gestão do patrimônio requer constante atualização, participação social e integração com o desenvolvimento local.

2. **Formação urbana e cultural da região de imigração**

2.1 **Breve histórico**

Os impactos da Revolução Industrial, associados a perseguições políticas e religiosas, além de baixas condições econômicas e sociais, impulsionaram grandes fluxos migratórios da Europa no século XIX. O Brasil passou a receber um volume expressivo de imigrantes. Colônias pioneiras foram estabelecidas no Rio de Janeiro e na Bahia, embora houvesse dúvidas se eram realmente baseadas no trabalho livre. Para o governo brasileiro, esse movimento atendia a diversas necessidades internas e externas. A ocupação de terras denominadas devolutas era estratégica. No sul do Brasil, havia uma disputa com a Argentina pela hegemonia política e militar na foz do Rio da Prata. Além de ocuparem áreas consideradas vazias demográficas, os imigrantes permitiram a substituição da força de trabalho. O Brasil era uma das últimas nações a utilizar a escravidão como a principal forma de mão de obra, e apenas com grande dificuldade foram implementadas medidas para substituí-la por trabalhadores livres.

O Decreto nº 528 de 1890, conhecido como Lei Glicério (em homenagem ao ministro responsável), refletia o interesse da república em manter a imigração contínua, e era dividido em duas partes: uma sobre o transporte e a fixação de imigrantes no território nacional e outra sobre a colonização de propriedades agrícolas privadas. O decreto marcou a transição da colonização oficial para a iniciativa privada e proibia a entrada de africanos e asiáticos no país, como uma estratégia para implementar o processo de “embranquecimento” racial. Essa ideia era amplamente defendida por elites europeizadas que administravam as nações recém-libertas e buscavam se alinhar aos padrões civilizatórios da época.

No sul do Brasil, Santa Catarina ainda é considerado um estado de imigrantes. O movimento colonizador iniciado em meados do século XIX, com a ascensão de D. Pedro II ao trono, resultou no estabelecimento de várias colônias no Estado. Em 1850, foi promulgada a Lei de Terras, um significativo incentivo à colonização, que passou a permitir que estrangeiros se tornassem proprietários das terras que ocupassem, substituindo o sistema anterior que apenas concedia o direito de uso. A partir dessa mudança, a formação de colônias tornou-se uma atividade comercial gerida por particulares, incluindo aspectos como a demarcação de terras, a promoção de campanhas publicitárias para atrair imigrantes para o Brasil, além do transporte e alojamento para os novos chegados (Weissheimer, 2016).

Na região do Vale do Itajaí, o processo de colonização foi pautado na pequena propriedade agrícola e no estabelecimento de colônias étnicas específicas, com grupos vindos da Pomerânia, Prússia e Hamburgo (Ferreira, 2023). Os imigrantes que chegaram à região acreditavam erroneamente que encontrariam terras desabitadas a serem exploradas. No entanto, o território já era habitado pelo povo indígena Laklãnõ, o que gerou um confronto pela sobrevivência entre os dois grupos. De acordo com Priprá (2021):

No interior da floresta, nas encostas e vales encaixados entre a costa e o planalto catarinense, viviam os Laklãnõ/Xokleng e os Kaingang que mantinham uma harmonia com a natureza sem a preocupação de limites de terras. Do outro lado, a colonização alemã e italiana recém-chegada às Américas adentrava as florestas, gerando uma disputa pela sobrevivência entre indígenas e não indígenas, na qual o fator principal era a terra.

A imprensa da época retratava os Laklãnõ como “selvagens desalmados”, enquanto a igreja os classificava como “gentios” que necessitavam de catequização. Diversos termos foram utilizados na literatura da época para designar esse povo, como Botocudos e Bugres, mas nenhum desses nomes é reconhecido pelo grupo, que atualmente se identifica como Laklãnõ, termo que significa “povo que caminha em direção ao sol”. O povo Laklãnõ reside no Vale do Itajaí, predominantemente na Terra Indígena de Ibirama. Este grupo é composto por aproximadamente duas mil e oitocentas pessoas, que sobreviveram a um processo de colonização brutal e que quase resultou em seu extermínio total (Priprá, 2021).

A colônia Blumenau representa um dos mais importantes núcleos coloniais do estado, sua implementação deu origem a uma das regiões mais prósperas de Santa Catarina, atualmente dividida em vários municípios com altos índices de industrialização urbana. Blumenau foi fundada em 1850 como uma colônia privada pelo Dr. Hermann Blumenau, farmacêutico alemão, que fazia parte de um rol de estudiosos europeus. Muitos deles eram cientistas ligados às Ciências Naturais, que viajaram pelo Brasil no decorrer do século XIX visando descrever a natureza e os modos de vida dos brasileiros. Ferreira (2023) descreve que:

As crônicas e textos produzidos pelos viajantes tornaram-se fontes importantes de informações acerca do Brasil oitocentista, além de contribuir para transformar observações e anotações em narrativas que privilegiavam a natureza tropical brasileira. Os viajantes conservavam um fascínio pela fauna e flora brasileiras, colaborando com os pesquisadores no sentido de questionar as pistas deixadas em seus livros, sobretudo porque suas interpretações e propósitos costumavam ser diversos em muitos sentidos.

A maioria desses cientistas tinham em comum sua cultura de origem germânica e seguiam uma interpretação da realidade pautada em modelos racionalistas, sem nenhuma relação com outras culturas e visões de mundo. Ferreira (2023) destaca ainda que:

Alinhado às teorias de supremacia branca e à crença na hierarquia racial, H. Blumenau se posicionou sobre a formação humana do Brasil, na perspectiva de um europeu imbuído das discussões que permeavam o ideário civilizacional no velho continente. O pensamento racial do século XIX era incrivelmente disseminado pelo mundo, e todas as tradições culturais contrastantes dos países, aliadas ao desenvolvimento e às experiências históricas particulares, eram cuidadosamente unificadas por intermédio da ciência.

A atuação de cientistas europeus, como Hermann Blumenau, reforçou discursos racistas sob o manto da ciência, legitimando a exclusão de saberes e culturas não europeias. Assim, a colonização deixou marcas profundas na configuração social e territorial da região. O processo de imigração revela uma política nacional marcada por interesses econômicos, raciais e geopolíticos.

2.2 A ocupação do território

O modelo de ocupação do território organizava as colônias em torno de um núcleo central, geralmente um ponto de desembarque e recepção, como o antigo porto de Blumenau no Rio Itajaí-Açu. A partir desse núcleo, eram traçadas as estradas rurais ao longo das margens dos cursos d'água principais, distribuindo lotes de terra para os imigrantes. Cada núcleo de recepção desenvolvia-se em torno de um aglomerado urbano, originando várias cidades de pequeno e médio porte que ainda caracterizam as regiões de imigração, como o Vale do Itajaí e a Serra Gaúcha.

As colônias rurais eram compostas por lotes estreitos e profundos, com a testada voltada para a estrada ou o rio. Próximo à testada se situavam as áreas de cultivo e as construções residenciais e de armazenamento. Nas áreas mais íngremes, estabeleciam-se pastagens e áreas de preservação de mata para a extração controlada de madeira. Os entroncamentos das estradas frequentemente abrigavam casas comerciais, que serviam como centros de comércio e encontros sociais. Nas colônias alemãs, destacavam-se sociedades recreativas e culturais, além de escolas e igrejas. Nas colônias italianas, polonesas e ucranianas, a igreja tinha um papel central na vida social e na organização urbana. A paisagem cultural da imigração é marcada por propriedades familiares de policultura e a preservação de áreas naturais ao longo das estradas e cursos d'água (Weissheimer, 2016).

No texto “Construtores de sonhos”, Schlee (1999), descreve o impacto da imigração europeia, especialmente a italiana, no Rio Grande do Sul, ressaltando o papel central das igrejas nas comunidades e o esforço dos imigrantes em preservar suas tradições e fé em meio ao isolamento rural. Essa narrativa pode ser diretamente relacionada às colônias de imigração em Santa Catarina, onde o processo foi semelhante. Assim como no Rio Grande do Sul, a construção de templos religiosos foi um elemento fundamental para a preservação cultural e social desses grupos. As igrejas não eram apenas locais de culto religioso, mas também serviam como centros de convívio social, educação e organização comunitária. As festas religiosas, como a celebração de padroeiros, bem como os bailes e festas, fortaleciam a identidade cultural dos imigrantes e ajudavam a reconstruir o sentido de comunidade perdido com a imigração. Esses espaços, assim como as capelas gaúchas, não eram apenas símbolos religiosos, mas também marcos da superação das dificuldades enfrentadas pelos imigrantes em sua adaptação a um novo país.

2.3 Arquitetura e cultura

Os imigrantes trouxeram para o continente técnicas construtivas típicas de seus países de origem, adaptando-as às condições naturais, climáticas e econômicas locais. A arquitetura das colônias alemãs é marcada pela predominância da técnica enxaimel com fechamento em tijolos aparentes (Weissheimer, 2016). Enxaimel é uma técnica construtiva muito antiga, que se desenvolveu na Idade Média, consiste em um sistema de madeira autônomo. A madeira bruta é serrada em peças estruturais e empregada de encaixes, são adotados determinados procedimentos para armar a estrutura, como marcar as peças com algarismos romanos para auxiliar a montagem (Weimer, 2005).

Os imigrantes alemães vieram de uma cultura florestal, e dominavam a utilização da madeira para a construção de suas casas. Utilizavam fundação de pedra, para que a estrutura de madeira não ficasse em contato direto com o solo, e para a estrutura da edificação, faziam a triangulação do madeiramento por meio de peças inclinadas que tornavam a estrutura rígida (Weimer, 2005). As coberturas elevadas, sustentadas por uma estrutura de caibros, criavam espaço para sótãos amplos, que poderiam ser utilizados tanto como quarto para as crianças quanto como área para a secagem de grãos (Sievert, 2019). Podemos observar essas características arquitetônicas nas figuras 2 e 3.

Figura 2: Foto da Casa Radunz.



Fonte: Autores (2025)

A configuração da planta baixa das construções enxaimel segue um padrão relativamente semelhante, caracterizada por uma volumetria retangular que acomoda a sala e os dormitórios. O mais frequente é a presença de apenas um quarto, ao passo que múltiplos dormitórios surgem apenas em edificações mais recentes. Em ambos os casos, os corredores são ausentes, e as portas se abrem diretamente para a sala. As varandas são elementos comuns, provavelmente incorporados como adaptação ao clima, pois não são encontrados nas construções mais antigas (Sievert, 2019).

Figura 3: Foto da Casa Radunz.



Fonte: Autores (2025)

A cozinha raramente está integrada ao mesmo volume da edificação principal, sendo tradicionalmente construída de forma separada devido ao risco de incêndio, ou anexada à estrutura principal. Esse ambiente, aliás, contribui para definir a forma mais característica dos telhados: a mudança de ângulo que ocorre entre o telhado elevado da casa e a extensão de inclinação mais suave das cozinhas, que realça a verticalidade do volume principal. Peças de cerâmica vazada são frequentemente utilizadas na composição dos guarda-corpos. O contexto das construções enxaimel em Santa Catarina é repleto de edificações notáveis, cuja singularidade demonstra a versatilidade da técnica e a criatividade dos seus construtores (Sievert, 2019).

Durante o período de nacionalização promovido pelo governo Vargas, a perseguição aos alemães forçou os imigrantes a rebocarem as fachadas enxaimel, ocultando seus traços germânicos, resultando na perda de muitos exemplares. Além disso, práticas como o levantamento de platibanda para esconder telhados também se tornaram comuns. Esse período, iniciado com a intervenção nas escolas em 1938 e estendido durante a Segunda Guerra Mundial, proibiu o uso de idiomas estrangeiros em público. Siebert observa que, paradoxalmente, a mesma cultura alemã reprimida é atualmente valorizada e explorada turisticamente, muitas vezes de forma estereotipada e não autêntica. As leis de incentivo aos “enxaimelóides”¹ resultaram em recriações históricas imprecisas, gerando confusão sobre a originalidade e técnica, e contribuindo para a valorização de cenários artificiais em detrimento do patrimônio original (Faes, 2017).

Atualmente, Pomerode possui cerca de 233 edificações construídas em enxaimel, configurando o maior conjunto com essa técnica no Brasil e, possivelmente, um dos maiores fora da Europa. Entre elas, 12 edificações são tombadas individualmente pelo IPHAN, 13 estão protegidas pela Fundação Catarinense de Cultura, e todas são resguardadas pela legislação municipal. A maioria desses imóveis é de uso residencial, e o caráter privado das propriedades pode ser um dos principais fatores que contribuíram para a preservação desse significativo número de edificações. Essas casas, geralmente, permanecem nas mãos de gerações de membros das famílias, sendo frequentemente herdadas. As exceções a esse padrão são as edificações comerciais e os salões, de maior porte, além das construções voltadas para uso educacional (Sievert, 2019).

2.4 Urbanização contemporânea

Os núcleos urbanos das colônias cresceram e se transformaram em pequenas e médias cidades, por meio de sucessivos desmembramentos, formando a atual rede urbana do Vale do Itajaí, que possui 51 municípios. A economia da região evoluiu e a industrialização trouxe o crescimento populacional, a urbanização e a gradual mecanização do território. A rede rodoviária se consolidou como a única modalidade de transporte. O progresso entendido como ação de subjugar a natureza pode ser observado na evolução das cidades da região de imigração, através da construção de pontes, ocupação das margens de rios, retificação de ribeirões e cortes de morros para abrir ruas. O leito secundário dos rios, que são planícies de inundação, foi sendo ocupado, o que forçou a convivência com enchentes periódicas (Siebert, 2009).

As grandes enchentes levaram à verticalização das construções em áreas inundáveis, solução que surgiu como novo modelo para a classe média. Blumenau e região sofrem com

¹ Expressão utilizada para se referir ao pastiche arquitetônico da técnica enxaimel, comum nas falas técnicas de arquitetos e pesquisadores locais em palestras e seminários sobre o tema.

as enchentes desde a fundação da colônia, o primeiro registro de uma grande enchente foi em 1852, apenas dois anos após sua fundação. Desde então, a cidade já foi inundada mais de sessenta vezes. As grandes enchentes de 1983 e 1984 inundaram cerca de 70% da área urbanizada (Siebert, 2009).

Após a enchente histórica de 1983, iniciaram-se as bases do projeto Roteiros Nacionais de Imigração. O inventário buscou, além de registrar as edificações, desenvolver um roteiro temático sobre o patrimônio da imigração, com o intuito de promover sustentabilidade econômica. Durante o levantamento, observou-se a preservação de modos de vida, assim como o esvaziamento demográfico das áreas rurais. A equipe técnica do IPHAN, como solução, propôs a abertura das propriedades para o turismo (Menini, 2023).

3. O processo de patrimonialização

De acordo com Menini (2023), é possível identificar a preocupação da equipe técnica do IPHAN em levantar dados relacionados com a paisagem no processo de inventário. Mediante análises das fichas da década de 1980, a autora percebe o cuidado em retratar os aspectos imateriais do patrimônio e da sustentabilidade econômica das famílias detentoras dos bens. Devido à precarização das estruturas de cultura do Brasil na década de 1990, os trabalhos de inventário foram retomados somente em 2005, através de licitação. Até 2007, foram inventariadas 1.143 edificações em 36 cidades de Santa Catarina.

No dia 27 de agosto de 2007, foi celebrado o Termo de Cooperação Técnica dos Roteiros Nacionais de Imigração, consolidando um pacto de colaboração entre o Poder Público e diversos outros atores, como já mencionado. Durante a solenidade, o então ministro da Cultura, Gilberto Gil, destacou que o projeto, inicialmente implementado em Santa Catarina, será expandido para outros estados. Ele elogiou a riqueza cultural da região, descrevendo-a como um pequeno território com grande densidade cultural, espiritual e humana. Gil ressaltou sua satisfação em contribuir para a renovação do conceito de cultura no Brasil, destacando a importância simbólica das ações empreendidas para a transformação cultural do país e seu reconhecimento internacional. Luiz Fernando de Almeida, então presidente do IPHAN, enfatizou que, há cerca de 20 anos, a instituição vem trabalhando no reconhecimento do legado dos imigrantes em diversas áreas, como culinária, música e arquitetura. Ele sublinhou que a diversidade cultural é o maior patrimônio do Brasil e que, além de proteger esses bens, é necessário garantir a transmissão dos saberes de geração em geração (IPHAN, 2007).

Paiva (2019) destaca o Termo de Cooperação como uma das iniciativas mais inovadoras do IPHAN nos anos 2000. O projeto buscou integrar governos municipais, a Fundação Catarinense de Cultura e outras instituições na formulação de políticas de valorização do patrimônio cultural. Embora algumas medidas, como a chancela da paisagem cultural, tenham sido adotadas, elas ainda não foram plenamente incorporadas às políticas do IPHAN.

No entanto, essas ações indicam um caminho promissor para superar os paradigmas tradicionais de gestão do patrimônio cultural.

O Termo tinha o propósito de valorizar a pequena propriedade rural, garantindo sua sustentabilidade econômica e a preservação de seus modos de vida. Além disso, previa a implementação de diversas ações voltadas ao incentivo ao turismo e à criação de roteiros culturais no estado. O turismo foi apontado como uma das possíveis soluções para a revitalização econômica dos bens da imigração e a permanência do agricultor no campo, sem ser tratado como a única alternativa, mas como a principal. Em síntese, a ratificação do Termo estabeleceu as bases para a cooperação entre o setor público, a iniciativa privada e organizações locais. No entanto, na prática, muitos municípios e o próprio estado de Santa Catarina não cumpriram integralmente as propostas (Menini, 2023).

Menini (2023) ressalta que:

Muito embora a seleção dos bens para tombamento individual estivesse consonante à política do instituto, consolidada a partir dos anos 1980 – a de valorizar o patrimônio em seu contexto pontual, não monumental, cotidiano e muitas vezes rural – a proposta de tombamento do conjunto rural de Rio da Luz e Testo Alto, dois vales contíguos separados pelo divisor de águas, foi de vanguarda. Trata-se do tombamento de uma área extensa, dinâmica e cujas características a serem salvaguardadas excedem a materialidade da arquitetura, abarcando também seu contexto paisagístico e imaterial dos modos de vida da população residente.

Mesmo que não oficialmente chancelada como paisagem cultural brasileira, o Termo e o tombamento do conjunto rural, deixam clara a intenção em estabelecer uma gestão compartilhada da região de imigração. A falta de participação e de demanda popular tornou a tentativa de gestão como paisagem deficitária (Menini, 2023).

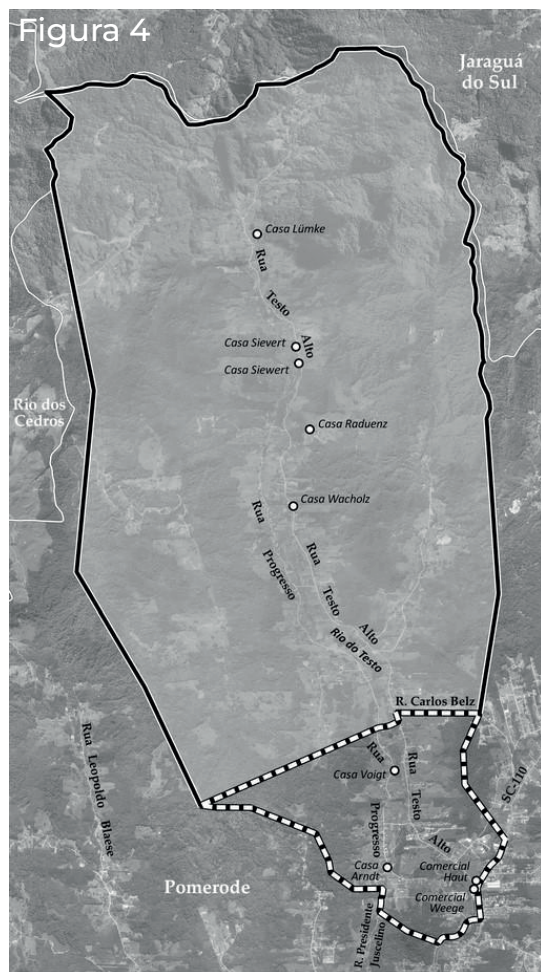
Após 2007, a superintendência do IPHAN em Santa Catarina implementou várias iniciativas voltadas à preservação e valorização do patrimônio da imigração, com foco na qualificação e sustentabilidade, fixando metas e ações relacionadas ao turismo e às cadeias de produção tradicionais. Foram promovidos seminários e atividades de conscientização nas cidades com bens acautelados, estabelecendo metas e expandindo pesquisas sobre o patrimônio imaterial. Além disso, foram realizados restauros de bens tombados em níveis federal e estadual, e foi definido o objetivo de estruturar um escritório técnico dedicado à imigração em Santa Catarina e obter a Chancela da Paisagem Cultural do Vale do Itajaí, conforme a Portaria nº127/2009. Porém, apenas em 2010 se consolidou a representação do IPHAN/SC no Vale do Itajaí, que viria a se tornar o atual Escritório Técnico da imigração em Pomerode. No entanto, tendo somente um servidor e sem sede fixa, a representação encontrou dificuldades em se desvincular logisticamente da sede da Superintendência em Florianópolis (Menini, 2023).

Em maio de 2011, ocorreu a aprovação, pelo Conselho Consultivo do IPHAN, do tombamento definitivo dos bens dos Roteiros Nacionais de Imigração, concluindo a segunda

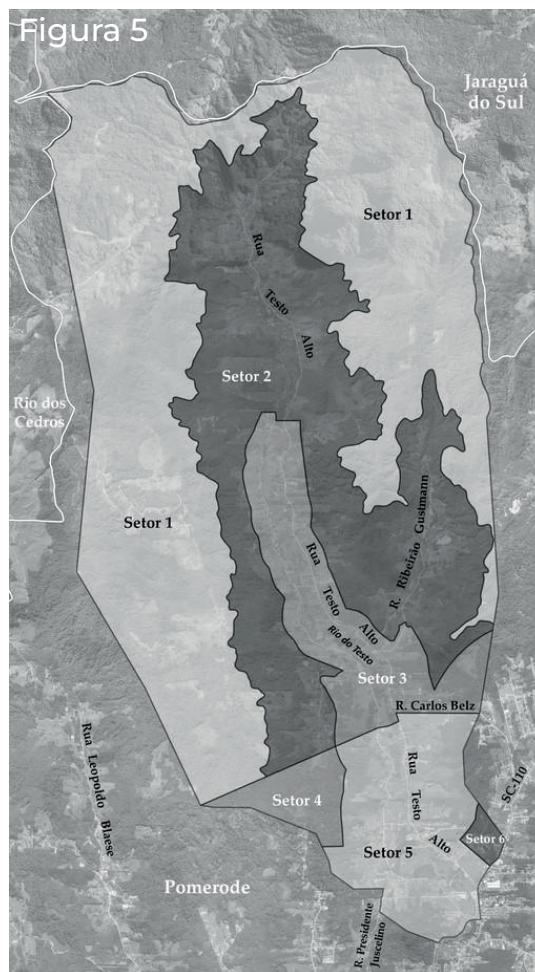
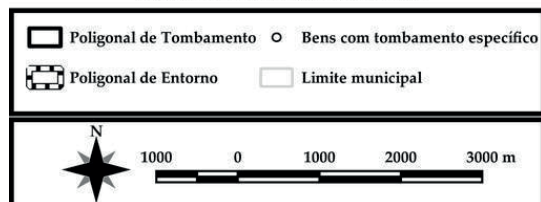
etapa do processo de tombamento. E, somente em 2013, foram publicadas as Portarias nº 69 e 70/2013, que buscaram regulamentar diretrizes de intervenções arquitetônicas e urbanísticas no conjunto rural de Testo Alto e Rio da Luz. Esse período de seis anos abriu brecha para uma série de descaracterizações, devido à forte pressão da urbanização dessas áreas, em especial em Jaraguá do Sul. O processo de revisão dos parâmetros e perímetros dos setores do conjunto rural, via estudos técnicos e consultas a representantes populares, ocorreu cinco anos após a publicação das portarias. Que resultou na publicação da Portaria nº 87 318/2019.

Menini (2023) destaca que, apesar do pedido de reconhecimento do conjunto rural como paisagem cultural tenha sido emitido e exposto ao Conselho Consultivo, o bem não foi de fato chancelado. O Conselho reconheceu o valor de paisagem, mas este não passou pelo trâmite específico conforme previsto na Portaria nº 127/2009. O que ocorreu foi o tombamento da área, estabelecendo setores de tombamento e de entorno, conforme representado nas figuras 4 e 5.

Figura 4 e 5: Área tombada e área de entorno; e Mapa de setores.



Tombamento e Entorno



Setores



Fonte: Brasil, (2023).

O perímetro do conjunto rural tombado, que visava ser reconhecido como paisagem cultural, foi delimitado tecnicamente com base na concentração de exemplares típicos da ocupação alemã, a figura 6 mostra parte da área tombada através de uma imagem aérea. Contudo, a participação social foi limitada, com o processo sendo conduzido de forma essencialmente técnica, sem engajamento da comunidade local. A preocupação com aspectos sociais e econômicos foi restrita à aplicação dos inventários, buscando soluções técnicas para a decadência das propriedades. Após o tombamento, houve tentativas de conscientização da comunidade sobre o valor atribuído, mas os moradores locais não se identificaram com esse valor técnico estabelecido. De acordo com Menini (2023), “a exclusão da comunidade nas etapas iniciais do processo de patrimonialização levou a uma gestão dificultosa e, em alguns momentos, caótica do patrimônio”.

Weissheimer (2012) ressalta que apenas os municípios mais estruturados cumpriram, ainda que parcialmente, as atribuições estabelecidas pelo Termo de Cooperação. No entanto, dois a três anos após a assinatura e após as eleições municipais de 2008, muitas prefeituras passaram a ignorar a existência do Termo, dos tombamentos realizados e da fiscalização do IPHAN. Nesse contexto, Menini (2023) evidencia que não se trata de atribuir responsabilidades às partes envolvidas no Termo de Cooperação, mas de destacar a descontinuidade de políticas que deveriam ser contínuas e dinâmicas. A interrupção de políticas de gestões anteriores foi um dos principais fatores para o fracasso na implementação de uma política integrada de valorização do patrimônio em nível estadual. Neste caso, a principal aliada para uma gestão contínua e eficaz do território é a própria comunidade.

O tombamento foca na preservação do patrimônio, buscando a conservação física de bens materiais. Essa limitação levou o IPHAN a desenvolver novas ferramentas, como o reconhecimento de bens culturais imateriais e a chancela da paisagem cultural. No caso do conjunto rural tombado, a aplicação de um instrumento estático em uma área de valor dinâmico resultou em várias complicações. A regulamentação associada ao tombamento tem caráter restrito e fiscalizador, focando em intervenções arquitetônicas e urbanísticas na escala dos lotes. No entanto, aplicar essa regulamentação a um contexto mais amplo, como um bairro rural, sem considerar suas complexas relações socioeconômicas, é visto como um esforço limitado e mal compreendido pela comunidade local. As restrições legais sobre intervenções em propriedades privadas, embora juridicamente válidas, não são conceitualmente aceitas pela população. Além disso, o IPHAN, como órgão regulador, se vê envolvido em questões de planejamento urbano que excedem seu escopo. Os conflitos decorrentes da sobreposição dos Planos Diretores Municipais e as Portarias foram e ainda são motivo de embates entre IPHAN, instâncias municipais e a comunidade (Menini, 2023).

O documentário Vale Tombado explora as implicações do tombamento do conjunto rural por meio de entrevistas com moradores locais, expondo a resistência e o apego emocional das famílias que habitam essa região há gerações. As narrativas abordam temas como o impacto do tombamento na vida cotidiana da comunidade e os obstáculos para os cui-

dados desse patrimônio cultural. As dificuldades de preservação das casas tombadas são um tema central, os moradores enfrentam diversos desafios para manter as construções históricas. Uma das principais dificuldades relatadas é o alto custo de manutenção dessas edificações, que exigem reparos constantes, e as regras impostas pelo tombamento limitam as opções de reformas. Muitos moradores demonstram insegurança quanto aos benefícios do tombamento, apontando a burocracia e a falta de incentivos financeiros como entraves. Apesar das tensões, o documentário também evidencia o sentimento de pertencimento e a esperança de uma conciliação futura entre preservação do patrimônio e as necessidades de manter as casas habitáveis para as gerações atuais.

Figura 6: Foto do núcleo rural de Testo Alto.



Fonte: Laps (2024).

4. O turismo como solução de sustentabilidade econômica

O patrimônio cultural conta a história da humanidade, conta nossa história. Se administrado adequadamente, o turismo pode proteger e revitalizar esse patrimônio, gerar novas oportunidades para as comunidades locais e promover a tolerância e o respeito entre os povos e as nações (OMT e Unesco, 2015b, s.p.).

A citação acima foi dita pelo então secretário-geral, Taleb Rifai, na conferência Mundial sobre Turismo e Cultura em 2015, no Camboja. É interessante pensar que o turismo, além de aliado na solução de uma problemática tão complexa, pode proteger e revitalizar o patrimônio, promovendo tolerância e respeito entre diferentes culturas. Uma das principais preocupações da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco) é garantir a preservação do patrimônio natural e cultural. Quando devidamente valorizados e protegidos, esses bens podem oferecer importantes recursos para o desenvolvimento do turismo, que deve ser gerido de maneira adequada para assegurar sua sustentabilidade em termos econômicos, ambientais e sociais. Nesse contexto, a Unesco propõe uma gestão turística que esteja aliada à conservação dos monumentos, buscando promover os valores culturais e naturais enquanto fortalece as comunidades locais. Essa estratégia também respeita os limites de capacidade dos destinos turísticos e incentiva a recuperação de espaços históricos degradados. Dessa forma, é possível encontrar um equilíbrio entre o potencial de crescimento turístico e os riscos associados a esse desenvolvimento, promovendo uma interação benéfica entre turismo e conservação patrimonial (Debrine, 2019).

Vale ressaltar que o turismo patrimonial tem se tornado massivo, contudo, a valorização e exploração turística raramente estão inseridas em um planejamento urbano estratégico que priorize tanto o patrimônio quanto a sociedade. Em vez disso, prevalecem os interesses da indústria do turismo, frequentemente encobrendo projetos imobiliários especulativos. A busca por uma relação equilibrada entre turismo e patrimônio é, em grande medida, utópica, pois envolve o confronto entre duas lógicas opostas: a do mercado, focada no lucro de curto prazo, e a cultural, voltada à preservação de valores coletivos (Troitiño Vinuesa; Troitiño Torralba, 2019). Alcançar esse ponto de equilíbrio é o grande desafio.

No caso do ambiente rural, as novas dinâmicas econômicas e sociais transformaram o âmbito do campo, que deixou de ser exclusivamente um espaço de produção, passando a incluir usos recreacionais, habitacionais e turísticos. Nesse contexto, o campo se converteu em produto de consumo, e o turismo emergiu como uma atividade de baixo impacto, com potencial para promover desenvolvimento econômico e sustentável em áreas que estão em processo de abandono (Menini, 2023).

O agroturismo se apresenta como uma alternativa viável para o desenvolvimento sustentável no meio rural, promovendo tanto a sustentabilidade econômica quanto social. Esta modalidade de turismo se destaca por integrar de forma mais harmoniosa a dinâmica da paisagem rural, envolvendo múltiplos atores e conciliando os interesses de moradores e tu-

ristas. Ao inserir o visitante no cotidiano local, evita-se a adaptação do espaço ao consumo turístico. Entretanto, apesar de sua pequena escala, o turismo é uma atividade de consumo e, quando associado a paisagens de alto valor ecológico ou cultural, é necessário ponderar tanto seus potenciais quanto seus riscos (Menini, 2023).

No Brasil, o esvaziamento e colapso econômico das pequenas propriedades rurais são realidades que se agravam pela ausência de uma política pública consolidada para o turismo rural. As iniciativas existentes são pontuais e, geralmente, partem da população local ou dos governos municipais, sem integração entre os diversos agentes envolvidos nas dinâmicas territoriais. Sem um planejamento multidisciplinar, o turismo rural frequentemente resulta em paisagens degradadas ou artificializadas, subordinando o campo às demandas urbanas. Essa abordagem, focada apenas na recuperação econômica, desconsidera as necessidades e expectativas locais, promovendo crescimento econômico às custas da descaracterização das dinâmicas rurais (Menini, 2023).

Pomerode destacou-se por investir significativamente no turismo como estratégia de desenvolvimento e geração de renda. A cidade instituiu a Rota Enxaimel, um percurso turístico que atravessa as principais vias desse bairro protegido. No entanto, essa rota não se consolidou como o principal atrativo turístico do município, sendo ofuscada pelo centro urbano, que concentra a maior parte das infraestruturas turísticas e recebe maior atenção na promoção do turismo local. Apesar do esforço de Pomerode em manter seu patrimônio material o mais legítimo possível, o centro da cidade vem entrando numa tendência gradual de transformação em uma paisagem cenográfica. A recente inauguração de parques temáticos, que contam com vila germânica, reflete essa disposição em atender o turismo massificado, que busca viver uma experiência de vila europeia no Brasil, de leitura fácil e consumo imediato.

Pomerode adota uma estratégia diferenciada de gestão do turismo. O centro histórico, já bastante descaracterizado, é destinado ao grande público, enquanto a paisagem rural tombada é reservada para o turismo de baixo impacto. Embora essa separação contribua para a preservação dos aspectos físicos da paisagem protegida, resulta na supervalorização de uma paisagem artificial em detrimento da autêntica herança cultural da imigração alemã na região (Menini, 2023)

5. **Considerações finais**

O processo de patrimonialização em Pomerode foi marcado por desafios, como a falta de envolvimento da população local nos processos iniciais, e por grandes avanços, como as políticas implementadas pelo IPHAN. Fica evidente que, para superar os desafios identificados, é essencial investir na construção de um diálogo genuíno e participativo com as comunidades diretamente afetadas. Processos de tombamento realizados sem essa troca

resultam na negação e no desconhecimento dos valores que precisam ser preservados. Da mesma forma que promover o turismo sem diálogo, leva à exploração econômica desprovida de identidade. O ideal é desenvolver, com os envolvidos, processos que valorizem as identidades locais, colocando os cidadãos no centro das decisões, reconhecendo o patrimônio cultural como um agente capaz de transformar realidades.

Como seria o Testo Alto em 2024 se não tivesse ocorrido o tombamento do bairro em 2007? Como será o bairro, e toda a região de imigração, nos próximos anos caso não ocorra planejamento urbano estratégico e sustentável? E como poderia ser?

Referências

BRASIL. IPHAN. Roteiros Nacionais de Imigração: Santa Catarina: o patrimônio do imigrante. 2.ed. Florianópolis: Iphan, 2011. 342 p. Disponível em: http://portal.iphan.gov.br/uploads/publicacao/PubDivImi_RoteirosNacionaisImigracao_SantaCatarina_v2_m.pdf. Acesso em 18 de mai. 2024.

BRASIL. IPHAN. Portaria nº 110, de 6 de julho de 2023. Dispõe sobre a delimitação da poligonal de entorno e a definição de diretrizes de preservação e de critérios de intervenção para a área tombada e a área de entorno do Conjunto Rural de Testo Alto, situado no município de Pomerode, no estado de Santa Catarina (SC), bem objeto de tombamento federal pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional - Iphan. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 10 jul. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/iphan/pt-br/centrais-de-conteu-do/legislacao/atos-normativos/2023/portaria-iphan-no-110-de-07-de-julho-de-2023>. Acesso em 25 de ago. 2024.

DEBRINE, P. Estratégias para a Gestão do Turismo sob a perspectiva do Patrimônio Cultural. In: Revista do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. Brasília, DF: IPHAN, n. 39, p. 43-51, 2019.

FAES, C. H. O desenvolvimento territorial e a conservação da paisagem cultural – Paisagem cultural do núcleo rural de Testo Alto em Pomerode/SC/Brasil. Tese (Doutorado) - Doutorado em Urbanismo na Universidade Lusófona de Ciências e Tecnologias, Lisboa, 2017.

FERREIRA, C. Trajetórias triunfais idealizadas: Hermann Blumenau e o mito fundador da Colônia Blumenau no sul do Brasil. Revista de História da Unisinos, v. 27, p. 345-359, 2023.

INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL (IPHAN). Lançamento do Projeto Roteiros Nacionais de Imigração. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/noticias/>

detalhes/1882/lancamento-do-projeto-roteiros-nacionais-de-imigracao. Acesso em 31 de ago. 2024.

INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL (IPHAN). Pomerode (SC) recebe projeto para preservação de centro histórico. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/noticias/detalhes/4850/pomerode-sc-recebe-projeto-para-preservacao-de-centro-historico>. Acesso em 20 de jul. 2024.

MENINI, C. P. Paisagem Cultural: Categoria, instrumento ou nova epistemologia do patrimônio? Uma análise abordando o Conjunto Rural de Rio da Luz e Testo Alto em Jaraguá do Sul e Pomerode/SC. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, Iphan, Rio de Janeiro, 2023.

OMT; UNESCO. La Conferencia Mundial sobre Turismo y Cultura de la OMT y la Unesco reúne por primera vez a ministros de Turismo y de Cultura. [S.l.]: Organización Mundial del Turismo, 6 fev. 2015b. Disponível em: <https://media.unwto.org/es/press-release/2015-02-09/la-conferencia-mundial-sobre-turismo-y-cultura-de-la-omt-y-la-unesco-reune->. Acesso em 16 de set. 2024.

PAIVA, M. C. O Brasil segundo o IPHAN: a preservação do patrimônio cultural brasileiro durante a gestão de Gilberto Gil no MinC (2003-2008). Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

PRIPRÁ, W. C. Lugares de acampamento e memória do povo Laklãnõ/Xokleng, Santa Catarina. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em História, Florianópolis, 2021.

SCHLEE, A. R. Construtores de sonhos: O ecletismo na arquitetura erudita da Quarta Colônia de Imigração Italiana. Relatório de Pesquisa, Universidade Federal de Santa Maria/Fapergs, 1999.

SIEBERT, C. (Des)controle urbano no Vale do Itajaí. In: FRANK, Beate; SEVEGNANI, Lucia. (Org.). Desastre de 2008 no Vale do Itajaí: água, gente e política. 1 ed. Blumenau: Agência de Água do Vale do Itajaí, 2009, v., p. 38-51.

SIEVERT, G. D. Rota do Enxaimel: Patrimônio e Turismo em Pomerode. In: Revista do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. Brasília, DF: IPHAN, n. 40, p. 359-371, 2019.

TROITIÑO VINUESA, M. Á.; TROITIÑO TORRALBA, L. Cidades patrimoniais e turismo: uma experiência espanhola. In: Revista do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. Brasília, DF: IPHAN, n. 39, p. 129-155, 2019.

VALE TOMBADO. Diretor: Carlos Daniel Reichel. Jaraguá do Sul: Escritório de Cinema, 2016. Youtube (47 min).

VIEIRA FILHO, D.; WEISSHEIMER, M. R. Roteiros Nacionais de Imigração – Santa Catarina. Dossiê de Tombamento. Volumes 1 e 2. Florianópolis: IPHAN, 2007. Disponível em <http://portal.iphan.gov.br/portal/montarDetalheConteudo.do?id=17976&sigla=Institucional&retorno=-detalheInstitucional>. Acesso em 18 de mai. 2024.

VIEIRA FILHO, D.; WEISSHEIMER, M. R. O patrimônio cultural da imigração em Santa Catarina. Brasília: IPHAN, 2012.

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

WEISSHEIMER, M. R. Paisagem cultural da imigração em Santa Catarina. Identidades: território, cultura, patrimônio, 2016, Núm. 6. Disponível em: <https://raco.cat/index.php/Identidades/article/view/317664>. Acesso em 20 de jun. 2024.

WEISSHEIMER, M. R. Paisagem Cultural Brasileira: do conceito à prática. Fórum Patrimônio, Belo Horizonte, v. 5, n. 2, p.1-10, jul. 2012.

7. Sentir a cidade: saúde e reabilitação ambiental

Sensing the city: health and environmental rehabilitation

Sentir la ciudad: salud y rehabilitación ambiental

Daniela Guterres¹

Ana Carolina Cordeiro Correia Lima²

¹ Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Brasília, DF, Brasil. daniela@dguterres.com

² Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Brasília, DF, Brasil. ana.ana@unb.br

Resumo

Este capítulo introdutório explora a relação entre percepção sensorial, saúde urbana e reabilitação ambiental no contexto do planejamento urbano contemporâneo. Baseando-se na provocação de Jacobs (1961) sobre cidades criadas “por todos e para todos”, o texto questiona como o urbanismo atual, fundamentado em parâmetros quantitativos, negligencia os aspectos qualitativos da experiência urbana sensorial. O estudo examina os estressores ambientais e seus impactos na percepção sensorial e saúde humana. A arquitetura sensorial é apresentada como abordagem centrada nas respostas sensoriais dos usuários, visando minimizar estressores e promover experiências agradáveis. O design salutogênico emerge como ponte entre ciência e sensibilidade, orientando a criação de ambientes para a promoção do conforto multissensorial. O capítulo une-se a uma coletânea interdisciplinar sobre reabilitação ambiental sustentável, propondo um olhar integrado que valoriza a complexidade sensorial e o bem-estar coletivo como bases essenciais para o desenho de cidades resilientes, inclusivas e vivas, capazes de responder aos desafios ambientais e sociais do nosso tempo.

Palavras-Chave: conforto multissensorial; Estressores ambientais; Arquitetura sensorial; Design salutogênico; Reabilitação ambiental..

Abstract

This introductory chapter explores the relationship between sensory perception, urban health, and environmental rehabilitation within the context of contemporary urban planning. Drawing on Jacobs' provocation about cities created “by all and for all,” the text questions how current urbanism, grounded in quantitative parameters, neglects the qualitative aspects of the sensory urban experience. The study examines environmental stressors and their impacts on sensory perception and human health. Sensory architecture is presented as an approach centered on users' sensory responses, aiming to minimize stressors and promote pleasant experiences. Salutogenic design emerges as a bridge between science and sensitivity, guiding the creation of environments that foster multisensory comfort. This chapter is part of an interdisciplinary collection on sustainable environmental rehabilitation, proposing an integrated perspective that values sensory complexity and collective well-being as essential foundations for designing resilient, inclusive, and vibrant cities capable of addressing the environmental and social challenges of our time.

Key-Words: multisensory comfort; environmental stressors; sensory architecture; salutogenic design; environmental rehabilitation.

Resumen

Este capítulo introductorio explora la relación entre la percepción sensorial, la salud urbana y la rehabilitación ambiental en el contexto de la planificación urbana contemporánea. Basándose en la provocación de Jacobs sobre ciudades creadas “por todos y para todos”, el texto cuestiona cómo el urbanismo actual, fundamentado en parámetros cuantitativos, descuida los aspectos cualitativos de la experiencia urbana sensorial. El estudio examina los estresores ambientales y sus impactos en la percepción sensorial y la salud humana. La arquitectura sensorial se presenta como un enfoque centrado en las respuestas sensoriales de los usuarios, con el objetivo de minimizar los estresores y promover experiencias agradables. El diseño salutogénico emerge como un puente entre ciencia y sensibilidad, orientando la creación de ambientes para la promoción del confort multissensorial. Este capítulo forma parte de una colección interdisciplinaria sobre rehabilitación ambiental sostenible, proponiendo una mirada integrada que valora la complejidad sensorial y el bienestar colectivo como bases esenciales para diseñar ciudades resilientes, inclusivas y vibrantes, capaces de responder a los desafíos ambientales y sociales de nuestro tiempo..

Palabras clave: confort multisensorial; estresores ambientales; arquitectura sensorial; diseño salutogénico; rehabilitación ambiental..

1. Introdução

A cidade pulsa em nós antes mesmo de ser compreendida. Entre fachadas que reverberam sons e refletem a luz, entrelaçam-se tramas e aromas que evocam emoções. O corpo experimenta silenciosamente o espaço. Essa coreografia sensorial não é mero detalhe: constitui a matéria-prima fundamental de qualquer desenho urbano.

Diante da complexidade do crescimento acelerado das cidades e dos desafios ambientais crescentes, a experiência sensorial torna-se um fio condutor indispensável para repensar a reabilitação urbana. Dessa forma, não seria a nossa percepção — e o quanto ela é ampliada ou restringida pelos ambientes — o ponto de partida para um novo pacto com o futuro das cidades? Lynch (1960), ao tratar da legibilidade urbana, já alertava que a forma como nos orientamos e nos relacionamos com o lugar determina nossa qualidade de vida e nosso senso de pertencimento. Porém, o que vemos, ouvimos, tocamos e sentimos é frequentemente negligenciado no planejamento urbano. “As cidades têm a capacidade de proporcionar algo para todos, só porque, e só quando, são criadas por todos.”

Jacobs (1961) provoca ao destacar a necessidade de criar cidades que envolvam todos os sentidos, indo além dos aspectos meramente funcionais e técnicos. Essa perspectiva evidencia uma das principais lacunas do urbanismo contemporâneo, ainda fortemente baseado em parâmetros quantitativos e muitas vezes negligente em relação às nuances qualitativas da experiência urbana.

Para projetar cidades verdadeiramente sustentáveis, é preciso considerar o contexto socioambiental em que estão inseridas. Em busca da funcionalidade e do desenvolvimento econômico, muitas vezes deixamos em segundo plano a preservação dos recursos naturais e a resiliência ambiental. Assim, desenhar cidades capazes de integrar efetivamente o meio ambiente, respeitando seus ciclos e limites, é fundamental para promover a adaptação às mudanças climáticas. Esta reflexão se torna imprescindível para garantir não apenas a habitabilidade, mas também a sobrevivência e o bem-estar das futuras gerações.

No que se refere ao desenvolvimento sustentável, a interação entre espaço urbano e saúde influencia diretamente o planejamento e a organização dos ambientes. Aspectos como mobilidade, acesso a serviços essenciais, oportunidades de lazer e espaços de convívio impactam o bem-estar da população. Silva e Toledo (2024) destacam que os espaços urbanos funcionam como amplificadores sociais, locais onde manifestações culturais e políticas se potenciam e se disseminam, inclusive em escala edificada. As autoras salientam que ambientes bem planejados, com áreas verdes, infraestrutura para a mobilidade ativa e espaços coletivos, promovem hábitos saudáveis, reduzem o estresse e favorecem as interações sociais dos usuários. Por outro lado, a precariedade desses espaços pode acentuar desigualdades socioespaciais e comprometer negativamente a saúde coletiva (Silva; Romero, 2011).

À medida que buscamos promover o conforto da população, torna-se imperativo repensar a forma como as cidades e edificações são projetadas, mantidas, renovadas e conti-

nuamente adaptadas para atender às demandas do desenvolvimento sustentável. O objetivo deste capítulo é compreender como a reabilitação do espaço pode reduzir estressores ambientais e promover o conforto, considerando tanto parâmetros físicos quanto subjetivos da qualidade do ambiente construído.

2. O contexto da Saúde Urbana

A Saúde Urbana é um campo emergente e relevante dentro da saúde pública que possibilita repensar os impactos do viver nas cidades sobre a saúde coletiva, ampliando o olhar para além do controle de doenças e incluindo os determinantes ambientais e sociais do bem-estar.

Romero (2001) destaca a importância do urbanismo sustentável, definindo o espaço urbano enquanto espaço público aberto, acessível, seguro e confortável. A autora relaciona os requisitos físicos de conforto ao posicionamento da estrutura urbana em relação aos caminhos aparentes do sol, aos ventos, às fontes de ruído e às massas de água, estabelecendo correspondência entre esses fatores e os parâmetros perceptivos do ambiente — aqueles que experienciamos sensorialmente. Romero (2023) aprofunda essa abordagem propondo uma análise em quatro escalas: a macroescala da cidade, a escala intermediária do setor, e as escalas específicas do lugar e do edifício. Neste capítulo, o foco está na escala da cidade, observando o espaço urbano e suas variáveis ambientais.

Um exemplo da interconexão entre saúde e o ambiente construído na escala da cidade pode ser encontrado no estudo de Patuano *et al.* (2022), que exploram a aplicação da abordagem salutogênica no planejamento de infraestrutura urbana, especialmente à luz das mudanças trazidas pela crise da Covid-19. Os autores sugerem que o desenvolvimento de infraestruturas que promovem a saúde beneficia o bem-estar das populações, e pode resultar em uma redução significativa dos custos a longo prazo para os sistemas de saúde.

Na escala do edifício, a qualidade arquitetônica se manifesta quando um espaço consegue tocar, de alguma forma, o usuário. Zumthor (2006) defende que a atmosfera do espaço deve permitir que o visitante sinta, por meio de seus sentidos, o ambiente e o compreenda de tal forma que se crie imediatamente uma ligação emocional com o lugar. Na mesma linha, Holl (2012) destaca que a arquitetura tem um caráter multissensorial, respondendo às particularidades do lugar e da circunstância. Dzebic (2013) complementa essa perspectiva ao afirmar que as propriedades visuais e espaciais de um ambiente interferem diretamente na experiência dos espaços, podendo influenciar a forma como são usados e, assim, incutir a presença e o comportamento dos indivíduos. Essa compreensão sobre a influência ambiental no comportamento humano está alinhada à afirmação de Gage (2003), que ressalta que alterações no ambiente impactam o cérebro e, por consequência, o comportamento dos usuários.

Desde o final do século XIX, impulsionados pelos avanços da microbiologia e da epidemiologia, cientistas como Pasteur e Koch passaram a associar a saúde à identificação e ao controle dos agentes causadores de doenças. Este modelo patogênico focava em compreender como os patógenos — como vírus, bactérias e fungos — invadem o corpo humano, levando ao desenvolvimento de enfermidades. A abordagem, essencialmente binária, via o estado de saúde como a mera ausência de doença, sem considerar outros fatores determinantes do bem-estar.

Em contraste com essa visão tradicional, Antonovsky (1979) propõe uma perspectiva inovadora por meio do conceito de salutogênese¹. Esse conceito enfatiza a importância de identificar e de promover fatores que impulsionam a saúde e o bem-estar, mesmo diante de adversidades. A abordagem salutogênica parte do princípio de que o ambiente deve reduzir os estressores e promover uma sensação de controle, compreensibilidade e significado (Antonovsky, 1979, 1987).

Nessa linha, Dilani (2011) integrou os princípios da teoria da salutogênese à prática arquitetônica e ampliou o entendimento sobre como o ambiente construído pode influenciar positivamente a saúde, especialmente na escala da cidade, em que as interações sociais e as condições de vida são cada vez mais desafiadoras (Lindström; Eriksson, 2022). Adicionalmente, Maass *et al.* (2022) apresenta um modelo de design salutogênico que integra elementos naturais ao planejamento urbano. Esta pesquisa demonstra que a criação de espaços que incentivam interações sociais e atividades físicas está alinhada aos princípios salutogênicos e pode ajudar a reduzir os impactos de estressores ambientais.

Estressores ambientais são elementos presentes no meio ambiente que podem desencadear respostas de estresse nos indivíduos, afetando diretamente sua saúde física e mental (Costa e Arruda, 2023; Zanelatto, 2023). A literatura científica classifica esses estressores em quatro categorias principais: físicos, químicos, biológicos e psicossociais.

Os estressores físicos englobam fatores como ruídos intensos, temperaturas extremas, radiações e vibrações, que comprometem significativamente o bem-estar humano. Já os estressores químicos referem-se à exposição a substâncias tóxicas, incluindo poluentes atmosféricos e contaminantes em recursos hídricos e alimentos, causando impactos adversos à saúde respiratória e sistêmica. No que diz respeito aos estressores biológicos, destacam-se micro-organismos patogênicos e alérgenos ambientais, capazes de desencadear doenças infecciosas e reações alérgicas (OMS, 2021). Por fim, os estressores psicossociais abrangem fatores como conflitos interpessoais, sobrecarga de trabalho e insegurança, que influenciam negativamente o bem-estar emocional e psicológico (Lazarus e Folkman, 1984).

Nesse contexto, com recorte no campo da arquitetura e do urbanismo, este capítulo se aprofunda na apresentação dos estressores ambientais que podem ser delimitados pelo meio ambiente construído. Acredita-se que o reconhecimento desses impactos é fun-

¹ Do latim: *salus* = saúde; e do grego: *genesis* = origem.

damental para o desenvolvimento de ambientes mais saudáveis, que atendam às necessidades humanas, destacando a importância de considerar a interação dos sentidos com os parâmetros ambientais ao planejar espaços que favoreçam o bem-estar.

A relação entre estressores ambientais e os sentidos humanos tem sido objeto de ampla pesquisa, uma vez que a exposição contínua a esses fatores compromete a percepção sensorial e o equilíbrio fisiológico dos indivíduos. O ruído excessivo, por exemplo, afeta a audição, resultando em perda auditiva, distúrbios do sono e aumento dos níveis de estresse (Basner *et al.*, 2014). A iluminação inadequada compromete a visão, ocasionando fadiga visual e dores de cabeça, enquanto temperaturas extremas interferem na percepção térmica, podendo levar à desidratação ou hipotermia (Parsons, 2014). Da mesma forma, os poluentes atmosféricos impactam o olfato, reduzindo a capacidade de detectar odores e prejudicando a saúde respiratória (Schiffman e Williams, 2017).

Compreender os efeitos da “sintonia dissonante” do ambiente sobre os sentidos humanos é essencial para criar espaços que acolham a harmonia do corpo e da mente, promovendo ambientes mais saudáveis e alinhados às nossas necessidades profundas. Nesse sentido, emerge a necessidade de desenvolvermos a arquitetura e o urbanismo sob uma abordagem sensorial, buscando integrar de maneira eficaz os aspectos sensoriais na modificação do espaço. Trazemos a relevância da vivência do espaço, independente da sua escala, e o sentir dos caracteres do lugar², como ventilação, iluminação, sombra, umidade, som. Segundo Lynch (1980), esses atributos devem incluir em sua análise os caracteres da arquitetura do lugar, e principalmente, devem ser associados às memórias e experiências vividas pelas pessoas através dos sentidos, tema que será abordado com mais afinco ao longo do capítulo.

A verdadeira saúde urbana escapa aos diagnósticos simplistas: ela se constrói nos cruzamentos entre sustentabilidade, experiência sensorial e desenho inclusivo, convocando-nos a repensar o espaço como extensão essencial do corpo e da comunidade.

3. **A Arquitetura Sensorial: o elo afetivo entre o usuário e o espaço**

A percepção, definida por Ewing e Handy (2009) como o alcance da consciência ou entendimento da informação sensorial, resulta da interação entre experiências anteriores, cultura e interpretação individual. Nesse sentido, a arquitetura sensorial propõe uma abordagem centrada nas respostas sensoriais dos usuários, criando ambientes que minimizem os estressores e promovam uma experiência agradável e adaptativa aos sentidos, garantindo um impacto positivo no bem-estar físico e emocional das pessoas, seja em espaços públicos abertos, ou em ambientes privados.

² Caracteres do lugar – são os atributos físicos e simbólicos que tornam um local identificável, significativo e marcante para quem o vivencia (Lynch, 1980).

De acordo com Pallasmaa (2011, p. 38), “a experiência dos sentidos é instável e alheia à percepção natural, a qual alcançamos com todo nosso corpo de uma vez só e nos propicia um mundo de sentidos inter-relacionados”. O autor ainda ressalta:

Toda experiência comovente com a arquitetura é multissensorial; as características de espaço, matéria e escala são medidas igualmente por nossos olhos, ouvidos, nariz, pele, língua, esqueleto e músculos. A arquitetura reforça a experiência existencial, nossa sensação de pertencer ao mundo, e essa é essencialmente uma experiência de reforço da identidade pessoal. Em vez da mera visão ou dos cinco sentidos clássicos, a arquitetura envolve diversas esferas da experiência sensorial, que interagem e se fundem entre si. (Pallasmaa, 2011, p.39).

Gibson (1950) entende os sentidos como processos ativos de exploração do ambiente, em vez de simples receptores de estímulos. Em sua abordagem, o autor não os divide em cinco categorias isoladas, mas os organiza em cinco sistemas sensoriais integrados: o visual, o auditivo, o palato-olfativo, o de orientação básica e o tátil.

Assim, o desafio da arquitetura sensorial consiste em realçar a experiência enquanto, simultaneamente, se expressa o significado, e desperta simultaneamente todos os sentidos e complexidades da percepção. Segundo Neves (2017), os ambientes podem ser sentidos sem serem percebidos, ficando no inconsciente de nossas mentes. Dessa forma, proporcionam experiências muito pessoais ao usuário, já que a forma como cada indivíduo passa por determinada situação é influenciada por vivências anteriores em relação ao momento experienciado.

Na visão de Pallasmaa (2011) a arquitetura articula a experiência de se fazer parte do mundo. A assimilação física e a experiência do desenho arquitetônico podem ser modificadas pelos seguintes elementos: luz, cor, som, temperatura, ar, movimento/ventilação, cheiro, textura, escala e tempo. Assim, acredita-se que a manipulação dos referidos elementos pode impactar na experiência sensorial do espaço e, possivelmente, alterar a resposta e o comportamento das pessoas nas cidades.

No mesmo sentido, Ulrich (1984) propõe a Teoria da Recuperação do Estresse, e afirma que ambientes naturais possuem a capacidade de reduzir o estresse, promovendo respostas fisiológicas positivas nos indivíduos. Já Lindstrom (2005), consegue explicar fisiologicamente como o cérebro humano recebe e interpreta os estímulos oriundos do meio. Segundo o autor, esse processo, resumidamente, ocorre da seguinte forma: o espaço físico libera estímulos sensoriais (sons, aromas, vento, calor, etc.) que são captados pelos órgãos sensoriais (nariz, boca, ouvidos, olhos e pele) e transmitidos até o cérebro através de impulsos nervosos. O cérebro, por sua vez, interpreta cada um desses impulsos e os registra na nossa memória, esses registros são chamados de marcadores somáticos. Por conseguinte, após a interpretação do impulso nervoso pelo cérebro, ele estimula a hipófise a liberar hormônios na corrente sanguínea, hormônios esses que variam de acordo com a interpretação feita pelo cérebro.

A arquitetura sensorial questiona e reinventa a complexa relação entre ambiente, corpo e mente, lançando um novo desafio para o desenho urbano: projetar cidades que respeitem, integrem e estimulem todos os sentidos humanos, promovendo uma experiência plena e saudável do espaço.

3.1 Visão que abraça ou exaure

A percepção visual estabelece conexões fundamentais entre conforto e orientação no espaço. Assim, a organização dos elementos visuais influencia diretamente a experiência do observador. Segundo Arnheim (2005), a percepção visual é um processo ativo que busca constantemente ordem e coerência no ambiente, de modo que fatores como iluminação, cor e disposição dos objetos desempenham um papel essencial na criação de um espaço confortável e compreensível.

Arnheim (2005) destaca que a percepção visual vai além de um mero fenômeno físico. Ela molda também a dimensão emocional do observador. As sombras, por exemplo, não apenas definem formas e posicionam elementos no espaço tridimensional, mas também influenciam a sensação sentida diante do ambiente. Uma sombra bem dosada pode promover a sensação de conforto e profundidade, porém, um uso inadequado pode gerar confusão visual e despertar uma tensão silenciosa, como um sussurro desarmônico no mosaico urbano.

O estudo de Penteado *et al.* (2018) revela como as nuances do ambiente interno moldam a experiência do conforto perceptivo, ressaltando a luz como protagonista desse cenário sensorial. Ambientes banhados por uma iluminação generosa — especialmente aquela filtrada da luz natural — despertam não apenas sensações agradáveis, mas também uma profunda sensação de acolhimento e bem-estar. A luz, como fio invisível que tece atmosferas, colore não só o espaço, mas também o humor dos seus ocupantes.

Sob a variação da iluminação, as cores revelam nuances e características próprias. Arnheim (2005) nos ajuda a compreender que, sob luz intensa, os vermelhos se destacam com pulsos visuais vibrantes, enquanto os verdes e azuis aparecem em tons mais suaves e tranquilos, favorecendo uma sensação de relaxamento. Essa interação cromática vai além da simples estética, influenciando a percepção do espaço e contribuindo para a sensação de aconchego e conforto visual.

Nas metrópoles contemporâneas, a legibilidade lynchiana³ foi progressivamente minada pela hipervisualização comercial. Cada superfície urbana converteu-se em suporte publicitário, enquanto cada esquina se transforma em um festival de néons, todos disputando incessantemente a atenção do transeunte. Essa superposição de estímulos resulta em uma fadiga visual crônica, manifestada por irritabilidade, dificuldade de concentração

³ Legibilidade urbana - Lynch (1960).

e, em casos mais extremos, até ataques de pânico (Pinheiro, 2004). Diante desse cenário, a arquitetura sensorial propõe um questionamento fundamental: quantos estímulos visuais simultâneos o sistema nervoso humano é capaz de decodificar antes de atingir um estado de sobrecarga?

A resposta a esse dilema pode residir nas pesquisas que evidenciam os benefícios advindos do contato com ambientes naturais. Espaços verdes têm sido associados a uma melhor percepção de saúde — inclusive no âmbito da saúde mental — e oferecem, do ponto de vista visual, paisagens urbanas caracterizadas por hierarquias claras de informação, zonas de pausa cognitiva e contrastes equilibrados (Triguero-Mas *et al.*, 2015). Nesse contexto, a presença do verde (Oliveira; Santos, 2024) surge como um recurso fundamental para restabelecer o equilíbrio visual, promovendo ambientes urbanos mais saudáveis e acolhedores.

3.2 Musicalidade da cidade

Se ouvimos uma música que gostamos, por exemplo, os ouvidos recebem a onda sonora, a informação é transmitida através de impulsos nervosos para o cérebro que, por sua vez interpreta o estímulo, registra a informação como um marcador somático positivo (visto que a música já era conhecida e agradava), e estimula a hipófise a liberar, por exemplo, dopamina e serotonina no sangue, hormônios que trazem para o corpo a sensação de bem-estar (Schaffer, 1994). Estudos acerca da acústica ambiental ressaltam a importância da presença dos sons positivos na paisagem sonora das cidades, como sons da natureza, presentes quando o vento balança as folhas das árvores, ou da água corrente, quando projetamos com os caracteres ambientais.

Destaca-se que o som é invisível aos olhos. Assim, nosso sistema auditivo é capaz de influenciar os usuários no espaço de forma subconsciente. Segundo Pallasmaa (2011), isso ocorre graças ao efeito cognitivo pessoal que o som possui sobre as lembranças e emoções, despertando, após ser processado, uma hierarquia incontrolável de associações no cérebro. O sistema auditivo é responsável não só pela nossa habilidade de escutar, mas também pela capacidade de nos orientar, já que, por meio dos sons, podemos identificar a natureza do espaço, bem como a personalidade sonora presente na paisagem sonora dos ambientes construídos. O som tem o poder de criar atmosferas, articulando e estruturando as experiências e o entendimento do todo. Ressaltamos também que a audição influencia na percepção dos limites e da escala do espaço construído, seja ele um espaço público aberto ou um ambiente fechado.

Lima (2021), aponta que projetar espaços que estimulem essa poética arquitetônica são interessantes, porque o som possui a capacidade de estimular a produção de endorfina (hormônio da “felicidade”) no corpo humano. A melhora de humor repentina pode aumentar o tempo de permanência do usuário no lugar, estimulando a vivência dos espaços. Ressalta-se também que a escolha do som ou da música ambiente pode repelir o usuário fazendo

com que este registre uma experiência ruim e, conseqüentemente, associe esse momento ao lugar, preocupações relevantes, se considerarmos a poluição sonora, e os altos níveis de ruído mecânicos nas cidades hoje, como o dos automóveis e máquinas. Assim, variações no ritmo da música ou som ambiente podem afetar significativamente a movimentação e o fluxo das pessoas.

Estudos mostram que a exposição crônica a ruídos acima de 70 decibels, comum em avenidas movimentadas, provoca elevação persistente do cortisol, o hormônio do estresse (Costa e Silva e Steffen, 2019). Isso não é apenas um incômodo: é uma questão de saúde pública. Populações expostas a altos níveis de ruído urbano apresentam maior incidência de doenças cardiovasculares, distúrbios do sono e problemas de concentração (Basner, 2014; Vienneau *et al.*, 2015).

Entretanto, a dimensão sonora oferece oportunidades terapêuticas. O som da água corrente, seja numa fonte artificial ou num córrego recuperado, demonstra efeitos mensuráveis na redução da pressão arterial e da ansiedade (Zhu *et al.*, 2024). O burburinho humano em praças e mercados estimula a produção de endorfinas, os neurotransmissores do bem-estar. Por isso, o design salutogênico não se limita a atenuar os ruídos prejudiciais, mas propõe uma “curadoria sonora” ativa dos espaços urbanos, cultivando paisagens sonoras que promovam o equilíbrio, favoreçam o bem-estar e fortaleçam a saúde coletiva.

3.3 Aromas que narram histórias

O conforto olfativo no ambiente construído está diretamente relacionado à percepção de odores e sua influência no bem-estar dos usuários. O olfato, sendo um sentido primitivo e essencial à sobrevivência humana, desempenha um papel fundamental na avaliação inconsciente dos espaços habitados (Kechagia; Drichoutis, 2017). No entanto, esse sentido ainda é frequentemente negligenciado nos projetos arquitetônicos e urbanísticos, apesar de sua influência na forma como os indivíduos experimentam e interagem com o ambiente (Neves, 2017). A presença de odores agradáveis pode contribuir para a sensação de conforto, enquanto odores desagradáveis ou intrusivos podem impactar negativamente a experiência do usuário.

A qualidade do ar, tanto interna quanto externa, configura-se como elemento fundamental para o bem-estar dos usuários e é regulamentada por normativas específicas que delimitam os valores máximos admissíveis para a concentração de poluentes nos ambientes construídos. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2014) estabelece parâmetros para assegurar que o ar em ambientes internos permaneça livre de contaminantes potencialmente nocivos à saúde, como compostos orgânicos voláteis (COVs), partículas suspensas e microrganismos.

A manutenção da qualidade do ar depende não só da efetiva ventilação e da adequada renovação do ar externo, mas também do controle rigoroso das fontes internas de

poluição, a exemplo de materiais de construção, produtos químicos e sistemas de climatização cuja manutenção seja deficiente ou insuficiente (ANVISA, 2014). Vale destacar que edifícios concebidos para elevada eficiência térmica, a exemplo de hospitais, podem favorecer o acúmulo de poluentes, resultando na deterioração da qualidade do ar e no consequente aumento dos riscos à saúde dos ocupantes (ABNT, 2008).

Essa combinação de insuficiente renovação do ar e presença de contaminantes pode ocasionar a chamada Síndrome do Edifício Doente, caracterizada por sintomas como dores de cabeça, irritação ocular, problemas respiratórios e fadiga, afetando a saúde, a produtividade e a qualidade de vida dos ocupantes (OMS, 1984).

Na escala da cidade, odores tóxicos funcionam como estressores ambientais invisíveis. O cheiro de combustível diesel, de lixo em decomposição, de esgotos a céu aberto não apenas incomoda: ele ativa sistemas de alerta no organismo, mantendo o corpo em estado de tensão crônica. Comunidades expostas a odores industriais desenvolvem, com o tempo, maior propensão a doenças respiratórias, dores de cabeça e distúrbios do humor (Guadalupe-Fernandez *et al.*, 2021).

Ainda que a qualidade do ar esteja dentro dos parâmetros regulatórios, a percepção individual dos odores influencia profundamente as emoções dos usuários, demonstrando que o conforto olfativo vai além dos padrões técnicos. O conforto olfativo subjetivo está vinculado à experiência sensorial pessoal e à carga emocional associada a determinados aromas. Como destaca Pallasmaa (2011, p.151), “a memória mais persistente de um espaço é seu cheiro”, evidenciando o impacto duradouro do olfato na forma como ambientes são lembrados e percebidos.

O aroma de pão fresquinho saindo de uma padaria pela manhã não é apenas agradável: ele cria uma atmosfera de acolhimento, transformando uma rua anônima em uma vizinhança viva. O cheiro das flores no ar não é mero ornamento: sinaliza a presença de natureza viva numa cidade frequentemente marcada pela artificialidade. Odores familiares e agradáveis reforçam a sensação de pertencimento e segurança, enquanto fragrâncias inesperadas ou desagradáveis podem provocar rejeição e desconforto. Além disso, a resposta olfativa é influenciada por fatores culturais e experiências pessoais, tornando a percepção do conforto olfativo uma experiência única e plural entre os indivíduos (Ferreira *et al.*, 2022).

Assim, compreender e valorizar o papel dos odores no ambiente construído é fundamental para projetar espaços que promovam bem-estar, fortalecimento social e qualidade de vida, evidenciando que a dimensão olfativa é imprescindível para uma arquitetura verdadeiramente sensorial e humana.

3.4 Na pele da metrópole

A dimensão tátil da cidade é talvez a mais imediata e, paradoxalmente, a mais ignorada pelos planejadores. Enquanto passamos horas debatendo paletas cromáticas e composi-

ções visuais, raramente questionamos: como será tocar esta superfície em pleno verão? Que sensação térmica produzirá este material quando chover? Como uma pessoa cega navegará por este espaço?

A percepção tátil constitui um elemento essencial na experiência sensorial humana, sendo tão determinante quanto a visão na forma como se aprende e se interage com o espaço. Pallasmaa (2011) destaca essa dimensão ao afirmar que “as mãos querem olhar, os olhos querem acariciar”, revelando a interconexão entre os sentidos e a importância do tato na vivência estética. Diferentemente da visão, que muitas vezes impõe uma relação distanciada e analítica com o ambiente, o toque estabelece uma conexão direta, permitindo a exploração da materialidade e da textura dos objetos e superfícies. Nesse sentido, a arquitetura deve ir além do apelo visual e incorporar estímulos táteis que convidem à interação física com o espaço, ampliando a imersão sensorial e enriquecendo a experiência do usuário.

Ao redefinir a maneira como os ambientes são percebidos, o tato transcende sua função meramente utilitária e se torna um meio fundamental de conhecimento e apropriação do espaço. Pallasmaa (2011) argumenta que a materialidade das superfícies e a relação do corpo com o entorno devem ocupar um papel central no projeto arquitetônico, uma vez que a compreensão do ambiente ocorre não apenas pelo olhar, mas também pelo contato físico. Ambientes que estimulam a exploração tátil possibilitam uma experiência mais completa, resgatando uma dimensão sensorial frequentemente negligenciada em uma cultura que privilegia o aspecto visual.

As cidades contemporâneas, dominadas pelo concreto e pelo asfalto, criam microclimas térmicos extremos (Romero, 2023). No verão, o asfalto pode atingir temperaturas superiores a 60°C, transformando calçadas em grelhados urbanos. No inverno, superfícies metálicas tornam-se geleiras que repelem o toque humano. Entre esses extremos, perdemos a possibilidade de uma cidade que convide ao contato, à permanência, ao encontro casual.

A solução não é complexa, mas exige mudança na forma de escolher os revestimentos aplicados. Materiais naturais como madeira, pedra, terra, oferecem gradientes térmicos mais suaves e texturas que enriquecem a experiência tátil. Vegetação urbana não apenas oferece sombra e melhora a qualidade do ar, ela cria microclimas de conforto térmico que expandem dramaticamente o tempo de permanência nos espaços públicos. Quando pensamos tatilmente, redescobrimos a cidade como extensão de nossa própria pele.

4. Reabilitação ambiental para o respeito dos corpos e do planeta: um acorde harmônico entre sentidos e sustentabilidade

A reabilitação ambiental, ao assumir sua essência mais genuína, transcende a tarefa meramente técnica de corrigir espaços degradados. Ela se apresenta como um convite poético e urgente para que reencanemos o mundo construído, restituindo a harmonia entre

corpos humanos, sentidos pulsantes e o planeta que nos sustenta. É nesse encontro sensorial-sustentável que a arquitetura e o urbanismo manifestam seu poder transformador, onde a saúde pública e o equilíbrio ecológico se entrelaçam em práticas projetuais que respeitam e celebram a complexidade da vida urbana.

Em tempos de crises climáticas, a imperativa sustentabilidade nos desafia a ressignificar nossos espaços: cada rua, praça e edifício tornados laboratórios vivos, capazes de regenerar, acolher e nutrir. A reabilitação ambiental, então, deve ser entendida como ato de cura profunda. Não apenas para o solo, o ar e a água, mas para a trama sensorial que define nossa experiência do espaço. Saúde, sustentabilidade e sentidos tornam-se instrumentos inseparáveis dessa composição, cada um falando em tom próprio, mas em sintonia indispensável.

Ao restaurar o ambiente construído, é essencial que os projetos abracem uma visão holística em que o corpo em sua totalidade — físico, emocional e perceptivo — seja o protagonista. O design salutogênico, como elo entre ciência e sensibilidade, orienta essa trajetória ao valorizar ambientes capazes de reduzir a “sintonia dissonante do ambiente” e promover o conforto multissensorial, abrindo caminho para cidades que cuidam de seus habitantes e da natureza. Este capítulo serve de introdução e diálogo com uma coletânea interdisciplinar de estudos elaborados por nossos colegas da Pós-graduação em Reabilitação Ambiental Sustentável Arquitetônica e Urbanística, cujos capítulos seguintes aprofundam esses temas em diferentes contextos.

Marta Romero (2023) destaca que a arquitetura bioclimática considera a avaliação integrada dos elementos térmicos, da luz, do som e da cor, nos quais a vegetação atua como elemento fundamental para modelar, filtrar e ordenar o espaço público, promovendo conforto ambiental e sensorial. Partindo dessa visão, os capítulos sobre o Parque da Liberdade, em Fortaleza e a Praça Antônio de Pádua Dutra, em Piracicaba evidenciam a importância da vegetação para o microclima urbano, demonstrando por meio de simulações computacionais como a presença e conservação das áreas verdes contribuem para a redução do desconforto térmico, melhora da qualidade ambiental e sensorial. O que reforça a premissa central da arquitetura bioclimática de que o desenho cuidadoso e integrado dos elementos naturais é essencial para a reabilitação ambiental urbana e o bem-estar das comunidades.

Tim Ingold (2015) nos ensina que “estar no mundo” é mergulhar numa trama de fluxos sensoriais que condicionam relações, saúde mental e pertencimento. Para reforçar a ideia de pertencimento, o capítulo 3, Processo de patrimonialização do núcleo rural de Pommerode – SC entre 2007 e 2024, aborda a exclusão da comunidade nos processos decisórios e aponta a necessidade de maior participação dos moradores para fortalecer a identidade cultural, evitar um turismo descontextualizado e utilizar o patrimônio como instrumento de transformação social. Ainda nessa linha, o capítulo 4 (Parques lineares: Reconectando a paisagem ribeirinha e a cidade de Januária, MG) aborda estratégias integradas para a reabilitação ambiental urbana por meio da criação de parques lineares, que promovem a reconexão da paisagem ribeirinha com o tecido urbano. Por meio da valorização das conexões entre

rio, cidade e população, são apresentadas soluções sustentáveis que promovem a qualidade ambiental, o resgate da identidade cultural e o bem-estar social, ressaltando a importância da reabilitação ambiental como um caminho para cidades mais resilientes e integradas à sua paisagem natural.

As infraestruturas urbanas devem ficar à margem da paisagem? No capítulo “Uso do Capim Vetiver em Bacias de Detenção no Distrito Federal do Brasil”, mostra como essa gramínea é uma solução sustentável para a gestão das águas pluviais, contribuindo para a estabilidade dos taludes, controle da erosão, melhoria da qualidade da água e valorização estética e social do paisagismo urbano. Assim, a vegetação integra e valoriza o espaço coletivo, indo além da função técnica.

No Capítulo “Sensoriamento Remoto aplicado ao sequestro de carbono de CO₂: um estudo na cidade de Iguatu, Ceará, Brasil”, podemos ver evidências de que ações voltadas à criação e revitalização de áreas verdes são fundamentais para a reabilitação ambiental das cidades, contribuindo para a absorção de CO₂ e a melhoria da qualidade do ar, proporcionando conforto olfativo, especialmente em cenários de desenvolvimento econômico expressivo.

Diante dos crescentes impactos das mudanças climáticas, é urgente repensar o planejamento urbano, especialmente em comunidades vulneráveis. O capítulo “Riscos climáticos e vulnerabilidade socioambiental: Análise do Lagamar em Fortaleza-CE”, evidencia a necessidade de rever as condições precárias que aumentam os riscos e prejudicam a saúde dos moradores. Intervenções integradas, que respeitem as dinâmicas sociais e ecológicas locais, são essenciais para garantir conforto, segurança e equilíbrio ambiental. A reabilitação ambiental deve incluir medidas que promovam conforto, equidade e fortaleçam a resiliência comunitária diante dos desafios climáticos.

Como aliar a gestão sustentável dos recursos hídricos e a funcionalidade das vias? No Capítulo “Sistema Normativo sobre Pavimento Permeável no Distrito Federal: tipos e métodos de execução”, podemos entender um pouco mais sobre a aplicação de pavimentação permeável, para reduzir os riscos de alagamento e garantir a infiltração de água no solo, sem que isso comprometa o desempenho operacional viário.

As cidades carregam em sua paisagem as marcas de escolhas e soluções do passado. O que um dia atendeu às necessidades urbanas pode, com o avanço das tecnologias e a transformação dos fluxos, perder sua função. Nesse contexto, surge o desafio: como lidar com infraestruturas que já não servem mais ao propósito original? O Capítulo “Requalificação de infraestrutura e espaço urbano: estudos de caso em áreas de demolição de viadutos”, nos mostra que a remoção de estruturas obsoletas pode desencadear processos efetivos de recuperação de áreas degradadas, promovendo a reintegração de elementos naturais, a valorização do ambiente urbano e o resgate do convívio social. Este capítulo ressalta que a reabilitação ambiental não depende apenas de soluções técnicas, mas de abordagens urbanísticas integradas, capazes de transformar paisagens e restaurar a vitalidade ecológica,

simbólica e social dos territórios urbanos.

É importante destacar que a reabilitação ambiental não se restringe apenas ao espaço público ou à escala urbana, mas se inicia na escala do edifício. O Capítulo “O Som Sob Controle: análise de painéis acústicos caseiros para estúdios musicais”, nos mostra que ao promover ambientes internos mais saudáveis, bem isolados acusticamente e adaptados para diferentes usos, se qualifica a experiência sensorial, o bem-estar e a saúde de seus ocupantes a partir da unidade básica do ambiente construído.

Apesar de a literatura apresentar diversas soluções práticas para o projeto e a reabilitação ambiental, ainda nos deparamos com obstáculos que dificultam o avanço rumo a um futuro mais sustentável para cidades e edificações. O Capítulo “Barreiras psicológicas na busca por uma arquitetura mais sustentável”, aponta possíveis respostas ao identificar os múltiplos entraves de ordem psicológica, cultural e informacional que limitam a transformação efetiva dos espaços urbanos.

Reabilitar o ambiente é, portanto, um convite a explorar diversas dimensões em direção a futuros ainda invisíveis, nos quais a cidade deixa de ser apenas um espaço físico para tornar-se extensão sensível do corpo e da mente que a habitam. Diante disso, surge o desafio: como projetar espaços que dialoguem com os sentidos, que acolham não apenas a funcionalidade, mas toda a complexidade da experiência humana?

As cidades do amanhã serão aquelas que conseguirem honrar essa riqueza sensorial, oferecendo, além da eficiência técnica, uma verdadeira tapeçaria de texturas ao toque, sons que acolhem, temperaturas que confortam, aromas que evocam memórias e ritmos que sincronizam corpos e mentes. Essa diversidade sensorial, entrelaçada à saúde física e mental, será a base para ambientes urbanos vivos e vitais. Esse futuro não é utópico, é urgente. Emergimos de uma crise climática global que se entrelaça à crescente epidemia de ansiedade urbana, num contexto de empobrecimento sensorial acelerado das novas gerações. A resposta exige uma visão sistêmica, que articule os saberes científicos atuais, a sabedoria ancestral das relações humanas com a natureza e a criatividade comunitária que habita cada bairro, cada rua, cada praça.

Precisamos pensar cidades como organismos vivos: que respiram, filtram, regeneram suas energias e, sobretudo, oferecem uma pluralidade de habitats para a diversidade infinita de corpos e sensibilidades que as ocupam. Cidades saudáveis são aquelas dotadas de espaços legíveis e empáticos, onde sentidos e saúde se entrelaçam em práticas cotidianas e onde a experiência urbana não se reduz a um suporte abstrato, mas se revela como palco de bem-estar, encontro, criação e cidadania.

Nossa principal tarefa é revisitar, com olhos atentos, ouvidos sensíveis e pele desperta, os caminhos da reabilitação ambiental, mantendo viva a pergunta que deve guiar nosso esforço conjunto: de que maneira queremos, de fato, sentir o futuro das cidades?

As cidades estão esperando para serem reinventadas. Nossos sentidos sabem como fazê-lo.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Conforto ambiental em estabelecimentos assistenciais de saúde. Brasília: Anvisa, 2014.

ANTONOVSKY, Aaron. Health, Stress, and Coping: New Perspectives on Mental and Physical Well-Being. San Francisco: Jossey-Bass, 1979.

ANTONOVSKY, Aaron. The salutogenic perspective: Toward a new view of health and illness. San Francisco: Jossey-Bass, 1987. *Advances*, v. 4, n. 1, p. 47–55.

ARNHEIM, Rudolf. Arte e percepção visual: uma psicologia da visão criadora. 2. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 16401-3: Instalações de ar-condicionado — Sistemas centrais e unitários — Parte 3: Qualidade do ar interior. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

BASNER, M. *et al.* Auditory and non-auditory effects of noise on health. *The Lancet*, [S.l.], v. 383, n. 9925, p. 1325–1332, 2014. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)61613-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)61613-X). Acesso em: 03 de março de 2025.

COSTA, J. N.; ARRUDA, A. Ambiente construído estressor: o uso dos padrões biofílicos na moradia popular. *IMPACT Projects*, v. 2, n. 1, p. 89-102, jul. 2023. DOI: 10.59279/impact.v2i1.2267.

COSTA E SILVA, J. A.; STEFFEN, R. E. Urban environment and psychiatric disorders: a review of the neuroscience and biology. *Metabolism Clinical and Experimental*, Rio de Janeiro, v. 100S, p. 153940, 2019.

DAY, C. *Places of the soul*. 2. ed. London: Routledge, 2003. DOI: <https://doi.org/10.4324/9780080544380>.

DILANI, Alan. A Salutogenic Approach to the Design of the Physical Environment in Public Sector. *Revista IPH*, nº 11, 2014. (ISSN 1519-14-51). Acesso em 19 de fevereiro de 2024.

DEZEBIC, V. The influence of visual perception on responses towards real-world environments and application towards design. *Intelligent Buildings International*, 5:sup1, 29-47, Estados Unidos, 2013. Disponível em https://www.researchgate.net/publication/263494087_The_influence_of_visual_perception_on_responses_towards_real-world_environments_and_application_towards_design. Acesso em 05 de junho de 2022.

EWING, R.; HANDY, S. Measuring the unmeasurable: Urban design qualities related to walkability. *Journal of Urban Design*, v. 14, n. 1, p. 65–84, 2009.

FERREIRA, M. H.; RENOVATO TOBO, P.; BARRICHELO, C. R.; GUALTIERI, M. Olfactory interference on the emotional processing speed of visual stimuli: The influence of facial expressions intensities. *PLoS ONE*, v. 17, n. 5, e0264261, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0264261>. Acesso em: 21 de fevereiro de 2025.

GAGE, F. Neuroscience and Architecture. AIA 2003 National Convention & Expo. San Diego, Califórnia, Estados Unidos, 2003. Acesso em 21 de outubro de 2023.

GIBSON, J. J. The perception of the visual world. Boston: Houghton Mifflin Company, 1950.

GUADALUPE-FERNANDEZ, V.; DE SARIO, M.; VECCHI, S.; BAULEO, L.; MICHELOZZI, P.; DAVOLI, M.; ANCONA, C. Industrial odour pollution and human health: a systematic review and meta-analysis. *Environmental Health*, v. 20, n. 1, p. 108, 22 set. 2021. DOI: 10.1186/s12940-021-00774-3.

HOLL, S. Questões de percepção: fenomenologia da arquitetura. Archdaily, 5 jan. 2012. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/01-18907/questoes-de-percepcao-fenomenologia-da-arquitetura-steven-holl>. Acesso em: 05 mar. 2025.

INGOLD, Tim. Estar vivo: ensaios sobre movimento, conhecimento e descrição. Tradução de Guilherme João de Freitas Teixeira e Rubens Antonio Barbosa. Petrópolis: Vozes, 2015.

JACOBS, Jane. The death and life of great American cities. New York: Random House, 1961.

KECHAGIA, Varvara; DRICHOUTIS, Andreas C. The effect of olfactory sensory cues on willingness to pay and choice under risk. *Journal of Behavioral and Experimental Economics*, v. 70, p. 33-46, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214804317300848> Acesso em: 10 mar. 2025.

LAZARUS, R.; FOLKMAN, S. Stress appraisal and coping. New York: Springer, 1984.

LIMA, A. C. C. Paisagem sonora em diferentes escalas nos espaços públicos de Brasília. 2021. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2021. 215 p.

LINDSTROM, M. Brand Sense: build powerful brands through touch, taste, smell, sight, and sound. New York: Free Press, 2005.

LINDSTRÖM, Bengt; ERIKSSON, Monica. The salutogenic model of health. In: MITTLEMARK, M. B. *et al.* (Eds). The Handbook of Salutogenesis. 2. ed. Cham: Springer, p.45-55, 2022. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-79515-3>. Acesso em: 10 out. 2024.

LYNCH, Kevin. The image of the city. Cambridge, MA: MIT Press, 1960.

LYNCH, Kevin. Managing the sense of a region. Cambridge: MIT Press, 1980.

MAASS, Ruca; LILLEFJELL, Monica; ESPNES, Geir Arild. The application of salutogenesis in cities and towns. In: MITTLEMARK, M. B. *et al.* (Eds.). The handbook of salutogenesis. 2. ed. Cham: Springer, 2022. p. 709-754. Acesso em: 10 out. 2024.

NEVES, J. D. Arquitetura sensorial: a arte de projetar para todos os sentidos. Rio de Janeiro: Mauad X, 2017.

OLIVEIRA, E. C. de; SANTOS, M. A. A. Áreas verdes no ambiente urbano e transtornos mentais comuns: uma resenha crítica da literatura. Contribuciones a las Ciencias Sociales, 17(7), e8839, 2024. DOI: 10.55905/revconv.17n.7-406.

PALLASMAA, J. Os olhos da pele: a arquitetura e os sentidos. Tradução técnica: Alexandre Salvaterra. Porto Alegre: Bookman, 2011. (ISBN-10: 8577807770).

PARSONS, K. Human Thermal Environments: The Effects of Hot, Moderate, and Cold Environments on Human Health, Comfort, and Performance. 3ª edição. Boca Raton: CRC Press, 2014.

PATUANO, Agnès; SHENTOVA, Ralitsa; ACESKA, Ana. Infrastructure and health: the salutogenic approach, interdisciplinarity and new challenges for planning and design. International Journal of Managing Projects in Business, v. 15, n. 4, p. 645-658, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/IJMPB-09-2021-0237>. Acesso em: 10 out. 2024.

PENTEADO, Ana Paula Bonini; IAROZINSKI NETO, Alfredo; PENTEADO, Ana Carolina Bonini. A relação entre conforto perceptivo e a caracterização do espaço com ênfase em ambientes internos. Pós. Rev. Programa Pós-Grad. Arquitet. Urban., São Paulo, v. 25, n. 43, p. 122-139, 2018. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/posfau/article/view/122716>. Acesso em: 27 mar. 2025.

PINHEIRO, J. Q. S.. Poluição Visual: um estudo sobre a percepção dos seus efeitos. Dissertação de Mestrado, Universidade Metodista de Piracicaba, Brasil. 2004.

ROMERO, M. A. B. A arquitetura bioclimática do espaço público. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2001.

ROMERO, M. A. B. A arquitetura do lugar: uma visão bioclimática da sustentabilidade. [livro eletrônico] 2 ed. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2023.

SCHAFER, M. R. The soundscape: our sonic environment and tuning of the world. 2. ed. Rochester: Destiny Books, 1994.

SCHIFFMAN, S. S.; WILLIAMS, C. M. A review of environmental odor quantification and qualification methods. *Science of the Total Environment*, [S.l.], v. 601–602, p. 1146–1156, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.176>. Acesso em: 5 abr 2025.

SILVA, G. J. A.; ROMERO, M. A. B. O urbanismo sustentável no Brasil: a revisão de conceitos urbanos para o século XXI. *Revista Arquitectos*, ano 11, fev. 2011.

SILVA, Kelly Queiroz Carvalho da; TOLEDO, Renata Ferraz de. Espaços públicos urbanos, qualidade de vida e saúde: uma revisão integrativa da literatura. *Periódico Técnico e Científico Cidades Verdes*, [S. l.], v. 12, n. 33, 2024. DOI: 10.17271/23178604123320243770. Disponível em: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/cidades_verdes/article/view/3770. Acesso em 28 mar 2025.

TRIGUERO-MAS, Margarita; DADVAND, Payam; CIRACH, Marta; MARTÍNEZ, David; MEDINA, Antonia; MOMPART, Anna; BASAGAÑA, Xavier; GRAŽULEVIČIENĖ, Regina; NIEUWENHUISSEN, Mark J. Natural outdoor environments and mental and physical health: Relationships and mechanisms. *Environment International*, v. 77, p. 35–41, 2015. DOI: 10.1016/j.envint.2015.01.012.

ULRICH, R. S. View through a window may influence recovery from surgery. *Science*, [S.l.], v. 224, n. 4647, p. 420–421, 1984. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.6143402>. Acesso em: 5 abr 2025.

VIENNEAU, D.; SCHINDLER, C.; PEREZ, L.; PROBST-HENSCH, N.; RÖÖSLI, M. The relationship between transportation noise exposure and ischemic heart disease: a meta-analysis. *Environmental Research*, v. 138, p. 372–380, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.02.023>. Acesso em: 23 jul 2025.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Indoor air pollutants: exposure and health effects assessment. Copenhagen: WHO, 1982. (Euro Reports and Studies, 78).

ZANELATTO, C. O ambiente construído como fator determinante para o surgimento de doenças crônicas não transmissíveis. Revista Saúde e Pesquisa, v. 15, n. 1, p. 89-94, 2023. Disponível em: periodicos.unidep.edu.br.

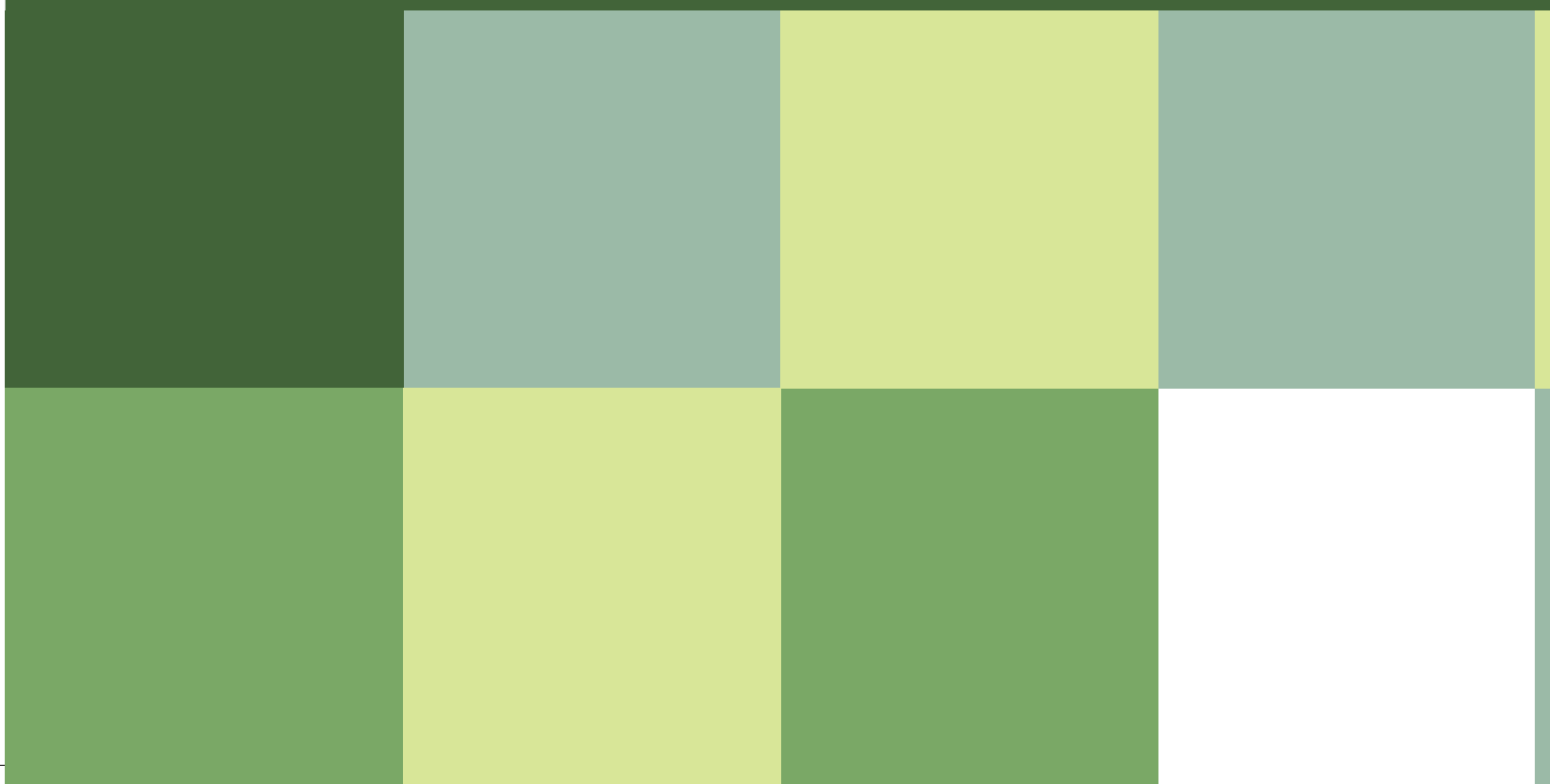
ZHU, Ruirui; YUAN, Liyun; PAN, Yanting; WANG, Yefan; XIU, Danping; LIU, Weiyi. Effects of natural sound exposure on health recovery: A systematic review and meta-analysis. Science of The Total Environment, v. 921, p. 171052, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171052>. Acesso em: 23 jul 2025.

ZUMTHOR, P. Atmosferas. São Paulo: Cosac Naify, 2006.

parte2

estratégiasdereabilitação

Propostas e soluções sustentáveis para a requalificação ambiental das cidades, com foco em drenagem urbana, infraestrutura verde, conforto e bem-estar.





8. Sistema normativo sobre pavimento permeável no Distrito Federal: tipos e métodos de execução

Regulatory System on permeable pavement in the Federal District of Brazil: types and execution methods

Sistema normativo sobre pavimento permeable en el Distrito Federal de Brasil: tipos y métodos de ejecución

Ana Maria Montandon Chaer¹
Daniel Richard²

¹ Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Brasília, DF, Brasil.

² Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Reabilitação Ambiental Sustentável Arquitetônica e Urbanística (Reabilita). Brasília, DF, Brasil.

Resumo

Este trabalho teve como objetivo realizar uma análise da atual situação da legislação do Distrito Federal sobre o uso de pavimento permeável e apresentar orientações sobre seus tipos e métodos de execução. Para tanto, foi realizado estudo comparativo entre legislações de capitais brasileiras com intuito de compreender as transformações dos instrumentos normativos que orientam o uso de pavimento permeável em áreas urbanas. Em seguida, por meio de uma revisão de literatura, levantou-se o estado da arte para a aplicabilidade de pavimentos permeáveis. Como resultado, identificou-se que os pavimentos permeáveis do tipo pré-moldados - blocos intertravados de concreto maciço, com juntas alargadas ou permeável - demonstraram ser eficientes e podem ser executados em métodos com infiltração, infiltração parcial ou sem infiltração, sendo os dois últimos auxiliados por dreno. Observa-se que a legislação distrital é insuficiente, pois não especifica claramente os pavimentos a serem utilizados e seus métodos de execução. Ademais, entende-se ser fundamental que o governo aperfeiçoe sua legislação sobre pavimentos permeáveis, especialmente ao definir porcentagens de permeabilidade adequadas às suas características.

Palavras-chave: Legislação; Pavimento permeável; Piso drenante; Bloco intertravado; Método de execução.

Abstract

This work aimed to analyze the current legislation in the Federal District of Brazil regarding the use of permeable pavement and provide guidelines on its type and execution methods. To this end, a comparative study was conducted on the legislation of Brazilian capital cities to understand the transformations of regulatory instruments that guide the use of permeable pavement in urban areas. Subsequently, through a literature review, the state of the art on the applicability of permeable pavements was raised. As a result, pre-molded permeable pavements (solid interlocking concrete blocks with widened joints or porous blocks) proved to be efficient and can be implemented using methods with infiltration, partial infiltration, or without infiltration, the latter two being assisted by drainage systems. It was observed that the local legislation is insufficient, as it does not clearly specify the types of pavement to be used nor the appropriate implementation methods. Therefore, it is considered essential for the government to improve its legislation on permeable pavements, particularly by defining appropriate permeability percentages according to their characteristics.

Keywords: Legislation; Permeable pavement; Permeable flooring; Interlocking paver; Execution method.

Resumen

Este trabajo tuvo como objetivo realizar un análisis de la situación actual de la legislación del Distrito Federal sobre el uso del pavimento permeable y presentar orientaciones sobre su tipo y método de ejecución. Para ello, se realizó un estudio comparativo entre las legislaciones de las capitales brasileñas con el fin de comprender las transformaciones de los instrumentos normativos que orientan el uso de pavimento permeable en áreas urbanas. A continuación, mediante una revisión de literatura, se recopiló el estado del arte sobre la aplicabilidad de pavimentos permeables. Como resultado, se identificó que los pavimentos permeables del tipo prefabricados, como los bloques de concreto intertrabados con juntas anchas o los pavimentos permeables, demostraron ser eficientes y pueden ser ejecutados con métodos de infiltración, infiltración parcial o sin infiltración, siendo los dos últimos asistidos por drenaje. Se observa que la legislación distrital es insuficiente, ya que no especifica claramente los pavimentos a utilizar ni los métodos de ejecución adecuados. Además, se considera fundamental que el gobierno perfeccione su legislación sobre pavimentos permeables, especialmente al definir los porcentajes de permeabilidad adecuados a sus características.

Palabras clave: Legislación; Pavimento permeable; Piso drenante; Bloque intertrabado; Método de ejecución.



1. Introdução

O crescimento urbano desordenado e sem planejamento das cidades tem sido uma das maiores problemáticas políticas, ambientais e sociais da atualidade no Brasil. O aumento de eventos extremos causados pelas mudanças climáticas dos últimos anos tem preocupado os ambientalistas e trazido um incômodo para a sociedade, com alagamentos, enxurradas, inundações, deslizamentos entre outros desastres (Casagrande, 2022).

As fortes chuvas têm provocado diversos problemas nas principais cidades brasileiras. No Distrito Federal, as águas pluviais de chuvas intensas que não são infiltradas no solo têm provocado sérios alagamentos urbanos, gerando estragos e causando impactos no fluxo viário de Brasília e de seu entorno. Em fevereiro de 2024, as chuvas causaram alagamento no Campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília, gerando profundos danos materiais à universidade. Segundo Koide (2024), o Plano Piloto de Brasília, apesar de possuir muitas áreas verdes, não foi e não está sendo adaptado para reter as águas pluviais. Em toda a cidade, grandes áreas são ocupadas por estacionamento sem nenhum cuidado em reter as águas. Medidas nesse sentido têm sido adotadas em muitos municípios no Brasil e no Mundo, mas não em Brasília. Segundo o autor, o estacionamento do Estádio Mané Garrincha é o maior responsável por alagamentos em parte do Plano Piloto.

Em contraste com essas preocupações, observa-se, por meio do GeoPortal da Secretaria de Desenvolvimento Urbano (SEDUH), que o Distrito Federal continuará a crescer em larga escala. Uma série de novos parcelamentos surgirão nos próximos anos. No entanto, essas novas áreas deverão considerar as normas estabelecidas pela Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (ADASA) e pela Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil (NOVACAP), prevendo um sistema de drenagem eficiente e satisfatório às tendências climáticas e de expansão urbana.

Importante ressaltar que um forte eixo de crescimento vem ocorrendo na Região Administrativa do Jardim Botânico (RA XXVII). Um número significativo de Diretrizes Urbanísticas Específicas (DIUPE) vem sendo emitidas pela Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Habitação (SEDUH) para interessados em implantar novos parcelamentos nesta Regional. Essas DIUPEs encontram-se inseridas em duas Áreas de Proteção Ambiental (APA) distintas: i) Na Área de Proteção Ambiental do Planalto Central, que possui Plano de Manejo aprovado pela Portaria ICMBIO nº 28, de 17 de abril de 2015; e ii). Na APA da Bacia do Rio São Bartolomeu, criada pelo Decreto Federal nº 88.940/1983 e regulamentada pela Lei Distrital nº 5.344/2014, que aprovou o Plano de Manejo dessa Unidade de Conservação e seu respectivo zoneamento ambiental. Ambas as APAs possuem, dentre outras, duas diretrizes importantes que devem ser destacadas: a impermeabilização máxima do solo em novos parcelamentos restrita a 50% e o favorecimento da recarga natural e artificial dos aquíferos.

Porém, para esses novos parcelamentos, observa-se que os empreendedores têm designado, aos urbanistas, uma maior parcela de inserção de área verde permeável para as

unidades imobiliárias (lotes) e uma menor parcela para áreas comuns do condomínio e para as áreas públicas, demandando a responsabilidade de manutenção da permeabilidade aos futuros proprietários (SEDUH, 2024). De acordo com um levantamento realizado por Castilho *et al.* (2020), um grande número de construções em unidades imobiliárias não obedece a porcentagem de permeabilidade exigida por legislações brasileiras, o que pode causar impactos na rede de drenagem urbana, levando a problemas com alagamentos.

Diante desse desafio, entende-se ser necessário políticas públicas para a implementação de estratégias estruturais que auxiliem na permeabilidade e no retardo do escoamento das águas pluviais em áreas públicas ou de uso comum dos condomínios, ampliando a permeabilidade externa, reduzindo a interna dos lotes e aliviando a sobrecarga do sistema de drenagem dos novos parcelamentos. Dentre as possibilidades, o uso do pavimento permeável é uma estratégia capaz de promover a infiltração da água pluvial no solo e auxiliar no retardo de escoamento superficial (Chandrappa; Biligiri, 2016).

No entanto, a inexistência de uma política pública voltada aos pavimentos permeáveis é evidenciada na ausência de um sistema normativo coerente voltado ao enfrentamento do problema de gestão hídrica dos novos parcelamentos no Distrito Federal (DF). Nesse sentido, o principal propósito deste trabalho é realizar uma análise da atual situação da legislação do Distrito Federal sobre o uso do pavimento permeável e apresentar orientações sobre seus tipos e métodos de execução.

2. Método

Para alcançar o objetivo traçado, delineou-se um método que se divide em duas etapas. Na primeira etapa, foi realizada uma revisão sistemática da legislação brasileira com intuito de compreender as transformações dos instrumentos normativos legais referentes às regras, princípios e diretrizes que orientam o uso de pavimento permeável em áreas urbanas. Com base nesse levantamento, foi realizada uma análise comparativa da legislação brasileira com a que está em prática no Distrito Federal, no intuito de identificar as barreiras e oportunidades para a implementação eficaz de uma política regulatória na região. Por meio de uma revisão de literatura, a segunda etapa buscou levantar o estado da técnica para aplicabilidade de pavimentos permeáveis e identificar os principais métodos e tipos de pavimentos existentes que podem ser utilizados no Distrito Federal.

Para a realização do levantamento das legislações brasileiras, que teve como objetivo fornecer uma base de referência para o trabalho, foi estabelecido um recorte específico de municípios, devido ao grande número de legislações urbanas e ambientais existentes. Foram, portanto, levantadas as legislações dos cinco municípios mais populosos do país, de acordo com o IBGE (2022): i) São Paulo (11.451.245 habitantes); ii) Rio de Janeiro (6.211.423 habitantes); iii) Brasília (2.817.068 habitantes); iv) Fortaleza (2.428.678 habitantes); e v) Salvador (2.418.005 habitantes).

As pesquisas foram realizadas nos sites da Câmara Municipal Legislativa e sites específicos de busca de legislações dos municípios, utilizando as palavras-chave “ piso permeável”, “ piso drenante”, “ pavimentação permeável”, “ pavimentação drenante”, “ revestimento permeável” e “ revestimento drenante”. Após a seleção das legislações mais relevantes ao tema, foram analisadas as publicações apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Busca da legislação pertinente.

Municípios	Sites de Busca	Nº de legislações encontradas com as palavras-chaves	Nº de legislações selecionadas mais relevantes
São Paulo	Câmara Municipal de São Paulo	5	1
	Legislação do Estado de São Paulo	4	
Rio de Janeiro	Câmara Municipal do Rio de Janeiro	0	0
Brasília / Distrito Federal	Câmara Legislativa do DF (direcionado para Sinj-DF)	15	6
	SEDUH - Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Habitação do DF	3	
Fortaleza	Câmara Municipal de Fortaleza	0	1
	SEUMA- Secretaria de Urbanismo e Meio Ambiente	1	
Salvador	Câmara Municipal de Salvador	0	1
	Leis municipais de Salvador	2	
TOTAL		30	9

Fonte: Elaboração própria.

Como foram encontradas apenas três normas pertinentes para se comparar ao Distrito Federal (Quadro 1), decidiu-se, ainda, efetuar uma outra busca complementar no me-

canismo de busca Google, com as palavras-chave já citadas somadas à palavra “LegisWeb”. Nessa pesquisa, foram encontradas outras três legislações vigentes que merecem ser mencionadas neste estudo, referentes aos municípios de Natal, Teresina e João Pessoa.

Foram também realizadas buscas específicas nos sites dos órgãos públicos do Distrito Federal - NOVACAP, ADASA e IBRAM (BRASÍLIA AMBIENTAL) - como forma complementar para acesso às informações de legislações atuais da Capital. Nesta pesquisa, não foram encontradas outras legislações relacionadas ao tema.

Já para a segunda etapa, foram realizadas buscas nas plataformas do Google Acadêmico e Periódicos CAPES. Utilizaram-se as seguintes palavras-chaves em português e inglês para uma pesquisa exploratória da literatura disponível: (“pavimento permeável” OU “piso drenante” OU “piso permeável” OU “revestimento permeável” OU “concreto permeável” OU “asfalto poroso” OU “bloco intertravado”) E (“projeto” OU “detalhe” OU “dimensionamento”); (“permeable pavement” OR “Infiltrating pavement” OR “open-graded pavement” OR “perVIOUS concrete” OR “Water-permeable pavement” OR “porous asphalt” OR “permeable interlocking pavers”) AND (“Construction” OR “design” OR “Details” OR “sizing”). Por meio de uma leitura de títulos e resumos, selecionaram-se os estudos que tratavam mais especificamente do assunto em questão.

3. Resultados e Discussão

3.1 Análise do sistema normativo sobre pavimentos permeáveis

Considerando as legislações levantadas dos municípios dispostos no Quadro 1, destaca-se que, no município de São Paulo, a Lei nº 12.526, de 02 de janeiro de 2007, estabelece normas para a contenção de enchentes e destinação de águas pluviais, citando uma das palavras-chave da busca: “piso drenante”. O principal objetivo da referida Lei é informar a exigência de implantação de sistema para a captação e retenção de águas pluviais em lotes que tenham área impermeabilizada superior a 500 m². Apesar de não ser específica para pavimento permeável, o parágrafo único do artigo 2º determina que, no caso de estacionamentos e similares, 30% (trinta por cento) da área total ocupada deve ser revestida com piso drenante ou reservado como área naturalmente permeável.

No município de Fortaleza, a Lei Complementar nº 236, de 11 de agosto de 2017, que regulamenta Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo, apresenta referências para aplicação da taxa de permeabilidade para cada tipo de pavimentação. Para um piso intertravado de concreto, por exemplo, a Lei estabelece 25% de permeabilidade para a superfície onde ele é implantado, uma vez que parte da água infiltra em suas juntas. Já para o piso em blocos de concreto vazado a permeabilidade considerada é de 60%. Outros pisos que não foram citados na Lei podem ser considerados permeáveis pela Secretaria Municipal de Urbanismo e

Meio Ambiente (SEUMA), após análises específicas dos órgãos competentes.

Na busca das legislações do município de Salvador, apenas o Decreto nº 36.288, de 17 de novembro de 2022, que regulamenta o art 5º da Lei 8.474 que institui o Programa de Certificação Sustentável - IPTU VERDE - em edificações no Município de Salvador, citou as palavras-chaves: “pavimentação permeável” e “piso permeável”. O referido Decreto informa que uma pavimentação permeável deve ser utilizada em pelo menos em 60% da área de passeio. O piso permeável a ser utilizado deverá possuir percentual de permeabilidade mínima de 80%, comprovado através de especificação técnica, fornecida pelo fabricante.

Na busca adicional efetuada, o município de Natal possui a Lei Complementar nº 258, de 26 de dezembro de 2024, na qual se estabelece, em seu artigo 180, que nos locais onde a área vegetada não é obrigatória, pode-se aplicar pavimento drenante. Acrescenta-se ainda que uma Instrução Normativa estabelecerá os parâmetros de absorção para cada tipo de piso drenante aceito, a serem considerados para cálculo de permeabilidade.

Já o município de Teresina publicou a Lei Complementar nº 4.724, de 3 de junho de 2015, definindo diretrizes para regulação relativa e controle dos impactos da drenagem urbana de novos parcelamentos. A Lei cita a possibilidade do uso de pavimentos porosos como um dos mecanismos de retardo para a entrada da água na rede pública de drenagem pluvial. Para o cálculo de infiltração da água em projetos, o uso de pavimentos permeáveis (blocos vazados com preenchimento de areia ou grama, asfalto poroso, concreto poroso) pode reduzir a área exigida em até 60%.

O município de João Pessoa também possui uma lei que cita a possibilidade do uso de piso permeável. A Lei nº 10.479, de 9 de junho de 2005, informa que os estacionamentos em terrenos autorizados, existentes e futuros deverão ter 30% (trinta por cento) de sua área com piso drenante ou com área naturalmente permeável.

Já no Distrito Federal, foram encontradas seis normas que citam o uso de pavimentação ou piso permeável. Em 2006, a publicação da Lei Distrital nº 3.835 passou a exigir que todas as áreas abertas destinadas a estacionamentos, públicos e privados tivessem pavimentação permeável (material do tipo bloco vazado com preenchimento de areia, grama, asfalto poroso e concreto poroso). Logo depois, em 2007, a Lei nº 4.059, determinou a pavimentação ecológica e/ou permeável nas vias internas de todos os condomínios do Distrito Federal. Definiu-se como pavimentação ecológica e/ou permeável todo tipo de piso que permite o escoamento de água e recarga de aquífero, podendo ser executado em blocos de concreto do tipo intertravado rejuntados com areia, blocos vazados preenchidos com grama, asfalto poroso ou concreto poroso.

Em 2014, o Decreto nº 35.363 veio regulamentar a taxa de permeabilidade dos Planos Diretores Locais (PDLs) do Distrito Federal. Dentre outras providências, o Decreto classificou os pavimentos permeáveis como dispositivos de infiltração capazes de reduzir o escoamento das águas pluviais. Já em 2022, o Decreto nº 44.037 não exige, mas sugere a instalação de revestimentos permeáveis na concepção do sistema viário interno dos condomínios ur-

banísticos. Entre 2014 e 2022, não foram encontradas outras legislações relacionadas a pavimentos permeáveis.

Em agosto de 2023, com a publicação da Resolução nº 26 da ADASA, é revogada a Resolução da ADASA nº 9, de 2011. Assim como a Resolução nº 9, a Resolução nº 26 considera que o percentual de área impermeável de uma determinada superfície pode ser reduzido a partir de dispositivos que favoreçam a infiltração da água no solo, como aplicação de pavimentos permeáveis. No entanto, apenas a Resolução nº 9 é que regulamentava a porcentagem de redução em 60%.

Por fim, em agosto de 2024, a Lei Complementar nº 1.041, que aprova o Plano de Preservação do Conjunto Urbanístico de Brasília – PPCUB, prevê a intensificação da arborização nos espaços públicos e tratamento dos estacionamentos públicos com pavimentação permeável na porção urbana localizada a sudoeste do Plano Piloto.

Como resultado deste levantamento, percebe-se que a legislação brasileira sobre pavimentos permeáveis pode ser considerada escassa. Na maioria dos casos, menciona-se apenas uma possibilidade de uso, sem grandes orientações sobre tipologia e forma de execução. No Distrito Federal, foi encontrado um número maior de normas relacionadas à pavimentos permeáveis do que em municípios maiores como São Paulo e Rio de Janeiro. Dos municípios que possuem legislações referenciais, São Paulo e João Pessoa citam que os estacionamentos devem possuir pisos permeáveis, assim como no Distrito Federal. Apenas em Salvador foi encontrada uma lei que cita o uso de pisos permeáveis em passeios. Já Fortaleza, Teresina e Salvador possuem, em suas legislações, regulamentação sobre a porcentagem de redução da área impermeável quando utilizado pavimentos permeáveis, dado relevante para os cálculos de taxa de permeabilidade e vazão nos projetos.

Apesar do Distrito Federal apresentar um número maior de normas relacionadas ao tema, constata-se que não há um instrumento normativo mais específico, como notas técnicas e cartilhas, que orientam e incentivam o uso do piso permeável. Instrumentos mais específicos poderiam estabelecer os tipos de pavimentos a serem utilizados e seus métodos de execução. Ademais, estabelecer a taxa de permeabilidade a ser adotada pelo pavimento é fundamental para os cálculos de áreas permeáveis nos projetos urbanísticos.

3.2 Pavimentos permeáveis (PPS) x asfalto poroso

Segundo Scholz *et al.* (2006), a infiltração permitida pelos sistemas de pavimentação permeável favorece a recarga do lençol freático, reduz a salinidade do solo e melhora a qualidade da água dos corpos receptores, pois controla efetivamente poluentes e picos de vazão. Desta forma, um sistema de pavimento permeável (Permeable Pavement Systems - PPS) ou o asfalto poroso (figura 3), quando devidamente aplicados, podem ser um sistema que alia pavimentação com a gestão de águas pluviais (Casagrande, 2022).

De modo geral, os pavimentos permeáveis podem ser do tipo pré-moldados de concreto maciço (placas e blocos intertravados, com juntas alargadas – figura 1) ou permeável (figura 2). Os blocos intertravados de concreto maciço com juntas alargadas (figura 1) são uma alternativa aos pavimentos convencionais impermeáveis. Os intertravados comuns, impermeáveis, possuem suas faces laterais juntas. Ao aumentar o raio das juntas dos pisos e adaptar a estrutura do pavimento, inserindo vazios, há a possibilidade de transformar a peça tradicional em um piso drenante. Quanto maior o raio, maior a área de percolação da água (Bolina *et al.*, 2018).

Figura 1 - Pavimento bloco intertravado de concreto maciço com juntas alargadas.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 2 - Pavimento bloco intertravado de concreto permeável.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 3 - Asfalto poroso.



Fonte: Elaboração própria.

Os sistemas de pavimentos permeáveis (PPS) pré-moldados e o asfalto poroso diferem quanto à forma de execução. O asfalto poroso forma uma superfície uniforme e contínua, onde toda a superfície é projetada para permitir a infiltração. Já os pavimentos pré-moldados são instalados em uma estrutura com espaços destinados à infiltração da água e podem ser facilmente substituídos.

Segundo Scholz *et al.* (2006), a vida útil dos pavimentos permeáveis (PPS), em geral, depende predominantemente do tamanho dos vazios de ar. Quanto maiores as possibilidades de oxidação, menos durabilidade pode ser alcançada. Seu estudo demonstra que quatro PPS disponíveis comercialmente foram avaliados após seis anos de uso diário de estacionamento. Foram analisados a durabilidade estrutural, capacidade de infiltrar e impactos na qualidade da água infiltrada. Todos os sistemas de pavimentação não mostraram grandes sinais de desgaste. Praticamente toda a água da chuva infiltrou, com quase nenhum escoamento superficial. Entretanto, os pavimentos porosos, como o asfalto poroso, foram associados a maiores problemas de entupimento, não sendo tão aplicados na prática quanto os PPS.

Adicionalmente, segundo Casagrande (2022), dentre as principais limitações para o uso da pavimentação porosa, pode-se citar que esses pavimentos são indicados somente para locais de tráfego leve. Quando as camadas são submetidas a grandes cargas, tornam-se mais propensas ao entupimento com o decorrer do tempo, o que pode reduzir sua eficácia. Por esse motivo, este estudo focou em detalhar melhor as características dos pavimentos permeáveis do tipo bloco intertravado de concreto maciço (com juntas alargadas) ou permeável.

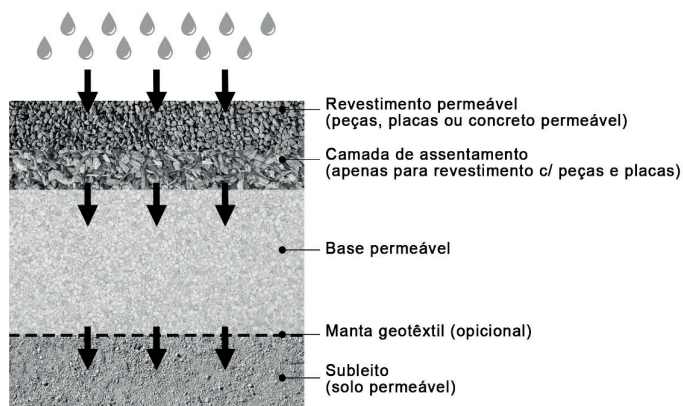
3.3 Método para execução do piso intertravado de concreto permeável

Conforme pesquisa realizada, observa-se que antes do ano 2000 havia pouca discussão acerca dos pavimentos permeáveis. No entanto, com o início do novo século e a crescente atenção à gestão sustentável das águas, várias legislações e estudos começaram a ser publicados. Apesar da evolução normativa, apenas em 2015, foi publicada a Norma Técnica Brasileira NBR 16.416, que estabelece requisitos e diretrizes para a execução, manutenção e desempenho de pavimentos permeáveis (ABNT, 2015). O principal objetivo dessa norma é garantir que os pavimentos permeáveis sejam utilizados de forma segura e eficiente.

A Norma estabelece que o pavimento permeável pode ser instalado de três maneiras, cada uma resultando em diferentes níveis de infiltração. A escolha da forma de instalação depende das características do solo local ou de condicionantes de projeto. A Norma ainda alerta para a importância de se efetuar um dimensionamento detalhado do método, levando em consideração os tipos de solo e precipitações locais. Segundo NBR 16.416 (2015), os métodos de infiltração podem ser classificados em:

- a) Infiltração Total: toda a água precipitada alcança o subleito e se infiltra, conforme exemplo ilustrado na Figura 4;

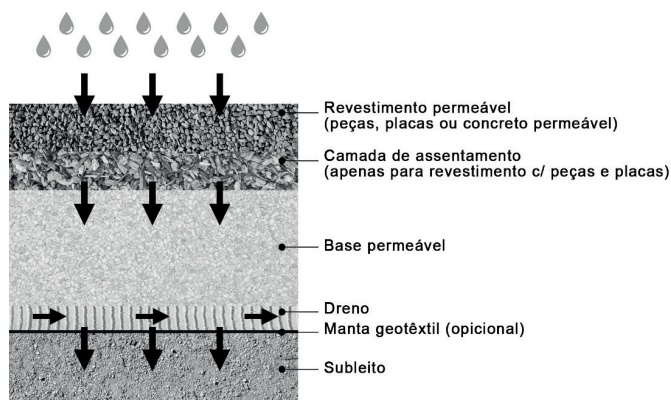
Figura 4 - Infiltração Total.



Fonte: Adaptado pelos autores com base em ABNT (2015).

- b) Infiltração Parcial: Parte da água precipitada alcança o subleito e se infiltra, e parte da água fica temporariamente armazenada na estrutura permeável, sendo depois removida por um dreno auxiliar (Figura 5);

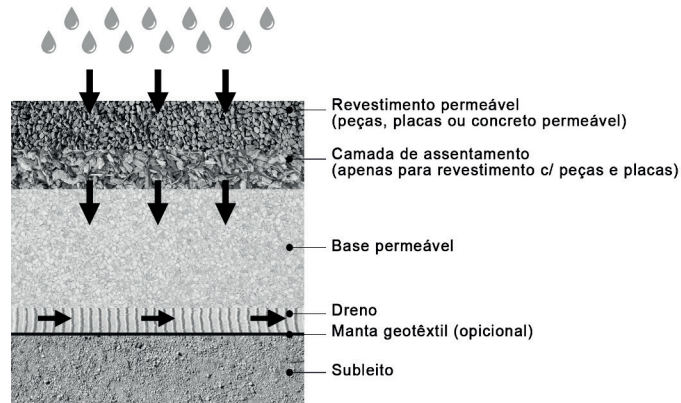
Figura 5 - Infiltração Parcial.



Fonte: Adaptado pelos autores com base em ABNT (2015).

- c) Sem Infiltração: nesse método de infiltração, a água precipitada fica temporariamente armazenada na estrutura permeável e não infiltra no subleito, sendo depois removida por um dreno auxiliar, conforme demonstrado na Figura 6.

Figura 6 - Sem Infiltração.



Fonte: Adaptado pelos autores com base em ABNT (2015).

A NBR 16.416, em seu Anexo B, também apresenta referências do tipo de dimensionamento hidráulico das camadas de bases e/ou sub-base. O dimensionamento da altura da base refere-se exclusivamente à função de reservatório de água do pavimento permeável e não exclui a necessidade do dimensionamento mecânico, conforme tipo de pavimento escolhido (ABNT, 2015).

Tabela 1 - Tipo de infiltração do pavimento em função das condições locais (Tabela B.1 – NBR 16.416.

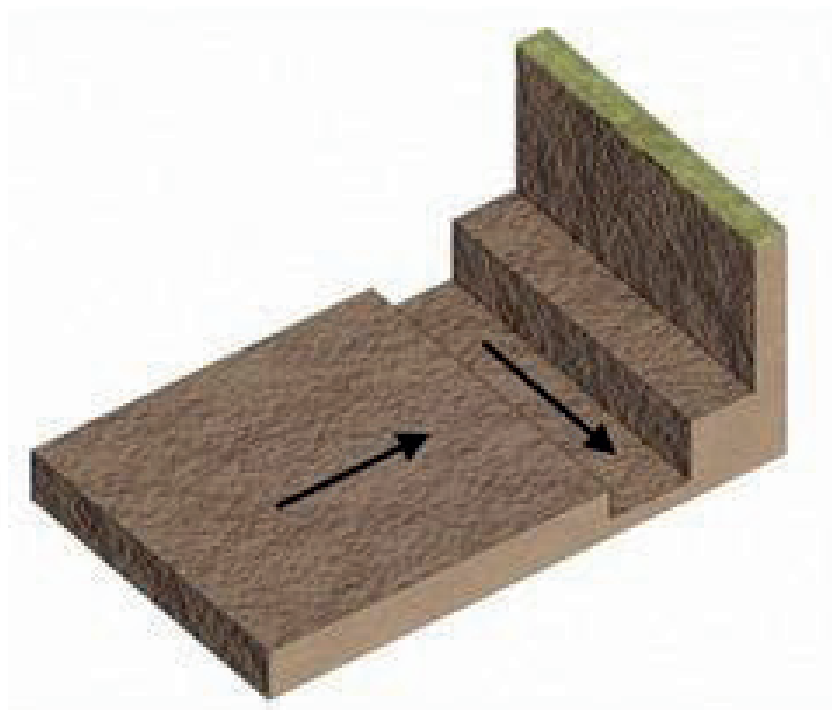
Condições Locais		Infiltração Total	Infiltração Parcial	Sem Infiltração
Permeabilidade do Subleito definida pelo coeficiente de permeabilidade k (m/s)	> 10-3			
	10-3 a 10-5	X		
	10-5a 10-7	X	X	
Máximo registro do lençol freático a pelo menos 1,0m da camada inferior da base		X	X	
Presença de contaminantes no subleito		X	X	

Fonte: Adaptado pelos autores com base em ABNT (2015).

A estrutura de um sistema completo de pavimento intertravado deve ser composta por algumas camadas, cada uma desempenhando um papel específico na drenagem e suporte. Primeiramente, deve-se efetuar ensaios de infiltração na área a ser implantado o pavimento permeável, para que se estabeleça qual dos três métodos será utilizado. Os PPS não devem ser instalados sobre rochas ou outro substrato que tenha pouca ou nenhuma capacidade de permitir que a água se infiltre através deles (Casagrande, 2022). Em casos de solo muito compactado ou com pouca infiltração é necessário a utilização de um sistema de dreno auxiliar, podendo ser escoado para o solo, para uma bacia de drenagem ou para um sistema com reservatório que aproveite a água da chuva (Castilho, *et al.*, 2020).

Ainda, é importante prever a declividade do terreno, de 1% a 2%, em favor da drenagem quando se tratar do método de Infiltração Parcial ou Sem Infiltração. Embora o piso intertravado permeável permita a infiltração, a base deve ser inclinada para conduzir qualquer excesso de água para drenos ou áreas de infiltração apropriadas (figura 7). O caimento adequado reduz o risco de saturação do solo, que pode comprometer a estabilidade do sistema.

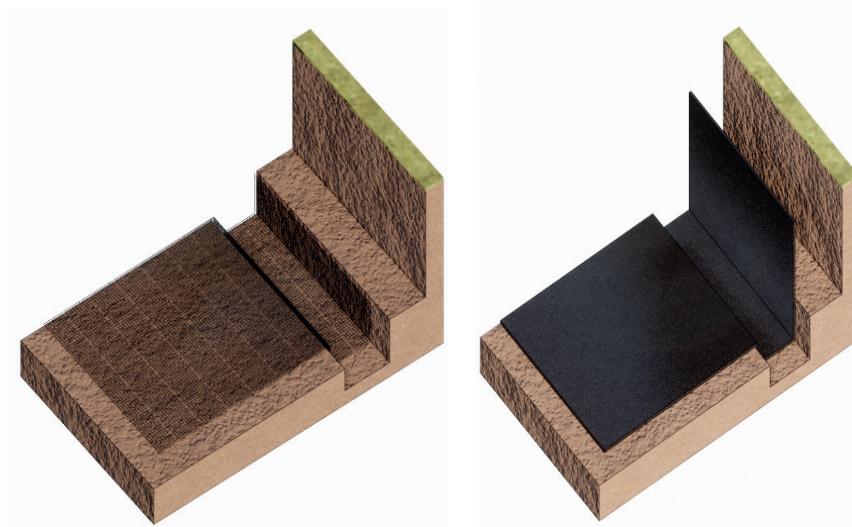
Figura 7 - Caimento do terreno em favor da Drenagem.



Fonte: Adaptado pelos autores com base em vídeo da empresa Interloc Pré-moldados e Tubos (2023).

Para que os métodos funcionem corretamente, a compactação das camadas precisa ser planejada. A sub-base e a base são normalmente compactadas o suficiente para garantir a estabilidade estrutural, mas sem criar uma superfície impermeável. A camada de sub-base é a mais grossa de material agregado (normalmente brita ou cascalho de granulometria maior), que serve tanto para a drenagem quanto para a capacidade de suporte. A camada de base é feita de materiais porosos, como brita, que facilita o armazenamento e a infiltração da água. O grau de compactação da base e sub-base deve ser frequentemente ajustado para manter a permeabilidade, usando testes de campo para verificar se a água ainda pode infiltrar adequadamente após a compactação. Já a camada mais superficial é composta por colchão de areia e piso intertravado. As figuras 8 a 13 apresentam um exemplo de camadas e outros materiais auxiliares para a execução do piso nos métodos de Infiltração Parcial ou Sem Infiltração:

Figura 8, 9 - Uso de Geogrelha (reforça o solo) e Geotêxtil (manta de filtro).



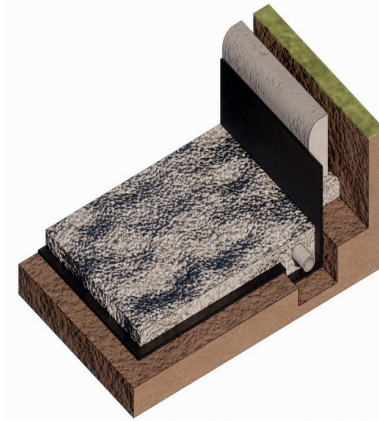
Fonte: Adaptado pelos autores com base em vídeo da empresa Interloc Pré-moldados e Tubos (2023).

Figura 10 - Sub-base; dreno e meio-fio.



Fonte: Adaptado da empresa Interloc Pré-moldados e Tubos (2023).

Figura 11 - Colchão de areia e piso intertravado.



Fonte: Adaptado da empresa Interloc Pré-moldados e Tubos (2023).

Figura 12, 13 - Piso intertravado com raio para percolação e inserção de areia como rejunte.



Fonte: Laboratório própria.

Estudos apontam que a manutenção regular do piso intertravado de concreto permeável é fundamental para garantir sua eficiência ao longo do tempo. Segundo Scholz *et al.* (2006), essa manutenção consiste na remoção de materiais residuais acumulados sobre os PPS. Isso inclui a limpeza das superfícies para evitar que sedimentos e detritos obstruam os poros, além da verificação periódica das camadas inferiores. Atualmente algumas empresas oferecem máquinas que combinam aspiração, escovação e lavagem para a manutenção de pavimentos permeáveis.

4. Conclusão

A análise legislativa constatou uma similaridade entre as normativas, tanto na descrição do texto quanto na curta citação sobre a aplicabilidade dos pavimentos permeáveis. Assim como já observado por Cruz *et al.* (2007), há tentativas isoladas, por parte dos órgãos públicos, de promover uma regulamentação para a drenagem urbana associada aos dispositivos de ordenamento do uso e ocupação do solo das cidades. No entanto, essas iniciativas ainda carecem de uma visão mais integrada dos processos urbanos e da consideração de conceitos que os aproximam da sustentabilidade.

Com exceção da Lei Complementar nº 236 do município de Fortaleza, as legislações levantadas estabelecem princípios gerais e simplistas para o uso de piso permeável. Os municípios não apresentam, como ato complementar, cartilhas ou diretrizes mais específicas voltadas à sua execução e outras orientações, o que pode vir a gerar dúvidas na aplicação e no entendimento. O Distrito Federal, apesar de possuir um número maior de normas, também segue a linha da maioria dos municípios. A exemplo, a única normativa que regulamentava a taxa de permeabilidade a ser considerada para os pavimentos permeáveis foi revogada, não sendo restabelecido, até o momento, outra regulamentação. Além disso, as leis que exigem o uso de pavimentos permeáveis ainda não foram regulamentadas, o que impede que a legislação seja mais efetiva e corretamente aplicável.

Quanto aos tipos e métodos levantados, os resultados de um estudo realizado por Scholz *et al.* (2006) indicou que os sistemas de pavimentação permeáveis (PPS) se tornaram parte integrante dos sistemas de drenagem urbana sustentável. Em contraste, os pavimentos porosos, como o asfalto poroso, são geralmente associados a problemas de entupimento e, portanto, não são tão aplicados na prática quanto os PPS.

O PPS bloco intertravado de concreto pode ser permeável ou maciço. Este último, por exemplo, além de ser mais conhecido e utilizado no Brasil, permite a área ser permeável quando há uma distância maior para percolação em suas juntas, permitindo a infiltração das águas pluviais. Os métodos de execução aplicados são similares aos pavimentos intertravados de concreto impermeável. Apenas acrescenta-se a necessidade de se prever o escoamento das águas sob o leito da sub-base, quando utilizado o método de infiltração parcial ou sem infiltração. Além disso, o grau de compactação da base e sub-base deve ser frequentemente ajustado para manter a permeabilidade, usando testes de campo para verificar se a água ainda pode infiltrar adequadamente. Estudos apontam que a manutenção regular é fundamental para garantir a eficiência da permeabilidade ao longo do tempo.

Outro fator importante é o tipo de solo em que será instalado o pavimento permeável. Apresentar resultados de ensaios de infiltração na área a ser urbanizada pode ser relevante, uma vez que a exigência de uma permeabilidade direta no solo pode não ser eficaz em ter-

renos rochosos, solos siltosos ou argilosos. Como solução alternativa, a água da chuva pode ser coletada pelo piso permeável, conforme exemplificado no método “sem infiltração”, e direcionada para uma bacia de infiltração profunda, de forma a permitir a recarga dos aquíferos e uma permeabilidade eficiente. Sendo assim, as diretrizes para o uso de pavimento permeável e seu método podem ser adaptadas de acordo com o tipo de solo.

Recomenda-se que o poder público estabeleça a porcentagem de permeabilidade para pavimentos permeáveis, considerando o tipo de solo do local e o método de infiltração adotado. Estabelecer essa porcentagem incentiva os empreendedores a utilizarem esse tipo de pavimento em áreas comuns de condomínios e em espaços públicos. Ao atender essa exigência de taxa de permeabilidade nessas áreas, torna-se desnecessário prever uma permeabilidade alta nas unidades imobiliárias (lotes), para atender o mínimo de permeabilidade exigida pelas legislações específicas.

Com base nos fundamentos apresentados e na revisão sistêmica das legislações pertinentes, entende-se ser possível que o pavimento permeável contribua para a sustentabilidade, como forma de controle da infiltração das águas pluviais em novas áreas de expansão do Distrito Federal.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16416: pavimentos permeáveis – requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT, 2015

BOLINA, Cecília de Castro; COUTO, Ramon Santos do; ANDRADE, João Marcos Sousa; TENÓRIO, Helen Oliveira; GOMES, Marcelus Isaac Lemos. Contribuição ao Estudo de Pavimento Permeável: Avaliação da Capacidade Drenante do Paver com Juntas Alargadas e do Sistema Drenante. Goiânia, 2018.

BRASIL. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). Portaria n.º 28, de 17 de abril de 2015. Aprova o Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental do Planalto Central. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 20 abr. 2015.

BRASÍLIA (Distrito Federal). Decreto de 10 de janeiro de 2002. Cria a Área de Proteção Ambiental - APA do Planalto Central, no Distrito Federal e no Estado de Goiás. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 11 jan. 2002.

BRASÍLIA (Distrito Federal). Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (Adasa). Resolução n.º 26, de 17 de agosto de 2023. Estabelece procedimentos

gerais para requerimento e obtenção de registro de uso, de outorga prévia e de outorga de direito de uso de recursos hídricos para o lançamento de águas pluviais em corpos hídricos superficiais de domínio do Distrito Federal e naqueles delegados pela União e estados, e dá outras providências. Diário Oficial do Distrito Federal, Brasília, DF, 22 ago. 2023.

BRASÍLIA (Distrito Federal). Lei Complementar nº 1.041, de 12 de agosto de 2024. Aprova o Plano de Preservação do Conjunto Urbanístico de Brasília – PPCUB e dá outras providências. Diário Oficial do Distrito Federal, Brasília, DF, 13 ago. 2024.

BRASÍLIA (Distrito Federal). Lei nº 3.835, de 27 de março de 2006. Dispõe sobre a pavimentação de estacionamentos no âmbito do Distrito Federal e dá outras providências. Diário Oficial do Distrito Federal, Brasília, DF, 4 abr. 2006.

BRASÍLIA (Distrito Federal). Lei nº 4.059, de 18 de dezembro de 2007. Dispõe sobre a pavimentação ecológica nos condomínios no âmbito do Distrito Federal e dá outras providências. Diário Oficial do Distrito Federal, Brasília, DF, 24 dez. 2007.

BRASÍLIA (Distrito Federal). Lei Distrital n.º 5.344, de 17 de julho de 2014. Aprova o Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental da Bacia do Rio São Bartolomeu e seu Rezoneamento Ambiental. Diário Oficial do Distrito Federal, Brasília, DF, 18 jul. 2014.

BRASÍLIA (Distrito Federal). Decreto nº 35.363, de 24 de abril de 2014. Regulamenta a Taxa de Permeabilidade nos Planos Diretores Locais que especifica, e dá outras providências. Diário Oficial do Distrito Federal, Brasília, DF, 25 abr. 2014.

BRASÍLIA (Distrito Federal). Decreto nº 44.037, de 20 de dezembro de 2022. Regulamenta a Lei Complementar nº 929, de 28 de julho de 2017, que dispõe sobre dispositivos de captação de águas pluviais para fins de retenção, aproveitamento e recarga artificial de aquíferos em unidades imobiliárias e empreendimentos localizados no Distrito Federal e dá outras providências. Diário Oficial do Distrito Federal, Brasília, DF, 21 dez. 2022.

BRASÍLIA (Distrito Federal). Decreto n.º 88.940, de 7 de novembro de 1983. Cria a Área de Proteção Ambiental da Bacia do Rio São Bartolomeu. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 8 nov. 1983.

CASAGRANDE, Tassiana Cristina. Diretrizes Urbanísticas Específicas (DIUPES) sensíveis à água: Infraestrutura Socioecológica (IS) para novos parcelamentos do solo urbano no Distrito

Federal. 2022. 260 f., il. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos) — Universidade de Brasília, Brasília, 2022.

CHANDRAPPA, Anush K.; BILIGIRI, Krishna Prapoorna. Pervious Concrete as a Sustainable Pavement Material – Research findings and future prospects: a state-of-the-art review. *Construction and Building Materials*, [S.L.], v. 111, p. 262-274, maio 2016. Elsevier BV.

CRUZ, Marcus A. S.; SOUZA, Christopher Freire; TUCCI, Carlos E. M. Controle da Drenagem Urbana no Brasil: Avanços e Mecanismos para sua Sustentabilidade. *Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, 17., 2007.

FORTALEZA (Município). Lei Complementar nº 236, de 11 de agosto de 2017. Dispõe sobre o parcelamento, uso e ocupação do solo no Município de Fortaleza. *Diário Oficial do Município de Fortaleza*, Fortaleza, CE, 11 ago. 2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2022: resultados gerais. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br>. Acesso em: 2024.

JOÃO PESSOA (Município). Lei nº 10.479, de 9 de junho de 2005. Torna obrigatória a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 300 m² e dá outras providências. *Diário Oficial do Município de João Pessoa*, João Pessoa, PB, 9 jun. 2005.

KOIDE, S. Alagamentos na Asa Norte e UnB. Distrito Federal, 21 fev. 2024. Disponível em: <https://noticias.unb.br/artigos-main/7157-alagamentos-na-asa-norte-e-unb#:~:text=Podemos%20atribuir%20isso%20%C3%A0%20forma,de%20precipita%C3%A7%C3%B5es%20de%20grande%20intensidade>.

MARTINS, Sarah Elisa; CASTILHO, Sthéfanny Beltrão Soares. Estudo de Pavimento Drenante para o Controle de Escoamento Urbano. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade Evangélica de Goianésia, Goianésia, 2020

NATAL (Município). Lei Complementar nº 258, de 26 de dezembro de 2024. Institui o Código de Obras e Edificações do Município de Natal e dá outras providências. *Diário Oficial do Município de Natal*, Natal, RN, 27 dez. 2024.

SALVADOR (Município). Decreto nº 36.288, de 17 de novembro de 2022. Regulamenta o art. 5º da Lei nº 8.474, de 2 de outubro de 2013, e institui o Programa de Certificação Sustentável IPTU VERDE em edificações no Município de Salvador, que estabelece benefícios fiscais aos participantes do programa, assim como os arts. 5º e 5º-A da Lei nº 8.723, de 22 de dezembro de 2014, e dá outras providências. Diário Oficial do Município de Salvador, Salvador, BA, 21 nov. 2022.

SÃO PAULO (Estado). Lei nº 12.526, de 2 de janeiro de 2007. Estabelece normas para a contenção de enchentes e destinação de águas pluviais. Diário Oficial do Estado de São Paulo, São Paulo, SP, 2 jan. 2007.

SCHOLZ, Miklas; GRABOWIECKI, Piotr. Review of Permeable Pavement Systems. Building and Environment, [s.l.], v. 42, n. 11, p. 3830-3836, Aug. 2006. Elsevier BV.

Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Habitação – SEDUH. GEOPORTAL, 2016 - Disponível em: <https://www.geoportal.seduh.df.gov.br/geoportal/>. Acessado em 10 de nov de 2024.

TERESINA (Município). Lei Complementar nº 4.724, de 3 de junho de 2015. Define as diretrizes para regulação relativa ao controle dos impactos da drenagem urbana de novos empreendimentos e inundações ribeirinhas, na drenagem pluvial pública, e dá outras providências. Diário Oficial do Município de Teresina, Teresina, PI, 12 jun. 2015.

9. **Uso do Capim Vetiver em bacias de detenção no Distrito Federal do Brasil**

Use of Vetiver Grass in detention basins in the Federal District of Brazil

Uso de la Gramínea Vetiver en las bacías de detención en el Distrito Federal de Brasil

Hazzell C. Mejia Diaz¹
Rodrigo Studart Corrêa²

¹ Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Brasília, DF, Brasil.

² Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Reabilitação Ambiental Sustentável Arquitetônica e Urbanística (Reabilita). Brasília, DF, Brasil.

Resumo

Este estudo investigou o uso do capim vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) como cobertura vegetal em bacias de retenção construídas no Distrito Federal, com o objetivo de melhorar a gestão de águas pluviais urbanas. O foco principal foi analisar o potencial de uso dessa espécie como uma solução natural e sustentável para a gestão hídrica, com base em sua adequação às condições climáticas e edáficas locais. Para isso, foram realizadas revisões bibliográficas, visitas técnicas a bacias de retenção na região, entrevistas com técnicos da Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil - Novacap e análises qualitativas e quantitativas dos dados coletados. Os resultados evidenciaram a capacidade da espécie em aumentar a infiltração de água no solo, estabilizar taludes, melhorar a qualidade da água e reduzir a concentração de poluentes. Além disso, pode-se destacar a aceitação pública e o envolvimento comunitário como benefícios significativos do seu uso. Conclui-se que o capim vetiver apresenta potencial relevante para contribuir com a gestão hídrica urbana, promovendo a sustentabilidade ambiental e aumentando a resiliência das cidades frente às mudanças climáticas.

Palavras-chave: Capim vetiver; Bacias de retenção; Gestão das águas pluviais; Sustentabilidade urbana.

Abstract

This study explored the potential of vetiver grass (*Chrysopogon zizanioides*) as a sustainable vegetative cover for detention basins in Brazil's Federal District to enhance urban stormwater management. The research aimed to assess the species' suitability under local climatic and soil conditions and its effectiveness as a natural hydrological solution. Methods included a literature review, field visits to regional detention basins, interviews with professionals from the Urban Development Company of the New Capital of Brazil (Novacap), and both qualitative and quantitative data analysis. Findings indicate that vetiver grass improves soil infiltration, stabilizes slopes, enhances water quality, and reduces pollutant loads. Additionally, the study identified strong public acceptance and community involvement as valuable outcomes. These results suggest that vetiver grass offers a viable strategy for promoting environmental sustainability and increasing urban resilience to climate change.

Keywords: Vetiver grass; Detention basins; Stormwater management; Urban sustainability.

Resumen

Este estudio investigó el uso de la gramínea vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) como cobertura vegetal en bacias de retención construidas en el Distrito Federal de Brasil, con el propósito de mejorar la gestión de aguas pluviales urbanas. El objetivo principal fue analizar el potencial de uso de esta especie como una solución natural y sostenible para el manejo hidrológico, basándose en su resiliencia frente a las condiciones climáticas y edáficas locales. La investigación incluyó una revisión bibliográfica, visitas técnicas a bacias de retención en la región, entrevistas con técnicos de la Compañía Urbanizadora de la Nueva Capital de Brasil (Novacap) y análisis cualitativos y cuantitativos de los datos recolectados. Los resultados destacaron la capacidad de la especie para aumentar la infiltración de agua en el suelo, estabilizar taludes, mejorar la calidad del agua y reducir la concentración de contaminantes. Además, se identificaron la aceptación pública y el compromiso comunitario como beneficios adicionales significativos. Se concluye que la gramínea vetiver tiene un potencial relevante para contribuir a la gestión hídrica urbana, promoviendo la sostenibilidad ambiental y aumentando la resiliencia de las ciudades ante el cambio climático.

Palabras clave: Gramínea vetiver; Bacias de retención; Gestión de las aguas pluviales; Sostenibilidad urbana.



1. Introdução

A rápida urbanização e as mudanças climáticas têm gerado profundos impactos na gestão da drenagem urbana, resultando em alagamentos mais intensos e frequentes, poluição hídrica e degradação dos ecossistemas locais. As cidades, caracterizadas pela crescente impermeabilização da superfície dos solos, enfrentam desafios significativos na gestão eficaz das águas pluviais. Como resposta a esses problemas, as bacias de retenção emergem como uma solução eficaz e capaz de receber grandes volumes de águas pluviais, amortecendo os picos de escoamento e liberando fluxos compatíveis com os corpos hídricos receptores. Essa estratégia é crucial para mitigar os efeitos adversos das chuvas intensas, evitando inundações e preservando a qualidade das águas originadas em áreas urbanas (Costa *et al.*, 2023).

Nesse contexto, o capim vetiver [*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty], uma planta cespitosa originária do sul da Índia, apresenta-se como uma alternativa promissora para estabilizar taludes nas bacias de retenção e aumentar a infiltração de água nessas estruturas por conta do seu sistema radicular longo e denso, que pode atingir até 3 m de profundidade. Além de estabilizar o solo, o capim vetiver absorve elementos químicos, desempenhando um papel crucial na purificação da água, reduzindo poluentes e promovendo um ambiente mais saudável. A utilização dessa planta em bacias de retenção é respaldada por diversos estudos que comprovam sua eficácia na conservação do solo e na melhoria da qualidade da água. Truong *et al.* (2008), por exemplo, destacaram as aplicações dessa espécie em projetos de engenharia ambiental.

A busca por soluções sustentáveis na gestão das águas pluviais urbanas é fundamental para a construção de cidades adaptadas às mudanças climáticas. A integração de infraestruturas verdes, como bacias de retenção vegetadas, representa uma abordagem inovadora que atende às demandas de segurança hídrica em áreas urbanas e que promove benefícios ambientais e sociais. A consolidação dos benefícios do uso do capim vetiver reforça a sua eficácia na estabilização de taludes, no aumento da infiltração de água e na redução da poluição hídrica. Por isso, este trabalho visou discutir a eficácia do uso do capim vetiver na gestão das águas pluviais urbanas e enriquecer a discussão sobre a integração de Soluções Baseadas na Natureza (SbN) em projetos de infraestrutura urbana. Diante da crescente necessidade de enfrentar os desafios da urbanização e das mudanças climáticas, é imperativo que as práticas de gestão hídrica evoluam para incorporar abordagens que respeitem e preservem o meio ambiente, beneficiando a sociedade como um todo.

No Distrito Federal (DF), o capim vetiver não é empregado na proteção dos taludes de suas bacias de retenção de águas pluviais, embora possua capacidade anti-erosiva. Dessa forma, apresentar o potencial de contribuição dessa espécie na engenharia natural fomenta a gestão sustentável das estruturas empregadas em Soluções Baseadas na Natureza (SbN). Adicionalmente, foram coletados dados que comprovam capacidade de adaptação do ca-

pim vetiver às condições climáticas e edáficas presentes no DF, reforçando o seu potencial de sua aplicação na área proposta. Por fim, este estudo abordou também os desafios e limitações relacionados à aplicação do capim vetiver, explorando a aceitação pública e as condições práticas para sua adoção em bacias de retenção urbanas.

2. O Estado da Arte

2.1 Importância da Gestão das Águas Pluviais Urbanas

A gestão das águas pluviais urbanas representa um dos principais desafios relacionados ao aumento da população nas cidades e às mudanças climáticas, responsáveis pela maior frequência, intensidade e duração de eventos meteorológicos extremos. A infraestrutura urbana existente muitas vezes é frequentemente inadequada para absorver e manejar a vazão das águas pluviais, resultando em alagamentos frequentes, enxurradas, enchentes, inundações, erosão do solo e outros problemas associados à drenagem urbana subdimensionada ou insuficiente (Marques da Silva, 2023).

Esse cenário se agrava à medida que a urbanização expande a área de superfícies impermeabilizadas, como vias e calçadas pavimentadas, que reduzem a capacidade do solo infiltrar e absorver água. Aumento do volume e da velocidade do escoamento superficial das águas pluviais surge como consequência direta da impermeabilização da superfície do solo. Essa situação provoca a degradação da infraestrutura e dos ecossistemas urbanos e dificulta a recuperação de áreas afetadas (Costa *et al.*, 2023).

Dessa forma, a gestão eficiente das águas pluviais é fundamental para a integridade das cidades e segurança de seus habitantes frente ao atual cenário. A implantação de soluções sustentáveis, como bacias de retenção de águas pluviais vegetadas, pode mitigar os impactos negativos das chuvas intensas e promover a salubridade dos ecossistemas urbanos. Soluções sustentáveis melhoram a qualidade das águas pluviais urbanas e criam um ambiente salubre e seguro para seus habitantes (Marques da Silva, 2023).

2.2 Desafios a serem enfrentados

A impermeabilização do solo nas áreas urbanas causa o aumento da vazão de águas pluviais que escoam superficialmente, uma vez que a água não encontra espaços permeáveis para infiltrar. Esse cenário sobrecarrega os sistemas urbanos de drenagem, que geralmente são dimensionados para operarem com períodos de retorno de dez anos. O extravasamento de água nesses sistemas, inundações, danos à infraestrutura urbana e riscos impostos a comunidades estão entre os efeitos mais comuns das enchentes e inundações nas cidades (Mano, 2008).

Além disso, as águas pluviais que escoam por superfícies impermeáveis carregam uma variedade de poluentes, incluindo resíduos sólidos, produtos químicos, óleos e metais pesados, que podem contaminar os corpos d'água. Esse fenômeno afeta a qualidade da água e prejudica a fauna e a flora locais, impactando negativamente a biodiversidade urbana (Costa *et al.*, 2023). A má gestão da drenagem urbana acaba por impactar, poluir e contaminar corpos hídricos naturais.

A necessidade de abordar esses desafios leva à exploração de alternativas que promovam a retenção, infiltração e a filtragem das águas pluviais no próprio espaço urbano. Nesse sentido, ao cultivo de capim vetiver em bacias de retenção e outras estruturas de gestão de águas pluviais pode mitigar os efeitos da impermeabilização, reduzindo o escoamento superficial e melhorando a qualidade da água onde se faz presente (Pereira, 2006). Essas soluções são essenciais para recuperar a funcionalidade dos ecossistemas urbanos e garantir a segurança hídrica nas cidades.

2.3 Bacias de Retenção como Solução Baseada na Natureza (SbN)

As bacias de retenção são estruturas projetadas para gerenciar a drenagem urbana, permitindo que a água da chuva seja coletada e armazenada temporariamente antes de ser liberada no sistema de drenagem natural. Esse tipo de solução é fundamental para a redução de enchentes e a preservação de corpos hídricos e da qualidade de suas águas (Costa *et al.*, 2023). No contexto do Distrito Federal, onde a urbanização acelerada tem provocado sérios problemas de drenagem, a implementação de bacias de retenção é empregada como uma estratégia para mitigar os efeitos das chuvas intensas há pelo menos duas décadas.

De acordo com o Manual de Drenagem da Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (ADASA), as bacias de retenção devem ser projetadas considerando diversos parâmetros técnicos, como o volume de armazenamento necessário, a taxa de escoamento e as características do solo. A gestão eficiente dessas estruturas envolve a concepção adequada, a manutenção regular e a avaliação de sua performance ao longo do tempo. O manual fornece diretrizes sobre a modelagem hidrológica e hidráulica das bacias, assegurando que as soluções adotadas sejam eficazes e sustentáveis.

Durante visita à Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil (Novacap), foi possível acessar dados detalhados sobre a localização das bacias de retenção existentes no Distrito Federal, totalizando 122 estruturas. Essa informação possibilita uma análise espacial da distribuição das bacias, permitindo a identificação das áreas onde o uso do capim vetiver pode oferecer maiores benefícios. Assim, ao complementar os dados técnicos do Manual de Drenagem da ADASA com o plano de localização das bacias de retenção, é possível obter uma visão mais abrangente e fundamentada sobre a gestão da drenagem urbana no Distrito Federal. Essa espacialização enriquece a fundamentação teórica sobre o uso de bacias de retenção e propõe soluções práticas para os desafios enfrentados nas áreas de drenagem.

Nesse contexto, as bacias de retenção têm-se destacado como uma solução eficiente para os problemas relacionados à gestão das águas pluviais urbanas. Projetadas para deter temporariamente as águas pluviais coletadas pelos sistemas de drenagem urbana, essas estruturas permitem a infiltração gradual e a redução dos picos de escoamento, aliviando a pressão sobre os sistemas naturais de drenagem. Além de prevenir inundações, as bacias de retenção desempenham um papel importante na melhoria da qualidade da água, pois elas permitem que ocorra a decantação de partículas carregadas pela água (Costa *et al.*, 2023). Essas bacias atuam como amortecedores de vazão que permitem também a depuração das águas coletadas antes de serem liberadas nos corpos receptores. A reduzida vazão que sai dessas estruturas protege corpos d'água de danos físicos e de cargas mais elevadas de poluentes e contaminantes carregados das áreas urbanas. Essas funções são cruciais para a proteção dos ecossistemas aquáticos e a promoção da saúde pública (Costa *et al.*, 2023).

Além disso, conforme Mano (2008), as bacias de retenção podem ser projetadas para conciliar benefícios adicionais, como espaços verdes que promovem a biodiversidade e áreas recreativas para as comunidades (Figura 1). Assim, a implementação dessas estruturas aborda questões hídricas e contribui para a criação de ambientes urbanos mais agradáveis e sustentáveis. A integração de soluções como as bacias de retenção é, portanto, fundamental para a gestão das águas pluviais e para a construção de cidades resilientes.

Figura 1 – Bacia de retenção do projeto Drenar DF: taludes e áreas recreativas gramadas.

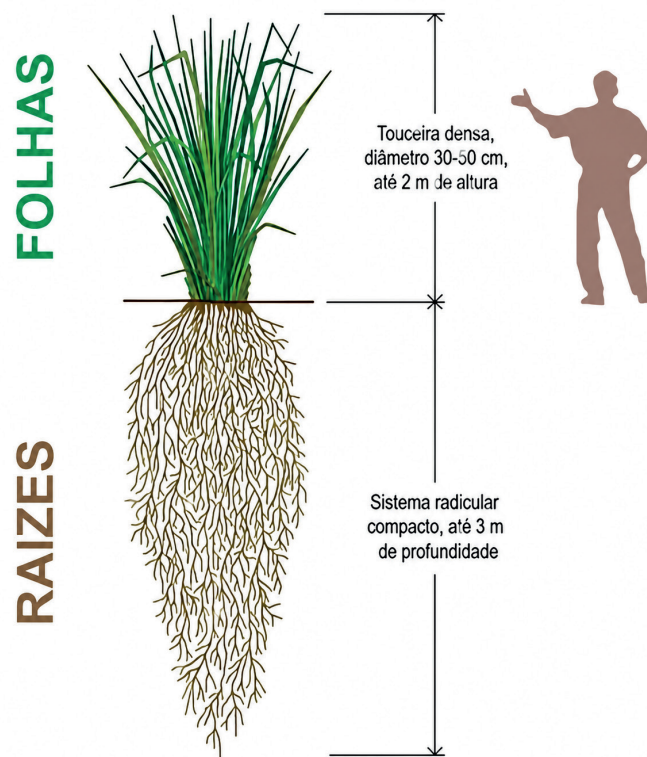


Fonte: Autores (2024)

2.4 Capim Vetiver: uma espécie a ser integrada a bacias de retenção

O capim vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) é uma planta herbácea amplamente reconhecida por suas características únicas e por seu potencial de emprego na gestão das águas pluviais urbanas. Suas raízes longas e densas, que podem atingir até 3 m de profundidade, conferem à planta uma capacidade excepcional de estabilização do solo, prevenindo a sua erosão (Gomes *et al.*, 2020) (Figura 2). Além disso, essa espécie oferece benefícios adicionais, como a purificação da água, por meio da absorção de poluentes e contaminantes, e a melhoria da qualidade do solo nas áreas adjacentes (Kusin *et al.*, 2019). Essas propriedades fazem do capim vetiver uma solução eficaz para enfrentar desafios associados às bacias de retenção, ao mesmo tempo em que se alinha aos princípios de sustentabilidade e recuperação ambiental, promovendo um ambiente mais saudável e equilibrado.

Figura 2 – Desenho esquemático do capim vetiver: parte aérea e radicular



Fonte: Adaptado de Truong *et al.* (2008).

No contexto do Distrito Federal, onde predominam solos de baixa fertilidade, como os Latossolos e Cambissolos, a resistência do capim vetiver a condições edáficas adversas é uma vantagem significativa. Segundo o Mapa Pedológico do Distrito Federal, os solos da região são frequentemente caracterizados por sua baixa capacidade de retenção de nutrientes, desafio que o capim vetiver pode contornar devido à sua eficiência no uso de recursos e à sua adaptação às condições do solo. Isso o torna uma alternativa promissora, especialmente em taludes que frequentemente apresentam condições edáficas inadequadas para o desenvolvimento da maioria das espécies vegetais (Pereira, 2006).

Em relação às tolerâncias climáticas, essa espécie apresenta uma notável adaptabilidade, sendo capaz de suportar uma ampla faixa de temperaturas, o que a torna adequada em diferentes regiões. Estudos demonstram que ela é resistente ao calor extremo, tolerando temperaturas acima de 40°C. Além disso, essa planta demonstra resistência em ambientes com temperaturas mais baixas, embora seu crescimento seja mais lento em condições de frio intenso (Truong *et al.*, 2008).

O capim vetiver é uma planta xerófila e hidrófila, possuindo a capacidade de sobreviver tanto a períodos prolongados de seca quanto a condições de submersão temporária. Essa plasticidade, aliada à sua adaptabilidade a solos inférteis, faz do capim vetiver uma alternativa altamente eficaz para a gestão da drenagem pluvial em regiões como o Distrito Federal. Além disso, por se tratar de uma espécie não invasiva, ela concilia uma solução técnica com práticas de manejo sustentável e conservação da natureza (Truong *et al.*, 2008; Pereira, 2006). Essa espécie se destaca também por seu valor estético e ornamental, sendo amplamente utilizado em projetos de paisagismo. Conforme destacado por Truong *et al.* (2008), sua aparência elegante, caracterizada por folhas densas e eretas, torna-o ideal para a formação de cercas vivas e barreiras visuais, capazes de ocultar estruturas pouco estéticas, e harmonizar diferentes ambientes. Um aspecto adicional que enriquece seu apelo visual é sua floração, com delicadas espigas de flores lilases (Figura 3). Portanto, a espécie pode ser usada como flores de corte, plantas ornamentais em vasos ou para embelezar jardins e espaços públicos, como lagos, parques e, obviamente, bacias de retenção. Essa combinação de aspectos funcionais e estéticos faz dessa espécie uma alternativa versátil e atrativa, conciliando a eficiência hídrica à melhoria da qualidade visual e ambiental dos espaços que vegeta.

Figura 3 – Capim vetiver [*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty] em floração.



Fonte: Adaptado de Ratel (2017).

2.5 Sustentabilidade e Recuperação Ambiental

O uso do capim vetiver na gestão das águas pluviais está profundamente alinhado aos princípios de sustentabilidade e recuperação ambiental. Em sistemas de drenagem, a espécie representa uma mudança paradigmática na forma como as cidades abordam a questão hídrica. Ao substituir soluções convencionais por métodos que utilizam a engenharia natural, é possível promover uma gestão hídrica sustentável (Kusin *et al.*, 2019) e alternativa aos sistemas convencionais.

Uma das principais aplicações do capim vetiver na recuperação ambiental refere-se a sua capacidade de estabilizar solos e controlar a erosão. Em áreas propensas a desliza-

mentos de terra, a densa rede de raízes do capim atua como um reforço natural, reduzindo a instabilidade do solo e, consequentemente, o risco de desastres naturais. A Figura 4 ilustra uma bacia de retenção com sinais de erosão nos taludes, evidenciando a importância da vegetação para a contenção e proteção dessas estruturas. Assim, plantios de capim vetiver em áreas de poucos estáveis ou de risco pode ser uma estratégia eficaz para proteger a infraestrutura urbana, que pode ser severamente afetada por esses eventos climáticos adversos (Truong *et al.*, 2008).

Figura 4 – Bacia Noroeste: processo erosivo dos taludes em uma bacia de retenção no Distrito Federal.



Fonte: Autores (2024)

Além de sua capacidade de controle de erosão, o capim vetiver é amplamente reconhecido por suas propriedades de fitorremediação, processo que utiliza plantas para remover ou estabilizar contaminantes no solo e na água. A espécie é capaz de absorver metais

pesados e outros poluentes, contribuindo para a recuperação de áreas degradadas e contaminadas (Santos *et al.*, 2020). Isso é especialmente relevante em contextos urbanos e industriais, onde a contaminação do solo e da água pode representar riscos significativos à saúde pública e ao meio ambiente.

Embora o capim vetiver não seja uma planta nativa do Brasil, é importante destacar que ele não representa uma ameaça à vegetação nativa, pois não é uma espécie invasora. Isso significa que sua introdução em projetos de recuperação ambiental não compromete a biodiversidade local, uma vez que a espécie não se prolifera sozinha nem compete de maneira agressiva com plantas nativas. Pelo contrário, a utilização do capim vetiver pode auxiliar a recuperação de áreas degradadas, permitindo que a vegetação nativa retorne e se estabeleça ao lado dessa espécie, promovendo assim a restauração ecológica (Pereira, 2006).

A utilização de plantas como o capim vetiver em bacias de retenção pode ainda contribuir para a educação ambiental e a conscientização da população sobre a importância da conservação do solo e dos recursos hídricos, dois recursos intimamente conectados. A integração entre natureza e infraestrutura pode fomentar um maior engajamento da comunidade na proteção do meio ambiente, criando um ciclo positivo de cuidado e sustentabilidade. Nesse sentido, as soluções baseadas na natureza ajudam a restaurar os processos naturais que foram degradados pela urbanização e a promover a biodiversidade. Essa abordagem melhora a resiliência das cidades às mudanças climáticas e favorece a saúde dos ecossistemas urbanos.

3. Material e Métodos

Este estudo foi desenvolvido em etapas, permitindo uma investigação abrangente e sistemática sobre a aplicação do capim vetiver nas bacias de retenção existentes no Distrito Federal (DF). A primeira etapa consistiu em uma revisão da literatura sobre o uso do capim vetiver na gestão das águas pluviais urbanas e sua eficácia em bacias de retenção. Essa revisão incluiu a análise de artigos científicos, relatórios técnicos e estudos de caso relevantes, como o Manual técnico de referência: aplicações do sistema vetiver (Truong *et al.*, 2008), que forneceu soluções comprovadas e práticas para a implantação dessa tecnologia. As fontes bibliográficas forneceram informações atualizadas e relevantes, fundamentando a análise crítica dos dados.

Após a revisão da literatura, foram realizadas visitas de campo a bacias de retenção no DF, selecionadas com base em critérios como a diversidade de projetos. A visita de campo visou à realização de uma análise visual do estado real das bacias, à avaliação da vegetação sobre os taludes e verificação da existência de erosão e poluição.

Adicionalmente, foram realizadas entrevistas semiestruturadas com engenheiros do Departamento de Meio Ambiente e Gestão Hídrica da Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil (Novacap), gestores e especialistas envolvidos na gestão das águas pluviais

e na implantação das bacias de retenção no DF. O objetivo das entrevistas foi entender os aspectos técnicos e o funcionamento das bacias de retenção, o sistema de vegetação implantado, as práticas de manejo adotadas nas bacias de retenção e explorar a percepção dos profissionais sobre a eficácia do capim vetiver. As perguntas abordaram temas como os benefícios dessa espécie e as expectativas dos profissionais em relação à sua contribuição para a gestão das águas urbanas.

O questionário elaborado para as entrevistas incluiu um conjunto padrão de questões que foi adaptado conforme o perfil do entrevistado: questões mais técnicas direcionadas ao Engenheiro Hídrico Hiltton Moreira, da Seção de Projetos (SEPROJ) da Novacap, e as mais exploratórias direcionadas ao assessor da Divisão do Meio Ambiente da Diretoria de Urbanização da Novacap, Sr. Gabriel Klein. Essa ponderação qualitativa permitiu identificar padrões, compreender as experiências dos profissionais e enriquecer o estudo com perspectivas práticas complementares aos dados quantitativos.

Após a coleta de dados, foi realizada uma análise qualitativa e quantitativa dos resultados obtidos. A análise qualitativa envolveu a interpretação das informações coletadas nas entrevistas e nas observações de campo, permitindo a identificação de temas recorrentes e a construção de uma narrativa que conectasse as experiências dos profissionais às evidências da literatura. A análise quantitativa foi realizada por meio da comparação de dados de estudos prévios que apontam os benefícios do capim vetiver, tanto no controle da erosão e do cisalhamento quanto na melhoria da qualidade da água em diferentes aplicações de infraestrutura urbana. Essa abordagem forneceu uma base empírica robusta para avaliar a eficácia da planta na gestão das águas urbanas, permitindo a identificação de correlações significativas.

Posteriormente, os resultados foram discutidos em relação ao contexto mais amplo da gestão das águas pluviais urbanas e das soluções sustentáveis, incluindo uma análise das implicações para a implementação de práticas de engenharia verde nas bacias de retenção no DF. Consideraram-se também as limitações do estudo e sugestões para pesquisas futuras. Ao abordar a pesquisa sobre diferentes perspectivas, este estudo contribuiu para o conhecimento acadêmico sobre a gestão das águas pluviais urbanas e forneceu percepções práticas para gestores e formuladores de políticas que buscam soluções eficazes e sustentáveis, alinhadas às necessidades contemporâneas e os desafios ambientais.

4. Resultados e Discussão

Os resultados da pesquisa sobre a aplicação do capim vetiver nas bacias de retenção do Distrito Federal (DF) revelaram sua eficácia na gestão das águas pluviais urbanas, em consonância com as diretrizes do Manual Técnico de Referência: aplicações do sistema vetiver (Truong *et al.*, 2008). Esse manual destaca diversas aplicações comprovadas da espécie, evidenciando que as raízes profundas desempenham um papel crucial ao aumentar

a infiltração de água no solo e estabilizar taludes, contribuindo significativamente para a preservação da integridade do solo em áreas suscetíveis a deslizamentos e outros processos erosivos (Tabela 1). Outro achado importante foi a capacidade de o capim vetiver melhorar a qualidade da água nas bacias de retenção, pois essa espécie atua como um filtro natural, removendo poluentes e nutrientes indesejados da água (Truong *et al.*, 2008).

Tabela 1 – Efeitos benéficos do capim vetiver [*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty].

Aspecto avaliado	Efeito do capim vetiver	Referência	Observações
Infiltração de água	Aumenta a taxa de infiltração	Truong <i>et al.</i> (2008)	Eficácia em solos urbanos com alta impermeabilidade.
Estabilização de taludes	Reduz a erosão e aumenta a estabilidade	Truong <i>et al.</i> (2008); Pereira (2006)	Fundamental em áreas propensas a deslizamentos.
Qualidade da água	Remove poluentes e nutrientes	Truong <i>et al.</i> (2008)	Melhora a saúde do ecossistema aquático.
Aceitação pública	Aumenta a conscientização ambiental	Entrevistas com profissionais	Envolvimento da comunidade em projetos de gestão.

Fonte: Autores (2024).

O capim vetiver é altamente adaptável às condições climáticas do Distrito Federal, suportando tanto a estiagem durante os períodos secos quanto as inundações ocasionadas pelas chuvas intensas. Sua raiz profunda e densa permite que a planta acesse água em camadas mais profundas do solo, o que é crucial em um ambiente onde a precipitação é irregular e a seca é uma realidade. Durante as chuvas, o capim também ajuda a estabilizar o solo, reduzindo a erosão e o escoamento, e garantindo que a água das bacias de retenção seja absorvida de maneira mais eficiente.

Os benefícios ambientais associados ao uso da espécie se estendem também ao aumento da aceitação pública e do envolvimento comunitário em projetos de gestão hídrica. Durante as entrevistas, depois de explicadas a vantagem do seu uso, os profissionais relataram que a introdução do capim vetiver melhoraria a estética e funcionalidade das bacias de retenção existentes no DF e elevaria a conscientização ambiental entre os moradores. Isso reforça a importância do envolvimento da comunidade para o sucesso de soluções baseadas na natureza (SbN) (Truong *et al.*, 2008).

A vegetação pode ser uma solução de baixo custo em comparação com sistemas de drenagem convencionais, que frequentemente dependem de infraestruturas caras e de alta manutenção (Truong *et al.*, 2008). Portanto, a implementação do capim vetiver pode ser considerada uma abordagem eficaz e econômica para a gestão das águas pluviais. Entretanto, é fundamental considerar as limitações que podem impactar a eficácia do capim

vetiver, tais como tipo de e práticas de manejo, que podem influenciar o desempenho da planta. Portanto, é essencial adaptar as recomendações às condições locais para maximizar os benefícios dessa tecnologia.

Os dados da pesquisa também indicam a necessidade de um plano de manejo contínuo para garantir a eficácia do capim vetiver a longo prazo. Como mencionado por Truong *et al.* (2008), a implementação de práticas de manutenção adequadas é crucial. Sem essa atenção, os resultados positivos podem ser comprometidos, reforçando a importância de um manejo ativo em ecossistemas restaurados.

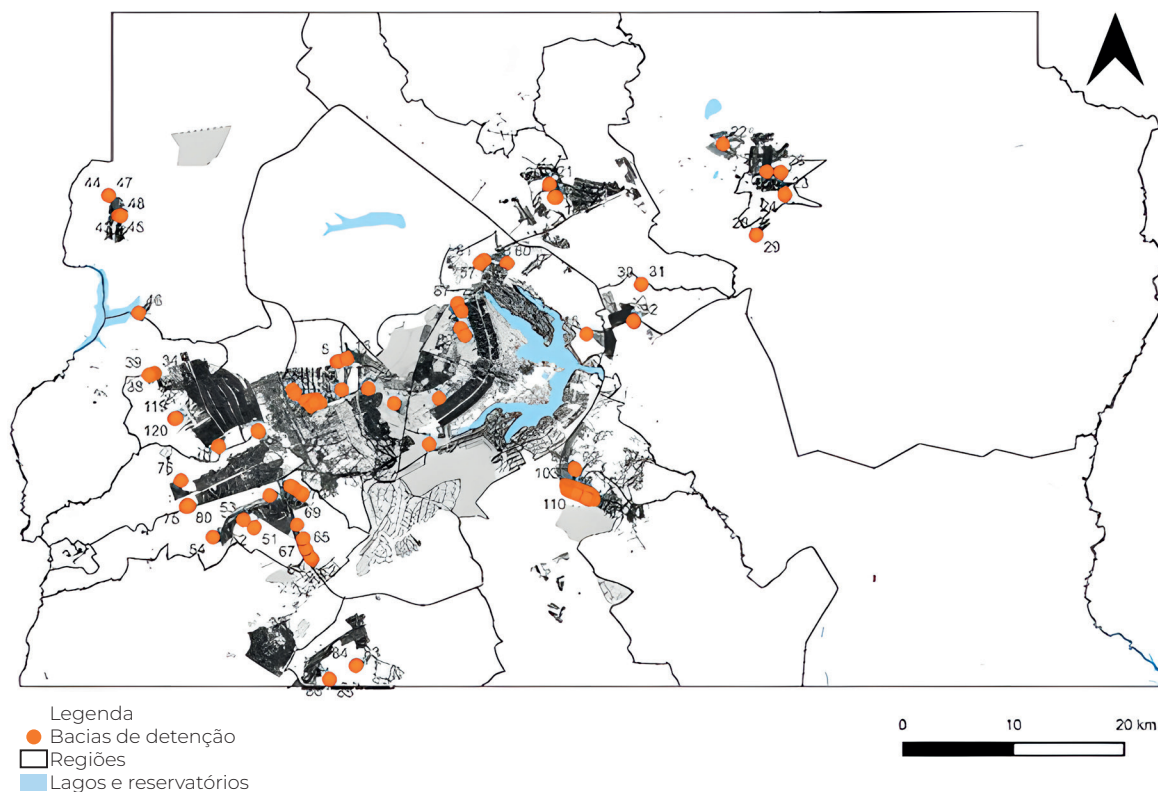
Este trabalho abre caminho para futuras investigações sobre a utilização de outras espécies vegetais em sistemas de drenagem. A diversidade de soluções baseadas na natureza (SbN) pode levar a resultados ainda mais significativos. Portanto, explorar várias espécies nativas pode maximizar os benefícios ecológicos e sociais, contribuindo para a construção de cidades mais resilientes. Além disso, fomenta-se uma discussão mais ampla sobre a integração de práticas de engenharia verde na gestão das águas urbanas. A experiência adquirida com a proposta de uso do capim vetiver pode servir como modelo para futuras iniciativas, estimulando a adoção de soluções que respeitem e preservem o meio ambiente. Essa integração é essencial para enfrentar os desafios contemporâneos da urbanização e das mudanças climáticas (Truong *et al.*, 2008).

Os dados aqui obtidos são corroborados por outros estudos que demonstram o impacto positivo do capim vetiver em contextos semelhantes. Da Rocha *et al.* (2021) mostram que o capim vetiver pode estimular o recrutamento de espécies vegetais autóctones, resultando em ecossistemas mais robustos e biodiversos. Este fator é crucial para a resiliência ambiental das bacias de retenção analisadas. O capim vetiver também é observado em relação à sua capacidade de resistir a condições adversas, como estresse hídrico e salinidade (Akhzari *et al.*, 2022). Isso torna a planta uma opção viável para áreas sujeitas a mudanças climáticas, uma vez que sua resistência e plasticidade ecológica podem contribuir para a sustentabilidade a longo prazo das bacias de retenção. Por fim, os dados sobre a espécie reafirmam o potencial do capim vetiver como uma solução eficaz para a gestão das águas pluviais urbanas. Essa espécie pode ser incorporada às práticas de gestão hídrica sustentáveis e inovadoras, alinhadas com as necessidades contemporâneas e os desafios ambientais (Truong *et al.*, 2008).

4.1 Bacias de Detenção no Distrito Federal

Em 2025, o Distrito Federal conta com 122 bacias de retenção distribuídas por suas regiões administrativas. A distribuição das bacias reflete as características geográficas e as necessidades específicas de drenagem de cada área, com uma maior concentração de bacias em algumas regiões mais urbanizadas e propensas a alagamento (Figura 5).

Figura 5 – Localização das bacias de detenção no Distrito Federal, Brasil.



Fonte: Adaptado de Novacap (2024)

Na região central do Distrito Federal, o Plano Piloto abriga sete bacias de detenção, enquanto áreas como Ceilândia e Samambaia, que enfrentam desafios significativos devido à sua densidade populacional, contam com nove e oito bacias, respectivamente. As regiões de Taguatinga e Brazlândia abrigam três e seis bacias, respectivamente, refletindo uma gestão mais focada nas áreas com maior risco de alagamento. Em outras regiões, como Planaltina, com oito bacias, e Paranoá, com apenas uma bacia de detenção, a distribuição dessa solução busca equilibrar a infraestrutura disponível com as características locais de drenagem. O Riacho Fundo II, por sua vez, se destaca com doze bacias, evidenciando a necessidade de um controle mais eficiente das águas pluviais nesta região. Regiões mais afastadas, como o Jardim Botânico, que possui 23 bacias, e Vicente Pires, com quatorze bacias, também recebem atenção especial devido ao risco de alagamentos, muito influenciado pela topografia,

e à expansão urbana nessas áreas. Outras regiões, como Sobradinho II, Itapoã, Recanto das Emas, Lago Norte e Guará, também possuem números relevantes de bacias, variando entre duas a seis bacias, conforme a demanda local.

A seguir, apresenta-se a distribuição detalhada das bacias de detenção por Região Administrativa do Distrito Federal (DF):

Tabela 2 – Número de bacias de detenção por Região Administrativa do Distrito Federal.

Região Administrativa	Número de bacias de detenção
Jardim Botânico	23
Vicente Pires	14
Riacho Fundo II	12
Ceilândia	9
Planaltina	8
Samambaia	8
Brasília	7
Brazlândia	6
Lago Norte	6
Recanto das Emas	5
Santa Maria	5
Itapoã	4
Sobradinho II	4
Taguatinga	3
Sol Nascente	3
Guará	2
Setor Complementar de Indústria e Abastecimento (SCIA)	2
Paranoá	1
Total	122

Fonte: Adaptado de Costa et al. (2023)

4.2. **Aplicação do capim vetiver nas bacias de retenção: adaptação, sustentabilidade e benefícios funcionais.**

O capim vetiver, possui uma impressionante capacidade de adaptação a condições de solo e adversidades químicas e físicas que frequentemente são encontradas no Distrito Federal (DF). Ele pode tolerar uma ampla faixa de pH, variando de 3.3 a 9.5, sendo capaz de prosperar em solos com baixa saturação de bases e alta presença de alumínio, comuns em Latossolos e Cambissolos do DF (Reatto *et al.*, 2004).

A salinidade do solo também não é um fator limitante para o crescimento do capim vetiver, já que a planta pode sobreviver em níveis de salinidade de até 17.5 mS/cm sem danos significativos. Isso sugere que essa espécie pode prosperar em áreas com águas residuais salinas ou solos que sofreram processos de salinização. A tolerância a metais pesados também é uma característica marcante do capim vetiver: a planta é capaz de crescer em solos com níveis elevados de arsênio (até 250 mg/kg), cádmio (até 20 mg/kg), cobre (35-50 mg/kg), cromo (200-600 mg/kg), níquel (50-100 mg/kg) e zinco (750 mg/kg), demonstrando seu potencial para a fitorremediação de áreas contaminadas (Truong *et al.*, 2008).

Essa espécie apresenta ainda forte associação com fungos micorrízicos, facilitando o uso eficiente de nutrientes em solos pobres e inférteis. A utilização de fertilizantes com fontes de nitrogênio e fósforo e esterco são comuns para otimizar o crescimento da planta. Essa característica faz da espécie uma opção viável para a recuperação e estabilização de solos degradados e pobres em nutrientes, frequentes em áreas urbanas e industriais do DF (Rocha *et al.*, 2021).

Em termos climáticos, o capim vetiver apresenta uma notável adaptabilidade. A planta é capaz de suportar temperaturas extremas, resistindo a ondas de calor de até 45°C, bem como geadas intensas de até -11°C. Essa adaptabilidade torna-o especialmente adequado às variações climáticas presentes no DF, onde as temperaturas máximas podem alcançar 38°C e as mínimas, 1,4°C. A planta é resistente a períodos prolongados de seca, podendo sobreviver sem chuvas efetivas por até 5,5 meses (165 dias), o que é particularmente relevante no bioma Cerrado durante os meses de estiagem. Sua capacidade de adaptação a alagamentos, com tolerância a permanecer submerso por até 100-120 dias, é outro ponto positivo, permitindo que a espécie contribua para o manejo de águas pluviais e a prevenção de inundações (Truong *et al.*, 2008). Essa gramínea é amplamente distribuída em diferentes faixas latitudinais (Truong *et al.*, 2008) e sua tolerância à faixa de precipitação anual varia entre 450 e 2.500 mm. A capacidade de adaptação a diferentes tipos de precipitação e condições climáticas torna o capim vetiver uma alternativa eficiente para a gestão da drenagem e recuperação ambiental no DF.

O capim vetiver demonstra uma impressionante capacidade de adaptação às condições climáticas e de solo do DF. Altamente tolerante a adversidades, tais como estiagem

prolongada, inundações e solos inférteis, a planta está plenamente adaptada ao clima do DF, caracterizado por períodos secos e chuvas intensas. Além disso, essa espécie prospera mesmo em solos com elevadas concentrações de alumínio trocável, como ocorre em solos do Cerrado. Finalmente, sua capacidade de suportar submersões reforça sua viabilidade como solução sustentável para a estabilização de taludes das bacias de retenção de água pluviais, que são frequentemente inundadas.

No DF, as bacias de retenção desempenham um papel essencial na gestão das águas pluviais urbanas. Com 122 estruturas registradas e georreferenciadas, que visam evitar alagamentos e proteger a infraestrutura urbana. As características projetuais incluem taludes inclinados de 2:1, profundidade de cerca de 2 m e base compactada, com a preferência pela impermeabilização do fundo. A implementação de tais estruturas tem sido um componente crucial na minimização de alagamentos em áreas urbanas do DF.

A manutenção das bacias de retenção é um desafio constante devido ao acúmulo de sedimentos e lixo trazidos pelas chuvas, que podem comprometer a capacidade de armazenamento e a eficiência delas. A Figura 6 ilustra esse problema, evidenciando a poluição por resíduos sólidos na bacia de retenção do Parque da Cidade. O Engenheiro Hiltton Moreira, da Novacap, apontou que o maior desafio de manutenção é a frequência de limpezas, que varia de acordo com a quantidade de sedimentos e lixo acumulados, especialmente nas bacias localizadas no início da sequência de drenagem. Essas bacias são mais suscetíveis ao acúmulo de resíduos, pois recebem poluentes das áreas a montante.

Figura 6 – Bacia do Parque da Cidade: poluição por resíduos sólidos.



Fonte: Autores (2024)

Nesse contexto, a introdução do capim vetiver é uma proposta inovadora que pode trazer múltiplos benefícios para a estabilização dos taludes e para a qualidade da água. Durante a entrevista com o Engenheiro Hiltton Moreira, foi discutido o uso do capim nos taludes e cristas das bacias de retenção para mitigar a erosão e a formação de voçorocas, além de seu potencial para formar um anel de filtragem no fundo das bacias. Esse anel poderia atuar de forma eficaz no tratamento da primeira carga de águas pluviais, representada pelas primeiras chuvas da estação, que carregam poluentes mais concentrados.

Integrar o capim vetiver às bacias de retenção pode transformar essas estruturas em espaços multifuncionais, que combinam eficiência hídrica e apelo visual. Suas folhas densas e eretas, aliadas às delicadas flores lilases durante a floração, tornam o capim uma escolha atraente para o paisagismo. A espécie pode ser utilizada para criar cercas vivas nas margens das bacias ou para formar anéis de vegetação no interior dessas estruturas, melhorando a sua funcionalidade e o seu impacto visual. Essa abordagem pode tornar as bacias de retenção mais agradáveis aos moradores e visitantes, contribuindo para a integração harmoniosa das infraestruturas de drenagem ao ambiente urbano.

Contudo, o uso dessa planta em ambientes urbanos pode gerar resistências devido à semelhança com outras espécies da família Poaceae de grande porte, muitas vezes associadas a características invasivas ou de crescimento desordenado. Para superar essas objeções, é essencial promover campanhas de conscientização e envolver a comunidade nas decisões relacionadas ao uso do capim vetiver. A criação de áreas piloto, onde a gramínea seja plantada em bacias de retenção selecionadas, pode demonstrar seus benefícios de forma prática. Além disso, a espécie pode ser integrada a projetos paisagísticos mais amplos, combinando-o com outras espécies para criar composições visuais esteticamente agradáveis.

O uso do capim vetiver nas bacias de retenção apresenta um grande potencial para aprimorar a eficácia das estratégias de drenagem urbana e recuperação ambiental. A planta oferece benefícios significativos e adaptação às condições adversas do DF. A sua aplicação no auxílio da drenagem urbana pode ajudar a reduzir os custos de manutenção e aumentar a eficiência das estruturas de captação de águas pluviais, minimizando os impactos das chuvas intensas e contribuindo para a sustentabilidade (Gomes *et al.*, 2020).

Em relação à receptividade da população, as entrevistas com os profissionais da Novacap indicam uma receptividade crescente ao uso do capim vetiver, especialmente após a explicação dos seus benefícios ambientais e funcionais. A implementação dessa solução verde nas apresenta o potencial de melhorar a eficiência das infraestruturas de drenagem e ajudar a promover a conscientização ambiental e a participação da comunidade em projetos sustentáveis de gestão hídrica. (Akhzari, *et al.*, 2022).

5. Considerações Finais

A adoção do capim vetiver em taludes de bacias de retenção incorpora o potencial dessa espécie como uma solução baseada na natureza (SbN) eficaz, ecologicamente sustentável e economicamente viável para os desafios contemporâneos da gestão urbana das águas pluviais. Os atributos agronômicos e ecológicos dessa espécie - como a capacidade de estabilizar taludes, filtrar poluentes, suportar longos períodos de seca e inundações, tolerar condições químicas adversas e contribuir com a biodiversidade - tornam-na uma aliada estratégica para manter a funcionalidade e a sustentabilidade das infraestruturas urbanas.

O Distrito Federal (DF) situa-se em região de clima sazonal extremo, solos com limitações químicas e expansão urbana acelerada, onde a gestão das águas pluviais se tornou um desafio. Essas características apontam para o uso do capim vetiver como uma solução de mitigação e exemplo replicável em outras regiões com características semelhantes. Essa replicabilidade é reforçada pela flexibilidade da espécie em termos de clima, solo, manejo, baixo custo de implantação e manutenção em comparação com soluções convencionais de drenagem urbana.

A ampla distribuição das bacias de retenção no território do DF — com diferentes densidades e funções de acordo com as demandas locais — também ilustra a aplicabilidade modular da proposta, capaz de atender desde áreas densamente povoadas até regiões mais afastadas, com desafios distintos de drenagem, erosão e ocupação do solo. A proposta de integrar o capim vetiver às bacias de retenção como solução técnica, paisagística e educativa se revela como uma alternativa multifuncional, com impactos positivos sobre a estética urbana, a valorização dos espaços públicos e a conscientização ambiental.

Contudo, para garantir o pleno sucesso da implementação, é essencial considerar práticas de manejo adaptadas às condições locais, bem como estratégias de comunicação social que envolvam a comunidade e evitem resistência à adoção da espécie. Áreas-piloto, ações de educação ambiental e integração com projetos paisagísticos são caminhos promissores para consolidar o uso do capim vetiver como elemento estruturante da drenagem urbana sustentável.

Além disso, a experiência do DF abre espaço para a ampliação da pesquisa sobre outras espécies nativas com potencial semelhante, fortalecendo o portfólio de SbN aplicáveis à realidade brasileira. O estudo reforça que a integração entre vegetação adaptada, infraestrutura verde, planejamento urbano e participação social contribuem para a eficiência técnica dos sistemas de drenagem e promovem cidades mais resilientes, inclusivas e ambientalmente responsáveis frente aos impactos crescentes da urbanização e das mudanças climáticas.

Referências

AKHZARI, D.; MORADI, P.; RAZMJOU, J.; GHASEMI-GOLEZANI, K. Impact of drought, salinity, and heavy metal stress on growth, nutrient uptake, and physiological traits of vetiver grass (*Chrysopogon zizanioides* L.). *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v. 53, n. 14, p. 1841–1847, 2022.

COSTA, J. da; GONÇALVES, S. A.; ESPÍRITO SANTO, A. S. do (org.). *Manual de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas do Distrito Federal*. 2. ed. Brasília, DF: ADASA; UNESCO, 2023. ISBN 978-65-992701-1-6.

GOMES, D. A. C.; RESENDE, G. M. C. S.; DIAS, L. E. S.; LIMA, P. L. T. Efeito do capim vetiver e dos estilozantes nos parâmetros de resistência do solo ao cisalhamento. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, v. 14, n. 2, p. 187–197, 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Portal do INMET. Brasília, DF: INMET. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em: 12 nov. 2024.

KUSIN, F. M.; HASAN, S. N. M. S.; MOHAMAT-YUSUFF, F.; IBRAHIM, Z. Z. Floating vetiver island (FVI) and implication for treatment system design of polluted running water. *Applied Ecology and Environmental Research*, v. 17, n. 1, p. 1129–1141, 2019. DOI: https://doi.org/10.15666/aeer/1701_497510.

MANO, E. R. da C. *Estudo de bacias de retenção: como solução para situações crescentes de urbanização*. 2008. 168 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil – Especialização em Vias de Comunicação) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2008.

PEREIRA, A. R. *Uso do vetiver na estabilização de taludes e encostas*. Belo Horizonte: Boletim Técnico DEFLOR – Bioengenharia, v. 1, 2006.

RATEL.Vetivergrass.jpg.2017. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Vetiver_grass.jpg. Acesso em: 03 maio 2025. Licença: Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International (CC BY-SA 4.0).

REATTO, A.; MARTINS, É. de S.; FARIAS, M. F. R.; SILVA, A. V. da; CARVALHO JR, O. A. de. *Mapa pedológico digital – SIG atualizado do Distrito Federal: escala 1:100.000 e uma síntese do texto explicativo*. Brasília, DF: Embrapa Cerrados, 2004. (Documentos / Embrapa Cerrados, n. 120. ISSN 1517-5111).

ROCHA, J. G. da; COELHO, F. C.; LELIS, R. T.; SANTOS, G. C. de S.; JAEGGI, M. E. P. da C.; MOTTA, N. L. Efeito de populações de plantas de capim-vetiver [*Chrysopogon zizanioides* (L.)] sobre a biodiversidade de plantas autóctones. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v. 11, n. 1, p. 108–117, 2021.

SANTOS, E. A. dos; MARIANO, T. L. dos S.; BARJA, P. R.; AQUINO-SILVA, M. R. de. Aplicação do processo de fitorremediação utilizando vetiver (*Vetiveria zizanioides* (L.) Nash.) na descontaminação de solos tropicais contaminados por chorume. *Revista Univap*, v. 26, n. 51, ago. 2020. DOI: <https://doi.org/10.18066/revistaunivap.v26i51.2448>.

SILVA, A. M. M. da. Revisão sistemática de literatura sobre soluções baseadas na natureza no contexto das cidades. In: ENCONTRO LATINO-AMERICANO E EUROPEU SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS – V ELAECS, 5., 2023, Rio de Janeiro. Anais [...]. Rio de Janeiro: PROURB / FAU / UFRJ, 2023.

TRUONG, P.; VAN, T. T.; PINNERS, E. *Vetiver system applications: technical reference manual*. 2. ed. [S.l.]: The Vetiver Network International, 2008. Disponível em: <https://www.vetiver.org>. Acesso em: 5 maio 2025.

10. Barreiras psicológicas na busca por uma arquitetura mais sustentável

Psychological barriers in the pursuit of a more sustainable architecture

Barreras psicológicas en la búsqueda de una arquitectura más sostenible

Juliana Alvarenga Candido¹
Juliana Andrade Borges de Sousa²

¹ Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Reabilitação Ambiental Sustentável Arquitetônica e Urbanística (Reabilita). Brasília, DF, Brasil. jalva.arqurb@gmail.com

² Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Reabilitação Ambiental Sustentável Arquitetônica e Urbanística (Reabilita). Brasília, DF, Brasil. juliana.andrade@unb.br

Resumo

O presente capítulo tem como objetivo identificar as possíveis barreiras psicológicas que dificultam a prática da sustentabilidade em construções e reformas de edificações residenciais. Do ponto de vista do cliente, mesmo ciente da relevância em contribuir na mitigação das questões climáticas, muitas dúvidas podem surgir: Como minha residência pode ser mais sustentável? Por onde começar? Quem contratar? Será que uma solução sustentável é realmente melhor do que uma solução padrão? Vai ficar caro? Vai demorar mais? E se eu investir meu tempo e dinheiro e não tiver o resultado esperado? Esses e muitos outros questionamentos podem vir à mente daqueles que estão em processo de projeto e obra de suas casas e apartamentos, e isso é perfeitamente natural. Esse capítulo explora 14 barreiras psicológicas que podem influenciar a aplicação da sustentabilidade nas edificações residenciais, fundamentadas na teoria de “Os Dragões da Inação” do psicólogo Robert Gifford (2011, 2013, 2015), contextualizada à realidade brasileira por Iglesias et al. (2014) e justificada por achados relacionados ao tema, por meio de produções científicas e dados de pesquisas de opinião pública. Ao identificá-las, podemos ter uma oportunidade de reduzi-las, abrindo caminhos rumo a uma arquitetura mais sustentável.

Palavras-Chave: Psicologia ambiental, Comportamento pró-ambiental, Arquitetura sustentável, Mudança de comportamento, Sustentabilidade nas edificações.

Abstract

This chapter aims to identify the possible psychological barriers that hinder the practice of sustainability in the construction and renovation of residential buildings. From the client's perspective, even when aware of the importance of contributing to climate change mitigation, many doubts may arise: How can my home be more sustainable? Where do I start? Who should I hire? Is a sustainable solution really better than a standard one? Will it be expensive? Will it take longer? What if I invest my time and money and don't get the expected results? These and many other questions may come to mind for those involved in the design and construction of their homes and apartments, and this is perfectly natural. This chapter explores 14 psychological barriers that can influence the application of sustainability in residential buildings, based on the theory of “The Dragons of Inaction” by psychologist Robert Gifford (2011, 2013, 2015), contextualized to the Brazilian reality by Iglesias et al. (2014) and supported by findings related to the theme through scientific publications and public opinion research data. By identifying these barriers, we have an opportunity to reduce them, paving the way toward a more sustainable architecture.

Key-Words: Environmental psychology, Pro-environmental behavior, Sustainable architecture, Behavior change, Sustainability in buildings.

Resumen

Este capítulo tiene como objetivo identificar las posibles barreras psicológicas que dificultan la práctica de la sostenibilidad en la construcción y renovación de edificaciones residenciales. Desde el punto de vista del cliente, incluso siendo consciente de la importancia de contribuir a la mitigación del cambio climático, pueden surgir muchas dudas: ¿Cómo puede ser más sostenible mi vivienda? ¿Por dónde empiezo? ¿A quién contrato? ¿Una solución sostenible es realmente mejor que una estándar? ¿Será caro? ¿Tardará más? ¿Y si invierto mi tiempo y dinero y no obtengo el resultado esperado? Estas y muchas otras preguntas pueden surgir en la mente de quienes están en proceso de diseñar y construir sus casas o departamentos, y eso es perfectamente natural. Este capítulo explora 14 barreras psicológicas que pueden influir la aplicación de la sostenibilidad en edificaciones residenciales, basadas en la teoría de “Los Dragones de la Inacción” del psicólogo Robert Gifford (2011, 2013, 2015), contextualizada con la realidad brasileña por Iglesias et al. (2014) y respaldada por hallazgos relacionados con el tema mediante publicaciones científicas y datos de encuestas de opinión pública. Al identificarlas, se abre la oportunidad de reducirlas, allanando el camino hacia una arquitectura más sostenible.

Palabras clave: Psicología ambiental, Comportamiento proambiental, Arquitectura sostenible, Cambio de comportamiento, Sostenibilidad en las edificaciones.



1. **Comportamento pró-ambiental: um ponto de partida para a sustentabilidade nas edificações**

Na busca pela mitigação das mudanças climáticas, a construção civil demanda esforços e ações sustentáveis de todos os envolvidos dos setores públicos e privados, além da sociedade civil e população. Os impactos ambientais negativos são uma consequência dos padrões de produção e consumo, cujos problemas estão sendo reconhecidos principalmente como sociocomportamentais (Gardner; Stern, 2008, Sadan; Churchman, 1996). Assim, além de investir em inovação e tecnologia, este capítulo considera fundamental o aprofundamento nos comportamentos dos indivíduos tomadores de decisões, que podem ser influenciados tanto por fatores externos, como o contexto socioeconômico e disponibilidade de mercado, quanto por fatores internos, como seus hábitos, valores, prioridades e relações sociais.

As emissões nocivas de gases de efeito estufa¹ diretas e indiretas, do setor residencial equivalem a mais da metade de todo o setor da construção civil na América Latina e Caribe (Cabeza *et al.*, 2022). No Brasil, há indicadores de que a sustentabilidade está em crescente demanda, com o lançamento de produtos, soluções técnicas e projetuais, produção acadêmica e científica, regulamentos e certificações, porém não parecem ser suficientes para fazer a mudança necessária no setor. A maneira como as partes interessadas percebem suas prioridades em relação à sustentabilidade dificulta sua aplicação e difusão em larga escala, pois envolvem diversas camadas que estão interligadas e são influenciadas por barreiras psicológicas (Iglesias *et al.*, 2014). Por isso, aproximar a ciência comportamental do setor da construção civil pode ser fundamental para difundir a prática da sustentabilidade em maiores proporções.

A noção de comportamento pró-ambiental é amplamente utilizada em diferentes campos do conhecimento para se referir às ações em prol da sustentabilidade, as quais podem estar constantemente sujeitas a influências. O psicólogo Robert Gifford (2011, 2013, 2015) desenvolveu a teoria de “Os Dragões da Inação” sobre as barreiras psicológicas que limitam a adoção desses comportamentos por parte dos indivíduos. As mudanças climáticas são um bom exemplo de que as suposições sobre o que é preciso fazer para mudar comportamentos não funcionam, pois sabemos há décadas sobre esses problemas e o que precisa ser feito, e não fazemos o suficiente (Gardner; Stern, 2008). Assim como sabemos da necessidade de separar os resíduos recicláveis dos orgânicos, mas frequentemente deixamos de fazê-lo. Essa dificuldade é conhecida como lacuna atitude-comportamento e é considerada um dos principais desafios da sustentabilidade, uma vez que um indivíduo encontra barreiras que

¹ São os gases (dióxido de carbono - CO₂, metano - CH₄, óxido nitroso - N₂O e vapor d'água - H₂O) causadores do efeito estufa, natural e fundamental para vida terrestre. Porém, sua concentração excessiva causa o aquecimento global e as consequentes mudanças climáticas.

impedem a adoção de comportamentos pró-ambientais, mesmo ciente da sua urgência, relevância e benefícios (Gifford, 2011).

Gifford (2011) ainda nos traz uma reflexão sobre a maior predisposição dos indivíduos em cuidar de um lugar ao qual sentem-se apegados como fator motivador de comportamentos pró-ambientais, levando-nos a questionar se, dentre os espaços construídos que um indivíduo ocupa, a casa poderia ser considerada um local de maior apego. No entanto, se a separação dos nossos resíduos já pode ser difícil se não houver um espaço adequado para as lixeiras e um sistema de coleta seletiva disponível, é possível imaginar a complexidade no conjunto de comportamentos e tomadas de decisão durante a construção ou reforma de uma casa sustentável. Segundo Fontolan *et al.* (2023b), os processos de projeto e obra de uma edificação residencial unifamiliar podem ser influenciados por objetivos conflitantes, sendo a sustentabilidade negligenciada devido às dificuldades de mensurar as estratégias propostas.

Ainda que o Governo implemente leis de incentivo às construções sustentáveis e que o mercado disponibilize opções de materiais inovadores e profissionais capacitados, são os indivíduos tomadores de decisões que podem determinar sua prática, pois, segundo Fontolan *et al.* (2023b), são eles os responsáveis pelas decisões finais e investimentos financeiros. Assim, este capítulo se fundamenta em “Os Dragões da Inação” (Gifford, 2011, 2013, 2015) dos comportamentos pró-ambientais, aplicado ao contexto de edificações residenciais a partir de uma adaptação dessa teoria à cultura brasileira, realizada por Iglesias *et al.* (2014). Para aprofundar a análise, foi realizado um cruzamento de dados com artigos científicos² e pesquisas de opinião pública³, relacionados aos fatores que tendem a influenciar os comportamentos pró-ambientais dos brasileiros, mais especificamente aqueles que estão em processo de construção ou reforma de suas próprias casas, aqui denominados simplesmente como clientes. Esse estudo permitiu uma compreensão mais ampla dos desafios e oportunidades que impactam os comportamentos dos tomadores de decisões finais, nesse contexto.

A partir dessa abordagem, buscamos identificar as barreiras psicológicas de modo a incentivar práticas mais sustentáveis no desenvolvimento de projetos e obras de residências sustentáveis, e contribuir para o debate sobre as possibilidades de mitigação dos impactos ambientais negativos da construção civil. Acreditamos que os profissionais e estudantes de arquitetura e construção, com dificuldades em implantar a sustentabilidade em seus projetos e obras, possam se beneficiar a partir do reconhecimento das possíveis barreiras psicológicas enfrentadas pelos clientes.

² Kirby e Delai (2016); Kirby *et al.* (2022); Fontolan *et al.* (2023a); Fontolan *et al.* (2023b).

³ Quintoandar (2021); Opinion Box (2019); Opinion Box (2021); Opinion Box (2022); Opinion Box (2024); Abrainc e Brain (2024); Datafolha (2024).

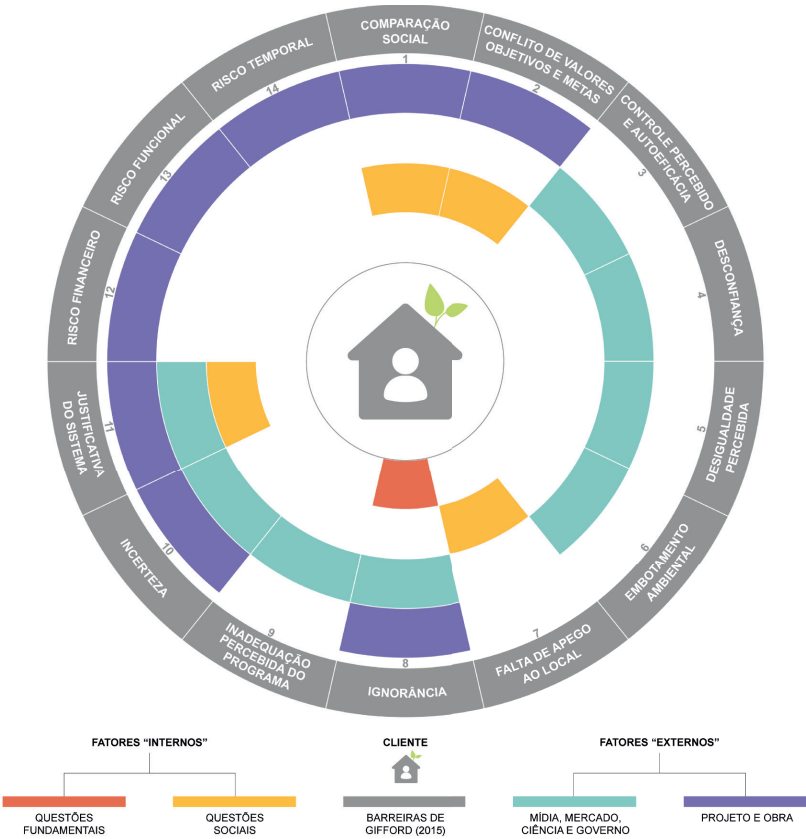
2. Identificação e redução das barreiras psicológicas

Durante o desenvolvimento do projeto e da obra de seus lares, as tomadas de decisões costumam ser complexas e exigir esforço cognitivo dos clientes, ou seja, não são decisões automáticas e inconscientes tal como frear o carro ao ver uma pessoa atravessando a rua. Assim,

como resultado do estudo, foram identificadas 14 das 33 barreiras de “Os Dragões da Inação” (Gifford, 2015), sendo elas: comparação social; conflito de valores, objetivos e metas; controle percebido e autoeficácia; desconfiança; desigualdade percebida; embotamento ambiental; falta de apego ao local; ignorância; inadequação percebida do programa; incerteza; justificativa do sistema; risco financeiro; risco funcional; risco temporal.

A Figura 1 apresenta as barreiras psicológicas em quatro aspectos distintos, considerando as tomadas de decisões deliberadas e conscientes que influenciam comportamentos dos clientes: Questões fundamentais; Questões sociais; Mídia, mercado, ciência e governo; projeto e obra. O presente estudo considera que os dois primeiros aspectos podem estar relacionados a fatores internos ao indivíduo, enquanto os dois últimos, aos fatores externos.

Figura 1 - As possíveis 14 barreiras psicológicas dos clientes na busca por uma casa sustentável.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

3. Questões fundamentais

Na busca por uma casa sustentável, duas questões fundamentais podem ser consideradas principais e indispensáveis, ou seja, representam as condições mínimas necessárias para alcançar tal objetivo. Primeiramente, é necessário existir um imóvel e a oportunidade de construí-lo ou reformá-lo. Para isso, não devem existir barreiras estruturais que impeçam o indivíduo em ter acesso à habitação, pois as dificuldades na adoção de comportamentos pró-ambientais, nessa conjuntura, vão além do controle individual (Gifford, 2011). Em segundo lugar, segundo o mesmo autor, é necessário que a pessoa esteja consciente da existência

das mudanças climáticas, reconhecendo sua relevância e os riscos imediatos que representam. Assim, é fundamental, o desenvolvimento de uma atitude favorável, ou seja, uma intenção clara de adotar ações que contribuam para melhorar as condições ambientais atuais. Ainda, é importante destacar que uma parcela da sociedade pode ser alheia e não praticar ações para melhorias das condições presentes (Gifford, 2011). Embora existam dois grupos, sendo aqueles mais preocupados com o meio ambiente e aqueles menos preocupados (Stern *et al.*, 1999), é interessante observarmos que as pesquisas sobre atitudes e opiniões públicas demonstram que a maioria dos brasileiros estão cientes sobre as questões climáticas, a consideram relevante e têm a percepção de que podem e que já estão contribuindo para sua mitigação.

Assim, uma vez que o cliente se torna ciente dos impactos negativos dos padrões de produção e consumo de uma casa padrão de mercado, pode evidenciar a barreira da “ignorância” (Gifford, 2015) relacionada a não saber o que fazer devido à limitação de conhecimento sobre o que, de fato, constitui uma casa sustentável. Essa barreira está presente em todos os níveis sociais, devido à falta de acesso à informação correta, principalmente técnica, além da educação sobre a sustentabilidade (Gifford, 2011; Fontolan *et al.*, 2023a). No entanto, apesar da importância do conhecimento, ele sozinho tende a não ser suficiente para motivar um comportamento pró-ambiental. Segundo Chess e Johnson (2007), é mais provável que as pessoas sejam motivadas por crenças e valores do que pelo conhecimento sobre a relação entre as questões climáticas e a redução no consumo de energia.

No cotidiano de grande parte dos indivíduos, as questões pessoais tendem a ser classificadas como mais importantes quando comparadas às questões ambientais (Gifford, 2011). Mesmo sabendo da importância e necessidade em separar os resíduos em casa, em meio às demandas diárias, uma pessoa pode deixar esse comportamento totalmente de lado se estiver atrasada para uma reunião de trabalho, por exemplo. Logo, é razoável presumir que os comportamentos pró-ambientais durante o projeto e obra de uma casa sustentável podem ser colocados em segundo plano quando comparados com outras prioridades do cliente. Assim, a chamada “lacuna atitude-comportamento” (Gifford, 2011) pode ser uma ameaça constante que deve ser reduzida ou eliminada, sempre que possível, considerando que a atitude pode ser definida como uma avaliação pessoal, positiva ou negativa, sobre um comportamento, mas não uma ação concretizada.

4. **Questões sociais**

A casa pode ser classificada como a realização de um sonho, além da garantia de estabilidade e bem-estar, como uma das conquistas mais importantes na vida do cliente, conforme indicam dados de opinião pública. Nesse contexto, é possível emergir a barreira de “justificativa do sistema” (Gifford, 2015) que sugere que essa condição seja suficiente para que um indivíduo não deseje alterar a maneira como as coisas estão estabelecidas. Os com-

portamentos pró-ambientais podem ser incompatíveis com o estilo de vida próspero de determinadas camadas sociais, cujos indivíduos, em geral tendem a resistir a mudanças que alterem o funcionamento atual do sistema. (Gifford, 2011).

A construção ou reforma de uma casa, ao ser concebida como uma meta de vida e símbolo de acúmulo de patrimonial, reforça a percepção individual de ser uma realização pessoal (Abrainc; Brain, 2024). Assim, a barreira de “conflito de valores, objetivos e metas” (Gifford, 2015) pode potencializar a inação pró-ambiental. Mesmo quando os clientes reconhecem a relevância das mudanças climáticas, a motivação para enfrentá-las se mostra incompatível com a aquisição de uma casa maior (Gifford, 2013). Ainda, pesquisas de opinião pública indicam que a casa tende a ser o local favorito dos brasileiros, por estar associada a acolhimento, conforto e segurança. Considerando a maior predisposição dos indivíduos em cuidar de um lugar ao qual sentem-se apegados (Gifford, 2011), a barreira da “falta de apego ao local” (Gifford, 2015) poderia reduzir os esforços para a mitigação das mudanças climáticas.

Por fim, o ser humano é um ser social e frequentemente compara sua situação com a de outras pessoas, resultando em influências positivas e negativas nos seus próprios comportamentos e impactando suas tomadas de decisões (Gifford, 2011; 2013, Iglesias *et al.*, 2014, Kirby; Delai, 2016). Nesse sentido, a barreira da “comparação social” (Gifford, 2015) pode afetar significativamente as decisões do cliente durante todo processo de projeto e obra, desde a disposição dos ambientes e elaboração da fachada, até a escolha dos acabamentos e mobiliários. O fato de uma construção ou reforma ser considerado um bem de alto envolvimento também pode fazer com que as decisões sejam realizadas pela unidade familiar, devido sua importância e expressividade como demais moradores usuários da casa (Kirby; Delai, 2016). Essa barreira também está sujeita a ser intensificada entre as pessoas mais próximas, por meio da opinião, experiência, aceitação e julgamento de amigos, familiares e vizinhos.

5. **Mídia, mercado, ciência e governo**

A resistência a mudanças, intrínseca e comum ao comportamento humano, destaca-se como uma barreira historicamente presente no setor da construção civil, marcada pela aversão a inovações nos métodos construtivos e sua imaturidade de mercado (Fontolan *et al.*, 2023a; 2023b). Segundo Gifford (2015), a barreira de “justificativa do sistema” é ativada por meio da tendência dos indivíduos em defender e justificar o *status quo*. Essa resistência pode atuar nos demais segmentos desse setor, que são constituídos por pessoas, principalmente durante os processos de projeto e obra residencial. Além disso, os clientes podem ser desmotivados a implantar estratégias de sustentabilidade ao se deparar com preocupações com relação a eficiência e segurança de tecnologias e produtos sustentáveis ainda “imaturos”. Como consequência, a aceitação de novas metodologias de projeto e sistemas construtivos tende a ser reduzida, afetando também a demanda pela sustentabilidade no mercado da construção civil.

As responsabilidades sobre os impactos ambientais, sejam eles positivos ou negativos, geram certa ambiguidade com relação à escala de atuação (Gifford, 2011, Iglesias *et al.*, 2014). Pesquisas de opinião pública indicam que, por um lado, alguns acreditam que suas ações individuais não resolvem as questões climáticas em escala global e, por outro, reconhecem que as ações humanas podem contribuir, a exemplo da disponibilidade da maioria dos brasileiros em pagar mais por produtos sustentáveis (Datafolha, 2024). Essa barreira, conhecida como “controle percebido e autoeficácia” (Gifford, 2015) está relacionada à percepção da possibilidade de se engajar em um comportamento específico. No entanto, tal barreira pode colocar o reconhecimento das responsabilidades dos cidadãos à prova quando comparadas às expectativas depositadas sobre o governo, pois, segundo dados de opinião pública, há uma tendência de minimizar o impacto das ações individuais e de transferir a responsabilidade principal para os órgãos governamentais.

A barreira de “desigualdade percebida” (Gifford, 2015) desponta como uma das mais relevantes, principalmente quando se considera que a responsabilidade em resolver as questões climáticas seja do Governo. Assim, quando se trata de mensurar as responsabilidades na redução dos impactos das mudanças climáticas, qualquer percepção de que outras pessoas, setores, empresas e países não estão cooperando, são suficientes para desmotivar um comportamento pró-ambiental de um indivíduo (Gifford, 2011). A falta de motivadores, tanto por parte do setor público quanto privado, pode ser suficiente para justificar a inação pró-ambiental dos clientes, a exemplo da ausência de atrativos fiscais e baixa disponibilidade de materiais com garantias e valores competitivos. É razoável considerarmos que a aquisição de materiais sustentáveis tende a ser vantajosa em comparação aos padrões de mercado, caso os clientes tenham mais segurança, incentivos relevantes e oportunidades de aquisição.

Porém, um cuidado é necessário na abordagem da sustentabilidade por parte do Governo, pois a transparência e honestidade podem ser fundamentais para a aceitação de políticas públicas, caso contrário despertariam a barreira de “inadequação percebida do programa” (Gifford, 2015). A não compulsoriedade de medidas governamentais pode reduzir o engajamento, pois as decisões de participação ficam a cargo apenas dos indivíduos, que também tendem a recusar os programas que parecem ameaçar a sua liberdade (Gifford, 2011). Assim, as ações governamentais relacionadas à sustentabilidade em edificações residenciais precisam ser difundidas de maneira honesta, objetiva e de fácil compreensão a todas as camadas da sociedade.

As políticas públicas voltadas para as questões climáticas normalmente exigem que os cidadãos paguem preços e impostos mais altos, ou se submetam à regulamentação do próprio comportamento (Stern *et al.*, 1999). Assim, o Governo contribuiria na difusão da sustentabilidade em edificações residenciais por meio de educação, mas principalmente garantindo incentivos fiscais realmente vantajosos, tais como isenção ou desconto representativo no IPTU e vantagens consideráveis nos programas de financiamento para construção de edificações residenciais sustentáveis, uma vez que as pessoas reconhecem positivamente

a responsabilidade do Governo na mitigação das mudanças climáticas. No entanto, Gifford (2011) alerta sobre a dissonância cognitiva dos comportamentos pró-ambientais em um indivíduo, onde é mais fácil mudar a percepção sobre um programa de Governo do que mudar um comportamento em si.

A barreira da “inadequação percebida do programa” (Gifford, 2015) voltado à sustentabilidade pode ser resultado da barreira da “desconfiança” (Gifford, 2015) com relação tanto ao Governo quanto à ciência, podendo levar a comportamentos anti clima como forma de contestação (Gifford, 2013). Além disso, depara-se com a barreira da “incerteza” (Gifford, 2015), por meio de dúvidas com relação aos resultados de comportamentos pró-ambientais (Gifford, 2011, Iglesias *et al.*, 2014). O grande desafio é traduzir e dar credibilidade às promessas técnicas e dados científicos, os quais muitas vezes são fundamentados em probabilidades. Dessa maneira, o campo da ciência também enfrenta o desafio de apresentar seus resultados de maneira prática e transparente, sem promover percepções equivocadas e justificativas para a inação pró-ambiental (Gifford, 2011).

O Governo ainda tem um papel fundamental na proteção contra informações enganosas e validação da procedência de produtos que se dizem sustentáveis (Fontolan *et al.*, 2023a). Assim, a barreira da “desconfiança” (Gifford, 2015) costuma ser evidenciada por meio de campanhas e produtos “verdes”, muitas vezes derivados do *greenwashing*. Nesse sentido, Gardner e Stern (2008) destacam a importância de apresentar a sustentabilidade de forma direta e transparente, o que pode contribuir para a construção da confiança e maior adesão às práticas sustentáveis. Os clientes tendem a desconfiar das soluções propostas, e esse significativo problema poderia ser mitigado caso as partes envolvidas nos processos de projeto e obra comuniquem a sustentabilidade de maneira honesta e acessível. Essa abordagem deve estar presente tanto nos aspectos quantitativos quanto qualitativos sobre o custo-benefício de cada decisão do cliente, além de ser fundamental que fique claro que os profissionais e fornecedores não estão tirando proveito da situação (Kirby *et al.*, 2022, Fontolan *et al.*, 2023a; 2023b).

A comunicação sobre as mudanças climáticas costuma, muitas vezes, ser generalista, contraditória, repetitiva, e sem resultado objetivo, sendo reduzida a um entorpecimento sobre o assunto (Gifford, 2011; 2013). Assim, é fundamental não estimular a barreira do “embotamento ambiental” (Gifford, 2015), que pode ocorrer devido a repetição de mensagens semelhantes e ao excesso de informações vagas e radicais sobre fatores determinantes às mudanças climáticas (Fontolan *et al.*, 2023a; 2023b). Os indivíduos tendem a descartar boa parte de informações em situações de sobrecarga devido a frequente exposição a uma infinidade de problemas ambientais (Gardner; Stern, 2008). Esse cansaço pode, então, desmotivar os comportamentos pró-ambientais dos clientes, ao ignorar mensagens relevantes e paralisar suas ações mais sustentáveis, a exemplo de comunicar a extinção de uma espécie animal para motivar a separação de resíduos em casa. Evitar extremos, excessos e promessas falsas sobre a sustentabilidade também pode contribuir na redução da barreira da “descon-

fiança” (Gifford, 2015).

Ainda, essa estratégia pode influenciar na redução da barreira da “ignorância” (Gifford, 2015), que é evidenciada nos resultados de pesquisas de opinião pública, onde mais da metade dos brasileiros afirmam que a mídia não aborda as questões relacionadas às mudanças climáticas adequadamente. A falta de informação técnica pode ser considerada em todos os níveis sociais e a abordagem dos conteúdos de forma coerente pode fazer com que o cliente se sinta mais seguro e motivado, incentivando também a aceitação e demanda de mercado (Kirby; Delai, 2016, Fontolan *et al.*, 2023a). Assim, os profissionais envolvidos poderiam se dedicar a campanhas com linguagem acessível aos clientes, detalhando as informações técnicas e seus reais benefícios (Kirby *et al.*, 2022).

Para Gifford (2011), a confiança constitui base fundamental para o estabelecimento de relações saudáveis capazes de impulsionar mudanças de comportamento. Assim, a credibilidade de órgãos públicos, cientistas, indústria e fornecedores, projetistas e mão de obra, pode ser um motivador para que um cliente adote comportamentos pró-ambientais na construção ou reforma de sua casa. É possível que essas mudanças aqueçam o setor, e funcionem como um “termômetro” para o Governo e a indústria sobre as preocupações dos cidadãos e suas preferências como consumidores (Stern *et al.*, 1999).

6. Projeto e obra

Durante os processos de construção ou reforma residencial, muitas das barreiras mencionadas anteriormente são reforçadas e intensificadas. A “ignorância” (Gifford, 2015) sobre o que e como fazer, quais os resultados e impactos reais normalmente acompanha a maioria dos clientes e pode refletir diretamente nas suas decisões, tanto em projeto quanto em obra. Além disso, devido ao elevado custo, seja de esforço, tempo ou dinheiro, a barreira do “conflito de valores, objetivos e metas” (Gifford, 2015) pode colocar as questões climáticas em segundo plano, decorrente de um embate interno entre o investimento em soluções arquitetônicas mais sustentáveis e outras prioridades e desejos tanto do cliente quanto dos demais moradores da casa.

Além disso, destaca-se a barreira de “justificativa do sistema” (Gifford, 2015), presente nas práticas tradicionais da construção civil. Muitas pessoas tendem a repetir métodos construtivos convencionais simplesmente por estarem acostumadas a fazer as coisas do mesmo jeito, o que dificulta a adoção de alternativas sustentáveis. A barreira da “comparação social” (Gifford, 2015) também exerce influência significativa: ao consultar a equipe de mão de obra ou considerar a experiência de conhecidos com sistemas construtivos padrão, os clientes tendem a optar pelo que lhes parece mais seguro e familiar. Nessa lógica, os hábitos — entendidos como repetições de comportamentos passados — reforçam a inércia e a resistência à mudança (Iglesias *et al.*, 2014). Assim, a comprovação acessível sobre os benefícios reais das soluções sustentáveis poderia contribuir na confiança dos clientes.

A comunicação sobre o que caracteriza uma casa sustentável, suas possibilidades e soluções deve ser apresentada corretamente, preferencialmente comprovadas e fundamentadas, mas essencialmente acessíveis e transparentes (Fontolan *et al.*, 2023a; 2023b, Kirby *et al.*, 2022), para que os clientes sintam-se mais seguros e motivados a aceitar e adotar determinados comportamentos para reduzir os impactos ambientais negativos durante sua construção ou reforma. Essas orientações técnicas devem indicar, de forma clara e objetiva, quais as ações possíveis, ou seja, como podem ser realizadas, os benefícios e as limitações de cada decisão (Gardner; Stern, 2008). Nesse contexto, a confiança nos relacionamentos entre todos os envolvidos durante o projeto e obra de uma casa torna-se elemento fundamental para a efetiva implantação da sustentabilidade, motivando comportamentos e tomadas de decisões pró-ambientais.

A partir desse ponto, novos obstáculos podem surgir ao longo das etapas de projeto e execução da obra em residências unifamiliares. Nesses processos, os clientes tendem a se deparar com três riscos principais, que se transformam em barreiras paralisantes. Primeiramente, a barreira do “risco funcional” (Gifford, 2015) levanta questionamentos sobre o desempenho de produtos e soluções sustentáveis (Gifford, 2011, Fontolan *et al.*, 2023b) e são passíveis de revelar as seguintes dúvidas: Quanto vai custar a manutenção? É seguro? Como utilizo? Vai alcançar o resultado prometido, desejado e esperado? É possível que esses e outros questionamentos se manifestem, pois, as tecnologias sustentáveis, uma vez que ainda são novas, não proporcionam experiências e comprovação aplicadas dessas soluções. Caso os profissionais contratados tampouco saibam responder a esses questionamentos, pode surgir a dúvida se os resultados e a mitigação de impactos prometidos realmente ocorrerão. Isso ainda pode ser agravado pela resistência do mercado de construção civil e pela falta de incentivos governamentais na popularização de soluções sustentáveis.

Em seguida, a barreira do “risco financeiro” (Gifford, 2015) pode ser considerada uma das maiores, fundamentada no discurso comum de que uma casa sustentável é mais cara do que uma casa padrão. No entanto, este é um fato inconclusivo (Kirby *et al.*, 2022), pois muitas despesas adicionais podem ocorrer pelo planejamento inadequado e a falta de gestão de projeto e obra. A percepção distorcida sobre valores pode fazer com que os clientes priorizem a aquisição de itens desejados no interior de sua casa em vez de investir em esquadrias apropriadas ao local e seu clima, por exemplo. Os seres humanos ainda possuem o que Gifford (2011) denomina de “cérebro antigo” por estarem mais atentos às questões imediatas e próximas, dificultando as projeções a longo prazo. Ainda devido à irracionalidade, a maioria das pessoas prefere continuar com as despesas de custos perdidos até que os prejuízos sejam insuportáveis (Gifford, 2011), como, por exemplo, a preferência em investir em um sistema construtivo tradicional, com envoltória de baixo desempenho, e incorporar o uso de ar condicionado constante. Essas questões podem prejudicar o investimento imediato em soluções que prometem maior conforto, além de comprometer o retorno do investimento e economias mensais, ainda que comprovadas. Assim, a abordagem transparente

sobre custos pode atuar como importante motivador do mercado de sustentabilidade nas edificações residenciais.

A lacuna atitude-comportamento é retomada, pois, embora as pessoas digam que pagariam a mais por produtos sustentáveis, conforme resultados de opinião pública, no momento de efetivar o pagamento esse comportamento pode ser alterado, ou seja, as pessoas se preocupam com as mudanças climáticas, desde que não impacte outras prioridades financeiras (Gifford, 2011; Fontolan *et al.* 2023a). Assim, o custo de investimento pode ser considerado um fator relevante na implantação da sustentabilidade, considerando as etapas ao longo da vida útil de uma casa, desde a construção ou reforma até a operação e manutenção. Desse modo, consideramos que o planejamento financeiro e a informação clara sobre os investimentos e seus períodos de retorno têm o potencial de reduzir as barreiras relacionadas aos processos de projeto e obra de uma edificação residencial.

O tempo pode ser outro fator fundamental e universal nos processos de tomadas de decisões. Frequentemente, há a sensação de não conseguir resolver as demandas cotidianas, de modo que prioridades individuais e imediatas acabam sobrepondo-se a outras de longo prazo. Assim, a terceira barreira de “risco temporal” (Gifford, 2015) ocorre, principalmente, quando não temos a garantia dos resultados esperados sobre um determinado comportamento (Iglesias *et al.*, 2014). Essa barreira exerce forte influência nas decisões pró-ambientais dos indivíduos, tanto a partir da percepção de estar desperdiçando um tempo precioso dedicado à tomada de decisões incertas, quanto na insegurança sobre o tempo de retorno de investimentos a longo prazo (Gifford, 2011, Fontolan *et al.*, 2023a).

Nos processos de construção e reforma de uma casa, o tempo tende a ser um dos recursos mais determinantes nas tomadas de decisões, considerando que os prazos de entrega do projeto, de produtos e cronogramas de obra são de grande relevância aos clientes. Esse aspecto é agravado pelo fato de que as soluções sustentáveis ainda não integram o mercado padrão. Essa situação pode afetar a duração comum de uma construção ou reforma e exigir maior investimento de tempo na execução das etapas e na busca por produtos e soluções específicas. Nessa perspectiva, a gestão e o planejamento podem, mais uma vez, contribuir na percepção dessa barreira, reduzindo o tempo investido nas tomadas de decisões e nas etapas de projeto e obra.

O medo de maiores custos de investimento em uma casa sustentável, quando comparado a uma casa padrão, também se soma aos riscos e imprevistos durante etapas de compra, operação ou manutenção (Fontolan *et al.*, 2023a; 2023b). Todas essas dúvidas e inseguranças também refletem na barreira da “incerteza” (Gifford, 2015), que pode fazer com que os indivíduos subestimem os riscos imediatos das mudanças climáticas, eliminando suas responsabilidades e resultando em inação pró-ambiental. Isso pode ser reforçado caso os clientes não se sintam seguros e motivados a investir em soluções sustentáveis para sua casa. Assim, as incertezas podem dominar o cliente e serem suficientes para estimular a ação em interesse próprio ao invés de comportamentos pró-ambientais. Na busca pela or-

dem, os indivíduos possivelmente investem tempo, esforço e dinheiro no que está alinhado aos valores, objetivos e aspirações.

7. **Considerações finais: Caminhos rumo a uma arquitetura mais sustentável: o que cada parte interessada poderia fazer?**

Dentre os cidadãos, formuladores de políticas públicas, fabricantes, acadêmicos e profissionais do setor da construção civil: O que cada parte interessada poderia fazer para contribuir na aplicação da sustentabilidade em construções e reformas residenciais?

Mesmo que a sustentabilidade venha ganhando cada vez mais relevância no campo da arquitetura e construção civil, os indicadores das mudanças climáticas demonstram que ainda há um longo caminho a ser percorrido para que as soluções sustentáveis sejam o padrão de mercado. As ações efetivamente implementadas não são compatíveis com o potencial, quantitativo e qualitativo, das soluções técnicas e projetuais existentes derivadas de estudos científicos e práticas de profissionais capacitados e especializados na área. Além disso, os incentivos fiscais não são suficientes para desmotivar os padrões construtivos atuais altamente impactantes.

Podemos considerar que temos um acervo técnico mais que suficiente para resolver uma maioria significativa dos impactos ambientais negativos das edificações, no entanto, as construções e reformas de casas e apartamentos continuam seguindo os padrões tradicionais de mercado. Embora existam diversas camadas para alcançar os objetivos sustentáveis em edificações residenciais, desde as responsabilidades dos setores públicos aos privados, muitas dessas soluções podem ser de simples resolução, dependendo apenas da aceitação do cliente. Assim, consideramos que os tomadores de decisões finais possuem um grande poder de mudança no setor residencial da construção civil.

Por esse motivo, o presente capítulo dedica-se às barreiras psicológicas dos clientes em processo de projeto e obra de suas casas, dispostos a praticar a sustentabilidade. No entanto, outros atores envolvidos no setor, motivados a dar o próximo passo na mitigação das questões climáticas, têm responsabilidades, deveres e oportunidades para contribuir na redução dessas barreiras. Acreditamos que a psicologia e as demais áreas da ciência comportamental devem ser incorporadas nos debates sobre os impactos climáticos da construção civil. Ainda, é importante destacar que uma parcela da sociedade pode ser alheia e não praticar ações para melhorias das condições presentes, por isso os indivíduos nessa conjuntura foram desconsiderados deste estudo.

Pode-se considerar que as 14 barreiras psicológicas identificadas se inter-relacionam e, dependendo do contexto do cliente, podem se manifestar de diferentes formas, influenciando múltiplos aspectos do processo decisório e gerando novas interpretações. Contudo, é possível verificar um maior número de barreiras relacionadas aos fatores externos, o que evidencia oportunidades de avanço na forma como a sustentabilidade é comunicada e apli-

cada em edificações residenciais — especialmente nos domínios de mídia, mercado, ciência e governo, bem como nas etapas de projeto e obra. Já as barreiras internas podem ser intrínsecas ao cliente e, embora em menor quantidade, possuem um elevado poder de influência nos comportamentos pró-ambientais e não devem ser subestimadas.

Desta forma, propõe-se um cenário direcionado aos profissionais de arquitetura envolvidos nas fases de projeto e obra (ver Tabela 1), com sugestões de diretrizes para mitigar as barreiras e motivar a concretização de uma casa sustentável por parte de clientes predispostos à adoção de práticas ambientalmente responsáveis, com a oportunidade de realizar sua construção ou reforma.

Tabela 1 - Cenário direcionado aos profissionais de arquitetura.

Barreiras psicológicas	Diretrizes
Ignorância	Abordar a sustentabilidade de forma correta, objetiva e honesta. Evitar exageros, urgências e repetições das informações também contribui para não paralisar e despertar o medo nos clientes.
Conflito de valores, objetivos e metas	Atentar para que as soluções propostas não entrem em conflito com outras prioridades relevantes do cliente, afetando seus desejos e percepções de conforto e realização pessoal.
Justificativa do sistema	Buscar incentivos fiscais existentes, e realmente vantajosos, tanto no setor público quanto privado, além de soluções projetuais com resultados comprovados.
Comparação social	Direcionar a comunicação também à rede de familiares, amigos, vizinhos e, principalmente, aos demais moradores da casa.
Risco funcional	Abordar as questões técnicas e operacionais de maneira acessível, comprovando o desempenho esperado das soluções e produtos sustentáveis.
Risco financeiro	Gerenciar o orçamento com transparência e informar claramente sobre o tempo de retorno de investimento, fundamentais para garantir a segurança nas tomadas de decisões. Focar nos benefícios próprios dos moradores.
Risco temporal	Planejar as etapas e os prazos de projeto, entregas dos fornecedores e cronogramas de obra, podem ser fundamentais no cuidado com o tempo e consequentemente do dinheiro.
Incerteza	Passar confiança nos relacionamentos com o cliente para que as soluções propostas sejam aceitas.

Fonte: Autores (2025)

Com base na maior predisposição dos indivíduos em cuidar de um lugar ao qual sentem-se apegados, a redução dessas barreiras psicológicas poderia proporcionar uma experiência positiva com relação a aplicação da sustentabilidade nas construções e reformas de casas e apartamentos. Esses mesmos clientes podem influenciar ou ser os próprios tomadores de decisões nos processos de projeto e obra em outros contextos para além do residencial, tais como saúde, comércio, corporativo, público, dentre outros. Assim, ao identificar as barreiras para implantação da sustentabilidade nos lares dos brasileiros, o presente capítulo finaliza com uma pergunta: a redução dessas barreiras psicológicas pode motivar adoção de comportamentos pró-ambientais em demais tipologias arquitetônicas?

Referências

ABRAINC; BRAIN Inteligência Estratégica. Pesquisa sobre tendências e comportamentos do consumidor de imóveis, jun. 2024. Disponível em: <https://cdn.abrainc.org.br/files/2024/6/BRAIN-ABRAINC-Summit-JUN-24.pdf>. Acesso em: 12 set. 2024.

CABEZA, L. F. *et al.* Edifícios. In: SHUKLA, P. R. *et al.* (eds.). Mudança Climática 2022: Mitigação da Mudança Climática. Cambridge: Cambridge University Press, figura 9.3, 2022. DOI: 10.1017/9781009157926.011.

CHESS, Caron; JOHNSON, Branden B. Information is not enough. In: MOSER, Susanne C.; DILLING, Lisa (orgs.). Creating a climate for change: communicating climate change and facilitating social change. Cambridge: Cambridge University Press, p. 223-233, 2007. DOI: 10.1017/CBO9780511535871.017.

DATAFOLHA. Percepção sobre mudanças climáticas no Brasil. São Paulo: Datafolha, 2024. Disponível em: <https://media.folha.uol.com.br/datafolha/2024/07/02/hxnnvpz2mvs5msosj0is3ex-r1jump4ii-nfotfnhbav4ki0719szptpchcs2-mrli6l-wglwnyys0hnggh67qoyjjqlug4jbgwiwrjf4jkorpq4qave-j-2oeden2bjz.pdf>. Acesso em: 27 out. 2024.

FONTOLAN, B.; ESPERIDIÃO, A. R.; DEL ROIO, I. G.; IAROZINSKI NETO, A. What are the barriers that restrict the sustainable housing adoption in Brazil according to the user's perception, jun. 2023a. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/247110>. Acesso em: 05 set. 2024.

FONTOLAN, B. L.; ESPERIDIÃO, A. R.; PUNHAGUI, K. R. G.; IAROZINSKI NETO, A. Fatores críticos para adoção de habitações sustentáveis: revisão integrativa entre 2018 e 2022. Revista

Projetar: Projeto e Percepção do Ambiente, v. 8, n. 3, p. 105–120, set. 2023b. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revprojetar/article/view/31853>. Acesso em: 20 set. 2024.

GARDNER, Gerald; STERN, Paul C. The Short List: The Most Effective Actions U.S. Households Can Take to Curb Climate Change. *Environment*, v. 50, n. 5, p. 12-25, 2008. Disponível em: <https://www.teachgreenpsych.com/wp-content/uploads/2018/01/Gardner-Stern-2008-The-short-list-The-most-effective-actions-U.S.-households-can-take-to-curb-climate-change.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2025.

GIFFORD, R. The Dragons of Inaction: Psychological Barriers That Limit Climate Change Mitigation and Adaptation. *American Psychologist*, v. 66, n. 4, p. 290-302, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1037/a0023566>. Acesso em: 22 abr. 2024.

GIFFORD, R. Dragons, Mules, and Honeybees: Barriers, Carriers, and Unwitting Enablers of Climate Change Action. *Bulletin of the Atomic Scientists*, v. 69, n. 4, p. 41–48, 2013. DOI: 10.1177/0096340213493258.

GIFFORD, R. 33 reasons why we can't think clearly about climate change. *New Scientist*, Londres, v. 227, n. 3029, p. 28-33, jul. 2015. DOI: 10.1016/S0262-4079(15)30744-2.

IGLESIAS, F.; CALDAS, L. S.; RABELO, L. A. T. Negando ou subestimando problemas ambientais: barreiras psicológicas ao consumo responsável. *Psico*, v. 45, n. 3, p. 377–386, 2014. DOI: 10.15448/1980-8623.2014.3.17316.

KIRBY, R.; DELAI, I. Factors which influence consumer behaviour and purchase intention towards green buildings: a literature review. *ENGEMA*, dez. 2016. Disponível em: <http://engemausp.submissao.com.br/18/anais/arquivos/235.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2023.

KIRBY, R. C. L. de S.; INÁCIO, L. da S.; DELAI, I. Factors affecting green building consumer behaviour: evidence from Brazil. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, v. 30, n. 2, p. 164–178, 2022. DOI: 10.1080/13504509.2022.2127033.

OPINION BOX. Sustentabilidade e Consumo Consciente, jun. 2019. Disponível em: <https://blog.opinionbox.com/pesquisa-de-mercado-sustentabilidade>. Acesso em: 12 set. 2024.

OPINION BOX. Pesquisa sobre Sustentabilidade: o que os brasileiros esperam das empresas?, jun. 2021. Disponível em: <https://blog.opinionbox.com/pesquisa-sobre-sustentabilidade>. Acesso em: 12 set. 2024.

SADAN, E.; CHURCHMAN, A. Global Sustainability and Community Empowerment. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR PEOPLE-ENVIRONMENT STUDIES, IAPS 14 Evolving Environmental Ideals, 1996. Stockholm: Royal Institute of Technology (KTH), The Department of Architecture and Townplanning, v. 1, p. 184-192, 1996. Disponível em: https://www.academia.edu/124457471/Global_Sustainability_and_Community_Empowerment. Acesso em: 12 mar. 2025.

STERN, Paul C.; DIETZ, Thomas; ABEL, Troy D.; GUAGNANO, Greg; KALOF, Linda. A Value-Belief-Norm Theory of Support for Social Movements: The Case of Environmentalism. Huxley College on the Peninsulas Publications, 1999. Disponível em: https://cedar.wvu.edu/hcop_fa-cpubs/1. Acesso em: 16 mar. 2025.

11. Parques lineares: Reconectando a paisagem ribeirinha e a cidade de Januária, MG

Linear parks: Reconnecting the riverside landscape and the city of Januária, MG

Parques lineares: reconectando el paisaje ribereño con la ciudad de Januária, MG

Laís Ferreira Lopes¹
José Marcelo Martins Medeiros²

¹ Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Brasília, DF, Brasil.

² Universidade Federal do Tocantins, Curso de Especialização Reabilita da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília. Palmas, TO, Brasil.

Resumo

As cidades por muitas vezes ignoraram a presença e importância dos cursos hídricos em suas cidades, aterrando, retificando, canalizando e subtraindo sua mata ciliar ou dando as costas aos cursos fluviais, ignorando completamente sua dinâmica natural e forçando a seguir formas e caminhos que concordassem com a lógica urbana da época. Essas atitudes contribuíram para desarranjos naturais, como inundações, carência de mananciais adequados para o abastecimento público, desertificação de cursos fluviais, assoreamento, redução da vida aquática, poluição e desqualificação da paisagem fluvial. Esta pesquisa tem como objetivo levantar soluções que possam mitigar uma problemática que ocorre em toda a microbacia: a supressão da massa arbórea e suas consequências, na escala do rio e da cidade, tomando como ambiente de estudo a cidade de Januária/MG, margeada pelo Rio São Francisco. O estudo visa abordar orientações para incorporar esse ambiente ripário à malha urbana, e formar corredores ecológicos nos moldes dos "parques lineares", respeitando a sazonalidade natural do rio, a cultura cidadina e o ambiente construído. Obteve-se como resultado diretrizes urbanas e paisagísticas que integram os ambientes, além de orientações para as escalas sociais e econômicas, a fim de ter um ganho integrado em múltiplas dimensões da população, do rio e da cidade.

Palavras-Chave: parques lineares, reconstituição paisagística, paisagem fluvial, rios urbanos, ecogênese.

Abstract

Cities have often ignored the presence and importance of watercourses in its cities, filling in, straightening, channeling, and removing their riparian forests or turning their back on river courses, completely ignoring their natural dynamics and forcing them to follow forms and paths that were in keeping with the urban logic of the time. These attitudes have contributed to natural disruptions, such as flooding, lack of adequate water sources for public supply, desertification of river courses, silting, reduction of aquatic life, pollution, and degradation of the river landscape. This research aims to find solutions that can mitigate a problem that occurs in every microbasin: the suppression of tree mass and its consequences, on the scale of the river and the city, taking as the study environment the city of Januária/MG, bordered by the São Francisco River. The study aims to address guidelines for incorporating this riparian environment into the urban fabric and creating ecological corridors along the lines of "linear parks," respecting the river's natural seasonality, the city's culture, and the built environment. The result was urban and landscape guidelines that integrate the environments, as well as guidelines for social and economic scales, in order to achieve multi-integrated benefits for the population, river, and city.

Key-Words: linear parks, landscape reconstruction, river landscape, urban rivers, ecogenesis.

Resumen

Las ciudades a menudo ignoraron la presencia e importancia de los cursos de agua en sus ciudades, rellenando, rectificando, canalizando y removiendo sus bosques ribereños o dando la espalda a los cursos de los ríos, ignorando por completo su dinámica natural y obligándolos a seguir formas y recorridos que concordaban con la lógica urbana de la época. Estas actitudes contribuyeron a perturbaciones naturales como inundaciones, falta de fuentes de agua adecuadas para el abastecimiento público, desertificación de los cursos de los ríos, sedimentación, reducción de la vida acuática, contaminación y descalificación del paisaje fluvial. Esta investigación tiene como objetivo encontrar soluciones que puedan mitigar un problema que ocurre en toda microcuenca: la supresión de la masa arbórea y sus consecuencias, a escala del río y de la ciudad, tomando como ambiente de estudio la ciudad de Januária/MG, bordeada por el río São Francisco. El estudio pretende abordar directrices para incorporar este entorno ribereño al tejido urbano y crear corredores ecológicos a modo de "parques lineales", respetando la estacionalidad natural del río, la cultura de la ciudad y el entorno construido. El resultado fueron lineamientos urbanos y paisajísticos que integran los entornos, además de lineamientos para las escalas social y económica, con el fin de tener una ganancia multiintegrada para la población, el río y la ciudad.

Palabras clave: parques lineales, reconstrucción del paisaje, paisaje fluvial, ríos urbanos, ecogénesis.



1. Introdução

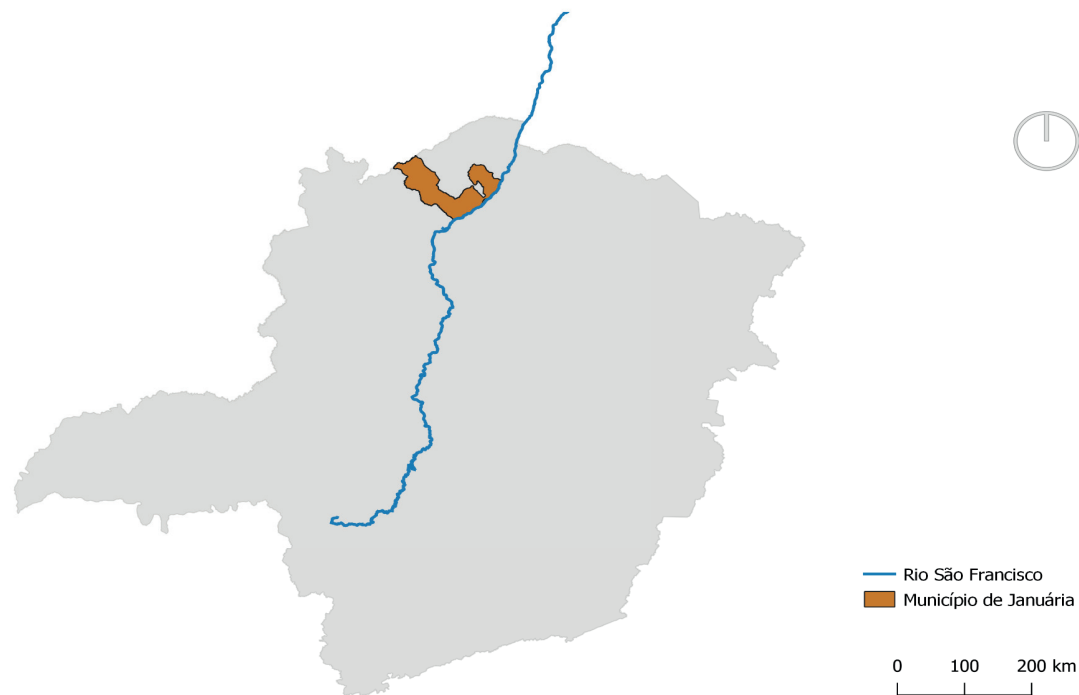
A relação entre o homem, a cidade e o rio é historicamente marcada pela instalação às margens dos cursos hídricos, onde se desfrutava da pesca e da navegação e, no deflúvio, quando as terras eram fertilizadas pelas cheias, praticava-se a agricultura. Com o desenvolvimento das cidades, a relação dinâmica entre esses atores foi se fragilizando, os rios foram sendo retificados, enterrados e/ou utilizados para descarte de lixo e resíduos sanitários, desrespeitando totalmente suas dinâmicas de cheias e vazantes, seu curso natural, a qualidade das águas e sua vegetação de contorno (Gorski, 2008).

Essas atitudes geraram impactos, afetando águas superficiais e subterrâneas, a paisagem e o microclima. A ação antrópica dá-se também pela remoção de florestas ripárias, uso e ocupação inadequados do solo ao longo dos cursos d'água, ou poluição difusa, gerada em grande parte pelos deflúvios contaminados provenientes das áreas urbanas e áreas de agricultura (Gorski, 2008).

Além das condições ambientais, essas ações tiveram como consequências também o enfraquecimento do vínculo entre as pessoas e os rios urbanos, que muitas vezes tinham uma conexão cultural, alimentar e religiosa que garantia as dimensões topoceptivas, conferindo identidade e pertencimento local. A relação entre as pessoas e o ambiente ripário passou a ser vista de uma perspectiva de terra — a área ripária — “ociosa”, levando famílias de baixa renda, pela dificuldade de acesso aos lotes urbanos, a se instalarem em locais ambientalmente sensíveis, como margens, veredas e encostas (Baptista; Nascimento, 2002).

Em Januária, no norte do estado de Minas Gerais, o processo de urbanização não aconteceu de forma muito diferente do restante do Brasil. A cidade teve o rio São Francisco como marco de instalação e desenvolvimento urbano. O município, representado pela figura 1, apesar de estar inserido majoritariamente no bioma Cerrado, traz algumas características do bioma Caatinga, considerando-se, assim, uma região de transição. Com seus 165 anos, o núcleo urbano cresceu à margem esquerda do Médio São Francisco e carrega em sua história a pesca e o comércio fluvial como atividades econômicas, tendo o rio como simbolismo cultural e religioso.

Figura 1: Mapa de localização do município.



Fonte: Autores, 2025.

O rio São Francisco, em toda sua extensão, é enriquecido por cultura e diversidade que se moldam ao longo do seu leito. Nas margens do Velho Chico existem os barranqueiros, signo identitário de um povo que sobrevive basicamente do rio e sua sazonalidade, seja na cheia por meio das atividades pesqueiras, seja na vazante, com a roça e criação de animais, com as terras fertilizadas periodicamente pela matéria orgânica provinda das cheias. Com o passar do tempo, houve um afastamento desses costumes barranqueiros, a relação da população ribeirinha com o rio se fragilizou devido ao assoreamento que impossibilitou a continuidade de sua navegação, à redução da vida aquática que garantia a subsistência desse povo e às difíceis condições de trabalho por meio da pesca. Porém, nos últimos anos tem-se percebido novamente um estreitamento da relação das pessoas com a água com o turismo de praia no período de estiagem, mas, paisagisticamente a relação rio/cidade ainda encontra um certo abismo de transição.

Observa-se na margem esquerda do rio (figura 2), próxima à mancha urbana, a ausência de mata ciliar, comprometendo a capacidade de infiltração das águas pluviais. O solo exposto e as áreas em processo de desertificação, dificultam a caminhada até o leito do rio. É entendível que são mudanças que podem ter ocorrido pela dinâmica fluvial natural, mas é inegável que a ação antrópica também influenciou a mudança da paisagem.

Figura 2: Inserção urbana.



0 500 1.000 m

Fonte: Qgis, 2025

A recomposição da paisagem, por meio da restauração da sua mata ciliar, evoca o conceito de ecogênese trazido por Mello Barreto, e difundido por Fernando Chacel em seu livro “Paisagismo e Ecogênese” (2001), que trata da transição, de forma natural, ainda que feita pelo homem, de um modelo que se baseia na biomimética, na reconstituição do ambiente natural com a utilização de plantas remanescentes. É um exemplo de restauração e reintegração da paisagem natural e da paisagem urbana, criando assim a paisagem cultural. A ecogênese procura reconstruir as paisagens que já sofreram profundas modificações em sua estrutura, valendo-se de elementos vegetais provenientes de todos os estratos e recom-

pondo suas associações originais, num processo de recuperação ambiental (Curado, 2007).

É inquestionável que a preservação dos mananciais naturais de água nos ambientes urbanos oferece melhores condições de ambientação nas cidades, proporcionando espaços de lazer e incentivando a recreação ao ar livre; a preservação das várzeas contribui para a contenção dos problemas de inundação, além da preservação do ecossistema natural, da evapotranspiração e da redução da ilha de calor (Batista e Cardoso, 2013).

A preservação das várzeas pode ser feita de diversas formas, entre elas, na interseção com a cidade de forma gradual; para isso, os parques lineares são uma opção que agrega a recuperação, a preservação e o lazer. O planejamento de parques lineares no âmbito da ecologia suscita a necessidade de entender os processos dinâmicos naturais e incorporá-los aos ambientes urbanos. Porém, cabe ressaltar que problemas de toda uma bacia não podem ser resolvidos de forma pontual, mas ações pontuais podem mitigar o problema aqui levantado, que é a integração rio/cidade.

Essa pesquisa se faz necessária para o aprofundamento do entendimento da problemática e a busca de soluções projetuais no ambiente ripário e urbano a fim de reconectá-los. São ações que, em consequência, podem agregar ao município a valoração econômica e social atrelada aos planos de recuperação do rio e da paisagem, como turismo, pesca, cultura e identidade. Embora seja uma área sensível que em determinada época do ano recebe as águas correntes do São Francisco, é também uma área com potencial de lazer, deleite e fruição. Perceber e respeitar essa sazonalidade é importante para entender que é uma paisagem mutável e pensar em diretrizes e soluções projetuais que se adequem à poética dinâmica da natureza.

O objetivo geral deste trabalho é levantar soluções que possam mitigar de forma pontual uma problemática que ocorre em toda a microbacia: a supressão da massa arbórea e suas consequências. Busca-se por meio do uso do paisagismo baseado nos conceitos da ecogênese, restabelecer a conexão entre a paisagem natural e o ambiente construído da cidade.

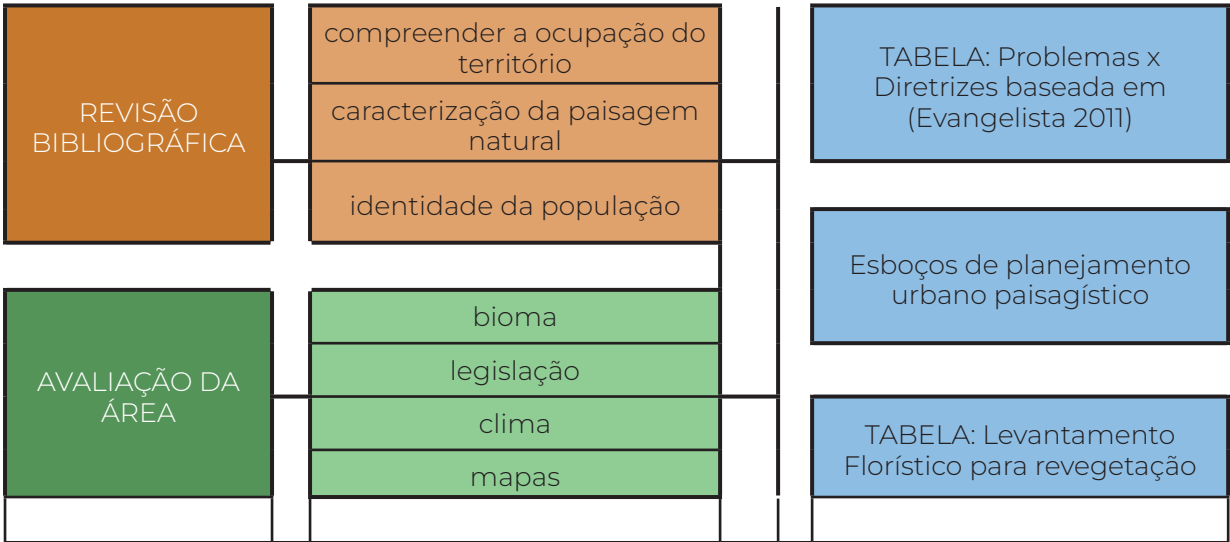
Pretende-se compreender a relação rio-cidade-pessoas, como se deu a urbanização, a importância do rio no desenvolvimento da cidade e o papel da população. A partir dessa compreensão, levantar diretrizes projetuais — nos moldes dos parques lineares — que reintegrem o rio à paisagem urbana dentro de parâmetros ambientais e identificar espécies vegetais do bioma nativo, a fim de revegetá-lo.

2. Método

Essa pesquisa baseia-se nos métodos histórico e tipológico, com o propósito de compreender como se deu a ocupação do território, a caracterização da paisagem natural e da população. A investigação apoia-se em pesquisas bibliográficas (livros, artigos científicos, teses e dissertações), na avaliação da área por meio de mapas, nas análises do clima, do bio-

ma e da legislação vigente. Espera-se como resultado o levantamento dos problemas e a construção de diretrizes para possíveis soluções para cada âmbito - rio, cidade, população -; e mapas que esboçam ideias de planejamento urbano paisagístico, além de levantamento de vegetação propícia para cada formação do cerrado dentro do escopo analisado, como ilustra a figura 3:

Figura 3: Diagrama metodológico.



Fonte: Autores, 2025.

3. O rio, a cidade e a população

O rio São Francisco é uma das maiores bacias hidrográficas do Brasil, corta estados e regiões, nascendo no alto do Parque Nacional da Serra da Canastra, em Minas Gerais, e passando pelos estados da Bahia, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e desaguando no Oceano Atlântico. Com uma extensão de 2.830 quilômetros, percorre 505 municípios, de acordo com o Comitê de Bacia Hidrográfica do São Francisco (CBHSF). Durante esse percurso, o rio assume formas, cores, qualidade, volume e simbolismos diferentes. Seus afluentes, a diversidade de biomas pelos quais percorrem, fitofisionomias, tipo de uso, bem como a cultura de cada lugar têm suas influências em suas nuances hídricas.

No extremo norte de Minas Gerais, apesar de ser considerado área de transição de biomas, o cerrado se faz majoritariamente presente, principalmente no município de Januária, local onde se desenvolve a pesquisa. Como traz Durigan (2011), o bioma é marcado por

sua grande riqueza florística, pelas espécies endêmicas, pela diversidade de estratos e por sua importância para a paisagem ribeirinha, é um bioma marcado pelas veredas, e por formações florestais que acompanham pequenos rios e tributários da bacia. Essas formações florestais constituem as zonas ripárias, que são ecossistemas próprios que margeiam os corpos hídricos, importantíssimos para a vida silvestre e fonte de nutrientes, que são produzidos a partir de seu próprio material orgânico e das inundações periódicas. Esses ecossistemas abrigam uma flora diversificada, espécies animais, algas e bactérias, que são indispensáveis para o controle da poluição e a autodepuração dos corpos d'água (Mello, 2008).

Contrastando com a paisagem natural que engloba o rio, sua zona ripária, a fauna e a flora, temos a paisagem urbana, que é uma das condições em que se encontra a sociedade. Nessa paisagem identificam-se os acontecimentos históricos significativos da civilização que a produziu, as transformações econômicas causadas pela evolução técnica e as próprias transformações sociais (Santos *et al.*, 1980). Esses acontecimentos, diretamente ou indiretamente, criam diretrizes, ainda que empiricamente, e influenciam o traçado da malha urbana, modificando o uso do espaço local, ainda que em microescala. A cidade, ao ocupar ou avançar na paisagem natural, apropria-se necessariamente de suas características espaciais configuradas na topografia, hidrografia, vegetação etc., modificando-as dentro de suas possibilidades tecnológicas e necessidades de uso espaciais, sociais e culturais (Santos *et al.*, 1980).

A cidade de Januária cresceu às margens do Médio São Francisco e sempre teve o rio como simbolismo religioso e base de subsistência, através de atividades pesqueiras, das navegações e do comércio. Atualmente, cerca de 6 quilômetros da cidade construída são margeados pelo rio, que na vazante tem seu leito diminuído consideravelmente, revelando áreas que tradicionalmente são utilizadas para agricultura familiar de subsistência. A relação dos ribeirinhos e o rio se fragilizou por falta de incentivo à pesca e de melhores condições de trabalho, ao mesmo passo que a bacia do Médio São Francisco foi se fragilizando por consequência do assoreamento e da baixa de seu volume hídrico, afetando suas atividades de navegação e pesca.

Em meados de 1860, o sítio que hoje se encontra na cidade tornou-se oficialmente cidade, pela necessidade de manter a sede do município próxima ao porto (Pereira, 2004). A organização da cidade de Januária, principalmente na área central, foi iniciada em função do Rio São Francisco, na tentativa de melhor aproveitar o transporte fluvial para o comércio e o transporte, quanto pelas construções de edificações que garantissem infraestrutura mínima para o funcionamento administrativo da cidade, que fossem protegidas do avanço das águas em época da cheia (Dourado, 2020). Amaral (2008) descreve que a paisagem do cais de Januária passava por sucessivas mudanças e reconstruções, em consequência das frequentes cheias que o danificavam. Dessa forma, percebe-se que a história da cidade é também marcada pelas cheias, consequências de uma urbanização que pouco respeitou a mata ripária e o rio.

Além da história da cidade ter como ponto de partida o rio, seu desenvolvimento é arraigado em simbolismos e significados que reforçam a cultura ribeirinha e sertaneja dos Gerais. O norte de Minas é marcado por uma forte cultura, o chamado “signo identitário baiano”, historicamente um termo pejorativo, negando ao norte-mineiro a identidade mineira das Minas Gerais auríferas e diamantíferas (Costa, 2003). A resignificação desse termo levou o povo ao orgulho. O traço identitário do povo norte-mineiro é misto, ambíguo e único, forte, porém carregado de leveza, humilde, e, ainda assim, transbordando riquezas. Escancara simbologias e mistérios, e é um orgulho de ser de onde se é. Nas margens do rio São Francisco há ainda o identitário barranqueiro, daqueles que moram às barrancas, às margens do rio ou, muitas das vezes, nas vazantes dos rios que alimentam o São Francisco, compondo assim parte do “mosaico cultural”, levantado por Moreira (2010). Esses povos se caracterizam por um estilo de vida próprio, partindo do manejo das áreas de vazante, exercendo atividades de pesca, criação de animais e agricultura.

Oliveira (2005) aborda três grandes unidades da paisagem cultural dos vazanteiros, também autodenominados barranqueiros ou ilheiros: o complexo “terra-firme”, “ilha” e “rio”, nos quais as dinâmicas são definidas pela sazonalidade do rio. Observa-se a partir daí que a própria população ocupante dessas regiões de várzeas compreende e respeita a dinâmica do rio e estabelece uma relação que pode ser entendida também como a relação da cidade, das zonas ripárias e do curso fluvial. Essas grandes áreas contribuem para a formação das dimensões topoceptivas de uma cidade ribeirinha, juntamente com os elementos marcantes na cultura, sejam eles edificadas ou não, formam a identidade da cidade e influenciam fortemente também a identidade da população e a forma de viver a cidade.

Em termos de paisagem cultural, parte-se do entendimento de Besse (2014):

O aspecto ‘morfológico’ da paisagem é, na realidade, a expressão de uma relação mais profunda, ‘vertical’, entre o homem e a superfície da Terra, uma relação ativa e prática pela qual o homem transforma o seu meio natural. As atividades humanas inscrevem-se no solo e o transformam. A paisagem não é, portanto, um simples conjunto de espaços organizados coletivamente pelos homens. É também uma sucessão de rastros, de pegadas que se superpõem no solo e constituem, por assim dizer, sua espessura tanto simbólica quanto material. A paisagem também é um lugar de memória. (Besse, 2014. p.33)

A arquitetura da paisagem além da função de estabelecer relações afetivas e culturais com o lugar, tem também a capacidade de gerar cidades criativas, humanas e acolhedoras, o ato de pensar e construir a paisagem deve ser regada da noção de recriar o habitat para vida silvestre, contribuindo assim para conservar a biodiversidade e manter o ecossistema, proporcionar a retenção e a absorção de águas pluviais, recriar micro climas amenos e combater os efeitos das ilhas de calor urbanas, contribuindo para cidades mais verdes e sustentáveis.

O paisagismo aplicado aos espaços livres urbanos vai além de promover a apreciação estética, a fruição, o lazer e o convívio social da população, resguardando recursos bióticos e abióticos fundamentais ao metabolismo da cidade: ar limpo, água potável, camada de ozônio efetiva, conservação da biodiversidade, funcionalismo da drenagem (Gorski, 2008). O paisagismo é uma ferramenta que pode auxiliar no equilíbrio ecológico das cidades. As áreas verdes urbanas, principalmente em rios e córregos, se pensadas ecologicamente, no que diz respeito à flora, à fauna, ao social e ao urbano, através da construção ou reconstrução da paisagem, para além do ganho estético, podem resultar na promoção do ecossistema, na valoração econômica e no resgate da memória popular.

Ao se pensar na ecologia do ambiente ripário, é necessário também se atentar à sazonalidade que muda ao longo do ano, passando da estiagem, que forma o leito menor, à cheia, que ocupa a planície de inundação, e toda a água de chuva que drena na bacia converge para o curso d'água e daí a necessidade da mata ciliar como atividade de filtragem e amortecimento para as cheias (Mello, 2008). Ribeiro e Walter (1998), ao caracterizar as fitofisionomias do bioma cerrado, definiram a mata ciliar da seguinte forma:

Por Mata Ciliar entende-se a vegetação florestal que acompanha os rios de médio e grande porte da região do Cerrado, em que a vegetação arbórea não forma galerias. Em geral essa Mata é relativamente estreita em ambas as margens, dificilmente ultrapassando 100 metros de largura em cada. [...]

A Mata Ciliar no bioma Cerrado também se diferencia da Mata de Galeria pela deciduidade e pela composição florística, havendo, na Mata Ciliar, diferente grau de caducifolia na estação seca, enquanto a Mata de Galeria é perenifolia. Floristicamente é mais similar à Mata Seca, diferenciando-se desta pela associação ao curso de água e pela estrutura, que em geral é mais densa e mais alta, com elementos florísticos específicos no trecho em contato com o leito do rio. (Ribeiro e Walter, 1998. p. 164-165)

Pode-se dizer que a formação florestal presente nas margens do rio é associada ao próprio curso hídrico, que possui solos mais úmidos, e na literatura, essas formações florestais são apresentadas como vegetação extra-cerrado (Ribeiro e Walter, 1998). O ecossistema do rio, apesar de precisar ser pensado conjuntamente ao uso do solo do restante da bacia, é fundamental para a manutenção da dinâmica hídrica, no entanto, na urbanização brasileira, os rios foram comprometidos pelas sucessivas intervenções sanitárias e urbanísticas não sendo pensados, no planejamento e no paisagismo, para integrarem à paisagem urbana das cidades, tampouco para serem mantidos, naturalmente, em suas dinâmicas fluviais (Baptista e Cardoso, 2013).

Essas ações desencadeiam uma série de impactos ambientais negativos: erosão, impermeabilização do solo, dificuldade de infiltração, alteração no microclima, na fauna e na flora, assoreamentos, fragilidade nas margens, inundações. Compreender os valores ecológicos e ambientais e valorizar os elementos vegetais e os ciclos naturais do meio ripário é necessário para a preservação desse ambiente, e integrá-los à malha urbana de forma tran-

sicional, respeitando cada camada de interação rio-cidade, por meio de espaços públicos, pode ser uma forma de mitigar tantos problemas levantados.

O termo ecogênese traz um nome novo a uma ideia já existente e já praticada por outras especialidades, como o botânico Mello Barreto e o paisagista Burle Marx. O termo trazido por Luiz Emygdio de Mello Filho surgiu de trabalhos e pesquisas realizados com outros profissionais biólogos e botânicos (Curado, 2007). A interdisciplinaridade inerente à ecogênese permite diferentes perspectivas de diversas especialidades técnicas, contribuindo assim para um projeto holístico e ecossistêmico, essencial para a reintegração entre paisagens naturais e construídas.

Chacel trata da importância de se trabalhar utilizando as características da paisagem de cada lugar, e de como, dessa forma, cada local terá sua singularidade.

A ecogênese, com pequenas modificações, como manifestação feita pelo homem, não é uma paisagem natural, mas é um processo dentro da paisagem cultural. Ela deve considerar as características culturais de quem vai usar a paisagem, e quem vai usufruir isso é o homem. Os outros seres vivo também, mas estamos falando principalmente do homem, nesse caso. A ecogênese é uma intervenção local. Ao se fazer um projeto ecogenético no Rio Grande do Sul, vai-se trabalhar com o ecossistema de lá; da mesma forma, não se deve trabalhar na Amazônia com a flora do litoral. O que caracteriza a ecogênese é exatamente a busca de elementos primitivos das paisagens naturais dos locais em que se está trabalhando. Ao usar, numa restinga do Rio de Janeiro, elementos da restinga do nordeste, serão espécies exóticas em relação à restinga do Rio. Existem pequenas diferenças dentro do próprio ecossistema, que são diferenças locais. (Curado, 2007. p. 160-161)

Ao se tratar de “paisagem de cada lugar” sob o pilar da ecogênese, torna-se necessário pensar no clima, na vocação de cada solo, nas fitofisionomias e associações vegetais, na fauna que direta ou indiretamente usufrui do espaço e, sobretudo, na sociedade que terá um ganho maior, seja através de espaços de lazer ou na manutenção da natureza local. Em seus trabalhos realizados sob o conceito de ecogênese, Fernando Chacel teve, em sua grande maioria, trabalhos realizados no bioma da Mata Atlântica, em fitofisionomias de mangue e restinga. Considerando que, no caso estudado, as características locais se encontram sob o bioma Cerrado, é necessário compreender melhor os estudos de Ribeiro e Walter (1998) sobre as fisionomias do bioma, vegetação, clima e solo para pensar em soluções de ecogênese. Além desses estudos relacionados ao bioma, é necessária a avaliação da área urbana, a fim de compreender sua lógica e sua relação com a paisagem natural, possibilitando maiores ganhos no levantamento das diretrizes de conexão da paisagem cultural.

No processo de avaliação da área - parte do processo metodológico - analisou-se a cidade como um todo, levantando suas áreas verdes intraurbanas e a presença de outros corpos hídricos, lagoas e afluentes. Foi observado que a cidade, além do rio São Francisco, conta com uma área verde não construída, onde existe uma lagoa denominada “lagoa do

velho chico”, e, apesar do potencial, a área se mostrou carente em termos de vegetação. Conta também com dois riachos (Figura 4) que contornam as arestas do ambiente urbano, perpendiculares ao rio São Francisco. Esses riachos contribuem para a retenção de águas pluviais urbanas, porém, assim como o rio principal, são cursos hídricos muito afetados pelas ações antrópicas.

Nesses riachos, a ausência da Mata de Galeria Inundável contribui para a baixa de seu espelho d’água na seca e, em muitos pontos, sua seca total causa descontinuidade. É possível ainda observar a grande poluição, provinda principalmente de lixo e esgoto doméstico das residências que ocupam áreas próximas aos fundos do vale. Nas cheias intensas, o volume de água desses riachos aumenta, conectando com o rio e circundando a cidade, formando um “U” e, por vezes, extravasando para a malha urbana.

Figura 4: Riachos adjacentes.



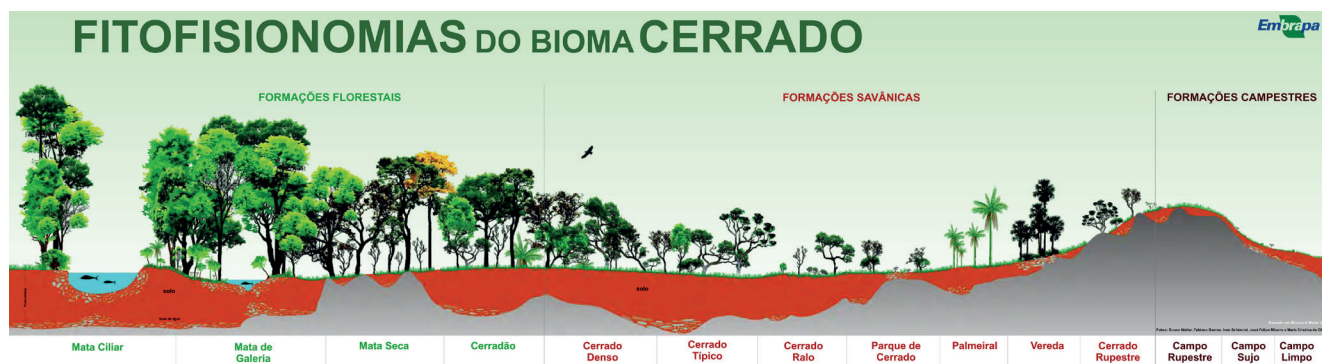
Fonte: Autores, 2025.

Retomando a caracterização das fitofisionomias do bioma cerrado, Ribeiro e Walter (1998) definiram a mata de galeria:

Por Mata de Galeria entende-se a vegetação florestal que acompanha os rios de pequeno porte e córregos dos planaltos do Brasil Central, formando corredores fechados

(galerias) sobre o curso de água. Geralmente localiza-se nos fundos dos vales ou nas cabeceiras de drenagem onde os curso de água ainda não escavaram um canal definitivo. Essa fisionomia é perenifólia, não apresentando caducifolia evidente durante a estação seca. Quase sempre é circundada por faixas de vegetação não florestal em ambas as margens, e em geral ocorre uma transição brusca com formações savânicas e campestres. A transição é quase imperceptível quando ocorre em Matas Ciliares [...] (Ribeiro e Walter, 1998. p. 167)

Figura 5: Fitofisionomias do Bioma Cerrado.



Fonte: Embrapa-Cerrados, 2008.

Este estudo considerará a formação florestal nas características de Mata Ciliar e Mata de Galeria (Figura 5), âmbitos da pesquisa, dessa forma, ainda seguindo as caracterizações de Ribeiro e Walter (2008):

Na Mata Ciliar, as árvores, predominantemente eretas, variam em altura de 20 m a 25 m, com poucos indivíduos emergentes alcançando 30 m ou mais [...]. Na Mata de Galeria, a altura média do estrato arbóreo varia entre 20 m e 30, apresentando uma superposição das copas, que fornecem cobertura arbórea [...]. Geralmente localiza-se nos fundos de vales ou nas cabeceiras de drenagem onde os cursos de água ainda não escavaram um canal definitivo. (Ribeiro e Walter, 1998. p 164- 169)

A restauração do ambiente ripário deve seguir a formação vegetativa natural dos cursos hídricos naquele bioma, segundo a Resolução CONAMA nº 09, de 24 de outubro de 1996. A extensão das matas ciliares varia de acordo com a largura do rio, e nesta pesquisa considerará a planície de inundação disponível, visto que há uma limitação de trabalho que é o ambiente construído.

É inquestionável que a preservação dos mananciais naturais de água nos ambientes urbanos oferece melhores condições de ambientação nas cidades, proporcionando espaços

de lazer e recreação; a preservação das várzeas contribui para a contenção dos problemas de inundação, além da preservação do ecossistema natural. (Baptista e Cardoso, 2013). Os projetos de espaços públicos requerem um apelo para chamar a atenção dos usuários, de forma a chamar a responsabilidade de zelar pela paisagem construída e, ao mesmo tempo, contrastar e equilibrar com a dinâmica da cidade. Nesse contexto de espaço público e área ripária, traz-se o conceito de Parques Lineares, que nas palavras de Medeiros (2016) pode ser entendido por:

Os parques lineares são equipamentos que podem existir no contexto urbano, abrindo a biodiversidade local. Esses espaços devem ter livre acesso, buscando uma cidade que possibilite a coexistência de todas as formas de vida. Os projetos de parques lineares são exemplos desse novo paradigma de paisagismo baseado em preocupações ecológicas, onde é buscada uma governança que se sobressaia a intrigas políticas, tentando atender à problemática ambiental e aos desejos de lazer da população, ou seja, um planejamento sistêmico, sempre pensando a longo prazo, unindo três grandes macro-dimensões, que reúnem competências ecológicas, sociais e de tecnologia. (MEDEIROS, 2016. p. 28)

Dessa forma, acredita-se que os parques lineares possam ser objeto de auxílio para a renaturalização dos cursos fluviais, recuperação do ecossistema aquático e terrestre, valorização e expansão da vegetação nativa, contribuição para o microclima urbano, auxílio nos abastecimentos de lençóis de água subterrânea, facilitar o escoamento de águas pluviais, além de melhoria da qualidade de vida dos habitantes locais, incentivo ao turismo e às atividades econômicas.

A função social do paisagismo é garantir a integração das paisagens, quer sejam naturais, construídas ou culturais, e promover a integração dos indivíduos ao meio, proporcionando harmonia e bem-estar e respeitando a ecologia do meio ambiente. A “Lei Complementar Nº 068, de 18 de abril de 2008 que dispõe sobre a instituição do Plano Diretor Municipal”, trata sobre questões levantadas nesta pesquisa, porém, que não se veem efetivadas na cidade, entre elas cabe destacar:

Art. 8º. São objetivos deste Plano Diretor:

I - promover a inclusão e a redução das desigualdades sociais, garantindo à população o acesso a bens, serviços e políticas sociais;

VI - garantir o saneamento ambiental do Município, no que tange a coleta e tratamento de esgoto sanitário da área urbana e dos Distritos Industriais, quando existentes, além da drenagem das águas pluviais;

VIII - garantir a preservação e recuperação das Áreas de Preservação Permanente (APP) em toda a extensão do Município e/ou a que venha a este incorporar;

XI - incentivar a implantação de ciclovias nas principais avenidas da cidade e em áreas verdes públicas e de fundo de vale, visando o lazer e o transporte;

XXIX - determinar diretrizes e ações para a implantação de políticas de desenvolvimento urbano, rural, econômico e social, visando a integração do Município na Região;

Art. 39. São diretrizes específicas da Política Municipal de Meio Ambiente:

II - despoluir, desassorear, recuperar e preservar os fundos de vales, cursos d'água, lagoas e suas respectivas matas ripárias (ciliar e de galeria) em toda a extensão do Município;

V - elaborar o Programa Municipal de Educação Ambiental integrado com todas as áreas da Administração Municipal e em especial, com o órgão Municipal de Educação, com obrigatoriedade de inserção na grade curricular municipal da disciplina "meio ambiente" e como tema transversal o ecoturismo;

VI - promover parceria com as Unidades de Conservação, incentivando o uso consciente pela população para pesquisas científicas, educação ambiental e turismo ecológico, promovendo a inserção social prioritariamente da comunidade e a consequente melhoria dos padrões de vida desta população;

VII – disciplinar e fiscalizar a utilização econômica do patrimônio sócio-cultural do Rio São Francisco de forma a alcançar o desenvolvimento sustentável e equilibrado, em detrimento aos possíveis danos ambientais que possam ser causados por sua utilização, preservando sempre as tomadas de água para abastecimento urbano (Estação de Captação de Água abastecedora de toda a cidade); e locais destinados a lazer;

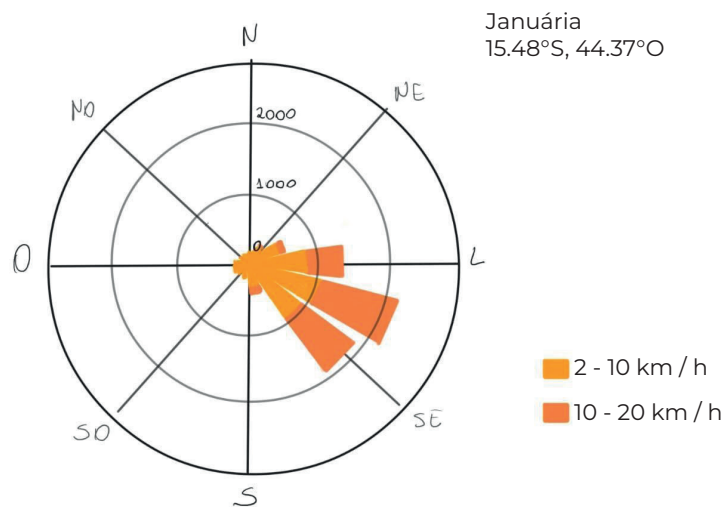
XII – Instituir programas de arborização urbana de forma a garantir melhoria de vida para a população; (JANUÁRIA, 2018. p. 2-3)

Observa-se, assim, que o Plano Diretor Municipal necessita de projetos práticos a serem executados, de modo a garantir o seguimento da legislação.

Ainda na busca por melhor compreender o ambiente de estudo, levantou-se o mapa de ventos predominantes (Figura 6), com base em dados climáticos modelados pelo Meteo-blue (simulações de 30 anos).

Observa-se que os ventos predominantes na maior parte do ano vêm de sudoeste, passando pelo rio em direção à cidade, dessa forma, ao se trabalhar a revegetação da Mata Ciliar, poderá-se obter maior umidificação do espaço urbano, contribuindo positivamente para o microclima e a qualidade de vida urbana nesta região de semiárido.

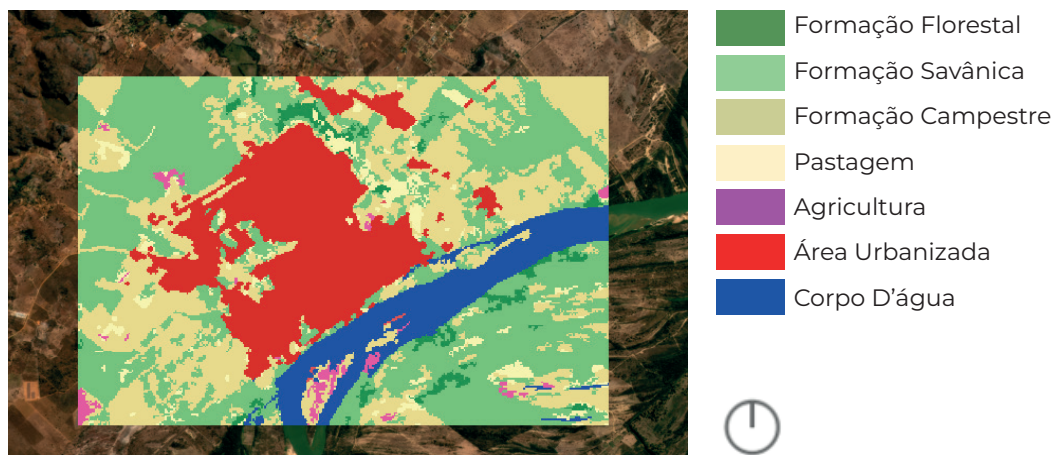
Figura 6: Ventos predominantes.



Fonte: Meteoblue, 2024 (adaptado)

A seguir, parte-se para a análise do mapa de fitofisionomias e cobertura do solo (Figura 7), que considera o recorte da cidade e suas adjacências.

Figura 7: Cobertura do solo.



Fonte: Mapbiomas, 2024, (adaptado).

Nota-se uma predominância da formação savânica, seguida pela formação campestre. Nas margens fluviais, pequenas manchas de formação florestal. Os riachos periféricos não aparecem nas manchas do mapa, acredita-se que, por sua pequena dimensão, apesar disso, é possível observar a pouca predominância da formação florestal no percurso que deveriam correr os riachos, reafirmando a necessidade da revegetação com árvores de mata de galeria.

4. Resultados

Compreendendo e analisando todo o estudo levantado, obtiveram-se como resultado os seguintes produtos: Tabela 1 - Problemas e Diretrizes; Figura 9 - Lançamento de ideias para os ambientes da cidade e dos cursos hídricos; Figura 10 - Passarelas elevadas; Tabela 2: Levantamento Florístico.

Na Tabela 1 apresentam-se os principais problemas identificados em cada âmbito — rio, cidade e população, bem como as diretrizes observadas por Evangelista (2011) e pelo CBHSF, tomadas como referência de soluções aplicadas a problemas semelhantes aos constatados neste trabalho.

Tabela 1: Problemas e Diretrizes.

	PROBLEMAS	DIRETRIZES
O RIO	Solapamentos, erosão, sedimentação	Revegetação das margens
	Poluição difusa	Destinação correta de resíduos urbanos
	Desconexão dos ambientes naturais e construídos	Formação de cinturão ecológico para integrar o rio à paisagem da cidade
	Solo exposto na área ripária	Plantio de espécies nativas para recomposição das margens
A CIDADE	Falta de lazer e qualidade de vida urbana	Projetos de paisagismo
	Falta de integração da paisagem urbana com a paisagem fluvial	Retorno do rio ao convívio da cidade
	Lixos nas vias públicas	Eliminação por meio da limpeza pública urbana
	Alagamento de ruas	Implantação dos sistemas de drenagens urbanas

A POPULAÇÃO	Enfraquecimento da memória do município e do povo	Restauração histórica e cultural
	Despreocupação com o meio ambiente	Ações de educação ambiental
	Desigualdade social	Turismo sustentável
		Implantação de programas de manejo da ictiofauna e resgatar atividade pesqueiras com espécies nativas
		Incentivo e apoio à arte e ao artesanato local
		Desenvolver de forma sustentável a agricultura urbana, transformando em fonte de desenvolvimento econômico e social

Fonte: Autores, 2024.

A partir dessas diretrizes, lançaram-se ideias a níveis projetuais que permitissem a efetivação dessas soluções (Figura 8). São estratégias de bases sustentáveis que buscam respeitar a escala do rio, da cidade e da população, integrando os três atores do ambiente e agregando a escala bucólica que nasce dessa integração.

Revegetação da mata ciliar e das matas de galerias próximas aos riachos, conectando com a área de mata ciliar do rio São Francisco, formando um “U” vegetado, no limiar entre a vegetação e a malha urbana, a criação de “parques” com ciclovias e passeios de pedestres, permitindo a interação entre os dois ambientes.

Em áreas atualmente menos adensadas por construções, a proposição de áreas de parques urbanos, inseridos na malha urbana, criando “dois pulmões” de área verde, com equipamentos urbanos para lazer e estar. E em ocre, a reafirmação da área de praia que atualmente já ocupa a área estabelecida nos períodos de baixa do volume hídrico - julho a outubro.

Figura 8: Lançamento de ideias para os ambientes da cidade e dos cursos hídricos.



Fonte: Autores, 2025.

O mapa de intencões (Figura 9), em vermelho, passarelas tipo deck, ao nível da cidade, a aproximadamente 7 metros de altura da área inundável, pensando na sazonalidade do rio, considerando as cheias e buscando ainda permitir essa integração, como “braços da cidade” que continuam abraçando o rio, mesmo em períodos de cheias, permitindo integração.

Assim como historicamente o ambiente ripário é marcado pela agricultura de parte da sociedade mais fragilizada, as áreas verdes podem também ser espaço para a agricultura urbana, reforçando o sentido de comunidade e contribuindo para a diminuição da desigualdade social e da economia local.

Após a revegetação das áreas sensíveis, outra diretriz que pode ser pensada para a contínua preservação é o estabelecimento em lei de áreas de APP. Garantindo assim que a ação antrópica não volte a ser um problema iminente.

Figura 9: Passarelas elevadas.



Fonte: Autores, 2025

Pensando na Educação Ambiental, o que pode ser feito é a implementação de feiras educativas e comerciais, ressaltando a importância de preservar e enaltecer a cultura local com artes e artesanatos, música, danças e comidas típicas, cartilhas nas escolas e repetição do discurso nas rádios e TVs.

Seguindo os trabalhos de Ribeiro e Walter (2008) e Sartorelli e Rodrigues (2017), produziu-se uma tabela de vegetação para a revegetação da mata ciliar do rio São Francisco e a mata de galeria dos riachos Quebra Cumbuca e da Quinta, e ainda a vegetação do ambiente de integração entre eles, onde há a ocorrência de espécies das duas matas. O levantamento considera espécies arbóreas, arbustivas e algumas palmeiras que se encontram na coluna das espécies arbustivas. Foram considerados, no levantamento, além da sua formação florestal, sua diversidade, frutos, florações e tamanhos, pensando além de uma revegetação regenerativa, mas também uma paisagem estética. Neste momento, retomando o conceito de ecogênese, a revegetação deverá ser pensada seguindo uma gradação de tamanhos e funções, sendo as árvores mais altas e perenes mais próximas dos corpos hídricos e as semi-decíduas e mais baixas conforme se afasta do leito dos rios.

Tabela 2: Levantamento florístico. Fonte:

ESPÉCIES ARBÓREAS		ESPÉCIES ARBUSTIVAS	
nome popular	nome científico	nome popular	nome científico
angicos	<i>Anadenanthera spp.</i>	burra-leiteira	<i>Sapium glandulosum</i>
embaúba	<i>Cecropia pachystachya</i>	candeia	<i>Moquiniastrum polymorphum</i>
pajéu	<i>Triplares gardneriana</i>	lixeira	<i>Aloysia virgata</i>
jerivá	<i>Syagrus romanzoffiana</i>	alecrim-do-campo	<i>Baccharis drircunculifolia</i>
babaçu	<i>Attalea speciosa</i>	fruta-de-pomba	<i>Erythroxylum deciduum</i>
amendoim-bravo	<i>Pterogyne nitens Tul.</i>	lixeira-do-cerrado	<i>Curatella americana</i>
caroba-do-mato	<i>Jacaranda macrantha</i>	muricizinho-dourado-da-mata	<i>Byrsonima sericea</i>
sucupira-branca	<i>Pterodon pubescens</i>	amarelão	<i>Senna multijuga</i>
quaresmeira	<i>Tibouchina spp.</i>	tabocuva	<i>Pera glabrata</i>
pau-de-jangada	<i>Apeiba tibourbou</i>	marmeleiro	<i>Alibertia edulis</i>
perobas	<i>Aspidosperma spp</i>	maria-faceira	<i>Guapira opposita</i>
genipapo	<i>Genipa americana L.</i>	laranjinha-do-cerrado	<i>Styrax ferrugineus</i>
tamboril	<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	jenipapo-de-cavalo	<i>Tocoyena formosa</i>
araçá	<i>Psidium cattleianum Sabine.</i>	angico do cerrado	<i>Anadenanthera peregrina</i> var.
angelim-do-cerrado	<i>Andira cujabensis Benth.</i>	araruta-do-campo	<i>Connarus suberosus Planch.</i>
ipês	<i>Tabebuia spp.</i>	aroeira-mole	<i>Lithrea molleoides</i>

M A T A C I L I A R

M A T A D E G A L E R I A	buriti	<i>Mauritia flexuosa</i>	canela-de-frade	<i>Endlicheria paniculata</i>
	mutambo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	carne-de-vaca	<i>Roupala montana</i> Aubl.
	peroba	<i>Aspidosperma</i> spp.	chá-de-bugre	<i>Hedyosmum brasiliense</i>
	capitão-do-mato	<i>Terminalia argentea</i>	chal-chal	<i>Allophylus edulis</i>
	cinco-folhas	<i>Sparattosperma leucanthum</i>	curindiba	<i>Trema micrantha</i>
	macaúba	<i>Acrocomia aculeata</i>	esporão-de-galo	<i>Celtis iguanaea</i>
	copaliba	<i>Copaifera langsdorffii</i>	falso-jaborandi	<i>Piper aduncum</i> L.
	gabioba	<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	guaçatonga	<i>Casearia sylvestris</i>
	jurema	<i>Mimosa</i> spp.	jacarandá-cipó	<i>Dalbergia frutescens</i>
	embaúba	<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul.	ucuuba-do-cerrado	<i>Virola sebifera</i>
	ingá	<i>Inga vera</i>	tamanqueira	<i>Aegiphila integrifolia</i>
	almécega	<i>Protium heptaphyllum</i>	caqui-do-cerrado	<i>Diospyros hispida</i>
	jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i>	murici-canjiquinha	<i>Byrsonima coccolobifolia</i>
	cedro	<i>Cedrela odorata</i>	mama-cadela	<i>Brosimum gaudichaudii</i>
	jussara	<i>Euterpe edulis</i>	leiteiro-do-cerrado	<i>Himatanthus obovatus</i>
	erva-de-gralha	<i>Psychotria carthagenensis</i>	guabioba-do-campo	<i>Campomanesia adamantium</i>
	pata-de-vaca	<i>Bauhinia rufa</i>	fedegoso-do-cerrado	<i>Senna rugosa</i>
	jequitibá	<i>Carniana rubra</i>	caliandra	<i>Calliandra dysantha</i>
	oiti	<i>Licania apetala</i>	cagaita	<i>Eugenia dysenterica</i>

Autores, (2024).

Seguindo as soluções aqui apresentadas como diretrizes norteadoras para soluções dos problemas levantados, acredita-se na mitigação dos problemas, lembrando ainda que são ações que necessitam de multi-atores, as instituições públicas e a sociedade civil e privada. Acredita-se ainda que dessa forma o município contribuirá para se aproximar dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil, auxiliando na redução da pobreza, na proteção do meio ambiente, e contribuindo, ainda que em microescala, nas ações climáticas.

Seguem os objetivos levantados pela ONU e acolhidos pelas diretrizes pontuadas na Tabela 3 - Problemas e Diretrizes.

Tabela 3: Problemas e Diretrizes.

OBJETIVOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL ABARCADOS NA PESQUISA
2 - FOME ZERO E AGRICULTURA SUSTENTÁVEL
3 - SAÚDE E BEM-ESTAR
8 - TRABALHO DECENTE E CRESCIMENTO ECONÔMICO
10 - REDUÇÃO DAS DESIGUALDADES
11 - CIDADES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS
14 - VIDA NA ÁGUA
15 - VIDA TERRESTRE

Fonte: Os autores, 2025.

Dessa forma, a cidade, além de mitigar problemáticas existentes e impedir a iminência de novas adversidades, principalmente no âmbito ambiental, pode se tornar um exemplo de destaque para outras cidades ribeirinhas, contribuindo para outros modelos de soluções. As diretrizes baseadas nos três âmbitos - rio, cidade e população - reforçam que para um ganho de caráter integrado é necessário olhar para diferentes escalas e dimensões que compõem o contexto urbano.

5. **Considerações Finais**

Apesar de seus 165 anos, a cidade de Januária ainda sofre muito com a defasada infraestrutura urbana, seu contexto histórico-político muito pautado no coronelismo e corrupções justifica essa defasagem. Para além disso, as despreocupações ambientais muito contribuíram para os desarranjos anteriormente citados. São fatos que perpassam o tempo

e mesmo com os avanços observados nos últimos mandatos políticos, as feridas de sua história não cicatrizaram.

A cidade possui grande potencial turístico, tendo o Rio São Francisco como principal foco natural, seus casarios coloniais como turismo urbano e sua cultura barranqueira e sertaneja como turismo imaterial. Porém, a cidade, a população e o meio ambiente perdem quando os esforços não são bem direcionados e todo o potencial é pouco explorado. É necessário compreender que, para enaltecer seus potenciais, a atuação deve partir da solução dos problemas básicos, como infraestrutura e preservação dos ambientes naturais.

Essa pesquisa buscou mostrar a importância das soluções baseadas na natureza e como é possível mitigar os problemas naturais e urbanos, partindo de pesquisas já realizadas, analisando e compreendendo cada uma delas a fim de levar o teórico à prática. A importância de entender o histórico social e urbano para levantar soluções que melhor se adequem à singularidade de cada local.

Foi possível entender a formação da cidade e procurar formas de reverter até certo nível o impacto das ações antrópicas negativas, valorizar a fauna, a flora e a cultura local, proporcionar microclima ameno, agregar e incentivar a recreação e o lazer por meio das áreas públicas, incentivar o turismo e a valorização do Rio, permitir maiores infiltrações das águas, estimular o desenvolvimento econômico e garantir a exequibilidade da Lei.

É importante a compreensão de que este trabalho é um estudo inicial e, para que essas ações sejam efetivamente implantadas, fazem-se necessários estudos mais aprofundados, contemplando outras áreas do conhecimento, como estudos ambientais próprios, sociais e econômicos, mas é um ponto de partida importante para se seguir buscando reabilitação de ambientes sustentáveis urbanos.

Referências

AMARAL, A. A. História e memória de Januária. Minha Cidade, São Paulo, ano 09,n. 097.01, Vitruvius, ago. 2008

BAPTISTA, M.; CARDOSO, A. Rios e cidades: uma longa e sinuosa história... REV.UFMG, 20:124-153, 2013.

BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N. O. Aspectos institucionais e de financiamento dos sistemas de drenagem urbana. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 7, n. 1, p. 29-49, jan./ mar. 2002.

BESSE, Jean-Marc. Ver a Terra: seis ensaios sobre a paisagem e a geografia. São Paulo: Perspectiva, 2014.

BRASIL. CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 09, de 24 de outubro de 1996. “Define corredor de vegetação entre remanescente como área de trânsito para a fauna”. Disponível em: <<https://faolex.fao.org/docs/pdf/bra15438.pdf>>. Acessado em: novembro/2024.

CBHSF. A Bacia. Belo Horizonte. Disponível em <<https://cbhsaofrancisco.org.br/a-bacia/#:~:text=Com%20uma%20extens%C3%A3o%202.863%20km,de%20Alagoas%20e%20de%20Sergipe.>> Acesso em 16/10/2024.

COSTA, J. B. A. Mineiros e baianos: englobamento, exclusão e resistência. Brasília: Universidade de Brasília, 2003 (Tese de Doutorado).

CHACEL, F. M. Paisagismo e Ecogênese / Landscaping and ecogenesis. Rio de Janeiro: Fraiha, 2001.

CURADO, M. M. C. Paisagismo contemporâneo: Fernando Chacel e o conceito de ecogênese. / Mirian Mendonça de Campos Curado. - Rio de Janeiro: UFRJ/FAU, 2007.

DURIGAN, G., MELO, A.C.G., MAX, J.C.M., VILAS BÔAS, O., CONTIERI, W.A. 2011. Manual para recuperação da vegetação de cerrado. 3 ed. SMA, São Paulo.

DOURADO, L. F. N.; FRANÇA, I. S. O zoneamento morfológico-funcional de Januária – Minas Gerais. URBANA: Revista Eletrônica do Centro Interdisciplinar de Estudos sobre a Cidade, Campinas, SP, v. 12, 2020. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/urbana/article/view/8661379>. Acesso em: 16 out. 2024.

EVANGELISTA, J. A. Sistemática para avaliação técnica e econômica de alternativas de intervenções em cursos de água urbanos. 2011. 222p. Dissertação (Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais.

GOOGLE. Januária - MG. Google Earth, 2024. Disponível em: https://earth.google.com/web/search/januaria+mg/@-15.47625804,-44.34986889,461.02188946a,19493.24514792d,35y,0h,-0t,0r/data=CiwjGokCQfSwS78BC_AER3gSnmmli_AGRacBj2op0fAleMn6lBQFUjAQgIIAToD-CgEwQgIIAEoNCP_____wEQAA. Acesso em 05/11/2024.

GORSKI, M. C. B. Rios e Cidades: Ruptura e Reconciliação. São Paulo, 2008.

JANUÁRIA. Lei complementar nº 068/2008. Prefeitura Municipal de Januária. 18 abr. 2008. Disponível em:<[https://www.januaria.mg.gov.br/publicos/lei_complementar_n_068_\(plano_diretor\)_13055502.pdf](https://www.januaria.mg.gov.br/publicos/lei_complementar_n_068_(plano_diretor)_13055502.pdf)>. Acesso em: 05 nov. 2024.

MEDEIROS, J. M. M. Parques lineares ao longo de corpos hídricos urbanos: conflitos e possibilidades; o caso da orla do lago Paranoá – DF. 2016. xvi, 368 f., il. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo)—Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

MELLO, S. S. Na beira do rio tem uma cidade: urbanidade e valorização dos corpos d’água. 2008. 348f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

MOREIRA, H. F. “SE FOR PRA MORRER DE FOME, EU PREFIRO MORRER DE TIRO”: O Norte de Minas e a formação de lideranças rurais. Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2010 (Dissertação de Mestrado)

OLIVEIRA, C. L. Vazanteiros do Rio São Francisco: um estudo sobre populações tradicionais e territorialidade no Norte de Minas Gerais. Belo Horizonte:UFMG, 2005. Dissertação de Mestrado.

PEREIRA, A. E. Memorial Januária: Terras, Rios e Gente. Mazza Edições Ltda. Belo Horizonte, 2004.

PROJETO MAPBIOMAS – Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil. Disponível em <<https://plataforma.brasil.mapbiomas.org>>. Acesso em 05/11/2024.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. In:SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. Cerrado: ecologia e ora. Brasília, DF:Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. v. 1, p.164- 169.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomia do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Eds.) Cerrado: ambiente e flora. Brasília: Embrapa, 1998. p.89-166.

SANTOS, J.L.T; ZEIN, R. V; GIMENEZ, L. E. A PAISAGEM RECRIADA. Instituto Roberto Simonsen. São Paulo, 1980.

SARTORELLI, P. A. R. Guia de plantas da regeneração natural do Cerrado e da Mata Atlântica / Paolo Alessandro Rodrigues Sartorelli, Eduardo Malta Campos Filho. -- São Paulo : Agroicone, 2017.

12. O som sob controle: Análise de painéis acústicos caseiros para estúdios musicais

Sound under control: analysis of homemade acoustic panels for music studios

El sonido bajo control: análisis de paneles acústicos caseros para estudios de música

Lucas Silva de Oliveira Maranhão¹
Camila Amaro de Souza²

¹ Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Brasília, DF, Brasil.

² Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Faculdade de Arquitetura, Urbanismo e Design. Campo Grande, MS, Brasil.

Resumo

O condicionamento acústico é um tratamento prioritário em estúdios de gravação musical, pois as características sonoras do ambiente interferem diretamente no processo de captação e reprodução das músicas. Este capítulo investigou a otimização do tempo de reverberação e do nível de pressão sonora a partir da aplicação de painéis acústicos de lã de rocha elaborados artesanalmente e instalados nas paredes de um estúdio de pequeno porte, localizado em Brasília, no Distrito Federal, Brasil. As medições e cálculos seguiram as normas técnicas vigentes, como a ABNT NBR 10151:2019 e a ABNT NBR 12179:1992. Os critérios de análise incluíram a otimização do tempo de reverberação (TR60) e a redução do nível de pressão sonora (NPS) em diferentes cenários. Para as medições, foi empregado instrumento de medição de nível de pressão sonora de classe 1. Os resultados mostraram que o uso dos painéis atenuou ruídos indesejados e melhorou a fidelidade e clareza do som, especialmente nas frequências médias e agudas, aproximando-se do tempo de reverberação ótimo estipulado de 0,3 segundos. A absorção sonora nas frequências graves foi menos eficiente, mas ainda benéfica. Comparados a modelos industrializados, os painéis caseiros tiveram desempenho semelhante, com uma leve inferioridade nas frequências graves. A análise concluiu que os painéis de lã de rocha elaborados manualmente são uma solução positiva e de baixo custo para estúdios, oferecendo um bom custo-benefício e performance adequada. Palavras-Chave: Conforto acústico, Tecnologias ambientais, Bioeconomia, Sustentabilidade, Inteligibilidade.

Abstract

Acoustic conditioning is a priority treatment in music recording studios, since the sound characteristics of the environment directly interfere in the process of capturing and playing music. This chapter investigated the optimization of reverberation time and sound pressure level by applying handmade rock wool acoustic panels installed on the walls of a small studio located in Brasília, in the Federal District, Brazil. The measurements and calculations followed current technical standards, such as ABNT NBR 10151:2019 and ABNT NBR 12179:1992. The analysis criteria included the optimization of reverberation time (TR60) and the reduction of sound pressure level (SPL) in different scenarios. A class 1 sound pressure level measuring instrument was used for the measurements. The results showed that the use of the panels attenuated unwanted noise and improved sound fidelity and clarity, especially in the mid and high frequencies, approaching the stipulated optimum reverberation time of 0.3 seconds. Sound absorption in the low frequencies was less efficient, but still beneficial. Compared to industrialized models, the homemade panels had similar performance, with a slight inferiority in the low frequencies. The analysis concluded that hand-crafted rock wool panels are a positive, low-cost solution for studios, offering good value for money and adequate performance.

Key-Words: Acoustic comfort, Environmental technologies, Bioeconomy, Sustainability, Intelligibility.

Resumen

El acondicionamiento acústico es un tratamiento prioritario en los estudios de grabación musical, ya que las características sonoras del entorno interfieren directamente en el proceso de captura y reproducción musical. Este capítulo investigó la optimización del tiempo de reverberación y el nivel de presión sonora mediante la aplicación de paneles acústicos artesanales de lana de roca instalados en las paredes de un pequeño estudio, ubicado en Brasília, en el Distrito Federal, Brasil. Las mediciones y los cálculos se realizaron según las normas técnicas vigentes, como ABNT NBR 10151:2019 y ABNT NBR 12179:1992. Los criterios de análisis incluyeron la optimización del tiempo de reverberación (TR60) y la reducción del nivel de presión sonora (SPL) en diferentes escenarios. Se utilizó un medidor de nivel de presión sonora de clase 1 para las mediciones. Los resultados mostraron que el uso de paneles atenuó el ruido no deseado y mejoró la fidelidad y claridad del sonido, especialmente en las frecuencias medias y altas, acercándose al tiempo de reverberación óptimo estipulado de 0,3 segundos. La absorción del sonido en bajas frecuencias fue menos eficiente, pero aun así beneficiosa. En comparación con los modelos industrializados, las tarjetas caseras tenían un rendimiento similar, con una ligera inferioridad en las frecuencias graves. El análisis concluyó que las losas de lana de roca elaboradas manualmente son una solución positiva y de bajo coste para los estudios, que ofrecen una buena relación calidad-precio y un rendimiento adecuado.

Palabras clave: Conforto acústico, Tecnologías ambientales, Bioeconomía, Sostenibilidad, Inteligibilidad.



1. Introdução

Na acústica arquitetônica, os tratamentos considerados mais relevantes são o isolamento e o condicionamento sonoro. Essa distinção fundamental, amplamente reconhecida na literatura, é elucidada por autores como Fasold e Kraak (2008), que definem o isolamento acústico como a capacidade de um sistema de reduzir a transmissão de ruído entre diferentes espaços. Em contrapartida, o condicionamento acústico, conforme abordado por Everest e Pohlmann (2015) em suas obras sobre projetos acústicos, concentra-se em otimizar o comportamento do som dentro de um ambiente específico. Dentre os objetivos primordiais do condicionamento acústico, destaca-se o controle da reverberação, que se refere ao prolongamento do som em um ambiente após a cessação da fonte sonora. O condicionamento busca ajustar o tempo de reverberação para garantir que o som seja percebido com clareza e nitidez, evitando ecos excessivos e garantindo a inteligibilidade da fala e a qualidade musical, princípios detalhadamente explorados por Barron (2009).

É precisamente por essas características que o conforto acústico, focado no condicionamento, se torna um aspecto fundamental em projetos de estúdio de gravação musical. O objetivo é obter qualidade sonora dentro desses espaços, controlando elementos como reverberação, eco e outros fenômenos que podem comprometer a inteligibilidade e a experiência auditiva. Dessa forma, o tratamento de condicionamento acústico nesses ambientes interfere diretamente nas atividades ali exercidas, assegurando que a música seja reproduzida com fidelidade e clareza.

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (1992), o tempo de reverberação é o tempo necessário para que um som deixe de ser ouvido, após a extinção da fonte sonora, e sua unidade de medida é em segundos. Esse tempo é mensurado com o intervalo necessário para que o som diminua sua intensidade em 60 decibels (dB).

De acordo com Passeri (2003), as características acústicas são elementos cruciais tanto na gravação quanto na reprodução musical. Em ambas as situações, existem uma fonte sonora e um receptor, conectados por um elo acústico. Caso a fonte sonora seja uma orquestra e a gravação ocorra em um teatro ou sala de concerto, a reverberação se torna parte integrante da música.

Para aplicar esses princípios em estúdios de gravação, o condicionamento acústico é realizado através da utilização de materiais e técnicas que controlam a reflexão, absorção e difusão do som. Materiais como lã de rocha, espuma acústica e painéis de madeira perfurada absorvem as ondas sonoras, reduzindo a reverberação. Já os painéis de madeira com superfícies irregulares e difusores acústicos espalham as ondas sonoras, evitando ecos e reflexões indesejadas. Ainda são utilizados os ressonadores, que são estruturas que absorvem frequências sonoras específicas, ajudando a controlar ruídos problemáticos.

Ambientes de gravação musical se beneficiam amplamente de um condicionamento acústico adequado que permita a tomada de áudio de instrumentos acústicos, voz e ins-

trumentos eletrônicos não gravados em linha (captados por microfones, onde a sala entra como uma extensão do instrumento). Problemas como reverberações indesejadas, desequilíbrios de frequência e reflexões sonoras excessivas comprometem a clareza e a definição do som, e o tratamento acústico visa minimizar esses problemas ao utilizar materiais capazes de absorver, difundir ou bloquear o som, criando um ambiente controlado e adequado para a captação sonora.

O cenário atual da construção civil e o condicionamento acústico em estúdios de gravação são interligados, com a importância da acústica cada vez mais reconhecida, tanto para o conforto dos usuários quanto para a qualidade sonora em espaços específicos. A construção civil tem evoluído para atender a exigências de tratamentos acústicos, com foco em materiais sustentáveis e soluções que minimizem a poluição sonora. Profissionais de engenharia e arquitetura com conhecimento em acústica de edificações são cada vez mais valorizados, com cursos e especializações voltados para essa área. A NBR 15.575 (2021), por exemplo, estabelece critérios para o desempenho acústico em edificações, incluindo o isolamento acústico de paredes e pisos.

Entretanto, mesmo dentro deste contexto, o uso de materiais acústicos muitas vezes é deixado de lado devido ao custo para aquisição, consultoria ou projeto acústico, acompanhamento de obra e instalação de materiais de acabamento. Uma diversidade de marcas nacionais e internacionais pode ser utilizada para esta finalidade, cujas especificações já vêm sendo exploradas por profissionais da área, como arquitetos e urbanistas, designers e engenheiros.

A produção caseira de painéis acústicos é uma opção de baixo custo para a diminuição do tempo de reverberação em ambientes, controlando reverberações indesejadas que comprometem a inteligibilidade do som. Materiais absorvedores, como lã de rocha, lã de pet e lã de vidro, são algumas opções disponíveis no mercado para a confecção desses painéis. Já para o acabamento desses painéis, é necessário algum tipo de tecido fibroso e, por fim, uma camada de material ignífugo.

Segundo Di Fátima (2011), o colapso das grandes gravadoras e o avanço das tecnologias favoreceram o aparecimento e a relevância dos estúdios caseiros no mercado da música. Os home studios, como também são chamados, podem ser definidos como um ambiente de uma casa ou apartamento que acomoda simultaneamente as funções de gravação e sala técnica (Passeri, 2003). Embora haja grande relevância no contexto atual do mercado musical, essa tipologia e escala de projeto muitas vezes não são levadas em consideração nos manuais de acústica de estúdios de gravação.

Desta forma, a análise proposta busca fornecer compreensões que possam auxiliar arquitetos, engenheiros de som, produtores e profissionais da área na otimização de estúdios de gravação, oferecendo recomendações baseadas em evidências sobre a aplicação eficaz desse material. Diante disso, o objetivo deste estudo foi analisar, a partir de medições in loco de pressão sonora e do cálculo do tempo de reverberação, o desempenho de painéis

acústicos de lã de rocha fabricados manualmente na adequação sonora de um estúdio de gravação musical.

A escolha da lã de rocha como objeto de estudo justifica-se por suas propriedades acústicas amplamente reconhecidas, que incluem alta absorção de som em diferentes faixas de frequência, além de ser um material acessível e comumente utilizado em projetos de condicionamento acústico. O material também é incombustível e resistente ao fogo, garantindo que a eficácia acústica não comprometa a segurança do espaço.

2. **Condicionamento acústico em estúdios de gravação**

De acordo com Souza, Almeida e Bragança (2012), compreender os princípios do condicionamento acústico é essencial para criar espaços que atendam às necessidades dos profissionais de áudio. Neste contexto, é necessário entender a diferença entre isolamento sonoro, que é o impedimento do som de sair do ambiente ou de entrar nele, e condicionamento acústico, que visa controlar sua qualidade dentro do ambiente com o intuito de melhorar a inteligibilidade. Um exemplo prático de isolamento acústico é o uso de sistemas construtivos como barreiras, ou seja, paredes duplas ou um reforço na laje entre pavimentos de uma edificação. Já um exemplo de condicionamento acústico são os forros e painéis que juntos equilibram a absorção sonora interna, difundem o som e atuam como reforços, tudo isso a partir de cálculos e geometria acústica.

Para fundamentar o escopo deste trabalho, torna-se essencial um olhar crítico sobre a terminologia empregada na NBR 12179 (1992). Embora a norma sirva como referência inicial, suas definições demandam uma contextualização mais aprofundada para que se compreenda sua relevância e eventuais limitações no âmbito da pesquisa. O conceito de condicionamento acústico, descrito como o processo para garantir o tempo ótimo de reverberação e a boa distribuição do som em um recinto, é um ponto de partida. Entretanto, a relevância crítica reside em como essa otimização é alcançada na prática, considerando as diversas variáveis que transcendem a manipulação de superfícies. É importante entender como a norma se posiciona diante de desafios como a variedade de usos dos espaços ou as inovações em materiais acústicos.

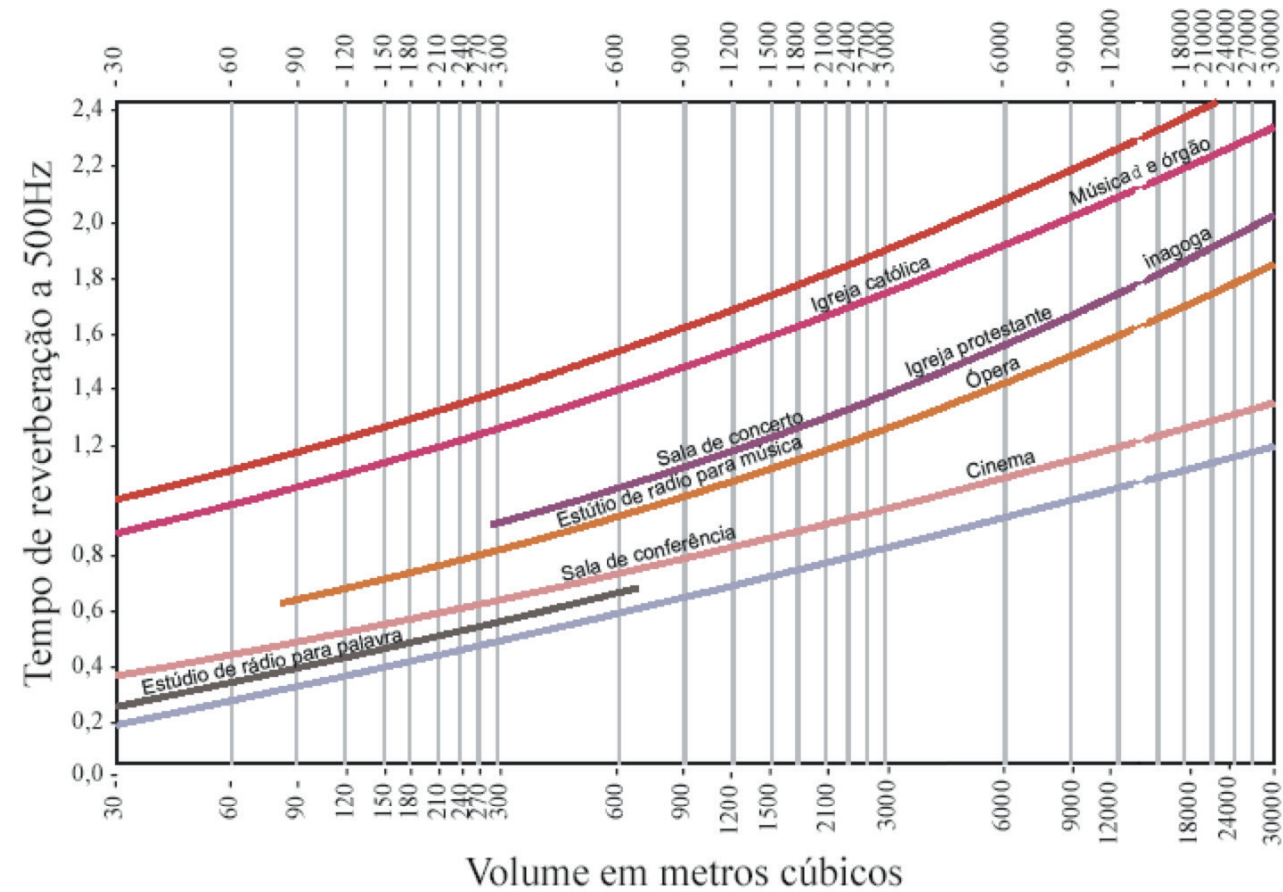
O tempo ótimo de reverberação, definido como ideal para um determinado recinto e atividade, levanta questionamentos sobre a universalidade ou a especificidade desse tempo ótimo. Quais são os parâmetros subjacentes a esse tempo ótimo de reverberação e como eles se adaptam a diferentes percepções humanas e requisitos funcionais? A indicação em segundos não traduz a complexidade da interação entre o som, o espaço e o ouvinte.

Por fim, o cálculo do tempo de reverberação é apresentado através das fórmulas de Sabine e Eyring, com a escolha pautada no coeficiente de absorção médio. Essa diretriz, embora prática, pode ser vista como uma simplificação dos ambientes reais. A dependência de um único coeficiente médio para determinar a aplicabilidade de uma ou outra fórmula

instiga a análise sobre a margem de erro e a representatividade de tais cálculos em projetos de alta complexidade. Torna-se crucial, portanto, ir além da aplicação, buscando uma compreensão das premissas e das limitações intrínsecas a esses modelos matemáticos.

Embora a NBR 12179 (1992) forneça dados relativos ao tempo ótimo de reverberação (Figura 01) em estúdios de rádio para música (atividade similar à do objeto de estudo e que poderia ser usada como base), os dados apresentados só consideram os ambientes a partir de 85 m². Esses dados representam um estúdio de gravação aproximadamente 3 vezes maior em área do que o objeto de estudo, não sendo aplicáveis ao ambiente analisado.

Figura 01: Tempos ótimos de reverberação para cada uso e volume.



Fonte: ABNT-NBR 12179 (1992).

Para Passeri e Cooper (2003 e 1976), o tempo de reverberação de uma sala de gravação depende fundamentalmente do tipo predominante de música a ser tocada ou gravada. Para ambientes destinados à gravação de música clássica, o tempo de reverberação maior é desejado. Em contrapartida, em ambientes destinados a gravar pop e rock, devido aos níveis sonoros elevados e ao menor espaço, o tempo de reverberação deve ser baixo, em torno de 0,3 s e 0,6 s.

Para Everest (2015), o tempo de reverberação ótimo para um estúdio de gravação depende de diversos fatores, entre eles, o tipo de música e as dimensões do ambiente. O autor considera que não existe um valor universal a ser utilizado para todos os casos e que a subjetividade cultural de cada estilo musical deve ser considerada no estabelecimento do tempo ótimo de reverberação. Cooper (1976) afirma que o motivo pelo qual o tempo de reverberação elevado é considerado negativo deve-se ao fato de que o ambiente em questão já possui sua própria reverberação no som gravado ali.

Com o avanço das tecnologias digitais, surgiram diversas opções de equipamentos e programas computacionais que permitem adicionar de maneira controlada “quantidades” de reverberação em uma gravação durante a pós-produção (mixagem). Dessa forma, se uma determinada quantidade de reverberação é desejada, é possível realizar a gravação da fonte sonora sem nenhuma reverberação e, em um segundo momento, adicionar a quantidade desejada eletronicamente. Brandão (2016) destaca que a flexibilidade proporcionada por essas ferramentas digitais revolucionou a forma como os engenheiros de áudio manipulam o espaço sonoro, permitindo maior controle criativo sobre o resultado final.

Considerando que qualquer reverberação presente em uma gravação não pode ser removida (Pohlmann, 2000), é mais seguro, do ponto de vista técnico, que o projeto de condicionamento acústico de estúdios de gravação seja executado com tempos de reverberação mais baixos. Essa abordagem, conforme Brandão (2016) salienta, minimiza a captação de reflexões indesejadas que poderiam comprometer a clareza e a inteligibilidade da gravação original. A partir da revisão bibliográfica, da subjetividade referente aos estilos musicais predominantes na utilização do estúdio e no dimensionamento do ambiente, foi estipulado o tempo ótimo de reverberação de 0,3 segundos. Este valor, de acordo com estudos na área (Brandão, 2016; Everest, 2015), é frequentemente considerado ideal para estúdios de gravação, pois proporciona um ambiente “seco” que permite a adição controlada de efeitos posteriormente, sem sobreposições ou distorções.

A forma e o tamanho do ambiente, assim como o posicionamento de portas e janelas, são fatores que também influenciam o desempenho acústico do recinto (NBR 12179:1992). Estudos de geometria do local são realizados no desenvolvimento de consultorias e projetos acústicos, pois impactam diretamente no valor alcançado de tempo de reverberação, difusão sonora e demais itens já citados aqui. Huber e Runstein (2015) reforçam que a correta análise espacial é crucial para prever e otimizar a distribuição do som, evitando problemas como ecos flutuantes e concentração de energia sonora em pontos específicos.

Em suma, a era digital transformou a abordagem do tratamento acústico em estúdios de gravação, deslocando o foco de ambientes naturalmente reverberantes para espaços com baixa reverberação intrínseca. A capacidade de adicionar e controlar digitalmente a reverberação em pós-produção confere aos profissionais uma liberdade sem precedentes, reforçando a importância de um projeto acústico inicial que prime pela neutralidade. Assim, a busca por tempos de reverberação baixos e a análise minuciosa da geometria do ambiente não são apenas recomendações técnicas, mas sim pilares essenciais para garantir a máxima qualidade e flexibilidade na produção sonora contemporânea.

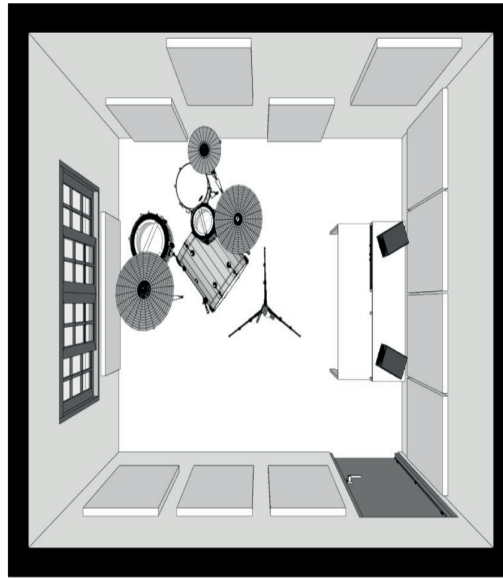
3. Materiais e métodos

A pesquisa foi delimitada a um estudo de caso de um estúdio de gravação musical existente, a partir da aplicação de painéis acústicos fabricados manualmente. A metodologia aplicada foi dividida em duas etapas: a) medição e avaliação dos níveis internos de pressão sonora, de acordo com os métodos detalhados na ABNT-NBR 10152 (2020): Acústica - Níveis de pressão sonora em ambientes internos de edificações; b) estimativa do tempo de reverberação por meio da fórmula de Sabine, calculada a partir da Planilha de Absorção Sonora (Michalski, 2011). A partir da aplicação destes métodos, foi possível obter os valores alcançados de absorção sonora do painel e compará-los com outros painéis existentes atualmente no mercado.

3.1 Objeto de estudo

O objeto de estudo na pesquisa é um estúdio residencial localizado em Brasília, Distrito Federal, na Região Administrativa (RA) Park Way. O ambiente analisado mede 2,70 m x 3,50 m, com 2,70 m de pé-direito ($\text{Área} = 9,45 \text{ m}^2$; $\text{Volume} = 25,51 \text{ m}^3$). O levantamento do espaço foi realizado a partir de softwares CAD e modelado no software SketchUp. Os painéis acústicos analisados foram fixados nas paredes do estúdio, sem afastamento e em diferentes alturas, conforme mostrado na Figura 02.

Figura 02: Modelagem do estúdio com posicionamento dos painéis acústicos.



Fonte: Autores (2024).

O ambiente em questão é utilizado como sala de gravação, sala técnica e espaço para ensaio de prática em conjunto com músicos. O estúdio tem o enfoque nos estilos de pop, rock e MPB. Um projeto acústico bem elaborado deve considerar a geometria do local desde o início, buscando otimizar a distribuição do som, controlar as reflexões e ecos e ajustar o tempo de reverberação de acordo com a finalidade do ambiente.

A relação entre largura, altura e comprimento do ambiente influencia a distribuição das frequências sonoras. Proporções inadequadas podem levar a ressonâncias e cancelamentos de determinadas frequências. Ângulos retos podem gerar reflexões fortes, enquanto ângulos inclinados ou irregulares ajudam a difundir o som. A fórmula de Sabine é uma das mais utilizadas para calcular o Tempo de Reverberação (TR): $TR = 0,161 * V / A$, onde V é o volume do recinto e A é a área de absorção sonora total. A geometria do local influencia diretamente o volume (V) e a distribuição dos materiais absorventes (que afetam o A). Salas com volumes maiores tendem a ter TRs mais longos, enquanto salas com muitos materiais absorventes tendem a ter TRs mais curtos.

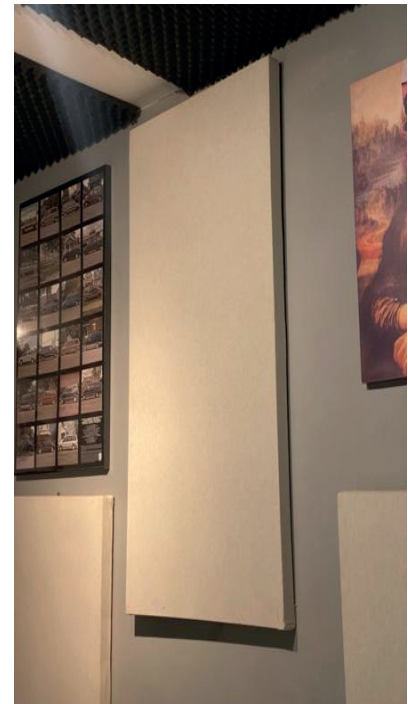
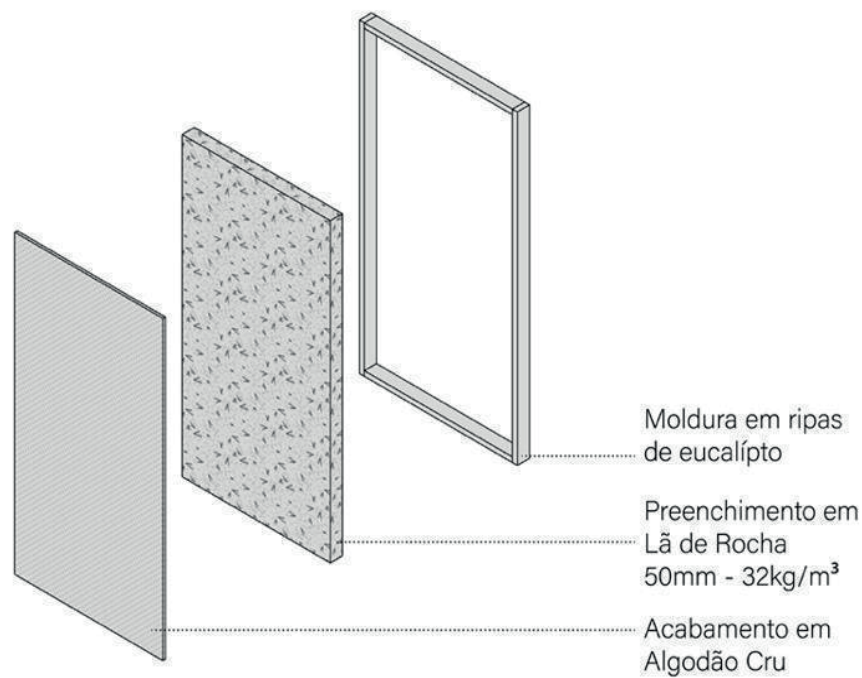
A forma do recinto influencia a distribuição das ondas sonoras e, consequentemente, a forma como elas interagem com os materiais absorventes. Em salas com formas complexas, o cálculo do TR pode ser mais preciso utilizando softwares de simulação acústica.

3.2 Painéis acústicos

Foram analisadas 12 unidades de painéis acústicos fabricados artesanalmente para o controle do tempo de reverberação no ambiente. Para a produção das peças, foram parafusadas ripas de madeira de seção retangular com 50 mm x 25 mm em quadros de 1200 x 600 milímetros e preenchidos com lã de rocha com 50 mm de espessura e densidade de 32 kg/m³ (Figura 03).

Para o acabamento, os painéis foram revestidos e grampeados com tecido algodão cru. Os painéis foram fixados na parede por meio de ganchos de quadro tipo “jacaré”, sem espaçamento da parede.

Figura 03: Fabricação manual e instalação dos painéis acústicos.



Fonte: Autores (2024).

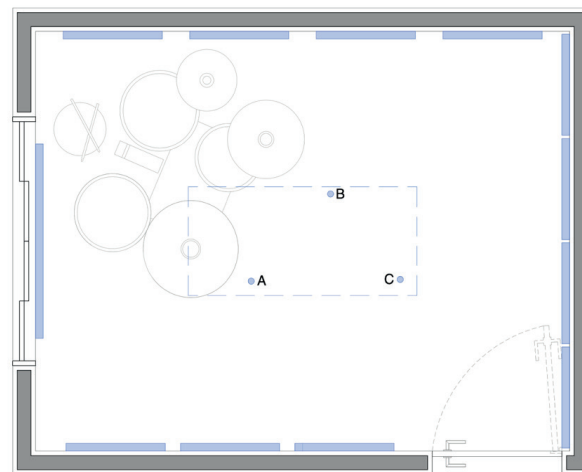
3.3 Medição dos níveis de pressão sonora

Para a primeira parte deste estudo de caso, foram medidos e avaliados os níveis de pressão sonora seguindo os procedimentos detalhados na ABNT-NBR 10152 (2020). Foram criados 2 cenários para a realização das medições, um com os painéis e outro sem a aplicação dos painéis. Cada cenário teve 4 variações para a realização das medições sendo: variação 01 – apenas ruído de fundo (as principais fontes de ruído verificadas no dia da medição foram cantos de pássaros, cigarras e ruídos de edificações vizinhas); variação 02 – bateria sendo tocada (a música escolhida para execução foi sempre a mesma, sendo executada com acentuação moderadamente intensa); variação 03 – música reproduzida em caixas de som; variação 04 – gravação de fala reproduzida nas caixas de som.

Cada variação foi medida durante 40 segundos, com e sem a instalação dos painéis acústicos nas paredes, em 3 pontos diferentes de medição. Todas as medições foram realizadas no dia 01/11/2024, no período da manhã.

Os pontos de medição A, B e C (Figura 04) foram posicionados a uma distância maior que 1 metro da porta, janela e paredes, com 0,70 m de distância entre si. As medições foram realizadas em alturas diferentes para cada ponto - $h_A = 1,00$ m, $h_B = 1,40$ m, $h_C = 0,75$ m. Seguindo a convenção estabelecida pela ABNT-NBR 10152 (2020), as medições serão referenciadas por sua nomenclatura de ponto e situação - ex: $Leq,40s,A1$ = medição no ponto A, cenário 1. Para todos os cenários em que a fonte sonora foi originada pelas caixas de som, o volume dos amplificadores permaneceu constante

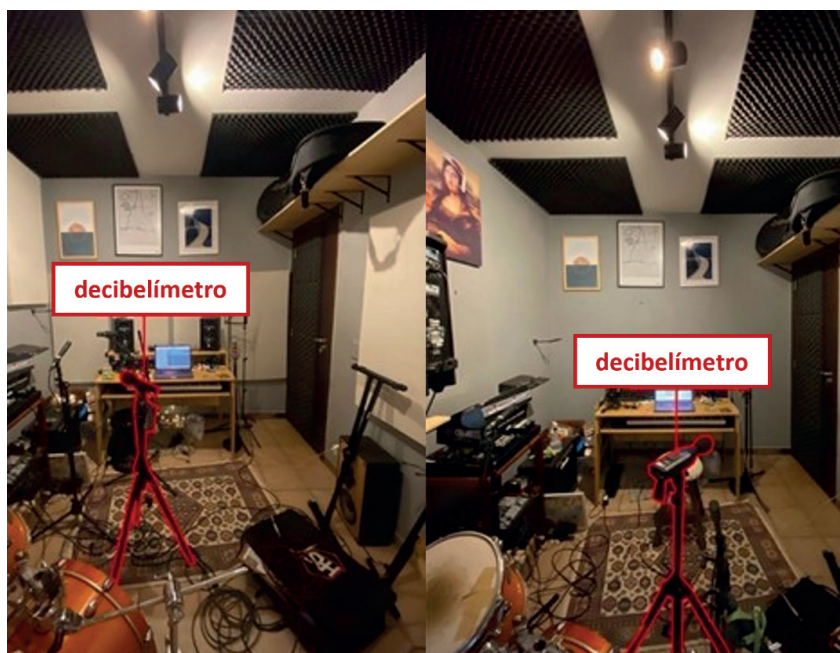
Figura 04: Planta baixa do estúdio com pontos de medição e afastamento de 1m das paredes.



Fonte: Autores (2025).

O decibelímetro utilizado foi o modelo FUSION, da marca 01 db. O aparelho foi instalado sobre um tripé com regulagem de altura, dentro do ambiente, com porta e janela fechadas (Figura 05). O instrumento foi calibrado em setembro de 2024 pelo laboratório membro da RBC Total Safety/Calilab - CAL 307 (Certificado: RBC3-10942-649, N° de série: 12260). As calibrações de fábrica do equipamento, de 29/08/2019 (microfone) e 16/10/2019 (decibelímetro), atendem às normas IEC 61094-4 e 61672-3, respectivamente.

Figura 05: Fotos do estúdio durante as medições sonoras.



Fonte: Autores (2025).

3.4 Estimativa do tempo de reverberação

Na segunda parte do estudo, o tempo de reverberação da sala foi estimado pela fórmula de Wallace Clement Sabine, calculada através da Planilha de Absorção Sonora, elaborada por Michalski (2011).

A fórmula de Sabine ($TR = 0,161 * V / A$) é uma ferramenta fundamental na acústica para calcular o tempo de reverberação (TR) de um ambiente, medido em segundos. O tempo de reverberação é um parâmetro crucial que descreve quanto tempo leva para o som de-

cair em um espaço após a fonte sonora parar. A fórmula de Sabine fornece uma estimativa desse tempo com base no volume do ambiente (V) e na absorção sonora total presente (A), medida em sabins métricos.

O volume do ambiente é um fator direto no tempo de reverberação. Ambientes maiores tendem a ter tempos de reverberação mais longos, pois há mais espaço para as ondas sonoras se propagarem e refletirem. A absorção sonora total é a soma das absorções sonoras de todas as superfícies do ambiente. Cada superfície absorve uma certa quantidade de energia sonora, que é medida pelo coeficiente de absorção sonora (α). O coeficiente de absorção sonora varia de 0 a 1, em que 0 significa que a superfície não absorve som (reflexão total) e 1 significa que a superfície absorve todo o som (absorção total).

Para a realização do cálculo, foram levantadas as principais superfícies expostas no ambiente e tabeladas conforme sua área e coeficientes de absorção por banda de oitava (Tabela 01). Os cálculos foram feitos 2 vezes: com e sem a instalação dos painéis acústicos de lã de rocha. Para a realização dos cálculos, as áreas de superfície foram alteradas conforme a configuração de superfícies expostas.

Tabela 01: Superfícies de revestimentos considerados no cálculo de reverberação.

Nome	Área (m²)	Material da superfície	Coeficientes de absorção por banda de oitava α (Hz)					
			125	250	500	1000	2000	4000
Paredes Ex-postas	29,78	Alvenaria Pintada	0,05	0,04	0,02	0,04	0,05	0,05
Porta	1,78	Porta em madeira sarrafeada envernizada	0,30	0,25	0,15	0,10	0,10	0,07
Madeira Janela	1,056	Madeira envernizada	0,19	0,23	0,25	0,30	0,37	0,42
Vidro Janela	0,864	Vidro simples	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02
Teto Exposto	3,45	Laje de concreto pintada	0,30	0,20	0,15	0,10	0,10	0,05
Espuma acústica	6,00	Espuma Acústica PU 50mm	0,04	0,20	0,51	0,78	0,92	0,98
Chão exposto	5,215	Azulejo Cerâmico Liso	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
Tapetes	4,235	Tapete de veludo	0,05	0,06	0,10	0,24	0,42	0,50
Prateleira	1,40	Prateleira em Madeira Compensada	0,28	0,22	0,17	0,10	0,10	0,05
Mesa	0,84	Mesa em Madeira Compensada	0,28	0,22	0,17	0,10	0,10	0,05
PAINÉIS ACÚSTICOS	8,64	Painéis Acústicos preenchidos em Lã de Rocha 50mm 32kg/m³	0,16	0,52	0,82	0,92	0,94	0,80

Fonte: autores (2025)

De acordo com Bistafa (2011), a definição da qualidade da absorção de um material está vinculada ao seu coeficiente de absorção (α), que costuma ser classificado em uma escala de não absorvente a excelente absorção (Quadro 01).

Quadro 01: Definição da qualidade da absorção de materiais.

Coeficiente de absorção (α)	Qualidade da absorção de um material
Abaixo de 0,05	Não absorvente
Entre 0,05 e 0,65	Baixa absorção
Entre 0,65 e 0,75	Boa absorção
Acima de 0,75	Excelente absorção

Fonte: Autores (2025) adaptado de Bistafa (2011).

A fórmula de Sabine é amplamente utilizada em projetos de acústica para prever o tempo de reverberação, o que permite estimar o TR de um ambiente antes da construção ou reforma, auxiliando no projeto acústico. Ajuda a determinar a quantidade de material absorvente necessária para atingir o TR desejado, de acordo com a finalidade do ambiente. E é um dos parâmetros utilizados para avaliar a qualidade acústica de um ambiente.

Apesar disso, a fórmula de Sabine é uma aproximação e possui algumas limitações, fornecendo uma estimativa do tempo de reverberação e auxiliando no controle da qualidade sonora dos ambientes. Em relação à distribuição, assume que o som se distribui de forma uniforme no ambiente, o que nem sempre é o caso em salas com formas complexas ou com grandes obstruções. Assume ainda que a absorção sonora é difusa, ou seja, que o som é absorvido igualmente em todas as direções. E, por fim, pode ser menos precisa em baixas frequências, onde os efeitos de difração e interferência podem ser mais significativos.

3.5 Análise dos coeficientes de absorção sonora de painéis industrializados

Os painéis escolhidos foram da marca Sonex, modelo “Placa Sonex Illtec Plano”, feito de material sintético com espessura de 50 mm e densidade de 11 kg/m³, e da marca Trisoft, modelo “Revest Trisoft”, com espessura de 50 mm e densidade de 35 kg/m³. Os dois modelos podem ser encomendados em diversas medidas, incluindo painéis de 1200 mm x 600 mm. Para a realização dos cálculos, foram consideradas as mesmas áreas de superfície de absorção em todos os cenários. Os coeficientes de absorção dos painéis industrializados foram obtidos a partir de seus respectivos manuais técnicos, disponibilizados pelos fornecedores.

4. Resultados e Discussão

A seguir, apresentamos os resultados das medições de pressão sonora e as estimativas de tempo de reverberação, bem como sua discussão. Os dados obtidos foram separados em tabelas e gráficos e, posteriormente, foi feito um comparativo entre os valores alcançados com os painéis feitos artesanalmente neste estudo e os painéis industrializados disponíveis no mercado.

4.1 Medição dos níveis de pressão sonora

Para os cenários mensurados, foram obtidos os valores exibidos na Figura 06. Cada cenário foi medido sem a instalação dos painéis acústicos (1A, 2A, 3A, 4A) e com a instalação dos painéis (1B, 2B, 3B, 4B).

Figura 06: Resultados das medições de pressão sonora para as variações de cenários.



Fonte: Autores (2025).

Todos os cenários mensurados apresentaram alguma diminuição no nível de pressão sonora com a instalação dos painéis acústicos. A variação 1 (ruído de fundo) apresentou uma diminuição média de 1,6 dB; A variação 2 (bateria) apresentou uma diminuição média de 4,3 dB; A variação 3 (música reproduzida nas caixas de som) apresentou uma diminuição média de 2,86 dB; A variação 4 (gravação de fala) apresentou uma diminuição média de 3,3 dB.

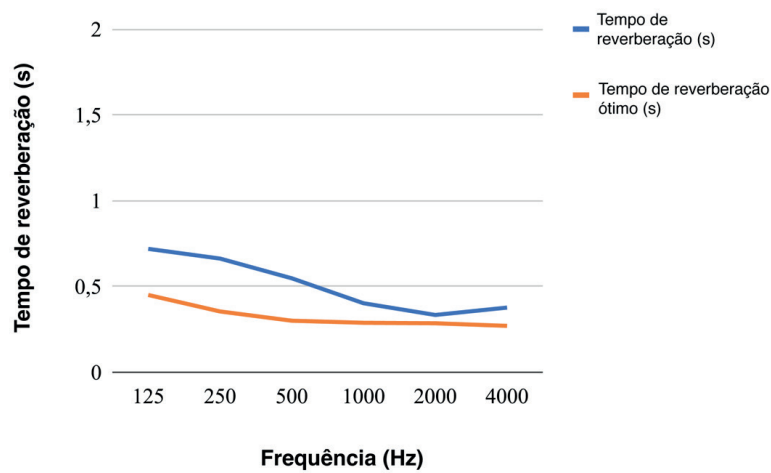
A diminuição geral nos níveis de pressão sonora nos cenários com os painéis acústicos se deu a partir da conversão da energia sonora incidente em calor, pela fricção das partículas de ar pelas paredes dos poros dos painéis de lã de rocha (Souza; Almeida; Bragança, 2012). Segundo Sabine (2004, p. 113), a diminuição da massa sonora decorrente das inúmeras reflexões causadas pelos instrumentos e amplificadores é positiva para um ambiente de gravação musical com enfoque em pop e rock. Essa diminuição permite um maior isolamento e definição sonora ao se captar o som.

O impacto dessa diminuição da pressão sonora depende do uso do ambiente. Em salas de gravação, a redução do ruído de fundo é essencial para a qualidade da experiência musical. A avaliação precisa do impacto requer medições de NPS com equipamentos calibrados. Normas como a ABNT-NBR 10152 (2020) que trata de “Acústica - Níveis de pressão sonora em ambientes internos de edificações” fornecem diretrizes para níveis de ruído aceitáveis em diferentes tipos de ambientes. O Nível de Pressão Sonora (NPS) é medido em decibels (dB), uma escala logarítmica. Isso significa que um aumento de 10 dB não corresponde a um aumento de 10 vezes na intensidade sonora, mas a um aumento de aproximadamente o dobro na percepção da intensidade sonora. Portanto, variações de poucos decibels, como demonstrado neste estudo, podem ter um impacto significativo na percepção do som em estúdios de gravação. Embora 1 dB possa parecer uma pequena variação, em alguns contextos, como os estúdios de música, pode ser classificado como perceptível.

4.2 Cálculo do tempo de reverberação

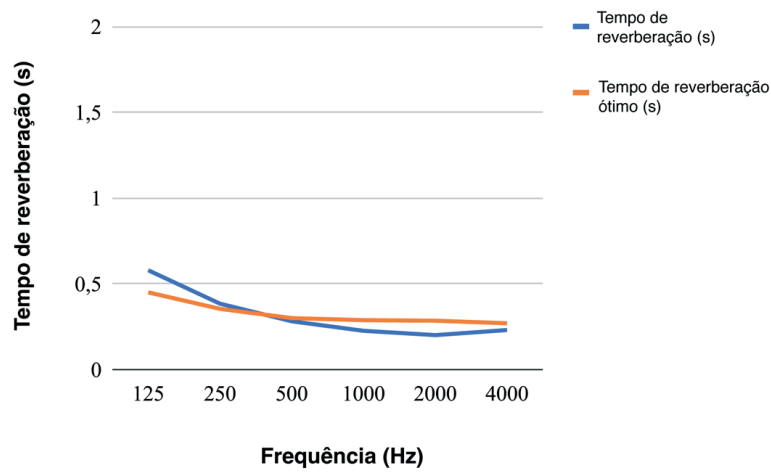
Nesta etapa foram conduzidos os cálculos do tempo de reverberação para cada banda de oitava sem os painéis e com os painéis acústicos, ambos demonstrados em gráficos com linha na cor azul, de TRs alcançados e avaliados, e linha na cor laranja, de TR ótimo (ideal), respectivamente nas figuras 07 e 08.

Figura 07: Tempo de reverberação por banda de oitava sem os painéis acústicos. Linha azul: valor alcançado. Linha laranja: valor ideal para o recinto de acordo com a ABNT-NBR 12179 (1992).



Fonte: Autores (2024).

Figura 08: Tempo de reverberação por banda de oitava com os painéis acústicos. Linha azul: valor alcançado. Linha laranja: valor ideal para o recinto de acordo com a ABNT-NBR 12179 (1992)



Fonte: Autores (2024).

Foi notada uma diminuição do tempo de reverberação em todas as bandas de oitavas, sendo a diminuição mais expressiva nas frequências médias e agudas. Com a inserção dos 12 painéis acústicos, foi possível diminuir o tempo de reverberação para um valor abaixo do tempo de reverberação ótimo (0,3 s) nas frequências médias e agudas (500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz e 4000 Hz). Nas frequências graves (125 Hz e 250 Hz), a diminuição foi menos expressiva, alcançando o valor de $TR = 0,55$ s, mas ainda assim possibilitou uma aproximação do tempo de reverberação ótimo estipulado (0,45 s) para o uso de estúdio de gravação.

Segundo Everest (2015) e Brandão (2016), um dos objetivos primordiais em estúdios de gravação é assegurar que o tempo de reverberação permaneça consistente ao longo de todo o espectro audível. Entretanto, essa meta representa um desafio complexo, especialmente no que tange às frequências mais baixas.

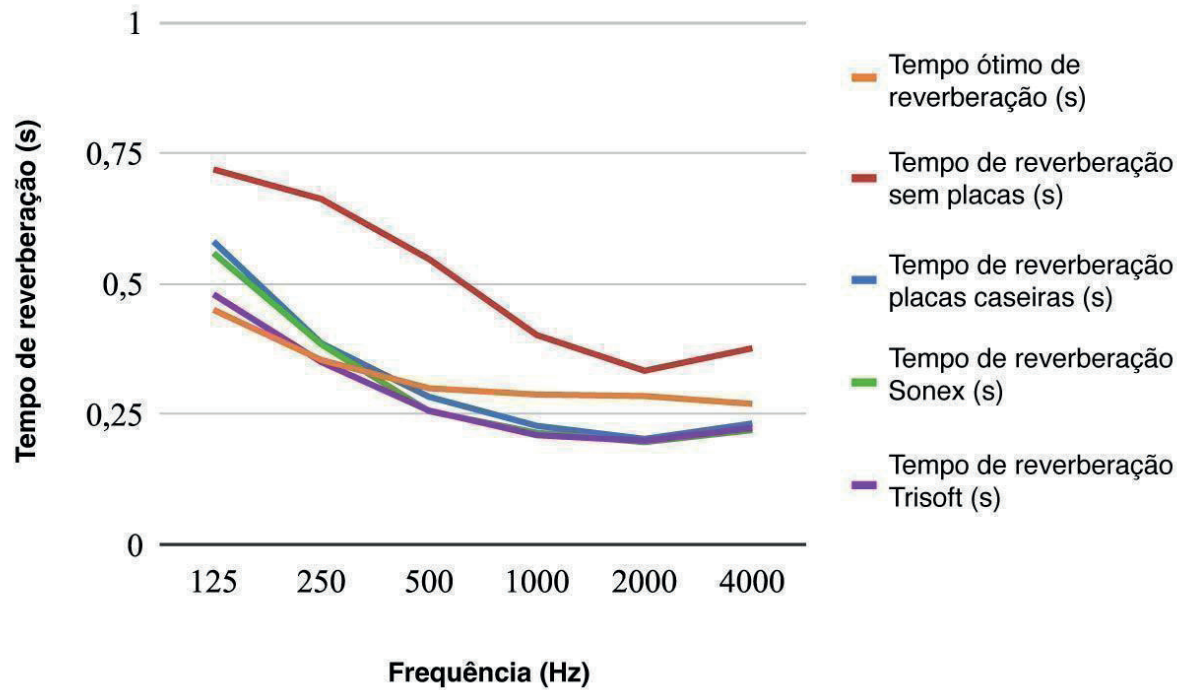
Conforme observado pelos autores e ratificado pela prática, enquanto o ajuste nas altas frequências é relativamente mais simples – frequentemente resolvido pela instalação ou remoção estratégica de materiais absorventes – a situação se inverte drasticamente para as baixas frequências. Neste domínio, os absorvedores tendem a ser volumosos e de difícil instalação, um obstáculo ainda maior quando não previstos na fase de projeto do ambiente. É nesse contexto que a eficiência dos painéis acústicos para frequências graves se destaca: Souza, Almeida e Bragança (2012) corroboram que sua capacidade de absorção pode ser significativamente aprimorada com o aumento da espessura do painel e do espaço de ar entre ele e a parede.

4.3 Comparação dos painéis acústicos produzidos manualmente com modelos industrializados disponíveis no mercado

A seguir, será apresentada uma comparação entre os painéis acústicos de lã de rocha produzidos manualmente e os modelos de painéis acústicos com espessuras equivalentes e produção industrializada das marcas Sonex e Trisoft.

A figura 09 e a tabela 02 a seguir apresentam os tempos de reverberação do ambiente em cada banda de oitava para cada painel acústico analisado.

Figura 09: Tempo de reverberação por banda de oitava para cada painel analisado. Linha laranja: valor ideal para o recinto de acordo com a ABNT-NBR 12179 (1992). Linha vermelha: valor sem os painéis no recinto. Linha azul: valor alcançado com o uso dos painéis artesanais. Linha verde: valor alcançado com painéis da marca Sonex. Linha roxa: valor alcançado com painéis da marca Trisoft.



Fonte: Autores (2025).

Os painéis acústicos de lã de rocha produzidos manualmente revelaram um desempenho satisfatório em comparação com os modelos industrializados. Embora a redução do tempo de reverberação nos painéis industrializados tenha sido marginalmente superior nas frequências médias e agudas (500, 1000, 2000 e 4000 Hz) – com uma diferença não superior a 0,02 segundos – essa distinção é praticamente insignificante na percepção auditiva (Tabela 02). Esse achado sugere uma viabilidade promissora para soluções caseiras, especialmente para ambientes onde a otimização sonora para estilos musicais com forte componente nessas faixas, como pop, rock e vocal, é prioritária, sem a necessidade de um investimento significativamente maior em produtos industrializados.

A análise se torna mais matizada ao observar as frequências graves, em que a diferença no tempo de reverberação foi ligeiramente mais acentuada, mas ainda assim limitada a 0,10 segundo. Essa pequena variação nas baixas frequências, embora existente, não compromete a eficácia geral dos painéis artesanais. Poder-se-ia inferir que, para estilos musicais que exigem um controle mais rigoroso e preciso das frequências graves, como música eletrônica ou trilhas sonoras cinematográficas, os painéis industrializados poderiam oferecer uma vantagem marginal. No entanto, o custo-benefício e a possibilidade de personalização dos painéis caseiros continuam a ser fatores decisivos, tornando-os uma alternativa mesmo para essas aplicações mais exigentes nas baixas frequências.

Tabela 02: Tempos de reverberação por banda de oitava para cada painel analisado.

Cenário	Tempo de reverberação por banda de oitava (s)					
	125	250	500	1000	2000	4000
Sem Painéis	0,72	0,66	0,55	0,40	0,33	0,38
Painel caseiro de lã de rocha	0,58	0,38	0,28	0,23	0,20	0,23
Painel Sonex	0,56	0,38	0,26	0,21	0,20	0,22
Painel Trisoft	0,48	0,35	0,26	0,21	0,20	0,22

Fonte: Autores (2025)

A comparação analítica entre os painéis acústicos artesanais de lã de rocha e os modelos industrializados demonstrou que, embora ambas as opções sejam eficazes no controle do tempo de reverberação, existem nuances importantes a serem consideradas. A principal vantagem dos painéis produzidos manualmente reside em sua viabilidade econômica, uma vez que representam cerca de 25% do custo das alternativas industrializadas. Essa economia possibilita que estúdios menores ou com limitações orçamentárias consigam um tratamento acústico adequado, garantindo um ambiente de gravação com qualidade suficiente para a captura de áudio, especialmente em projetos de pequeno porte.

Contudo, os resultados evidenciaram que, nas frequências mais graves (125 Hz e 250 Hz), os painéis industrializados, com destaque para os painéis da marca Trisoft, apresentaram desempenho superior, refletindo uma absorção mais eficaz. Isso se deve, em grande parte, à composição e aos processos de fabricação desses produtos. No entanto, com algumas modificações simples, como a introdução de espaçamento entre os painéis e a parede, os painéis caseiros podem melhorar sua resposta nessas faixas, aproximando-se ainda mais dos resultados industriais. Essa possibilidade de adaptação oferece um caminho promissor

para maximizar o custo-benefício das soluções artesanais sem comprometer significativamente a qualidade sonora.

5. Considerações finais

A partir das análises conduzidas pela presente pesquisa, foi possível observar o desempenho dos painéis acústicos de lã de rocha na diminuição do tempo de reverberação e do nível de pressão sonora no estúdio de gravação musical analisado. Essa diminuição foi percebida com maior amplitude nas bandas de frequências médias e agudas. O controle do tempo de reverberação é um fator importante para a inteligibilidade do som no ambiente, sendo muito relevante no contexto de estúdios de gravação musical. As medições por meio do decibelímetro de alta precisão se mostraram proveitosas para a análise da pressão sonora no ambiente construído e na comparação da eficácia de painéis acústicos. A partir das medições com o decibelímetro foi possível perceber a diminuição da massa sonora no ambiente causada pela reverberação excessiva.

A produção caseira de painéis acústicos em lã de rocha se mostrou uma solução eficaz de baixo custo, principalmente no contexto de *home studios*. Os painéis apresentaram uma resposta satisfatória em comparação com os painéis industrializados. O modelo de produção pode ser facilmente escalonado com a utilização de um maior número de painéis e aumentando a área de absorção. Além disso, a comparação com os modelos industrializados evidenciou que, embora os painéis artesanais apresentem desempenho ligeiramente inferior nas frequências graves, o custo reduzido e a facilidade de produção justificam amplamente sua aplicação em home studios. O impacto na qualidade sonora, especialmente nas faixas médias e agudas, foi suficientemente próximo dos resultados de produtos industrializados para tornar essa abordagem atraente para músicos e produtores com orçamentos limitados. Essa solução democratiza o acesso a um tratamento acústico de qualidade, permitindo que mais estúdios caseiros obtenham uma performance acústica satisfatória sem grandes investimentos.

Portanto, o estudo ressalta a viabilidade dos painéis caseiros de lã de rocha como uma alternativa de bom custo-benefício, adequada para melhorar a qualidade acústica de pequenos estúdios. A análise demonstrou que, com ajustes nas configurações de instalação — como a inclusão de espaçamentos entre os painéis e a parede —, é possível otimizar ainda mais o desempenho em frequências baixas, ampliando a eficácia da solução. Isso reforça a importância de adaptações contínuas e pesquisas adicionais para aperfeiçoar as metodologias de produção e instalação de materiais acústicos caseiros.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10152: Acústica - Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12179: Tratamento acústico em recintos fechados. Rio de Janeiro, 1992.

BARRON, M. Auditorium Acoustics and Architectural Design. 2nd ed. London: Spon Press, 2009.

BISTAFA, S. R. Acústica aplicada ao controle do ruído. 2. ed. rev. São Paulo: Blucher, 2011.

BRANDÃO, E. Acústica de salas: projeto e modelagem. São Paulo: Blucher, 2016.

COOPER, J. Building a Recording Studio. Los Angeles: Sinergy Group Inc., 1996.

COX, T. J.; D'ANTONIO, P. Acoustic Absorbers and Diffusers: Theory, Design and Application. Londres: Spon Press, 2004.

COSTA, E. Acústica Técnica. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda., 2003.

DI FÁTIMA, B. A invenção dos anônimos: do home studio às redes sociais. Sessões do imaginário, Lisboa, n. 1, p. 31-37, 2011.

EVEREST, F. A.; POHLMANN, K. C. Master Handbook of Acoustics. 6. ed. New York: McGraw-Hill Education, 2015.

FASOLD, W.; KRAAK, W. Applied Acoustics. Berlin: Springer, 2008.

FERNANDES, J. C. Avaliação da Inteligibilidade Acústica em uma igreja pelos Métodos Subjetivo e Analista. In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 19., 2000. Anais [...]. p. 300-305.

HUBER, David Miles; RUNSTEIN, Robert E. Modern Recording Techniques. 8. ed. Burlington, MA: Focal Press, 2015.

KRUSZIELSKI, L. F.; COELHO, R. S.; ZANNIN, P. H. T. Avaliação acústica da sala de gravação do estúdio de áudio do Departamento de Artes da Universidade Federal do Paraná. In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA - SOBRAC, 2008. Anais [...].

MICHALSKI, R. Cálculo do Tempo de Reverberação de ambientes. 2011. Disponível em: <https://eaulas.usp.br/portal/>. Acesso em: 21 jun. 2025.

PASSERI, L. Jr. Estúdios de gravação de áudio: as necessidades acústicas como indutoras de desenho. 2003. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

PASSERI, L. Jr.; BISTAFÁ, L. R. Análise e diagnóstico das características acústicas de estúdios e salas de gravação profissional. In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA - SOBRAC, 2002. Anais [...].

PASSERI, L. Jr. Subsídios para o projeto de teatros e auditórios multifuncionais: recursos de variabilidade acústica. 2008. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

POHLMANN, Ken C. Principles of Digital Audio. 4. ed. New York: McGraw-Hill, 2000.

SILVA, Bárbara; SILVA, Caio; SANTOS, Teresa. Protocolo de simulação computacional do microclima urbano para a cidade de Lisboa, Portugal. 2018.

SILVA, P. Acústica arquitetônica e condicionamento de ar. 6. ed. Belo Horizonte: EDTAL, 2011.

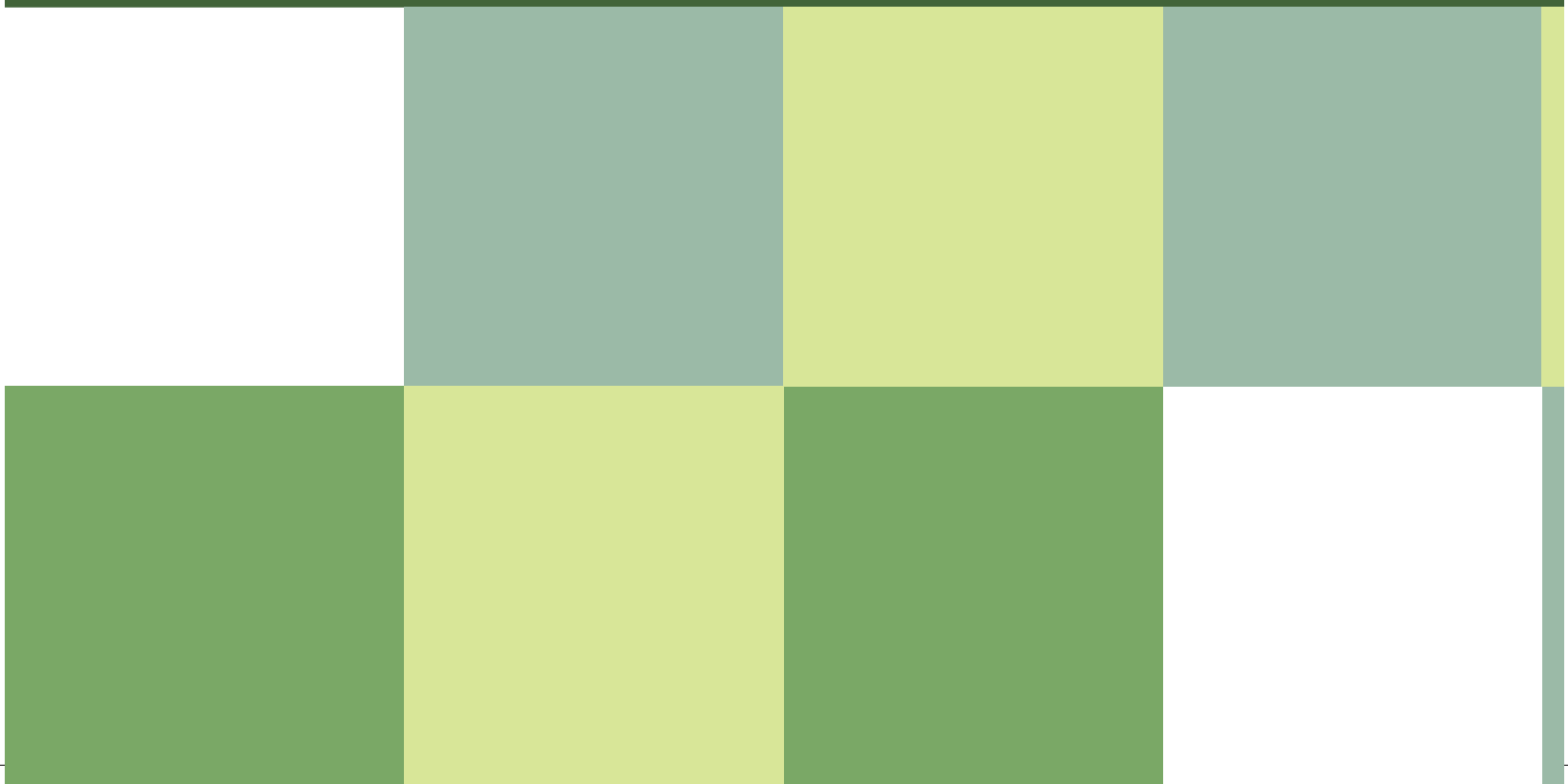
SOUZA, L. C. L.; ALMEIDA, M. G.; BRAGANÇA, L. Bê-a-bá da acústica arquitetônica: ouvindo a arquitetura. São Carlos: EdUFSCar, 2012.

VIEIRA, G. F.; COSTA, E. C. Avaliação acústica de ambientes fechados: estudos e medições. In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA - CONEM, 2012. Anais [...].

parte3

intervençõesnoterritório

Ensaio projetuais experimentais sustentáveis com integração de sociedade, cultura e ecologia no contexto amazônico





13. Coexistir: projeto de museu ribeirinho em Belém - PA

Autora: Alice Flexa Rocha
Orientador: Caio Frederico e Silva
Banca Examinadora: Leandro de Sousa Cruz
Convidada: Arq. Raysa Oliveira



Figura 01: Vista do Museu.

Fonte: Autores (2025).

1. Introdução

O projeto Coexistir: cultura e identidade ribeirinha nasce da necessidade de compreender e propor soluções arquitetônicas e urbanísticas que valorizem o habitar ribeirinho na Amazônia. Trata-se de um modo de vida único, moldado pela relação simbiótica entre as comunidades e os rios, que ultrapassa a noção de simples moradia, configurando-se como uma experiência de pertencimento, memória e adaptação contínua às águas.

Nas últimas décadas, o avanço da urbanização desordenada, os efeitos das mudanças climáticas e a ausência de políticas públicas adequadas intensificaram os desafios enfrentados pelas populações ribeirinhas.

A Região Norte apresenta os maiores índices nacionais de ocupação em assentamentos precários, revelando a urgência de intervenções que ultrapassem a mera provisão habitacional e considerem dimensões sociais, culturais e ambientais. Nesse cenário, Belém do Pará surge como território estratégico. Localizada na confluência dos rios Guamá e Acará, junto à Baía do Guajará, a cidade se desenvolveu a partir das águas, mantendo até hoje uma relação intrínseca entre sua dinâmica urbana e o ambiente ribeirinho.

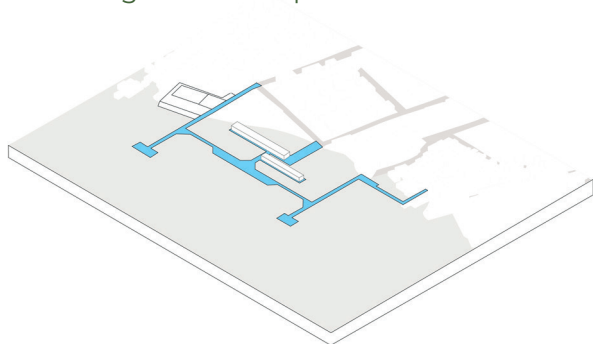
Entre seus bairros mais emblemáticos está a Vila da Barca, objeto central deste trabalho, cuja história revela tanto a riqueza cultural da vida anfíbia quanto as contradições de uma urbanização marcada pela precariedade.

2. Localidade

A Vila da Barca, localizada às margens da Baía do Guajará, em Belém (PA), é considerada uma das maiores ocupações sobre palafitas da América Latina, com raízes que remontam à década de 1950, quando as primeiras famílias ocuparam espontaneamente a área. Desde então, o território consolidou-se como símbolo da relação entre a população ribeirinha e o ambiente amazônico, abrigando milhares de moradores em uma dinâmica urbana singular. A localidade expressa, de forma intensa, o modo de habitar ribeirinho, no qual a vida cotidiana é orientada pelos ciclos do rio, das marés e das cheias. As casas sobre palafitas, conectadas por estivas de madeira, revelam não apenas soluções práticas de adaptação, mas também uma arquitetura de resistência que preserva vínculos com a natureza. Nesse espaço, a comunidade desenvolve práticas tradicionais como a pesca, a navegação e a convivência coletiva, configurando uma forte identidade cultural e comunitária. Apesar de sua riqueza simbólica e social, a Vila da Barca enfrenta desafios estruturais e ambientais significativos. A ausência de saneamento básico, o acúmulo de resíduos sólidos nas áreas palafíticas e a fragilidade das habitações expõem os moradores a condições de vulnerabilidade. O território também sofre os impactos das mudanças climáticas, que intensificam enchentes,

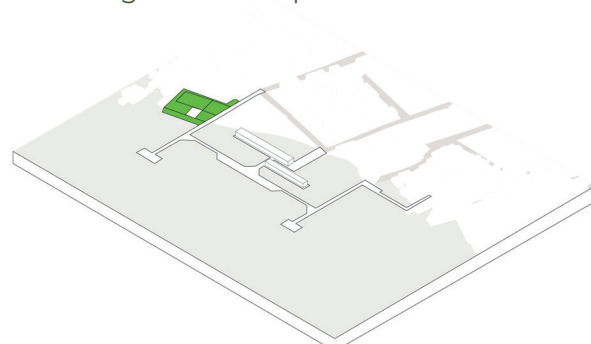
secas e instabilidades nas margens, ampliando o risco de desastres. O contraste entre a potência cultural da comunidade e as condições precárias de urbanização evidencia a necessidade de políticas públicas que aliem inclusão social, preservação ambiental e valorização da identidade ribeirinha. A Vila da Barca, portanto, não é apenas um espaço de moradia, mas um patrimônio vivo da Amazônia, onde coexistem resistência, pertencimento e desafios urbanos. Por sua dimensão, localização estratégica e simbolismo, a localidade tornou-se referência em debates sobre urbanismo sensível, habitação ribeirinha e sustentabilidade, especialmente no contexto da preparação da COP30, em Belém, que reforça a urgência de se discutir soluções resilientes para territórios vulneráveis da região amazônica.

Figura 02: Perspectiva conectar



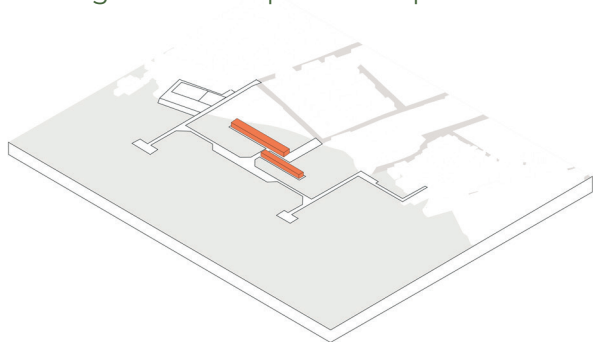
Fonte: Autores (2025).

Figura 03: Perspectiva conviver



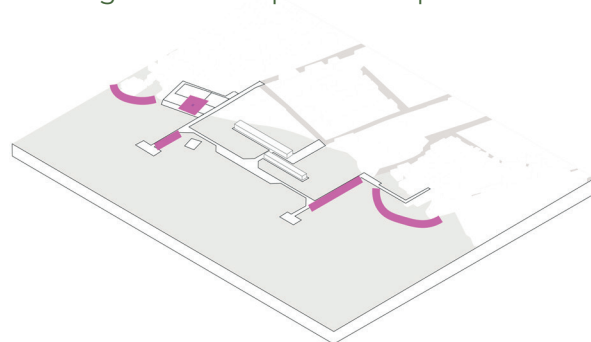
Fonte: Autores (2025).

Figura 04: Perspectiva do pertencer



Fonte: Autores (2025).

Figura 05: Perspectiva do produzir



Fonte: Autores (2025).

Figura 06: Perspectiva dos usos

usos e edifício

dimensão do conviver

campo, arquibancada, praça, banheiros, vestiários e ponto da barca.

dimensão do conectar

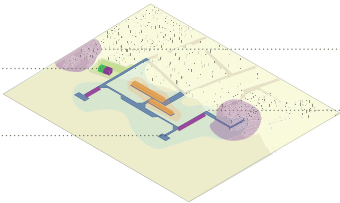
caminhos suspensos, pier banho, pier embarcações, pier contemplação

dimensão do produzir

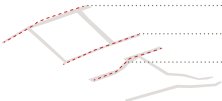
ecobarreira, armadilhas para lixo, mini estação de separação de lixo, ecoponto.

dimensão do pertencer

museu vila da barca



estrutura de caminhos

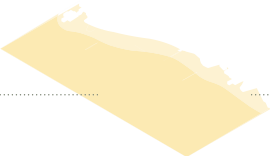


passagem praiana

passagem vila

TV Cel. Luís Bentes

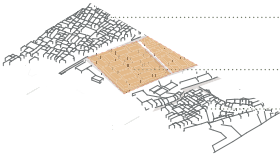
regime das águas



limite vazio

limite cheio

existente

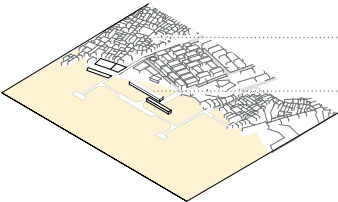


habitações em palafitas

conjunto habitacional

habitações em palafitas

geral



existente

proposta

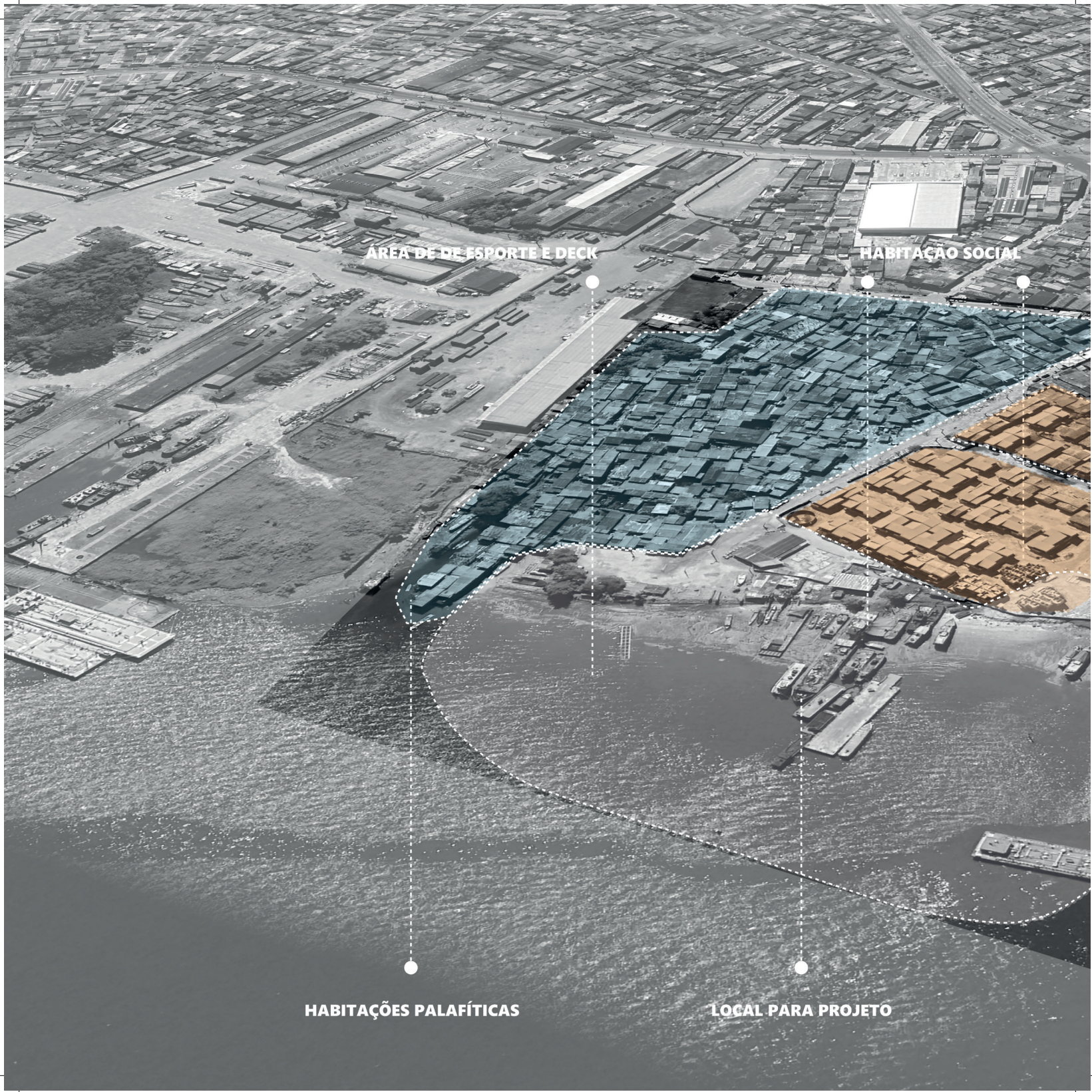


Fonte: Autores (2025).

Figura 07: Símbolo do museu



Fonte: Autores (2025).

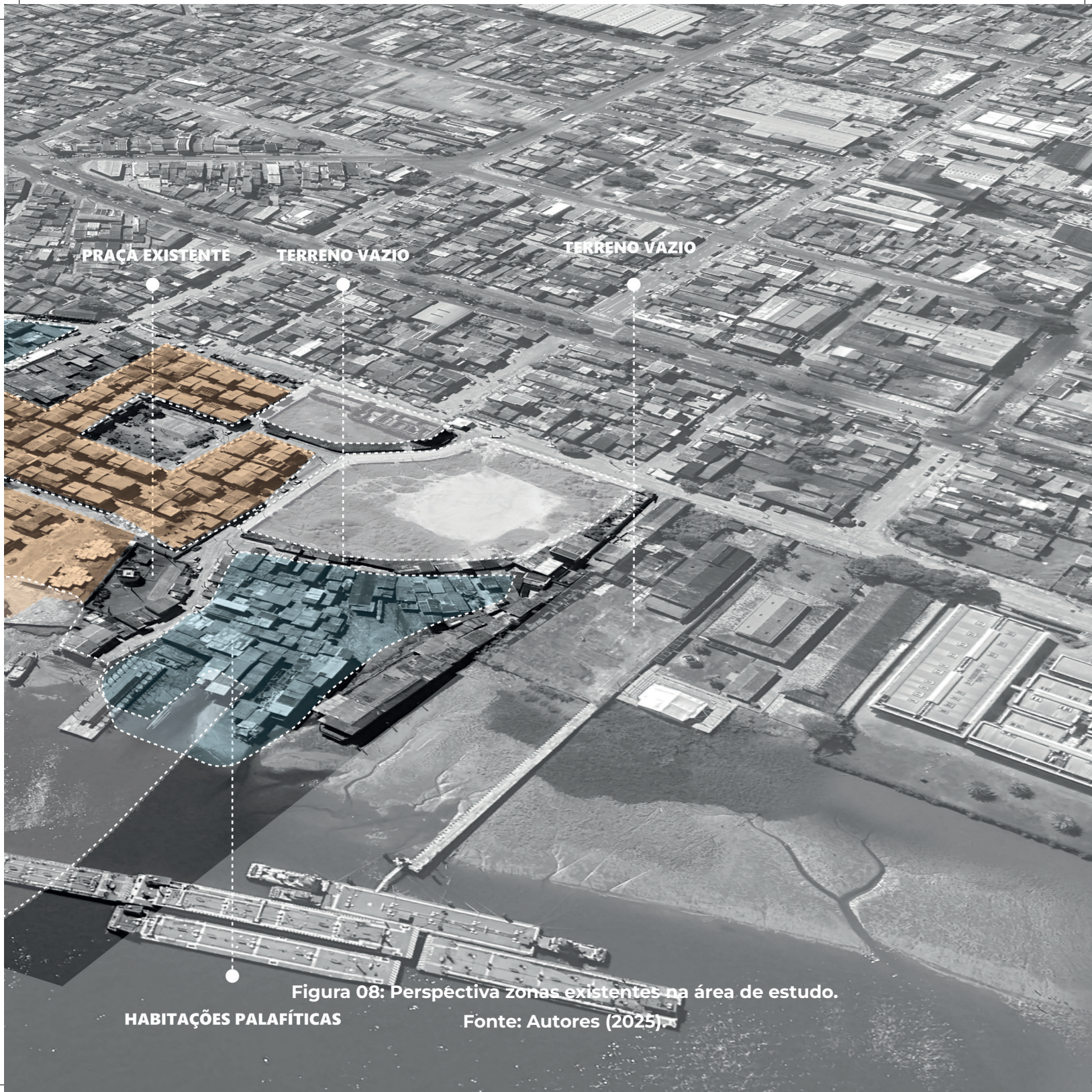


ÁREA DE DE ESPORTE E DECK

HABITAÇÃO SOCIAL

HABITAÇÕES PALAFÍTICAS

LOCAL PARA PROJETO



PRAÇA EXISTENTE

TERRENO VAZIO

TERRENO VAZIO

HABITAÇÕES PALAFÍTICAS

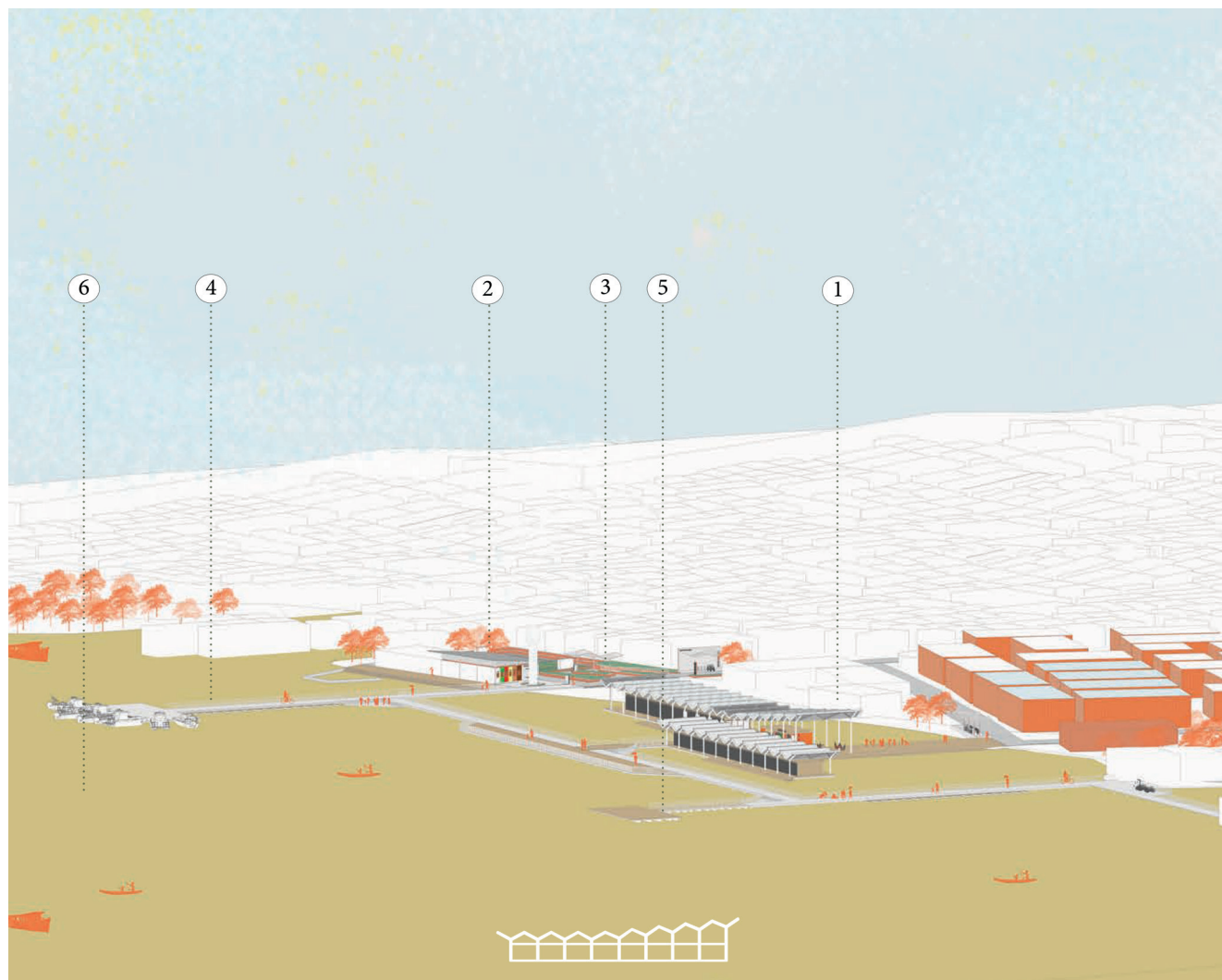
Figura 08: Perspectiva zonas existentes na área de estudo.

Fonte: Autores (2025).

3. **Proposta**

A proposta nasce do desejo de requalificar a Vila da Barca a partir de uma arquitetura que respeite e valorize o modo de vida ribeirinho. Mais do que construir espaços, busca-se fortalecer identidades, memórias e relações comunitárias, reconhecendo o rio como protagonista do território. O conjunto arquitetônico é estruturado em quatro dimensões fundamentais — pertencer, produzir, conviver e conectar — que orientam a criação de espaços educativos, culturais e de encontro. As passarelas, as áreas de convivência, o café comunitário e os espaços de eventos se articulam como lugares de resistência e de pertencimento, projetados para acolher práticas coletivas e para ressignificar a relação entre cidade e margem d'água. Assim, a proposta não é apenas um exercício de desenho urbano, mas um gesto de cuidado com a vida anfíbia, que reconhece a sabedoria tradicional dos moradores e propõe uma ocupação mais resiliente, sustentável e integrada ao ambiente amazônico.

Figura 09: Proposta de projeto.



1- museu vila da barca 2- ecoponto - praça 3- praça 4- pier para banho
5- pier para embarcações 6- baía do guajará

Fonte: Autores (2025).

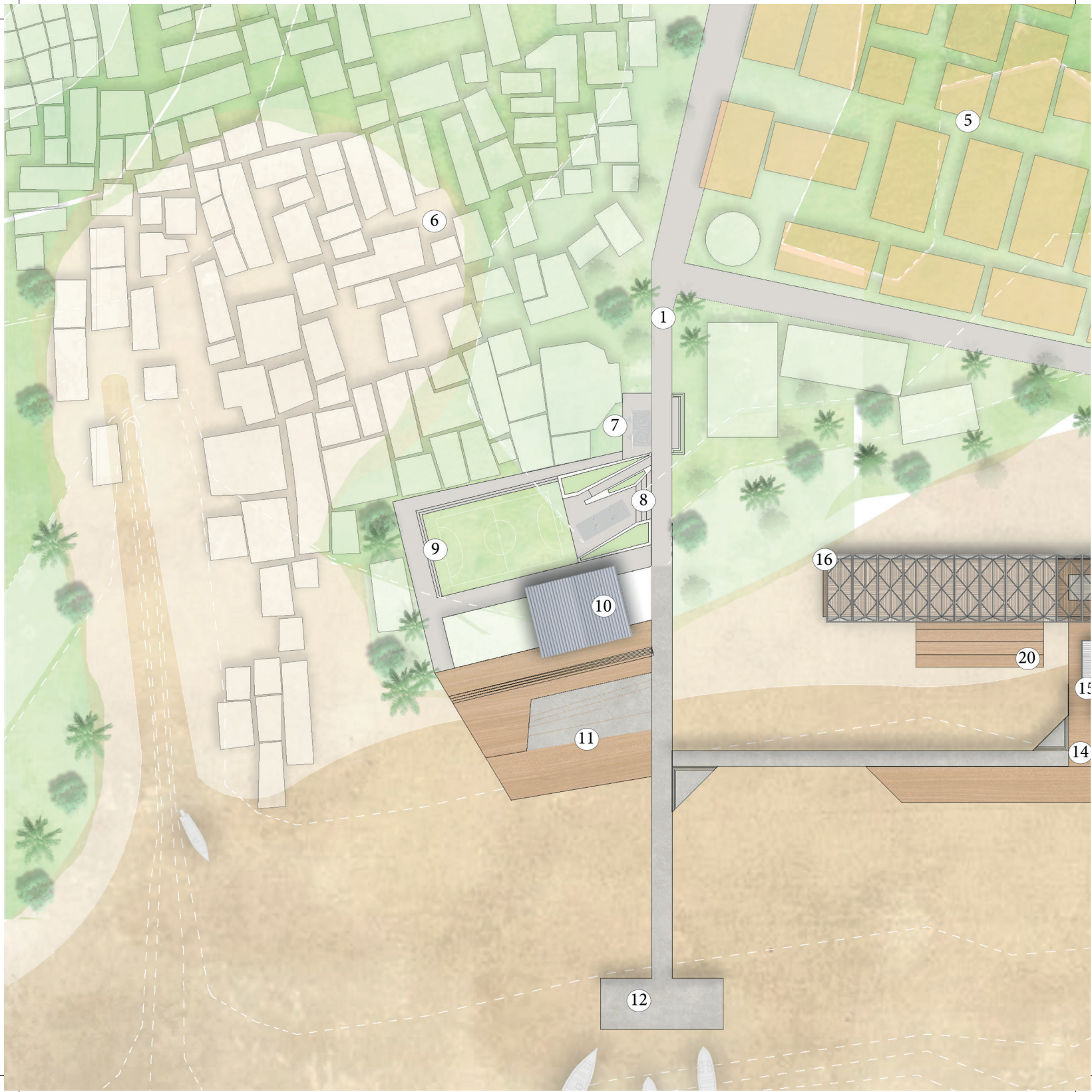
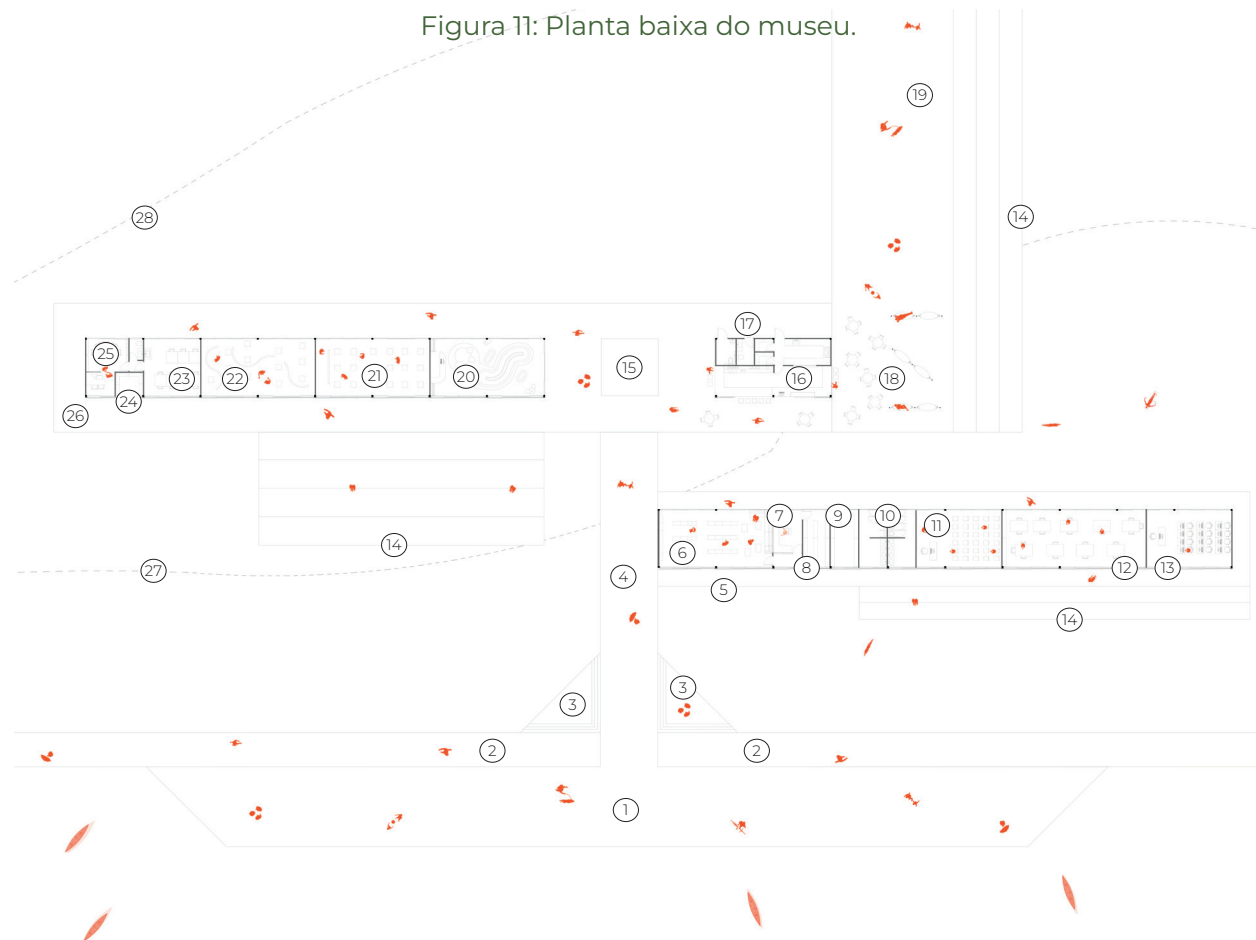




Figura 11: Planta baixa do museu.



1-deck de contemplação
2-caminho elevado em concreto
3-espço para encontros em concreto.
4-caminho elevado em madeira
5-varanda módulo cultural.
6-biblioteca.
7-administração biblioteca

8-aumoxarifado.
9-depósito.
10-banheiros.
11-sala 1 -cursos
12-sala 2 reuniões e encontros.
13-sala informática.
14-escadarias em madeira.
15-abertura.
16-café.

17-banheiros Café..
18-redário.
19-espço para encontros em madeira.
20-recepção e Loja
21-espço expositivo permanente.
22-espço expositivo rotativo.
23-sala atelie

24-depósito.
25-administração + sala curadoria + Banheiros. - módulo administrativo.
26- varanda módulo cultural.
27- nível cheia.
28- nível vazante.

Fonte: Autores (2025).



Acesso principal

A entrada do conjunto é marcada por uma ampla passarela sobre as águas, representando a transição entre cidade e território ribeirinho. O percurso busca valorizar a experiência de caminhar sobre o rio, elemento essencial da vida amazônica, reforçando a ideia de pertencimento, acolhimento e conexão direta com a paisagem natural.



Cobertura se elevando

A vista externa do conjunto evidencia a leveza das estruturas e o diálogo com a paisagem da Baía do Guajará. A implantação respeita os ciclos da maré e integra arquitetura e natureza, criando espaços de convivência que fortalecem a identidade da Vila da Barca. A cobertura elevada traz amplitude, leveza e abrigo, servindo de referência visual para toda a comunidade.



Café da Barca

Ambiente coletivo pensado para usos múltiplos, como cafeteria, feiras, oficinas e atividades de troca cultural. Este espaço simboliza o encontro entre tradição e contemporaneidade, promovendo a valorização da produção local, o fortalecimento da economia comunitária e a preservação dos saberes e modos de vida ribeirinhos.



Ponto da Barca

Espaço voltado para recepção e acolhimento, funcionando como ponto de entrada do conjunto. Também se abre para ciclistas e visitantes, conectando-se diretamente à praça e reforçando o caráter público e acessível do projeto. Este ponto de chegada é pensado como portal simbólico, marcando o início da experiência de vivenciar o espaço cultural e comunitário.



Integração das passarelas e habitações

A vista ao entardecer evidencia a continuidade entre passarelas, áreas coletivas e habitações palafíticas. O projeto traduz a vida anfíbia, respeitando o movimento das águas e oferecendo um espaço resiliente, que acolhe tanto a memória quanto os modos de vida da comunidade. Ao fundo, a malha da Vila da Barca dialoga com a nova proposta, estabelecendo um encontro entre tradição e futuro.

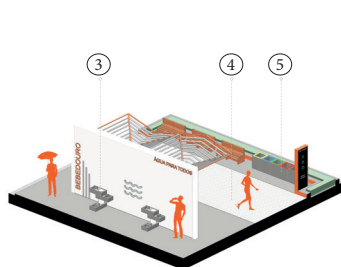




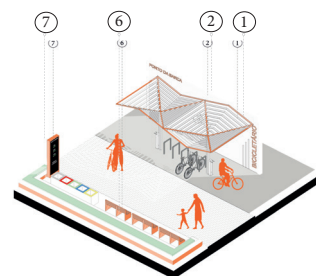
Figura 11: Perspectiva da praça
Fonte: Autores (2025).

Figura 12: Perspectiva da área de diversão da barca..

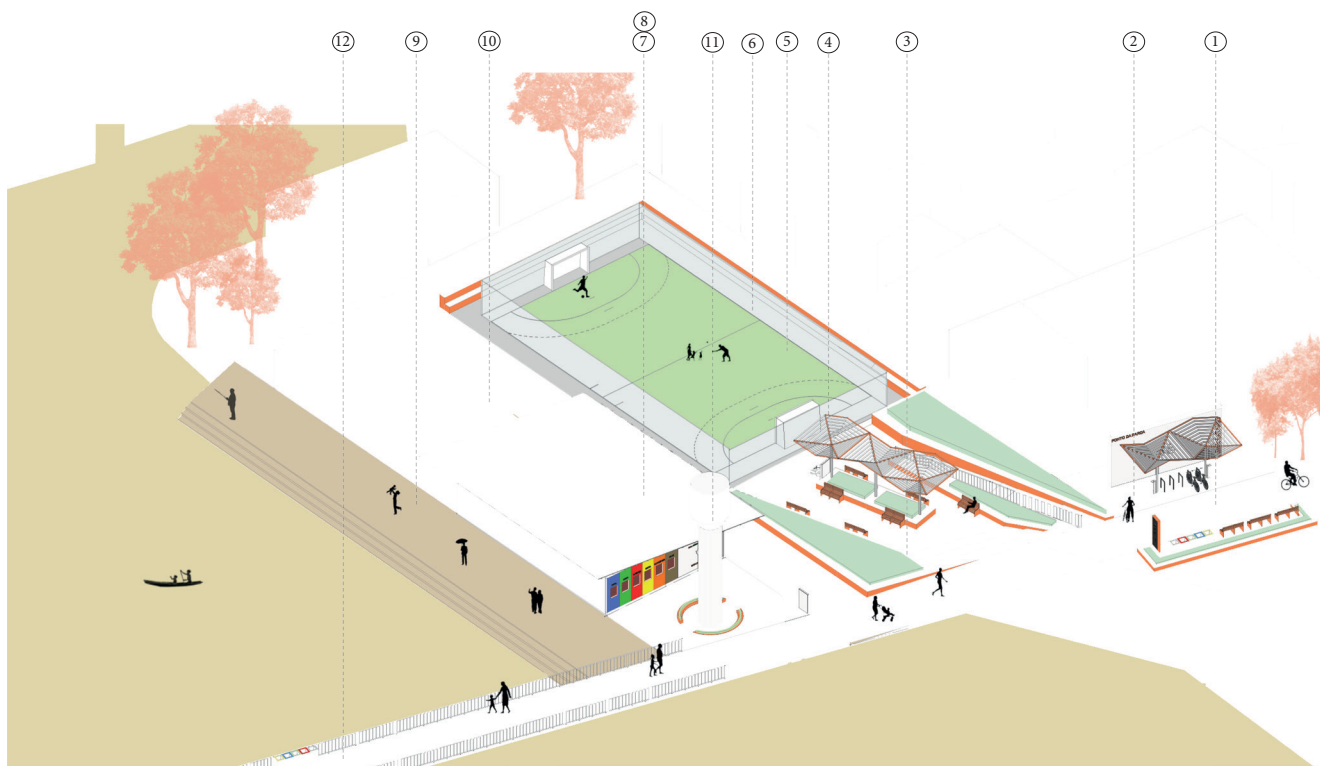
- 1- tev cel Luis bentes
- 2- ponto da barca - bicicletário e bebedouro
- 3- praça.
- 4- quadra
- 5-arquibancada.
- 6-calçada proposta.
- 7-banheiros, vesti- ários e depósito.
- 8- mini central de separação de lixo.
- 9- deck
- 10- edificação existente.
- 11- caixa de água taça. 30 mil litros.
- 12- caminho ele- vado em concre- to.



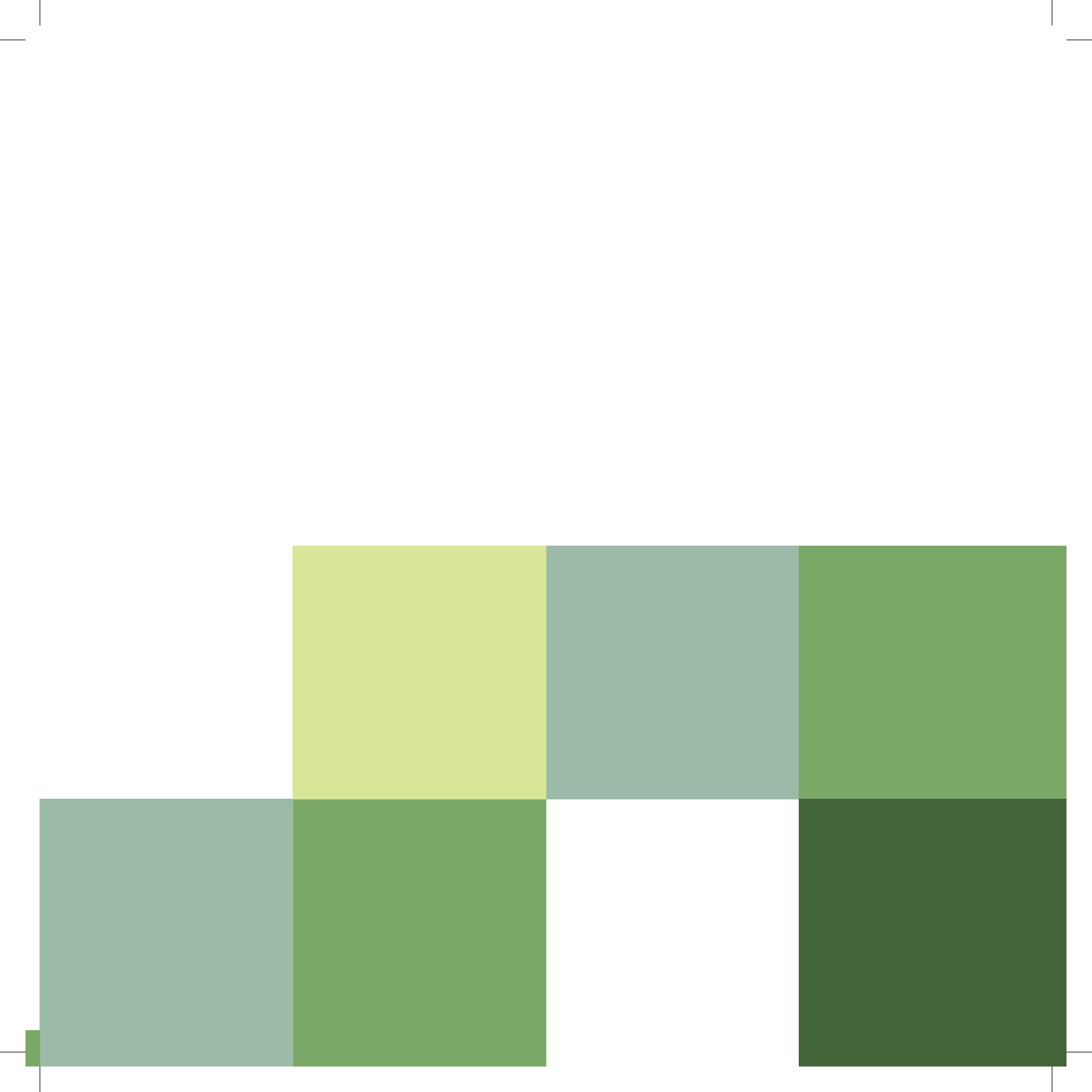
Bebedouro



Bicicletário



Fonte: Autores (2025).



14 • Resignificando paisagens: parque do centro administrativo vivencial e esporte, no Guará - DF

Autora: Ana Clara Carvalho Correia Cavalcante
Orientador: Caio Frederico e Silva
Banca Examinadora: Carolina Pescatori
Convidado: Arq. Lucas de Abreu

1. Proposta

A concepção de Brasília como capital planejada resulta de uma longa trajetória que remonta ao período colonial, quando já se pensava na interiorização da capital. A Constituição de 1891 oficializou essa intenção, levando à realização de expedições científicas que identificaram o Planalto Central como o local mais adequado. Em 1956, no governo de Juscelino Kubitschek, a ideia foi concretizada com o projeto urbanístico de Lúcio Costa e a arquitetura de Oscar Niemeyer, concebendo uma cidade símbolo de modernidade e racionalização do espaço. No entanto, a utopia modernista encontrou dificuldades diante da expansão urbana desordenada nas periferias, onde as soluções planejadas não se reproduziram. Nesse contexto surgiu o Guará, criado na década de 1960, período em que Brasília começava a sentir os efeitos do crescimento acelerado e descontrolado.

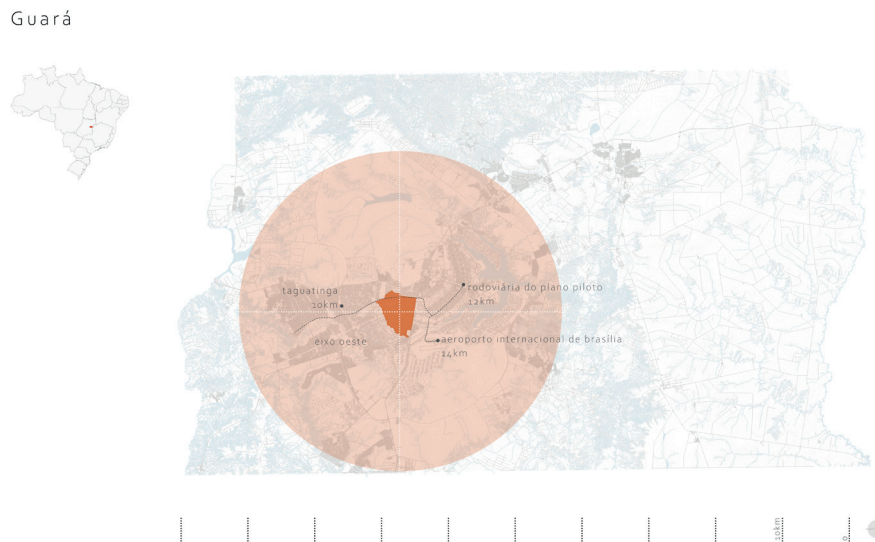
O Guará, localizado no eixo oeste do Distrito Federal, ocupa posição estratégica tanto geográfica quanto culturalmente. Criado como parte da expansão urbana de Brasília, mantém a lógica do planejamento modernista, mas desenvolveu identidade própria, marcada pela diversidade da população e pela riqueza cultural. Sua proximidade ao Plano Piloto, ao aeroporto e a centros logísticos reforça seu papel de transição entre o núcleo central e as cidades satélites, além de atrair funções residenciais e comerciais.

Figura 01: Linha do tempo do desenvolvimento urbano do Guará (1967–1997).



Fonte: Autores (2025).

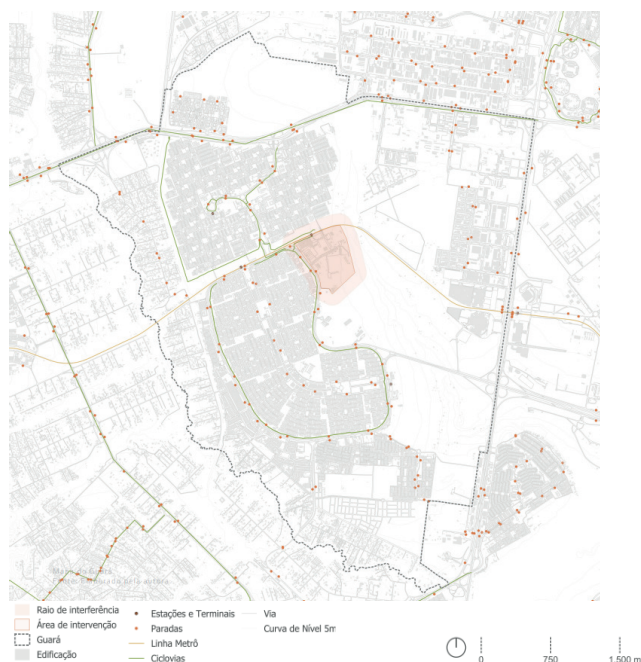
Figura 02: Mapa de localização regional do Guar4 no Distrito Federal.



Fonte: Autores (2025).

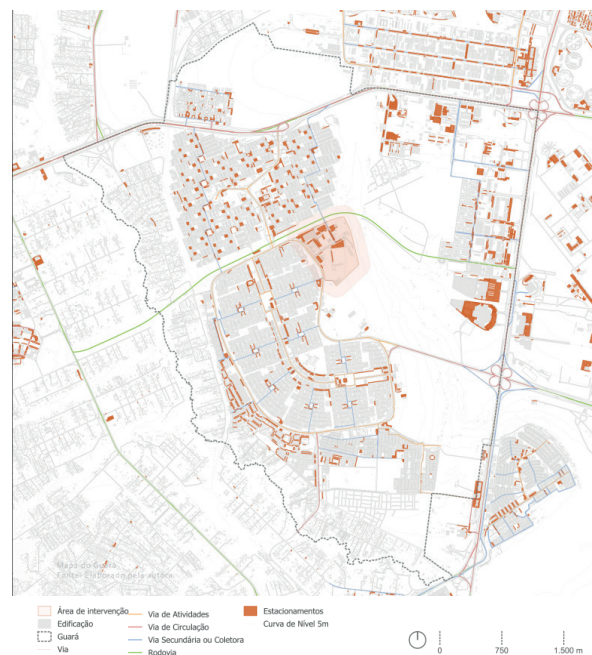
O Guar4 conta com uma infraestrutura de mobilidade bem estruturada, marcada pela proximidade com vias expressas, rede de transporte coletivo e integração ao metrô. Essa conectividade torna a região um importante eixo de circulação em Brasília, atendendo tanto às demandas locais quanto aos deslocamentos para o Plano Piloto e outras áreas. O CAVE, situado em ponto estratégico, beneficia-se diretamente dessa estrutura, com acesso facilitado pela estação de metrô Guar4 e diversas linhas de ônibus, o que amplia seu potencial como polo cultural, esportivo e de lazer. O metrô conecta a região a importantes centros urbanos do DF, oferecendo alternativa sustentável ao transporte rodoviário, enquanto as vias expressas, como a EPTC e a EPGU, reforçam a ligação com o restante do território. Sob essa perspectiva, o CAVE pode integrar-se ainda mais à dinâmica de mobilidade do Guar4, sobretudo com melhorias urbanísticas que priorizem o acesso sustentável, como calçadas qualificadas, bicicletários e sinalização adequada para pedestres.

Figura 03: Diagnóstico urbano: mapa de modos de transporte, ciclovias e acessibilidade no Guará.



Fonte: Autores (2025).

Figura 04: Diagnóstico urbano: mapa de distribuição de edificações, vias de circulação e bolsões de estacionamento.



Fonte: Autores (2025).

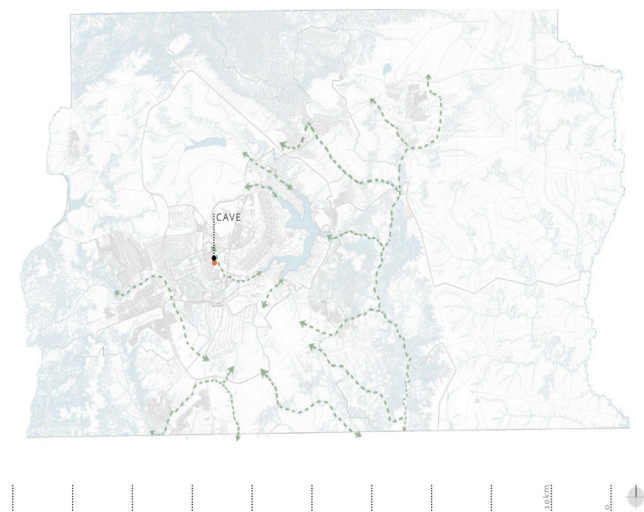
Ao longo das últimas décadas, a intensa urbanização no Distrito Federal reduziu significativamente a cobertura vegetal do Cerrado, fragmentando ecossistemas e comprometendo áreas naturais. Diante disso, o Guará desempenha um papel estratégico como conector ecológico e urbano, abrigando importantes fragmentos de Cerrado. Entre seus elementos naturais, destaca-se o córrego Guará, com cerca de 7,5 km de extensão, que nasce na Reserva Ecológica do Guará, atravessa o Parque Ecológico Ezequias Heringer e integra a sub-bacia do Ribeirão Riacho Fundo, essencial para a regulação hídrica, a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos da região. O Parque do Guará, apesar de pressões antrópicas e ocupações irregulares, ainda preserva rica flora nativa, incluindo espécies ameaçadas, e protege o córrego, funcionando como patrimônio ambiental e espaço de lazer.

O CAVE, situado próximo ao parque e ao córrego, reúne áreas abertas, equipamentos esportivos e culturais, configurando-se como espaço estratégico para conter a urbanização

desordenada e proteger margens sensíveis. Além da função ecológica, tem potencial para projetos de recuperação ambiental, lazer e cultura de baixo impacto, como trilhas educativas, plantio de espécies nativas e criação de áreas de infiltração de água. A paisagem vegetal da região, originalmente formada por espécies típicas do Cerrado como ipê, pequizeiro, jatobá e copaíba, foi bastante alterada nas décadas de 1970 e 1980, quando o avanço da infraestrutura esportiva substituiu extensas áreas naturais por vegetação cultivada e espécies exóticas. A partir dos anos 2000, ações de revitalização possibilitaram a reintrodução de espécies nativas e processos de regeneração espontânea em alguns pontos, revelando a resiliência do bioma. A fauna também é marcante, com espécies adaptadas às condições do Cerrado, como o pirá-brasília (*Simpsonichthys boitonei*), peixe endêmico das poças temporárias do DF, descoberto em 1956 e popularmente conhecido como “peixe das nuvens”. Seu ciclo de vida está sincronizado às chuvas, mas encontra-se ameaçado pela urbanização, impermeabilização do solo e degradação dos corpos d’água. Tanto o córrego Guará quanto essa espécie emblemática ilustram a importância da preservação dos ecossistemas locais. Nesse sentido, estratégias ambientais que conciliem conservação e urbanização sustentável tornam-se fundamentais para garantir a integridade ecológica, a qualidade de vida urbana e a valorização do patrimônio natural do Cerrado.

1.2 Centro Administrativo Vivencial e Esporte - CAVE

Figura 05 Inserção urbana e conexões macro do Centro Administrativo Vivencial e Esporte (CAVE).



Fonte: Autores (2025).

Figura 06: Mapa de zoneamento ambiental e conectores verdes: massa arbórea, hidrografia e vegetação no entorno do CAVE.

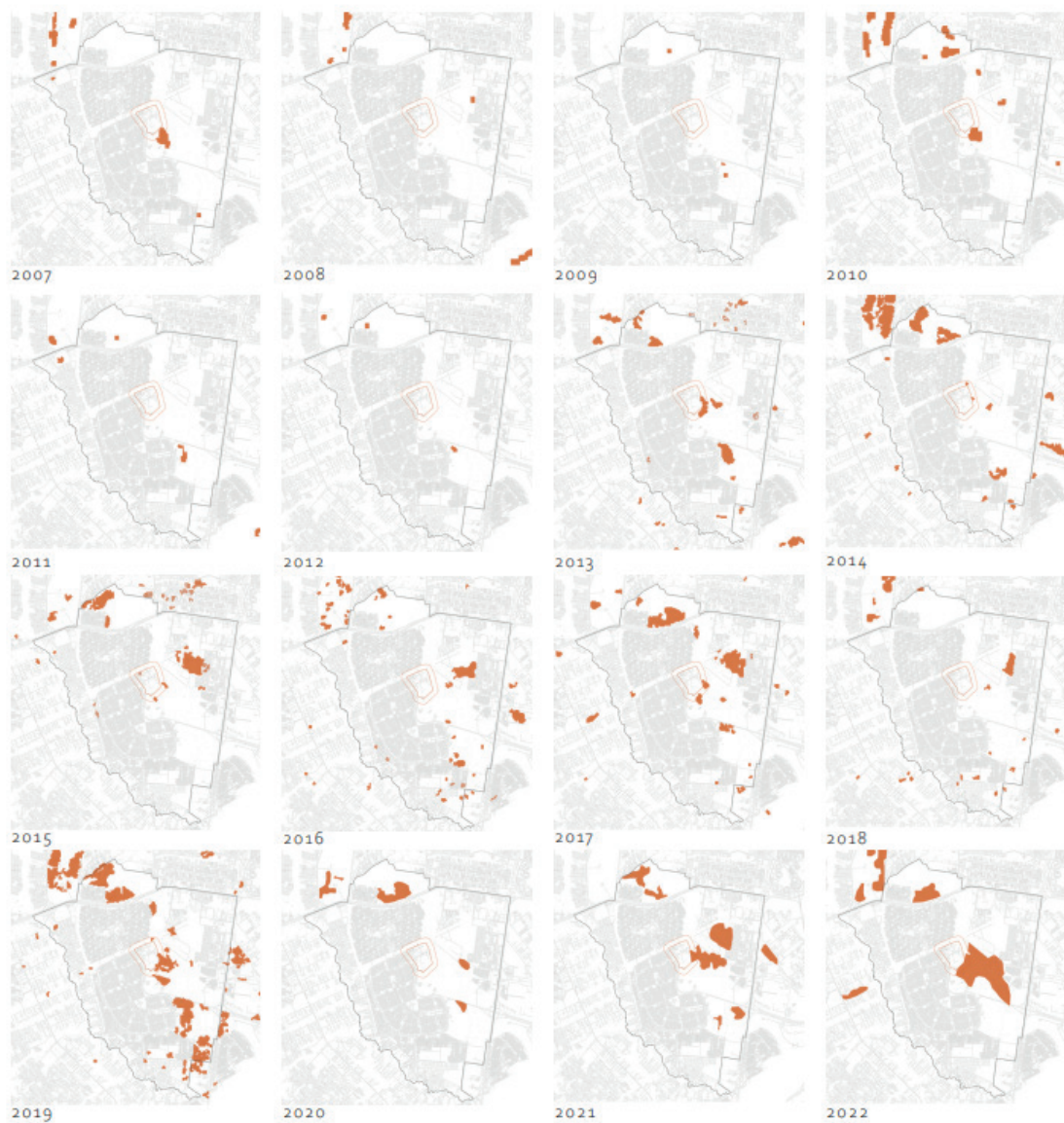


Fonte: Autores (2025).

As queimadas vêm exercendo papel determinante na transformação da paisagem do CAVE, sobretudo a partir de 2014, com registros mais intensos em 2019. Embora o Cerrado apresente espécies adaptadas ao fogo, a recorrência desses eventos compromete os processos de regeneração natural, provoca a perda de sementes no solo e acelera a degradação ambiental, resultando em diminuição da diversidade vegetal e empobrecimento do solo.

O desafio consiste em conciliar a vegetação já implantada com a recuperação da flora nativa, garantindo maior resiliência ecológica à área. O masterplan do CAVE busca responder a essa questão por meio de estratégias de requalificação paisagística baseadas no uso de espécies típicas do Cerrado e em soluções de infraestrutura verde, como jardins de chuva, pavimentação permeável e corredores ecológicos. Assim, o espaço passa a assumir não apenas sua função cultural e esportiva, mas também um papel de relevância ambiental, reforçando a identidade local e a relação da comunidade com o bioma.

Figura 07: Mapeamento evolutivo de focos de queimadas anuais no perímetro do CAVE (2007–2022).



Fonte: Autores (2025).

O Centro Administrativo Vivencial e Esportivo (CAVE), inaugurado em 1978 no Guar4, foi concebido como um espaço multifuncional voltado ao esporte, 4 cultura e ao lazer, alinhado aos princ4pios modernistas de Bras4lia. Durante d4cadas, abrigou competiç4es, apresentaç4es culturais e grandes eventos, consolidando-se como refer4ncia para o Distrito Federal. Sua relev4ncia estende-se tamb4m ao campo musical, tendo sido palco da estreia da Legi4o Urbana e, posteriormente, de festivais que deram voz a express4es culturais perif4ricas. Al4m disso, festas tradicionais, como as juninas, reforçaram sua import4ncia comunit4ria. Contudo, a falta de manutenç4o levou 4 deterioraç4o de suas estruturas e ao fechamento em 2016, deixando um vazio f4sico e simb4lico na mem4ria coletiva do Guar4.

Figura 08: Setorizaç4o e mapeamento atual do complexo do CAVE com poligonal de intervenç4o.



Fonte: Autores (2025).

Figura 09: Vista aérea diagnóstica do CAVE: pontos críticos e estruturas existentes.



Fonte: Autores (2025).

2. O projeto

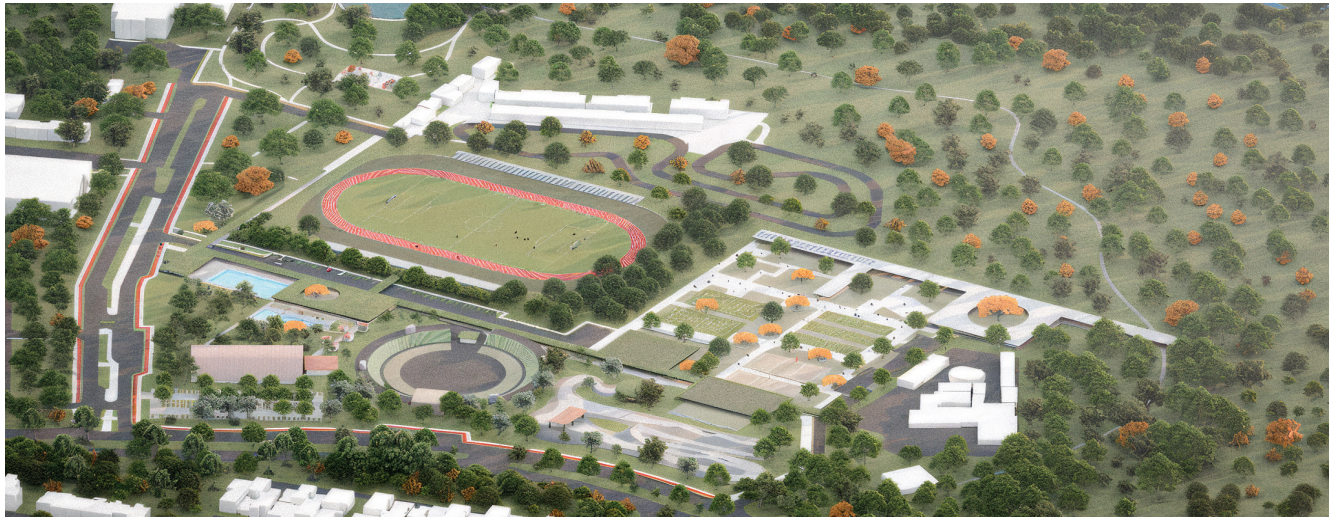
O desenvolvimento do projeto tem início na escuta atenta do território e na observação das formas como a comunidade já se apropria e ressignifica o espaço do CAVE, no Guará. Em vez de considerar o local como um vazio urbano ou apenas um espaço degradado a ser “corrigido”, a proposta reconhece a vitalidade existente em seus múltiplos usos: práticas esportivas, encontros informais, memórias afetivas e modos populares de produzir cidade. A concepção do trabalho parte justamente dessas dinâmicas, reafirmando o CAVE como um território aberto, diverso e plural, no qual o desenho urbano costura o que já existe e articula os usos em uma paisagem ativa.

Sob as escalas urbana e arquitetônica, a intervenção procura conciliar o gesto técnico com o gesto social, equilibrando a qualificação da infraestrutura com o respeito aos ritmos e às práticas cotidianas do lugar.

Por meio de tais estratégias projetuais, o trabalho se organiza em três eixos centrais. O primeiro consiste em reconectar o espaço às pessoas, restabelecendo vínculos entre os setores fragmentados do CAVE e o tecido urbano do Guará. Essa reconexão é promovida por percursos acessíveis, coberturas sombreadas e pela articulação entre equipamentos, de modo a integrar mobilidade, paisagem e vivência, garantindo continuidade territorial e simbólica. O segundo eixo é o de descontaminar as águas urbanas, promovendo a restauração das dinâmicas naturais por meio da retenção, infiltração e filtragem das chuvas antes de alcançarem o Córrego Guará. Para isso, são propostos dispositivos como bacias de retenção, jardins de chuva e pisos drenantes, que reduzem os impactos da impermeabilização urbana e favorecem o equilíbrio hidrológico e ecológico da paisagem. Por fim, o terceiro eixo busca revalorizar o território, resgatando sua dimensão simbólica e cultural, de modo a potencializar o CAVE como espaço de convivência, memória e identidade comunitária, articulado ao conjunto urbano e ambiental mais amplo do Guará.

Ainda que divididas em três frentes para fins didáticos, essas estratégias se entrelaçam e se fortalecem mutuamente: a reconexão com as pessoas depende do cuidado ambiental, a descontaminação das águas valoriza o território, e a revalorização só se efetiva se associada à mobilidade e ao pertencimento coletivo. Em conjunto, elas constituem uma abordagem integrada para transformar o CAVE em um espaço vivo, resiliente e enraizado na memória e no cotidiano da comunidade.

Figura 10: Perspectiva isométrica geral do projeto de intervenção e requalificação urbana do CAVE.



Fonte: Autores (2025).

Figura 11: Diretrizes de projeto: mapa de conectividade, novas coberturas, ciclovias e caminhos acessíveis (“Reconectar”).

Reconectar
o espaço às pessoas

- coberturas
- nova área esportiva
- percursos acessíveis
- ciclovias
- deck de contato com lago



Fonte: Autores (2025).

3. Cobertura verde

Para a cobertura verde extensiva do projeto, foi elaborado um arranjo com sete espécies nativas ou adaptadas ao Cerrado, compatíveis com substrato de 12-15 cm. A seleção busca atender diferentes funções ecológicas e estéticas, como cobertura do solo, retenção de umidade, resistência à seca, atração de polinizadores e diversidade visual, formando um mosaico vegetal funcional e de baixa manutenção.

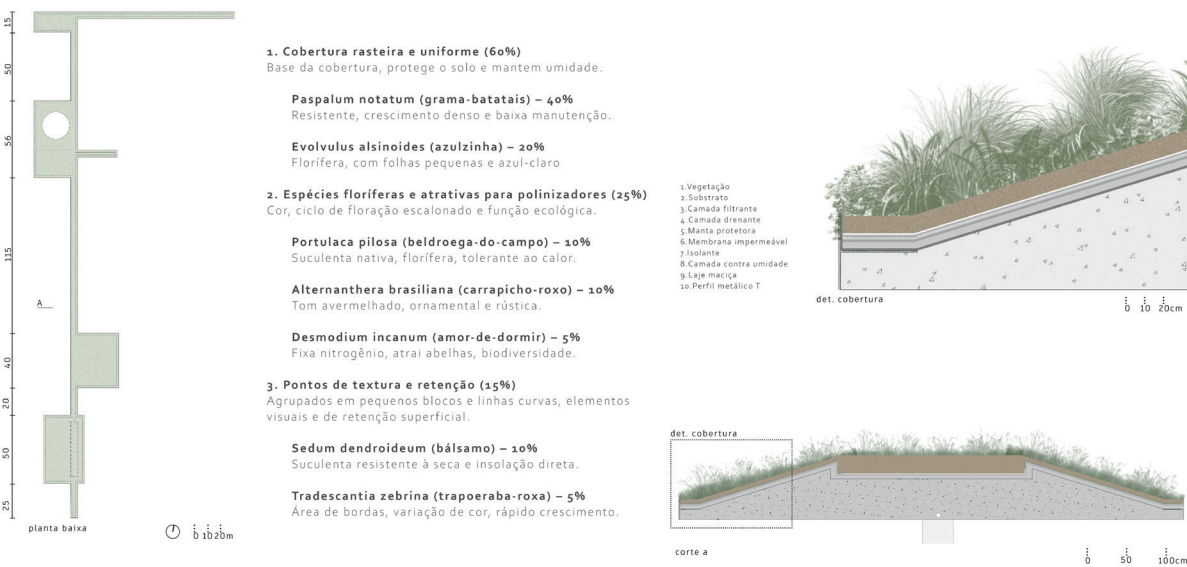
1. Cobertura rasteira e uniforme (60%) - Base da cobertura, protege o solo e mantém umidade
Paspalum notatum, grama-batatais (40%) - Resistente, crescimento denso e baixa manutenção.
Evolvulus alsinoides, azulzinha (20%) - Florífera, com folhas pequenas e azul-claras.

2. Espécies floríferas e atrativas para polinizadores (25%) - Cor, ciclo de floração escalonado e função ecológica *Portulaca pilosa*, *beldroega-do-campo* (10%) - Suculenta nativa, florífera, tolerante ao calor. *Alternanthera brasiliana*, *carrapicho-roxo* (10%) - Tom avermelhado, ornamental e rústica. *Desmodium incanum*, *amor-de-dormir* (5%) - Fixa nitrogênio, atrai abelhas, biodiversidade.

3. Pontos de textura e retenção (15%) - Agrupados em pequenos blocos e linhas curvas, elementos visuais e de retenção superficial. *Sedum dendroideum*, *bálsamo* (10%) - Suculenta resistente à seca e insolação direta. *Tradescantia zebrina*, *trapoeraba-roxa* (5%) - Área de bordas, variação de cor, rápido crescimento.

Figura 12: Detalhamento técnico e especificações da cobertura verde integrada.

Cobertura verde



Fonte: Autores (2025).

4. Cobertura solar

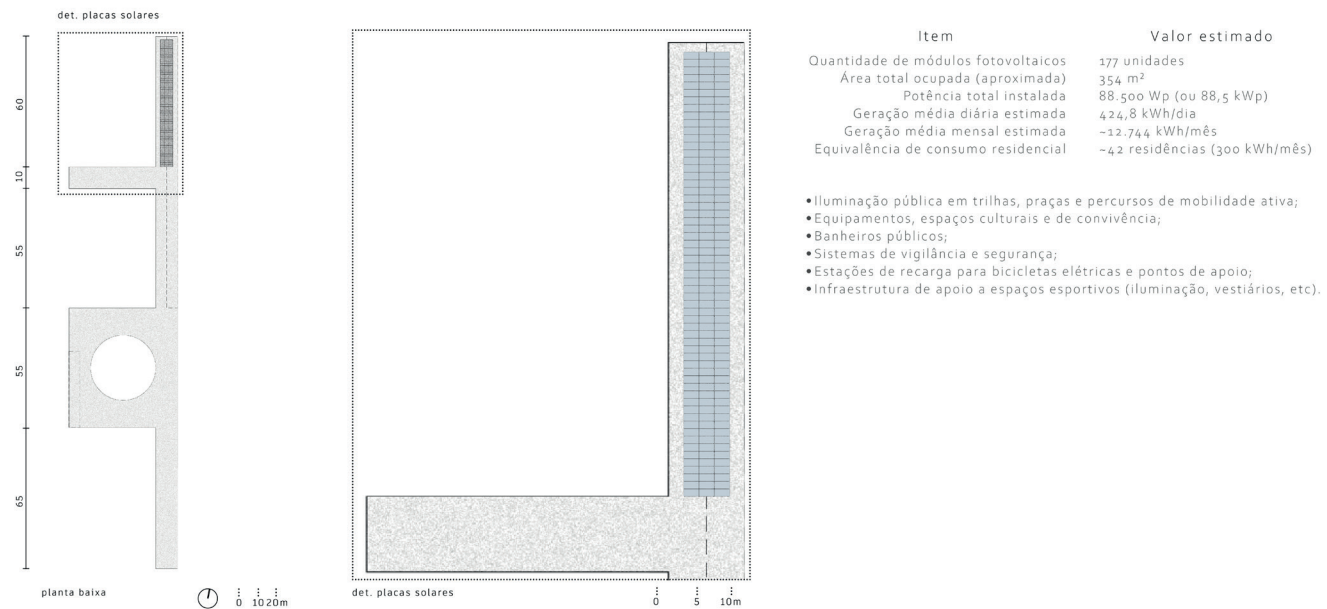
Como parte das estratégias de sustentabilidade e eficiência energética do projeto, propõe-se a instalação de um sistema fotovoltaico distribuído, utilizando 177 módulos solares. Cada módulo possui área aproximada de 2,0 x 1,0 metros (2 m²), e potência unitária de 500 watts-pico (Wp), com base em equipamentos comerciais de alta eficiência atualmente disponíveis no mercado.

A localização do projeto apresenta uma média anual de irradiação solar de aproximadamente 4,8 horas solares pico por dia, segundo dados médios do Atlas Brasileiro de Energia Solar (INPE, 2017). Essa condição é favorável à geração de energia solar ao longo do ano. A energia gerada por esse sistema atende a uma significativa demanda elétrica dos espaços revitalizados, incluindo:

- Iluminação pública em trilhas, praças e percursos de mobilidade ativa;
- Equipamentos, espaços culturais e de convivência;
- Banheiros públicos;
- Sistemas de vigilância e segurança;
- Estações de recarga para bicicletas elétricas e pontos de apoio à mobilidade;
- Infraestrutura de apoio a espaços esportivos (iluminação, bombas d'água, vestiários, etc).

Figura 13: Detalhamento e estimativa de eficiência da cobertura com placas solares fotovoltaicas

Cobertura solar



Fonte: Autores (2025).

Figura 14: Perspectiva geral do parque: integração de quadras esportivas e áreas de convivência.



Fonte: Autores (2025).

Figura 15: Perspectiva da entrada principal do parque e passeios com coberturas verdes vegetadas.

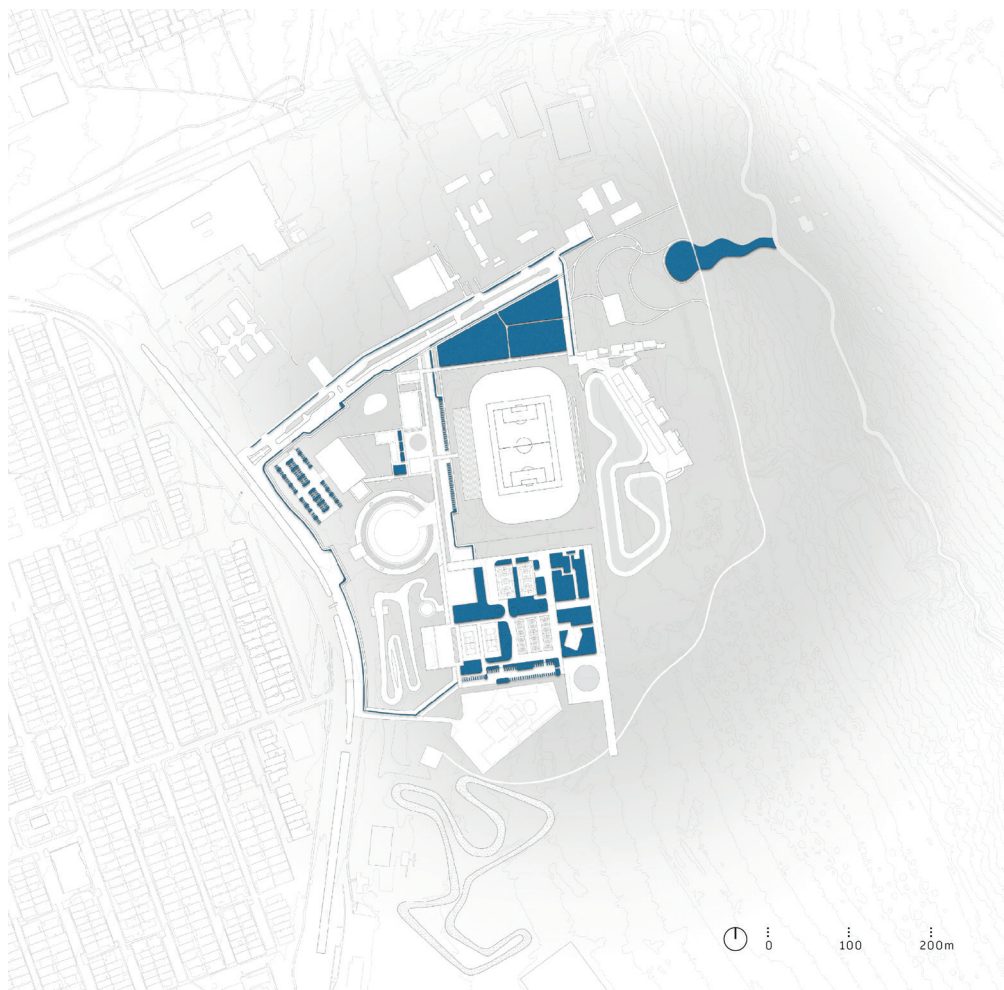


Fonte: Autores (2025).

Figura 16: Diretrizes de sustentabilidade: mapa do sistema de descontaminação das águas urbanas.

Descontaminar as águas urbanas

- jardins de chuvas
- lago de retenção
- canteiros verdes
- pavimentos drenantes
- novas áreas verdes



Fonte: Autores (2025).

Os jardins de chuva configuram-se como dispositivos fundamentais de manejo sustentável das águas pluviais, articulando infraestrutura verde e qualificação urbana. Inseridos nas calçadas e ao longo das vias, esses elementos atuam na retenção e infiltração da água, filtrando poluentes e reduzindo a sobrecarga do sistema de drenagem convencional. No contexto do projeto, sua implantação contribui não apenas para mitigar os efeitos da imper-

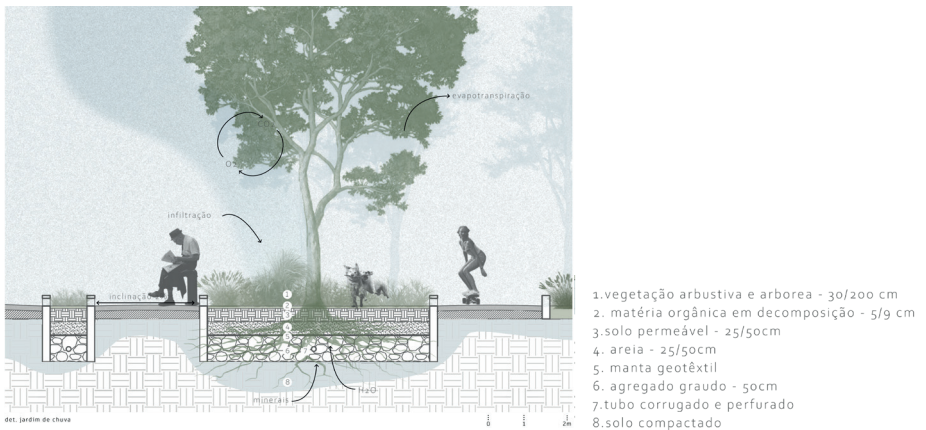
meabilização, mas também para redefinir a experiência do pedestre: calçadas mais verdes, sombreadas e permeáveis ampliam o conforto ambiental, reforçam a caminhabilidade e estabelecem uma relação direta entre a paisagem urbana e o equilíbrio ecológico do Córrego Guará.

Figura 17: Corte urbano longitudinal: perfil viário, passeios e zoneamento de infraestrutura verde.



Fonte: Autores (2025).

Figura 18: Diretrizes de sustentabilidade: mapa do sistema de descontaminação das águas urbanas.



Fonte: Autores (2025).

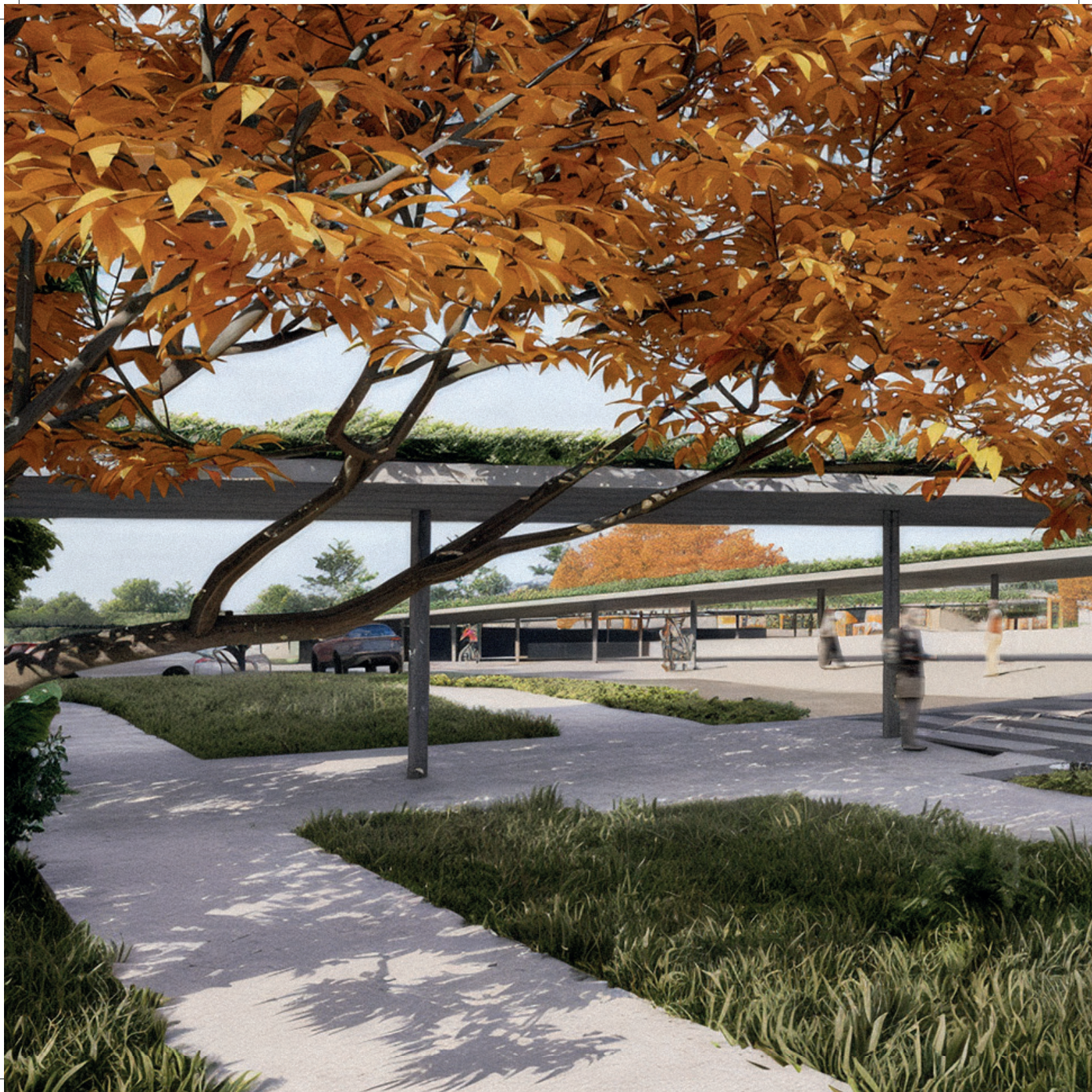
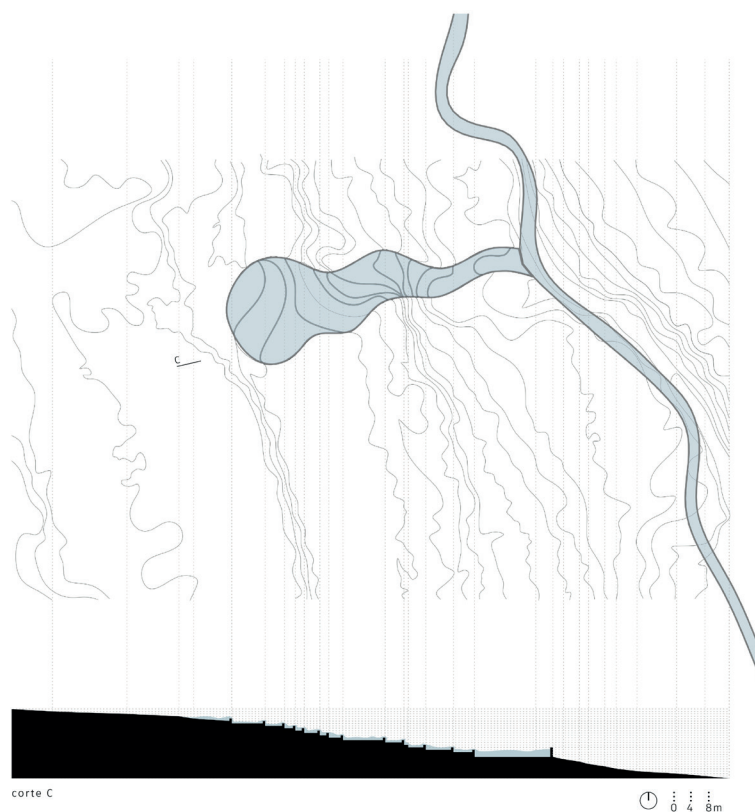




Figura 19: Perspectiva das passarelas e acessos ao Centro Administrativo Vivencial e Esportivo.
Fonte: Autores (2025).

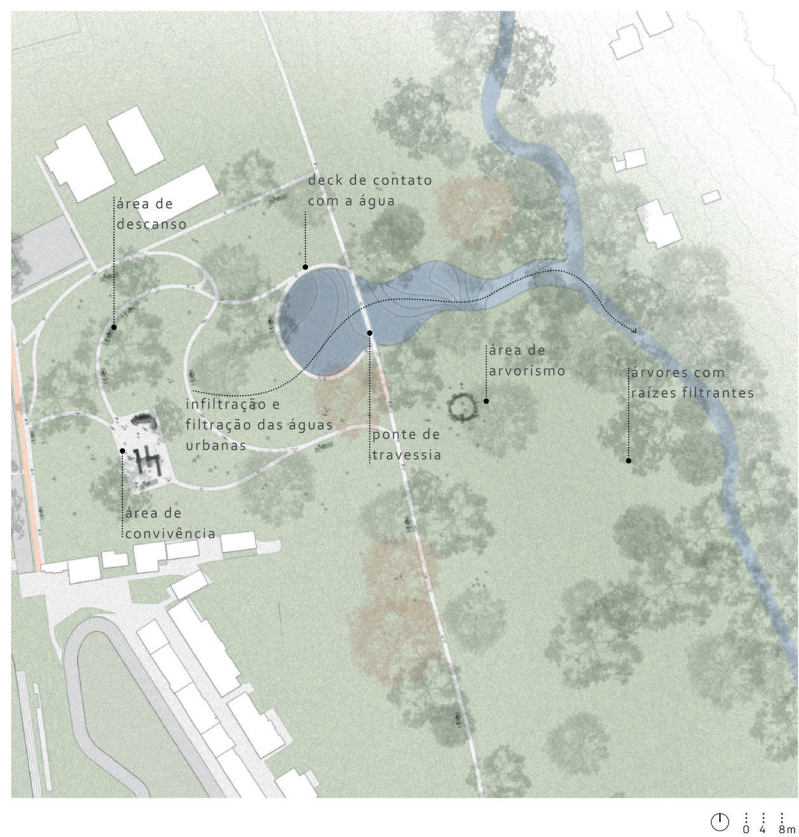
O lago de retenção configura-se como elemento central do sistema hídrico do projeto, concebido a partir da manipulação das curvas de nível do terreno. Essa estratégia possibilita a criação de um lago escalonado, no qual a água das chuvas é gradualmente contida e filtrada ao longo de diferentes níveis. O desenho das bordas e a inserção de elementos sólidos, como pedras e camadas vegetais, permitem a retenção dos resíduos mais grosseiros e a depuração progressiva da água, que retorna limpa ao Córrego Guará. Além de desempenhar papel técnico fundamental na regulação do ciclo hidrológico e na mitigação dos impactos da impermeabilização urbana, o lago integra-se à paisagem como espaço de contemplação e convivência. Ao aproximar a população da dinâmica natural da água, promove-se também a conscientização ambiental e o fortalecimento dos vínculos simbólicos entre a cidade e seu território.

Figura 20: Estudo topográfico: curvas de nível e perfil de corte do lago de retenção.



Fonte: Autores (2025).

Figura 21: Implantação e paisagismo no entorno do parque do lago de retenção.



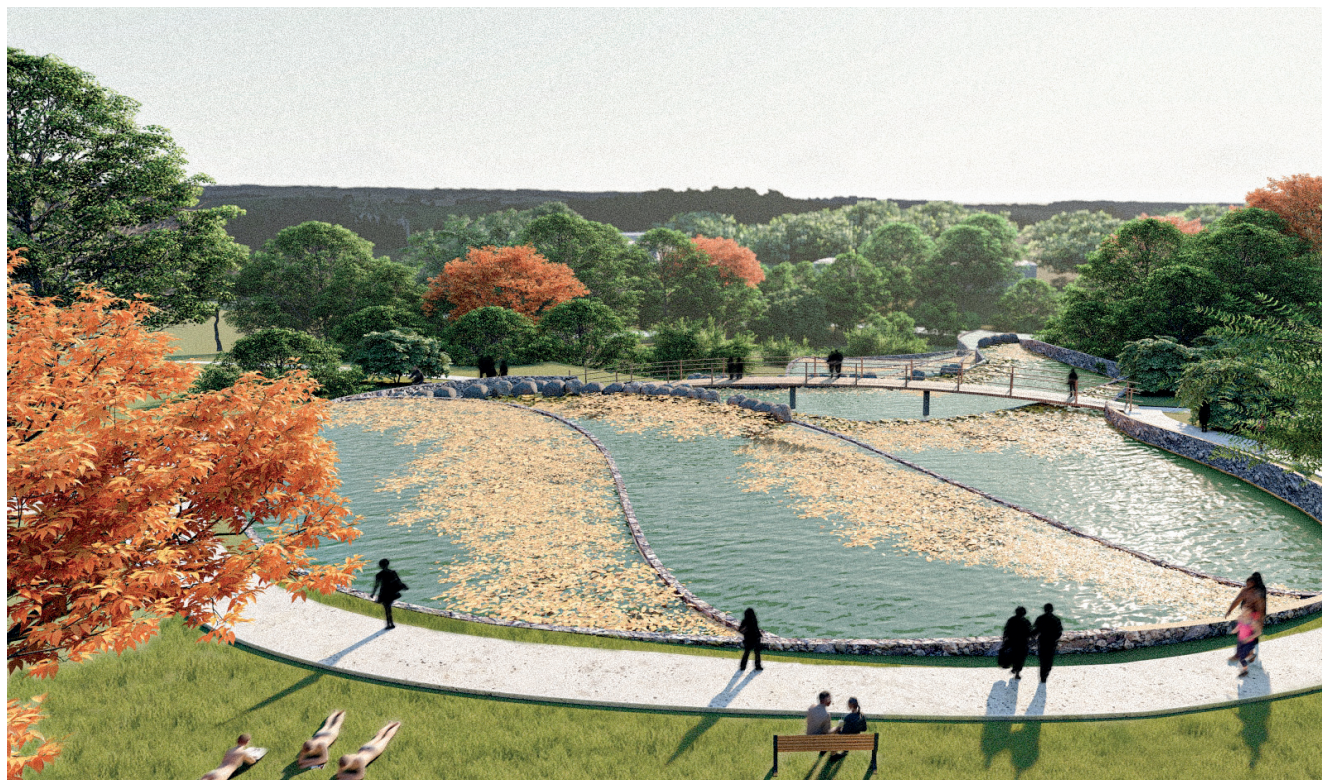
Fonte: Autores (2025).

Figura 22: Vista geral do parque: integração paisagística com o sistema de lago de retenção e bacias de contenção.



Fonte: Autores (2025).

Figura 23: Vista perspectiva do lago de recreação: caminhos de pedestres, passarelas e áreas de permanência.



Fonte: Autores (2025).

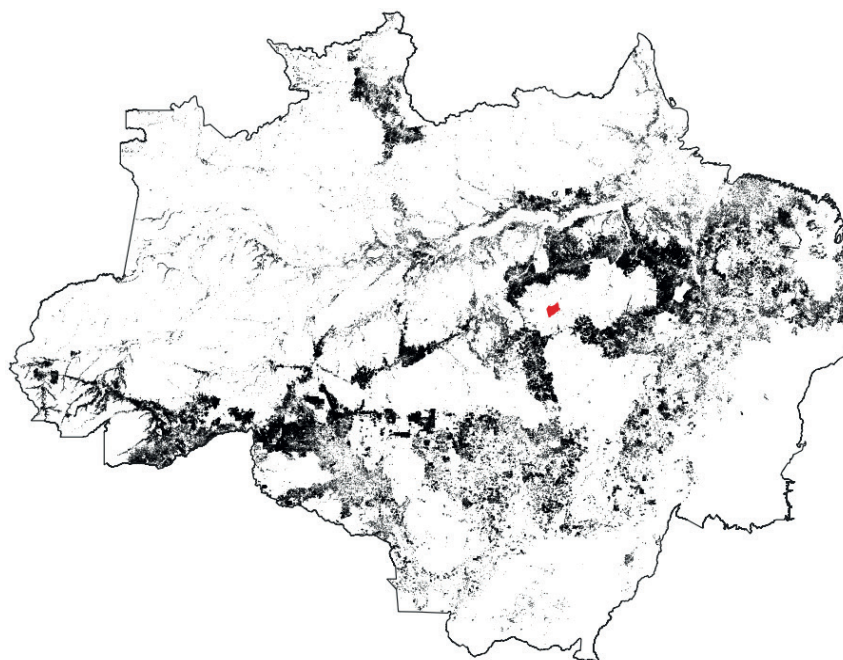
14 • Habitar e Resistir: proposta de habitação e planejamento territorial para a Aldeia Kaarimã no Médio Xingu

Autor: Luca Augusto Corrêa
Orientador: Caio Frederico e Silva
Banca Examinadora: Liza Andrade
Convidados: Arq. Paulo Henrique Paranhos e
Arq. Talita Naboni

1. Introdução e contexto amazônico

A Amazônia constitui o maior bioma tropical do planeta, desempenhando funções vitais para o equilíbrio climático e hidrológico global. Entretanto, a região se encontra em permanente tensão entre projetos de exploração econômica e a preservação de seus povos e ecossistemas. Desde as políticas desenvolvimentistas do período JK e da Ditadura Militar até as ofensivas mais recentes, observa-se a intensificação do desmatamento, da mineração e da instalação de megaprojetos, como Belo Monte, que desestruturam ecossistemas e impactam severamente a vida indígena. mapa de desmatamento.

Figura 01: Mapa de desmatamento na Amazônia Legal.



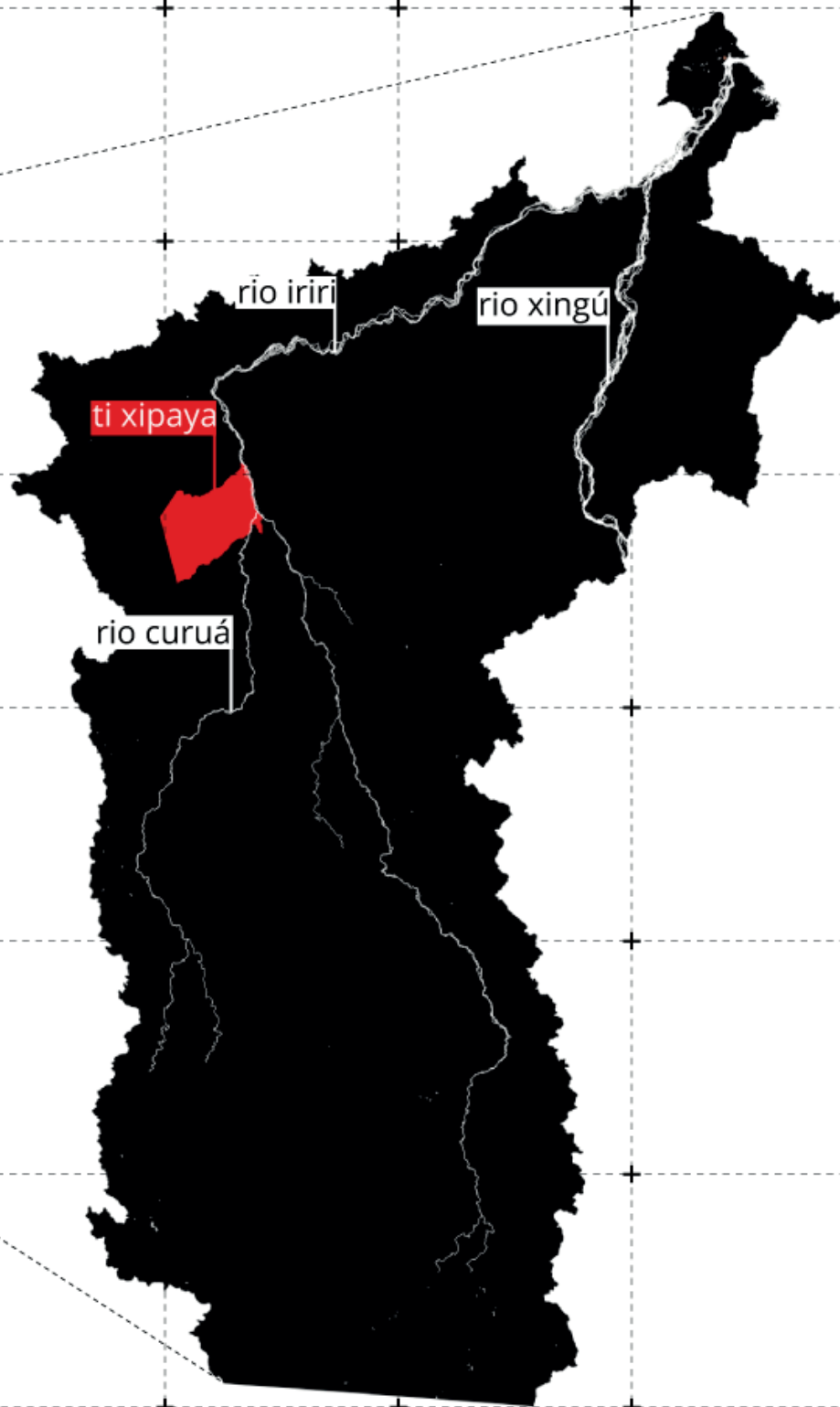
Fonte: Autores (2025).

Os Xipaya, povo de origem juruna, vivem essa realidade de forma aguda. Sua história é marcada pela resistência frente à colonização, missões religiosas e empresas extrativistas. Nos séculos XVII e XVIII, foram forçados a aldeamentos e sofreram intensa marginalização. Hoje, habitam principalmente a Terra Indígena Xipaya, no Pará, em aldeias às margens dos rios Iriri e Curuá, articulando suas práticas culturais com o enfrentamento às pressões exter-





Figura 02: Localização TI Xipaya - Altamira
Fonte: Autores (2025).



2. O Povo Xipaya e sua Organização Territorial

A vida Xipaya estrutura-se em aldeias que preservam a circularidade espacial e a centralidade de espaços coletivos, como a casa de reunião, o campo e o refeitório. As atividades produtivas combinam agricultura de subsistência, pesca, caça e artesanato, sempre em dependência direta dos ciclos do rio e da floresta.

Com a construção da Usina Hidrelétrica de Belo Monte, foi imposto às comunidades indígenas um programa habitacional mitigatório. As moradias, construídas em madeira e cobertas com telhas de fibrocimento, seguiram um modelo padronizado que ignorou as especificidades culturais e ambientais da Amazônia. Organizadas em lotes individuais, essas casas romperam com a lógica tradicional de circularidade das aldeias e com a centralidade dos espaços de encontro, gerando fragmentação comunitária e enfraquecendo vínculos coletivos.

O maior impacto, entretanto, recai sobre o desempenho térmico insatisfatório dessas construções. O fibrocimento, material de alta condutividade térmica e baixa capacidade de isolamento, absorve calor rapidamente sob a forte insolação amazônica, transmitindo-o diretamente para os interiores. A cobertura, executada em uma única camada, sem ventilação entre telha e forro, impede a dissipação do ar aquecido, transformando as casas em ambientes abafados e desconfortáveis.

A situação é agravada pelo número reduzido e pela má disposição das aberturas, que não aproveitam a direção dos ventos dominantes e comprometem a ventilação cruzada — mecanismo essencial para o conforto térmico em clima quente e úmido. Como resultado, os moradores enfrentam temperaturas internas elevadas, falta de circulação de ar e sensação constante de calor excessivo, o que prejudica tanto o bem-estar cotidiano quanto a saúde da comunidade



Figura 03: A guerreira Ayumã e seu filho Luis Xipaia.
Fonte: Sumauma

3. **Problemática e Objetivos do Trabalho**

O projeto parte da constatação de que os programas habitacionais impostos às comunidades indígenas ignoram os saberes construtivos tradicionais, comprometendo conforto, sustentabilidade e identidade cultural. Em resposta a esse cenário, a proposta tem como objetivo central desenvolver um modelo habitacional e organizacional para a Aldeia Kaarimã, capaz de articular técnicas ancestrais do povo Xipaya com estratégias contemporâneas de sustentabilidade.

A intenção é conceber uma aldeia que reafirme os modos de construir tradicionais — como o uso de materiais naturais, a lógica circular e a valorização dos espaços coletivos — mas também seja capaz de adaptar-se à contemporaneidade segundo as necessidades próprias da comunidade. Essa retomada, no entanto, não significa uma reprodução literal do passado mas sim o controle de uma edificação coerente ao seu contexto ambiental, social e cultural, garantindo conforto térmico, durabilidade e eficiência.

Assim, a proposta busca consolidar um espaço de vida que assegure coesão comunitária, resiliência climática e autonomia produtiva.

4. **Vivência**

Para a elaboração do projeto na Aldeia Kaarimã, tornou-se imprescindível a vivência no local, de modo a compreender os parâmetros culturais, sociais e ambientais que orientariam a proposta arquitetônica. A expedição contou com Luca Augusto, autor do trabalho, André Luiz Corrêa, fotógrafo, e Ana Clara Cavalcante, estudante de arquitetura, que partiram com o objetivo de registrar o território por meio de material fotográfico, levantamentos arquitetônicos e pesquisas em diálogo com a comunidade. Estar presente fisicamente na aldeia possibilitou não apenas observar, mas participar do cotidiano, acompanhando o preparo coletivo das refeições, os cuidados com a roça, a manutenção da horta e os encontros no refeitório, o que permitiu compreender fluxos internos, relações de vizinhança e a lógica coletiva de organização espacial. Paralelamente, foram produzidos croquis e esquemas in loco, discutindo com os moradores a implantação de novas edificações, áreas de risco de inundação, condições de insolação e ventos predominantes, além da definição conjunta do programa de necessidades. Um dos momentos mais relevantes foi a apresentação da proposta inicial à comunidade, quando lideranças, jovens e moradores contribuíram com críticas e sugestões, destacando a importância da ampliação da área produtiva, do respeito aos limites ambientais, da valorização dos espaços de cura tradicional e da adaptação às cheias do rio. Essa escuta ativa permitiu refinar a proposta e confirmou que projetar em contextos indígenas exige mais do que técnica: requer presença, respeito e construção coletiva.

Figura 04: Apresentação dos estudos iniciais para o projeto na aldeia kaarimã.

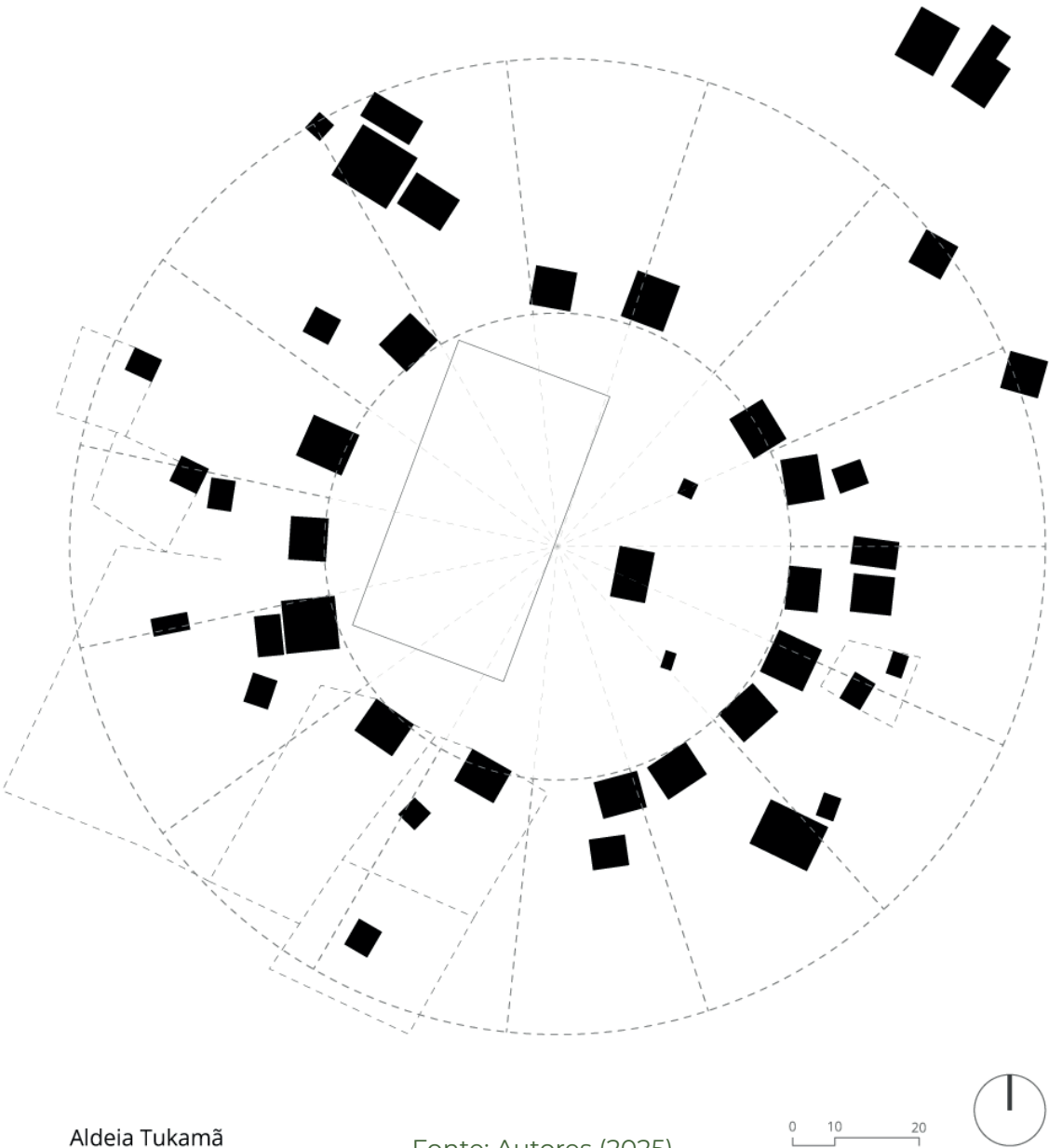


Fonte: Autores (2025).

5. Planejamento Territorial

O planejamento territorial da Aldeia Kaarimã parte do reconhecimento das formas tradicionais de ocupação do povo Xipaya e do estudo da Aldeia Tukamã, considerada por Juma Xipaya como a “Aldeia Mãe”. Localizada à margem esquerda do rio Iriri, Tukamã adota uma organização circular inspirada na arquitetura Mebengokré, resultado de trocas culturais e de uma lógica espacial que valoriza a convivência coletiva. No centro estão a casa de reuniões e o campo de futebol, em torno dos quais se dispõem residências e escola, enquanto funções complementares, como a roça comunitária, a enfermaria e o poço artesiano, se localizam fora do perímetro. A clareza dessa organização, que combina equilíbrio social e funcionalidade ambiental, serviu de base para a concepção da aldeia modelo de Kaarimã.

Figura 05: Distribuição territorial da aldeia tukamã.



Aldeia Tukamã

Fonte: Autores (2025).

A análise da pré-existência territorial em Kaarimã revelou um arranjo em três zonas interdependentes: o acesso principal, marcado pelo deck elevado que garante a ligação com o exterior durante as cheias; o núcleo central, onde se concentram as residências, o Instituto Juma Xipaya, o refeitório, a marcenaria, a horta e equipamentos comunitários; e, por fim, a clareira produtiva, destinada à roça tradicional, à Casa de Farinha e a estruturas de cultivo. Essa organização evidencia a relação direta entre o modo de vida comunitário e as dinâmicas naturais amazônicas, como o regime das águas e a variação de microclimas.

Figura 06: Mapa de situação.



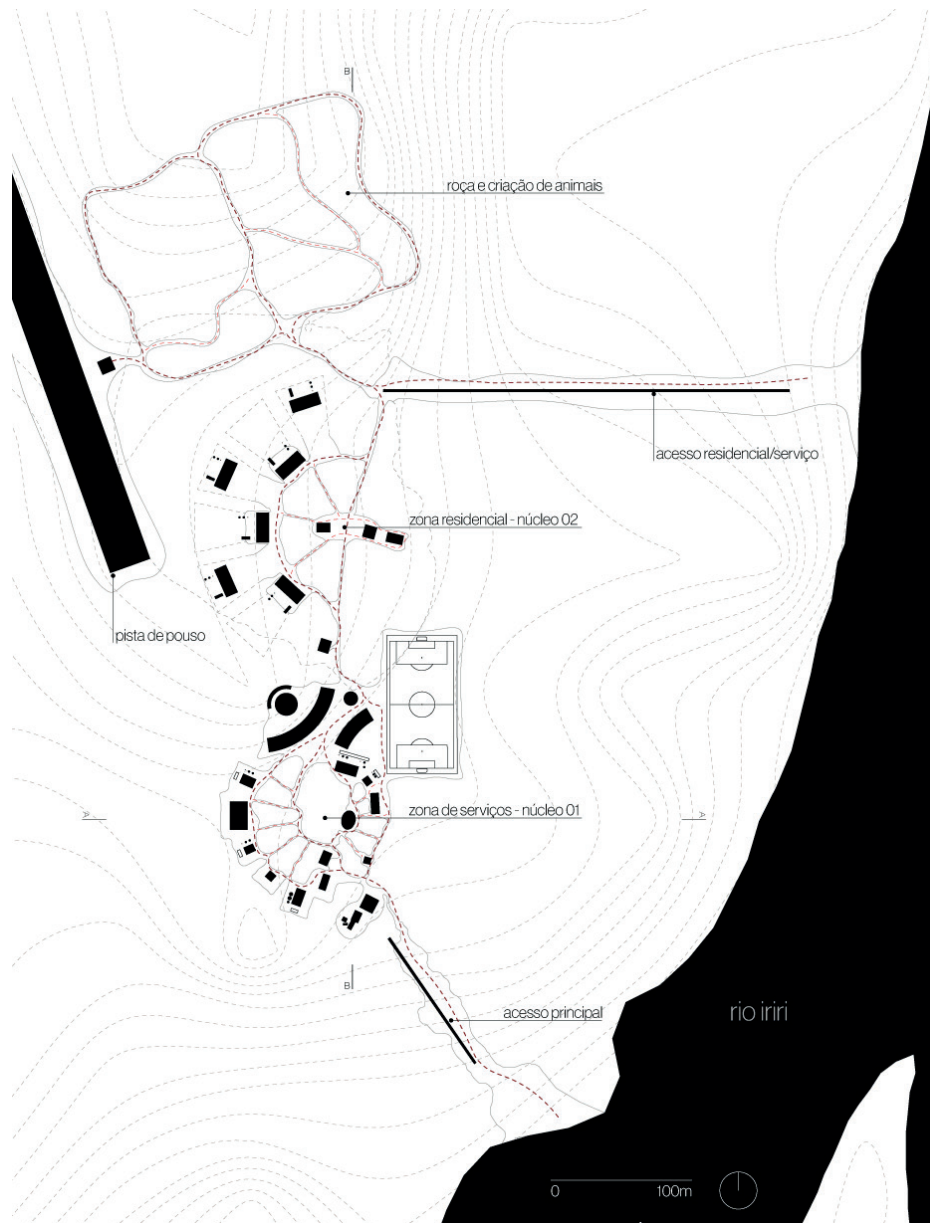
Fonte: Autores (2025).

A partir desse diagnóstico, foram estabelecidas diretrizes projetuais que orientam a proposta: integração cultural e participação comunitária em todas as etapas; uso de materiais locais e sustentáveis, como madeira e barro; soluções bioclimáticas capazes de garantir conforto térmico e eficiência energética; flexibilidade e expansão modular, que permitam adaptações ao longo do tempo; detalhamento replicável, possibilitando a reprodução em novas aldeias; e integração plena com a natureza, respeitando a topografia, a vegetação e a biodiversidade. O planejamento territorial da aldeia organiza-se em zonas distintas para moradia, produção, saúde, lazer, cultura e infraestrutura, promovendo equilíbrio entre funções cotidianas e coletivas.

Com base nesses parâmetros, o território foi estruturado em dois núcleos principais. O Núcleo 1, concebido como espaço comunitário central, adota uma organização radial inspirada em Tukamã. Seu raio interno, de 55 metros, foi dividido em 15 segmentos destinados a cultivos agrícolas e medicinais, enquanto o raio externo, de 115 metros, abriga oito novas edificações coletivas, entre elas centro cultural, unidade de saúde, farmácia e sede do Instituto Juma. O campo de futebol e a área de convivência completam o caráter público do espaço, que concentra serviços essenciais e fortalece o convívio comunitário.

O Núcleo 2, voltado à vida cotidiana das famílias, também adota a lógica radial e organiza cinco unidades habitacionais multifamiliares, articuladas a áreas produtivas próprias e a um refeitório central. A Casa de Farinha, preservada como preexistência, integra o núcleo como ponto de encontro e continuidade cultural, enquanto um galinheiro comunitário reforça a segurança alimentar. Esse núcleo também conta com acesso secundário, revitalizado para conectar a zona residencial à roça e à pista de pouso, garantindo autonomia e fluidez logística.

Figura 07: Proposta do planejamento territorial.



Fonte: Autores (2025).

O planejamento prevê a expansão controlada da aldeia até um limite de 12 famílias. A partir dessa saturação, não se adensará o território, mas se replicará a experiência em novas aldeias, respeitando as mesmas diretrizes de sustentabilidade, coletividade e tradição.

Figura 08: perspectiva aerea do planejamento territorial para aldeia kaarimã



Fonte: Autores (2025).

6. Projeto Habitacional

O projeto habitacional desenvolvido para a Aldeia Kaarimã parte da definição de um módulo mínimo de 5 × 5 metros, concebido como resposta crítica ao modelo construtivo imposto pela Usina de Belo Monte. Enquanto as habitações padronizadas da usina se mostraram desconectadas das necessidades culturais e ambientais do povo Xipaya, o módulo proposto busca ser ao mesmo tempo rápido e simples de construir, garantindo autonomia construtiva à comunidade, e flexível o suficiente para permitir expansões e adaptações ao longo do tempo.

Figura 09: Complexo cultural comunitário.



Fonte: Autores (2025).

Esse módulo básico é elevado do solo, o que garante proteção contra insetos, animais rasteiros e cheias sazonais do rio, além de favorecer a ventilação inferior que contribui para o conforto térmico. As paredes utilizam a técnica tradicional do pau a pique, explorando o solo argiloso abundante da região e retomando um saber construtivo ancestral que reforça

a identidade cultural Xipaya. Essa escolha também contribui para o desempenho térmico, pois a terra crua possui alta inércia, mantendo os ambientes internos frescos durante o dia e retendo calor suave à noite.

A cobertura é realizada com telha ecológica, produzida a partir de materiais reciclados e fibras vegetais. Essa solução técnica alia durabilidade e baixo impacto ambiental, reduzindo a temperatura interna em até 8 °C em comparação com coberturas metálicas. Além disso, sua leveza facilita o transporte e a instalação pela própria comunidade, fortalecendo a prática da autoconstrução. A escolha desse material responde também à necessidade de evitar o uso da palha de babaçu ou castanheira, cuja extração em larga escala teria impactos ambientais irreversíveis.

Figura 10: Módulo construtivo da habitação.



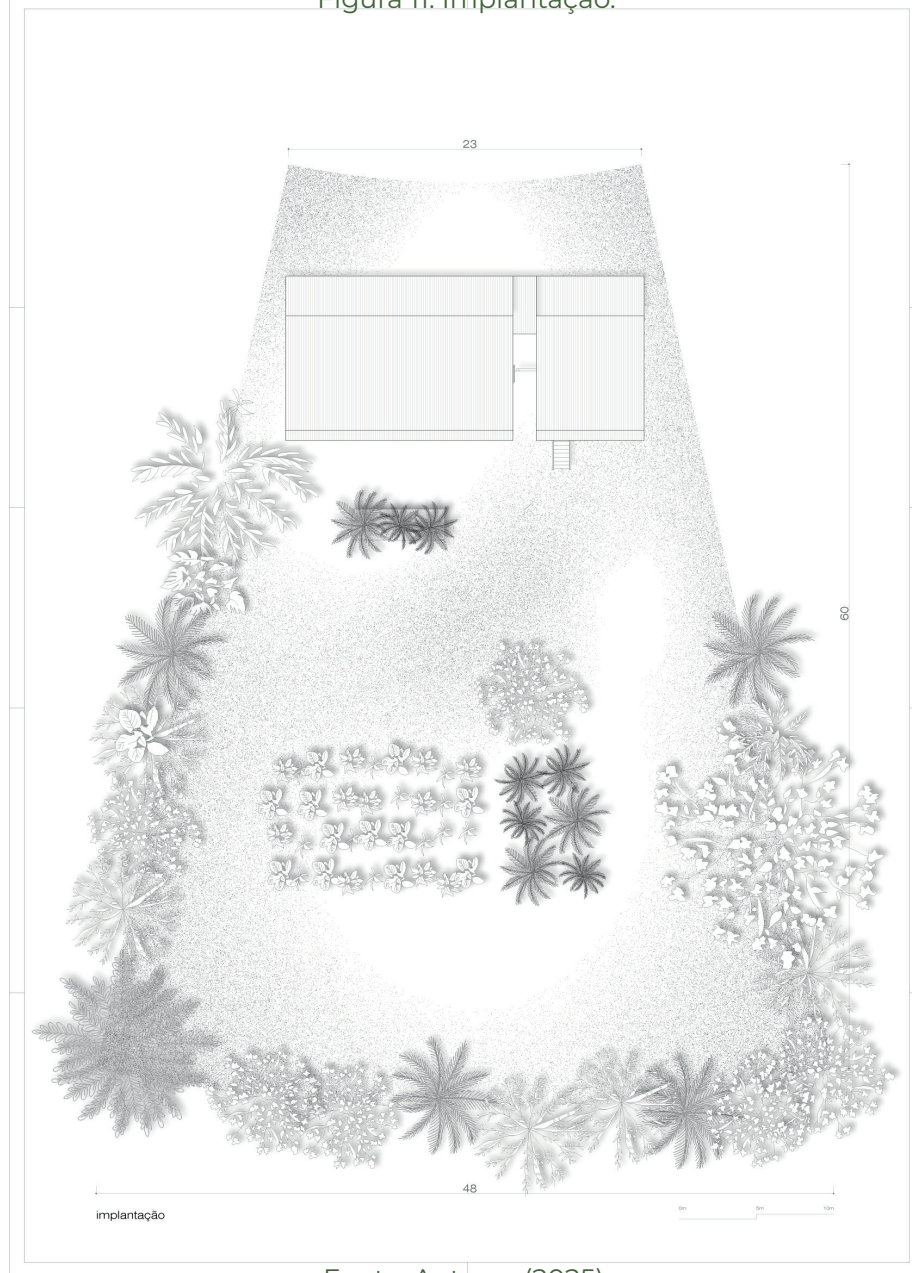
Fonte: Autores (2025).

A configuração final da habitação resulta da combinação de três módulos que se articulam de forma independente e afastada entre si, criando corredores de ventilação natural entre os blocos. Esse arranjo não apenas aumenta a circulação de ar e reduz a umidade interna, mas também reforça a ideia de que a casa é parte de um sistema mais amplo, onde os vazios e transições têm papel ativo no conforto e na sociabilidade.

O módulo da cozinha, espaço mais utilizado ao longo do dia, está implantado a 1,5 metro do solo. Essa altura reduz o esforço de acesso, facilitando as atividades diárias e o transporte de alimentos, utensílios e água. Os módulos destinados aos dormitórios, por outro lado, encontram-se elevados a 2,5 metros do solo, configurando pilotis que abrigam uma área sombreada de múltiplo uso. Nesse espaço térreo ficam organizadas a lavanderia, a oficina e áreas para redes, criando um ambiente de convívio protegido das chuvas e integrado à vida cotidiana da aldeia.

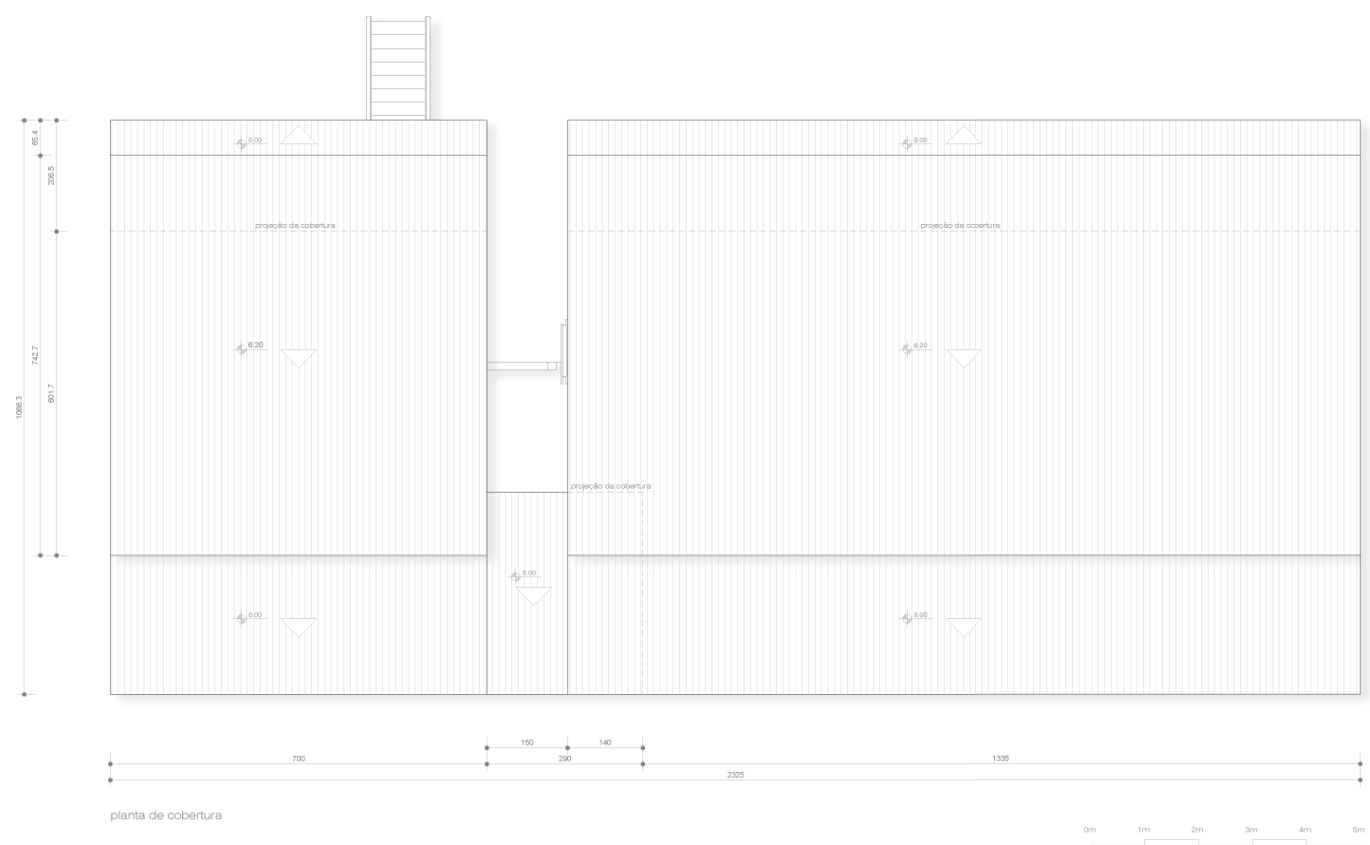
Na parte superior, os módulos de dormitórios são divididos em três ambientes: dois quartos individuais e um quarto de casal com banheiro. Cada módulo, no entanto, foi concebido com modularidade interna, permitindo a ampliação do número de dormitórios conforme a família cresce. Essa flexibilidade prevê, por exemplo, a possibilidade de abrigar famílias numerosas, com até oito filhos, sem comprometer o equilíbrio espacial da edificação. O sistema modular possibilita também que cada família adapte a moradia às suas próprias necessidades, respeitando tanto a lógica coletiva quanto a autonomia doméstica.

Figura 11: Implantação.



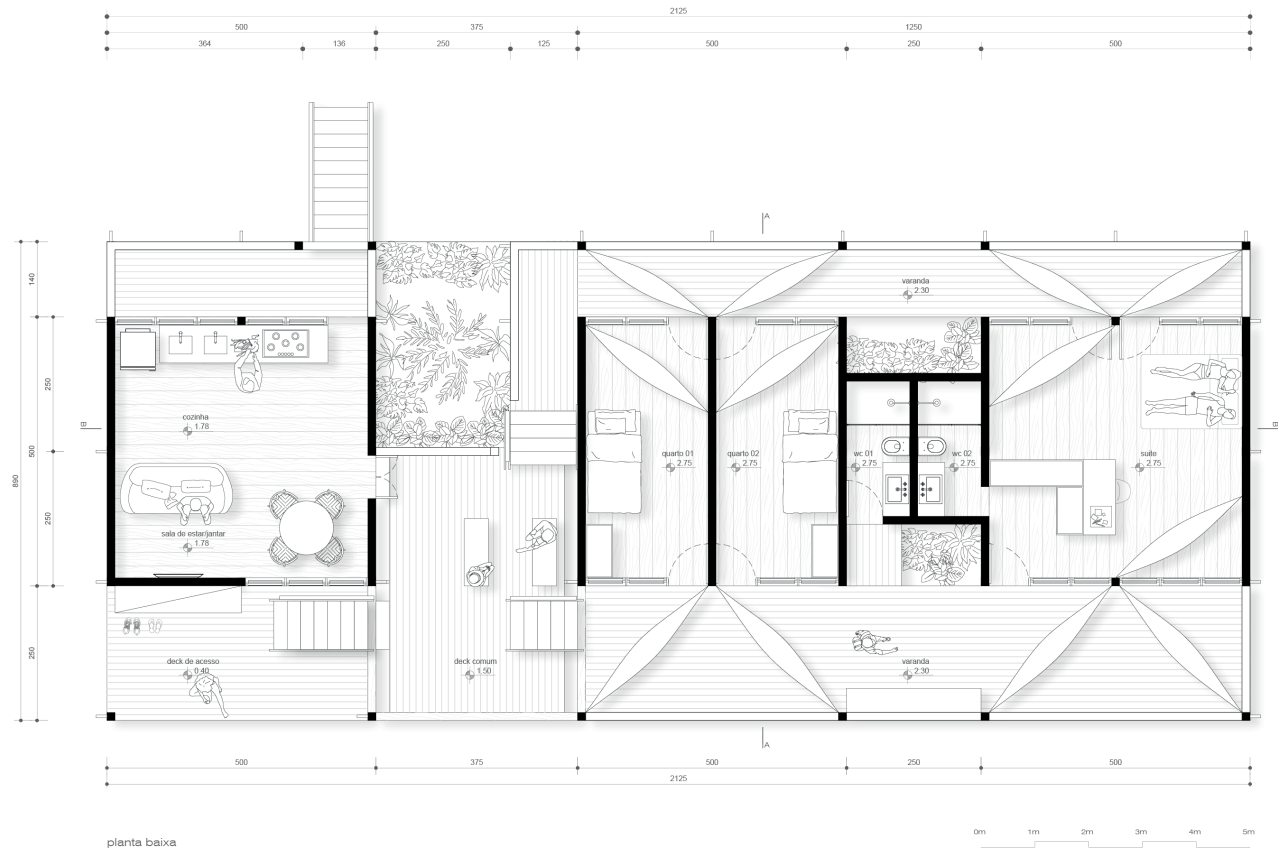
Fonte: Autores (2025).

Figura 12: Planta de cobertura.



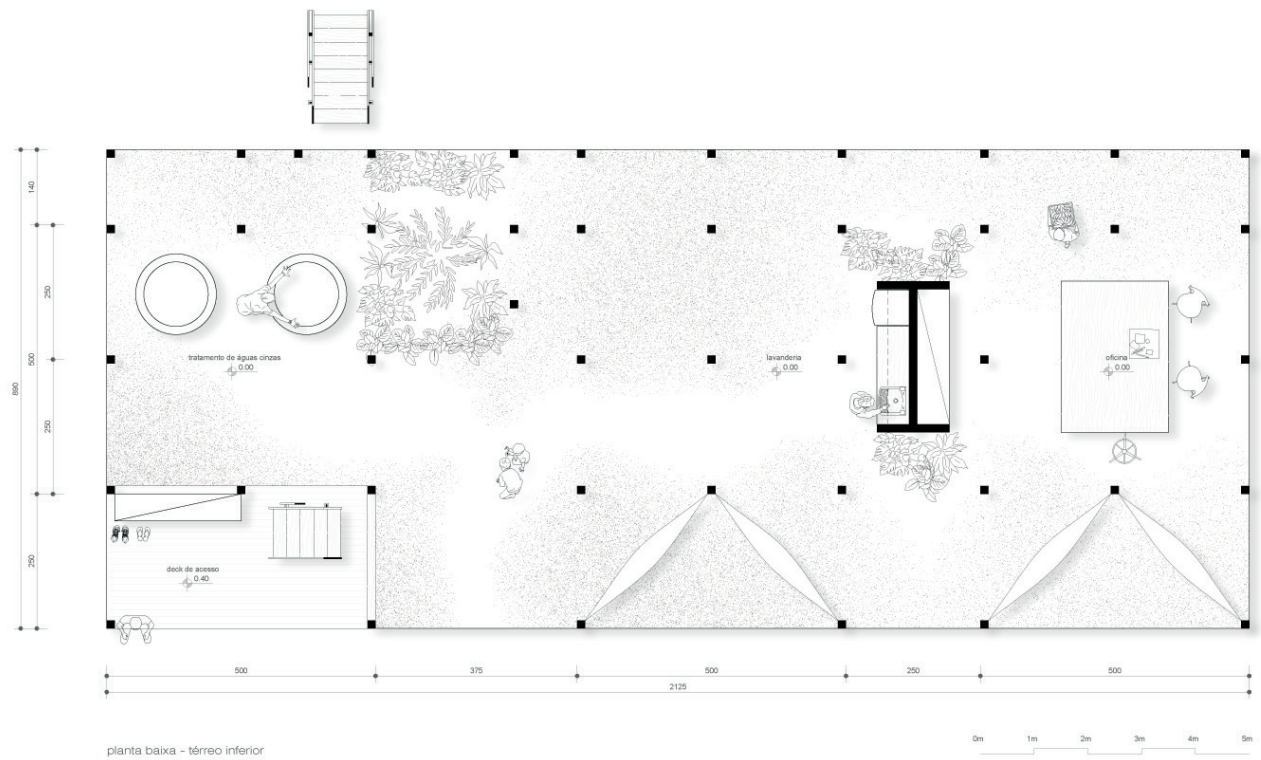
Fonte: Autores (2025).

Figura 13: Planta baixa.



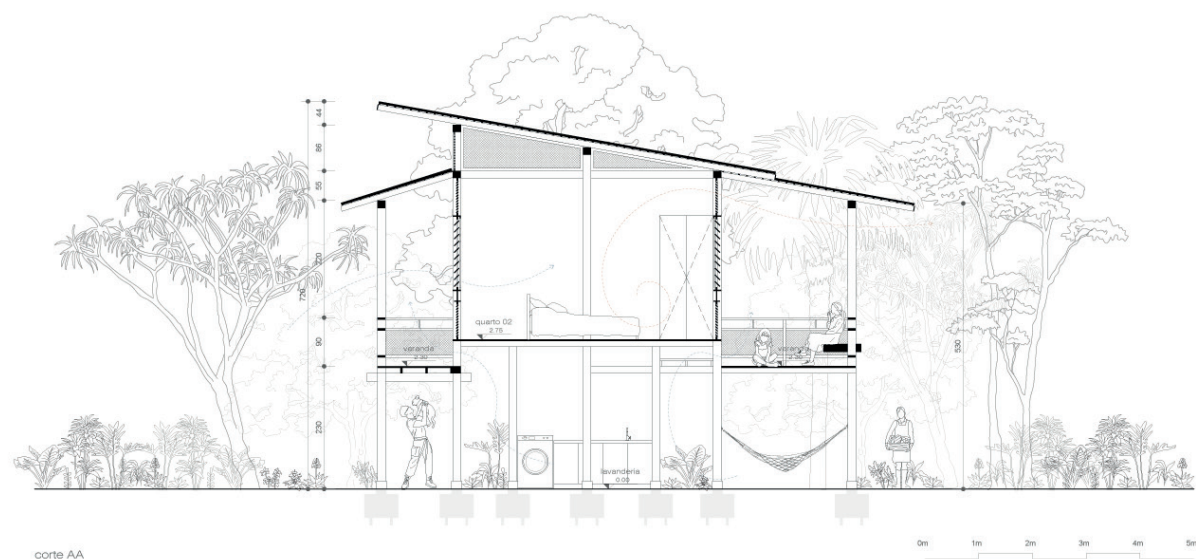
Fonte: Autores (2025).

Figura 14: Planta baixa térreo inferior



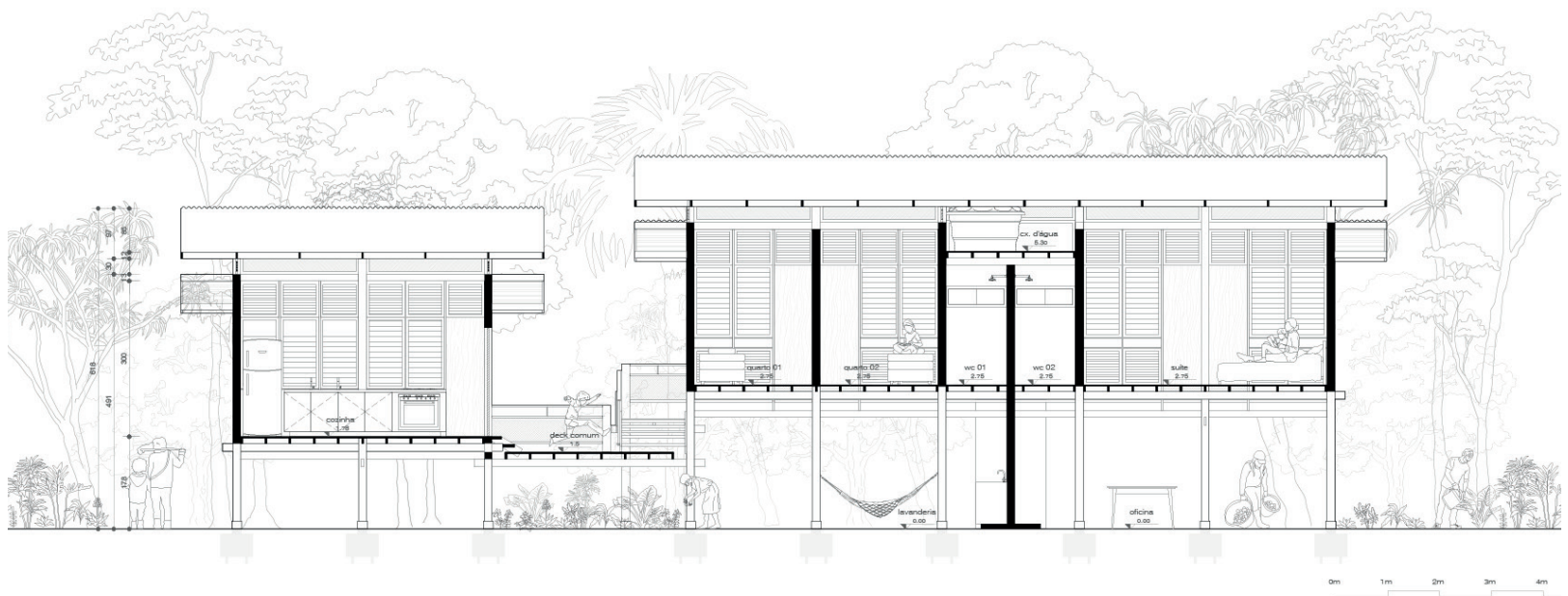
Fonte: Autores (2025).

Figura 15: Corte AA.



Fonte: Autores (2025).

Figura 16: Corte BB



Fonte: Autores (2025).





Figura 17: Fachada frontal.
Fonte: Autores (2025).

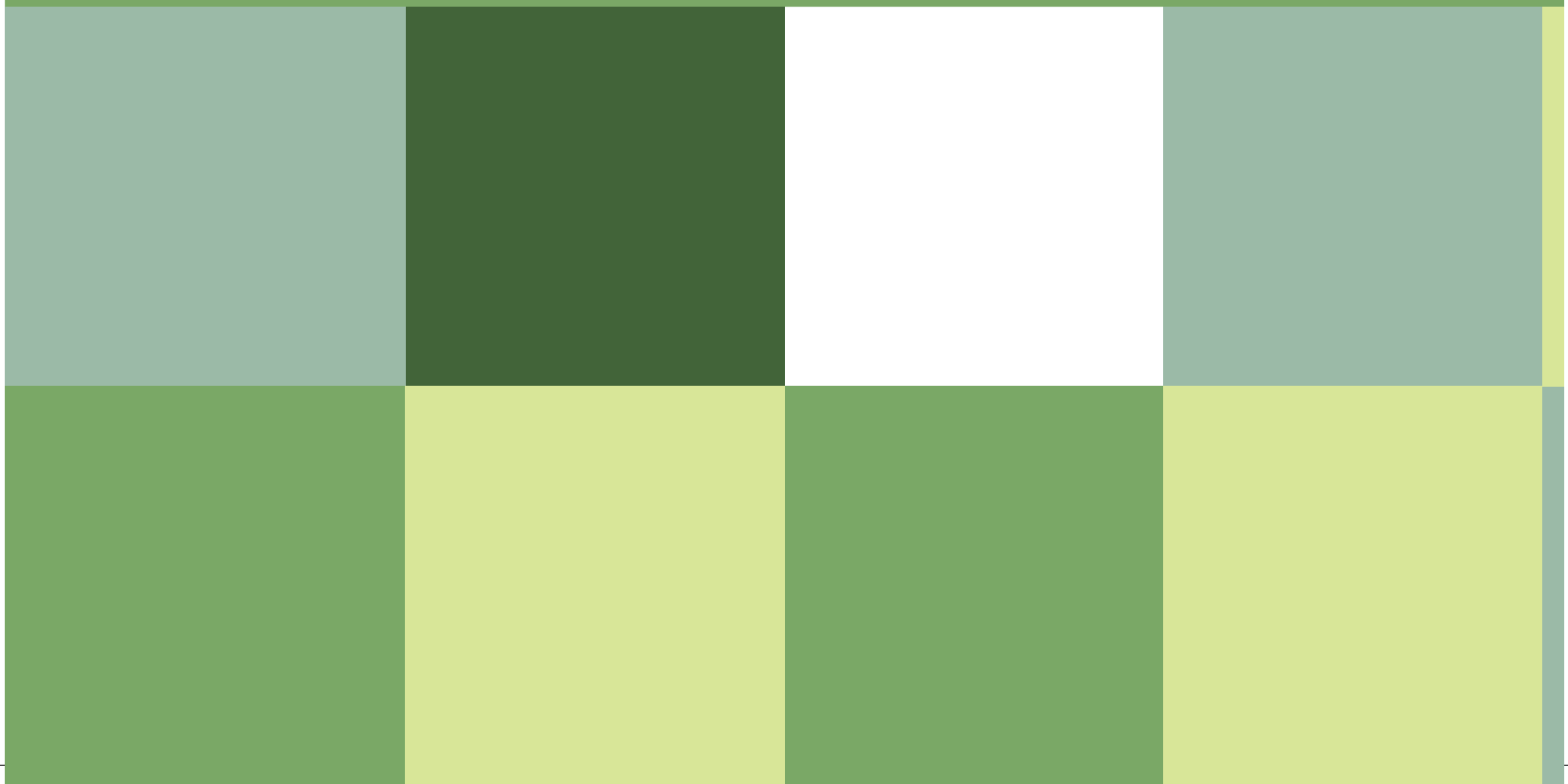




Figura 18: Fachada frontal.
Fonte: Autores (2025).

autores e organizadores

Apresentação dos autores e organizadores responsáveis pelas propostas e soluções sustentáveis desenvolvidas ao longo deste trabalho.







Ana Flávia Teles Silveira

autora

Orcid: 0009-0008-7014-8699

Formada em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de Fortaleza (Unifor) e especialista em Reabilitação Ambiental Sustentável Arquitetônica e Urbanística pela Universidade de Brasília (UnB). Ênfase na área de Urbanismo e Sustentabilidade. Participou do Grupo de Estudos Conversa sobre a Cidade: Identidade e Apropriação, do Grupo de Extensão EMAU Dunas, possui publicações no Encontro de Pesquisa do Edifício e a Cidade (EPEC), participou do IV Encontro Arte, Cidades e Urbanidades da escola de Belas Artes da Ufba. Atuação profissional de 1 ano e 4 meses na Secretaria Executiva Regional IV e 2 anos e 6 meses no escritório Porão Ateliê Criativo como estagiária. Atualmente trabalha com mobilidade urbana na Coordenadoria Especial de Mobilidade Urbana da Prefeitura de Fortaleza e atua como voluntária no Laboratório de Urbanismo Ecológico (LAURB).



Ana Carolina Cordeiro Correia Lima

autora

Orcid: 0000-0001-6586-0923

Professora Adjunta da FAU/UnB (TEC) desde 2022 e coordenadora do curso noturno desde 2024, é doutora e mestre pela UnB. Atua também na pós-graduação Reabilita e integra o LaSUS/UnB. Possui experiência em ensino, gestão acadêmica e pesquisa em arquitetura sustentável, com foco em conforto sonoro, experiência do usuário, arquitetura dos sentidos e edifícios em altura. Desenvolve pesquisas sobre paisagem sonora urbana e acessibilidade, com atuação em projetos como o “Trilha-UnB” e iniciativas de reabilitação ambiental em parceria com o Ministério da Saúde.



Ana Maria Chaer

autora

Orcid: 0009-0008-7014-8699

Ana Maria Montandon Chaer é arquiteta e urbanista formada pelo Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix (2004), com pós-graduação em Reabilitação Ambiental Sustentável Arquitetônica e Urbanística (2024). Atuou por vários anos no desenvolvimento de projetos arquitetônicos de grande porte, especialmente na área de habitação multifamiliar. Nos últimos cinco anos, dedica-se exclusivamente a projetos de urbanismo em Brasília, com foco em planejamento urbano, parcelamento do solo e sustentabilidade.



Andrey Rosenthal Schlee

autor

Orcid: 0000-0003-1190-4534

Possui graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Pelotas (1987), mestrado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1994) e doutorado pela Universidade de São Paulo (1999). É professor titular da Universidade de Brasília, com experiência em História da Arquitetura e Urbanismo, patrimônio cultural, arquitetura brasileira e ensino de AU. Participou de comissões do ENADE, RANA/Mercosul, INEP-Confea e ABEA. Foi diretor da FAU/UnB (2004–2011), coordenador de área na CAPES (2011) e diretor do IPHAN (2011–2019), onde voltou a atuar como diretor do Depam desde 2023.



Antônio Hildegardo Soares de Oliveira Filho

autor

Orcid: 0009-0006-9415-3391

Especialista em Reabilitação Ambiental Sustentável Arquitetônica e Urbanística pela (UnB), arquiteto e urbanista formado pela Universidade de Fortaleza (UNIFOR). Atua como profissional autônomo desenvolvendo projetos de arquitetura sustentável, com ênfase em eficiência energética e bioclimatismo.



Caio Frederico e Silva

autor e organizador

Orcid: 0000-0001-8910-1841

Diretor da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília (FAU-UnB. 2023-2027). Arquiteto e Urbanista formado pela UFPI (2006). Mestre e Doutor pela FAU-UnB, Professor Associado e Bolsista Produtividade do CNPq. Pós-doutorado na Universidade de Harvard (2019-2020). Atualmente lidera grupo de pesquisa em Simulação Computacional no Ambiente Construído/CNPq (www.sicac.unb.br). Atualmente, também coordena a Pós-Graduação Reabilita e o Laboratório de Sustentabilidade Aplicada à Arquitetura e ao Urbanismo - LaSUS/UnB.



Camila Amaro de Souza

autora

Orcid: 0000-0002-1982-6895

Professora adjunta Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de Brasília. Tem experiência na área de Arquitetura e Urbanismo, com ênfase em Arquitetura Hospitalar, Gestão de Projetos em Engenharias e Arquitetura, Conforto Ambiental e Planejamento Urbano. Doutora em Tecnologias Ambientais na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Membro do LabPa (Laboratório da Paisagem) e do LabGIS (Laboratório de Geotecnologias) da UFMS. Membro da diretoria Instituto de Arquitetos do Brasil - departamento de Mato Grosso do Sul. Membro da Comissão de Políticas Urbanas IAB-DN. Conselheira Suplente do CAU-MS. Representante Titular do CAU-MS no Conselho Gestor da Área de Proteção Ambiental dos Mananciais do Córrego Lajeado de Campo Grande-MS.



Daniel Sant'Ana

autor

Orcid: 0000-0002-9020-081X

Possui doutorado em Uso e Conservação de Água em Edificações pela Oxford Brookes University - Inglaterra (2010). Atualmente, é Professor Associado na Universidade de Brasília (UnB), Líder do laboratório de pesquisa Água Ambiente Construído, Editor Chefe do periódico Paranoá (Qualis A3), Coordenador do Grupo de Trabalho Sistemas Prediais (SISPRED) da Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC) e Conselheiro da Diretoria da Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva (ABCMAC).



Daniela Arruda Guterres Soares

autora

Orcid: 0009-0005-2004-2755

Daniela Guterres é arquiteta e urbanista, mestre pela Universitat Politècnica de Catalunya e doutoranda em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de Brasília. É especialista em Arquitetura Hospitalar, com formações na Universitat Politècnica de Catalunya e na Universidade Católica de Brasília, além de especialista em Reabilitação Ambiental Sustentável Arquitetônica e Urbanística pela Universidade de Brasília. Atua como arquiteta e pesquisadora no Hospital da Criança de Brasília José Alencar, desenvolvendo estudos e projetos voltados à arquitetura hospitalar, ao design centrado no usuário, ao transtorno de processamento sensorial, ao projeto baseado em evidências e à sustentabilidade. Suas pesquisas abrangem saúde pública, mudanças climáticas e urbanismo, com ênfase na relação entre ambiente construído, bem-estar e cuidado em saúde.



Gabriela Capuano Pedro

autora

Orcid: 0009-0002-8788-1340

Arquiteta e urbanista, com especialização em Geoprocessamento pela Universidade Federal do ABC (UFABC) e em Reabilitação Ambiental Sustentável Arquitetônica e Urbanística pela Universidade de Brasília (UnB). Atua como servidora pública e consultora técnica para prefeituras e órgãos públicos no estado de São Paulo, com foco em planejamento urbano, gestão territorial e meio ambiente. Desenvolve projetos e pesquisas voltados à sustentabilidade, requalificação urbana e uso de geotecnologias aplicadas à gestão pública.



Gabriella Carmona Granado Lima

autora

Orcid: 0009-0004-1540-4304

Arquiteta e Urbanista pelo Centro Universitário de Brasília (2022) e especializou-se em Reabilitação Ambiental Sustentável Arquitetônica e Urbanística pela Universidade de Brasília (2025). Foi intercambista do Programa de Primavera na Sungshin Women's University (2024), em Seul, Coreia do Sul, com bolsa estudantil Global Korea Scholarship (GKS). É pesquisadora do Projeto de Iniciação Científica "Educação ambiental e patrimonial: bens naturais e culturais do Distrito Federal" (2022). Atua nas áreas de Arquitetura e Urbanismo, Artes Plásticas, Design, Tradução e Línguas Estrangeiras, produziu a arte da capa de livros e já expôs algumas artes.



Gustavo Macedo de Mello Baptista

autor

Orcid: 0000-0002-1973-2725

Professor Associado IV do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília. Possui Bacharelado em Geografia pela Universidade de Brasília (1994), Licenciatura em Estudos Sociais - Habilitação Geografia pela União Pioneira de Integração Social Faculdades Integradas (2009), especialização em Inteligência de Futuro: Prospectiva, Estratégia e Políticas Públicas pela Universidade de Brasília (2015), mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pela Universidade de Brasília (1997) e doutorado em Geologia pela Universidade de Brasília (2001). Membro permanente do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável (CDS/UnB). Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Sensoriamento Remoto e em Avaliação Ambiental.



Hazzell Carolina Mejía Díaz

autora

Orcid: 0009-0001-6916-1211

Arquiteta e urbanista formada pela UNI (Nicarágua), com diploma revalidado pela UnB, possui cerca de 20 anos de experiência em QA/QC na construção civil, com atuação internacional junto ao U.S. Department of State (OBO). Destaca-se pela supervisão de obras complexas, revisão de projetos e coordenação técnica em contextos de alta exigência. É pós-graduada pela FAU/UnB em Reabilitação Ambiental Sustentável, com pesquisa sobre uso do capim vetiver em infraestrutura urbana. Seus interesses concentram-se na relação entre arquitetura, paisagem e desempenho ambiental, com foco em soluções baseadas na natureza, adaptação climática no Cerrado, arquitetura biofílica e eficiência energética das edificações.



João Bandeira da Silva

autor

Orcid: 0000-0002-9935-8285

Mestrando do Programa de Pós-graduação em Geografia - PROPGE (UVA), Especialista em Reabilitação Ambiental, Sustentável, Arquitetônica e Urbanística pela (UnB), Licenciado em Geografia (IF-CE-Iguatu). Discente do curso de Bacharelado em Geografia da Universidade Cruzeiro do Sul. Foi participante e pesquisador do grupo de estudo e pesquisa GeoAridus, atualmente, participo como pesquisador no Laboratório de Pesquisa e Extensão do Semiárido (UVA), atuando na área da Geografia Física, Geomorfologia e no mapeamento geomorfológico.



João da Costa Pantoja

autor

Orcid: 0000-0002-0763-0107

Engenheiro civil formado pela UnB, com mestrado e doutorado na área de estruturas (PUC-Rio, com estágio na University of Illinois) e pós-doutorado na FEUP. É professor da FAU/UnB e coordenador do LabRAC, com atuação em ensino, pesquisa e orientação em temas como reabilitação estrutural, patologia, inspeções e modelagem numérica. Possui ampla experiência profissional em obras e consultorias, incluindo coordenação do Metrô/DF e projetos para o setor bancário, além de cerca de 200 ARTs. Atua com modelos computacionais aplicados à avaliação e integridade de edificações, certificação e conservação patrimonial. É autor de mais de 180 publicações e pesquisador associado a instituições no Brasil e em Portugal.



José Marcelo Martins Medeiros

autor

Orcid: 0000-0002-2554-8289

Professor Adjunto 3 do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Tocantins, onde leciona Projeto de Paisagismo. Professor do curso de especialização Reabilita, UnB, onde leciona disciplina de Infraestrutura Verde e Soluções Baseadas na Natureza. Áreas de interesse: sistemas de espaços livres, ecourbanismo, biofilia, paisagismo ecológico.



Juliana Alvarenga Candido

autora

Orcid: 0009-0000-6837-8526

Juliana Alvarenga Candido é arquiteta e urbanista formada pela Universidade Federal Fluminense, com pós-graduação em Reabilitação Ambiental Sustentável Arquitetônica e Urbanística pela Universidade de Brasília e diplomado digital internacional em Edificações com Eficiência Energética e Conforto Adaptativo (Projeto CEELA) pela Universidade Nacional Autônoma do México. Realizou intercâmbios profissionais e acadêmicos na Argentina, Espanha e China. Com experiência em projetos residenciais, possui acreditação GBC Life e EDGE Expert, e atua como consultora em sustentabilidade. Está cursando MBA em Gestão de Projetos na PUC Minas e tem se dedicado à interface entre sustentabilidade, ciências comportamentais, gestão de pessoas e projetos, para contribuir na busca por uma arquitetura mais sustentável, na prática.



Juliana Andrade

autora e organizadora

Orcid: 0000-0002-1904-309X

Professora adjunta do departamento de Tecnologia da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília (UnB). Arquiteta e Urbanista graduada pela Universidade de Brasília. Doutora pela FAU-UnB, com foco em iluminação natural. Atuou no mercado de consultoria em Conforto Ambiental de 2011 a 2022. Foi sócia-diretora da empresa Quali-A Conforto Ambiental e Eficiência Energética de 2013 a 2018 onde coordenou consultorias para sustentabilidade e eficiência de empreendimentos imobiliários em todo o país e implementou o primeiro OIA (Organismo de Inspeção Acreditado pelo Inmetro) para emissão da Etiqueta PBE Edifica no Centro-Oeste. Desenvolveu consultorias voltadas para adequação climática de projetos de grande porte, incluindo aeroportos, hospitais, edifícios corporativos e diversas áreas urbanas.



Laís Ferreira Lopes

autora

Orcid: 0000-0001-5541-7338

Graduada em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de Brasília, com pós-graduação em Reabilitação Ambiental Sustentável Arquitetônica e Urbanística pela mesma instituição de ensino. cursando o Programa Residência Multiprofissional CTS – Habitat, Agroecologia, Economia Solidária e Saúde Ecológica da FAU/UnB. Atua na Coordenação de Diretrizes Urbanísticas da Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Habitacional do Governo do Distrito Federal.



Liza Maria Souza de Andrade

autora

Orcid: 0000-0002-6624-4628

Arquiteta e urbanista formada pela UFMG, com mestrado e doutorado pela UnB, é professora associada da FAU/UnB e pesquisadora do PPG-FAU. Coordena o Laboratório Periférico e atua com assessoria sociotécnica em territórios populares e comunidades tradicionais, com forte reconhecimento em tecnologias sociais. Coordena programas de residência e projetos vinculados a políticas públicas, como o Periferia Viva, com foco na produção do habitat, agroecologia, redes solidárias e soluções socioecológicas. Possui ampla atuação em ensino, pesquisa e extensão, com participação em redes nacionais e mais de 50 premiações na área.



Lucas Silva Maranhão de Oliveira

autor

Orcid: 0009-0000-5155-8555

Especialista em Reabilitação Ambiental Sustentável Arquitetônica e Urbanística (Reabilita/UnB), arquiteto e urbanista formado pela Universidade de Brasília (UnB). Atua como profissional autônomo no desenvolvimento de projetos arquitetônicos, colaborando com escritórios e clientes em diferentes escalas e etapas, com experiência em propostas residenciais, comerciais e institucionais.



Marta Adriana Bustos Romero

autora e organizadora

Orcid: 0000-0002-4222-8463

Professora Emérita UNB e Titular da FAU. Arquiteta, PUCC e UChile, especialista em Arquitetura, USP - São Carlos, mestre Planejamento Urbano - UnB, doutora Arquitetura, UPC - Catalunha. Pós-doutorado em Landscape Architecture na PSU - EUA. Na FAUUNB, Chefe de Departamento, Coordenadora de Pós graduação, do LaSUS e "Reabilita". Pesquisa urbanismo sustentável, bioclimatismo, espaço público saudável, e arquitetura e clima. Pesquisa com o MS, reabilitação ambiental da Hemorrede e acessibilidade e segurança de trabalho de CER e Oficinas Ortopédicas. Coordenação e elaboração dos Planos Diretores Urbanísticos dos Campi Gama e Ceilândia da UNB. Coordena Pesquisa de Plano Diretor do Zoológico de Brasília.



Rodrigo Studart Corrêa

autor

Orcid: 0000-0002-9422-2629

Docente do Curso de Pós-graduação em Reabilitação Ambiental Sustentável Arquitetônica e Urbanística – Reabilita, onde desenvolve pesquisas em Infraestrutura Verde, Soluções Baseadas na Natureza (SbN) e Ecologia Urbana. Docente do Programa de Mestrado e Doutorado em Ciências Ambientais da Universidade de Brasília (UnB), onde atua e desenvolve pesquisas em Restauração Ecológica e Ecologia Aplicada. Pós-Doutor em Ciência do Solo, Ph.D. em Solos e Nutrição de Plantas, M.Sc. em Ecologia, Especialista em Degradação do Solo e Desertificação, Engenheiro Agrônomo, Engenheiro Ambiental e Geógrafo.



Talita Knopf

autora

Orcid: 0009-0007-0819-3141

Talita Knopf, arquiteta e urbanista, graduou-se em Arquitetura e Urbanismo pela Fundação Universidade Regional de Blumenau. É especialista em Reabilitação Ambiental Sustentável Arquitetônica e Urbanística pelo Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília. Atuou no desenvolvimento de projetos de arquitetura de diversos empreendimentos imobiliários. Atualmente é supervisora de projetos habitacionais do programa Minha Casa Minha Vida, em construtora, na região metropolitana de Curitiba.



Paula Lelis Rabelo Albala

autora e organizadora

Orcid: 0009-0007-0819-3141

Professora adjunta da FAU-UnB desde 2025. Professora e coordenadora científica da especialização Reabilitação Ambiental Sustentável Arquitetônica e Urbanística - REABILITA da FAU-UnB (2026). Doutora em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de São Paulo (2022), mestre pela Universidad Politécnica de Cataluña (2010), arquiteta e urbanista pela USP (2007). Realizou pós-doutorados na UnB (2024) e no CCD USP Cidades (2025). Foi pesquisadora do SGA-USP, na BCN Ecologia, consultora e docente do PNUD/ONU. Recebeu diversos prêmios em congressos e concursos de arquitetura. Atua com ênfase na sustentabilidade aplicada à arquitetura e urbanismo, conforto ambiental, mobilidade ativa, acessibilidade e soluções baseadas na natureza.



Thiago Montenegro Góes

autor e organizador

Orcid: 0000-0002-5745-229X

Professor do Curso de Arquitetura e Urbanismo do Campus Goiás e do PPGPRCIDADE-FAV da Universidade Federal de Goiás (UFG). Professor e coordenador pedagógico da especialização em Reabilitação Ambiental Sustentável Arquitetônica e Urbanística - REABILITA da FAU-UnB. Doutor em Arquitetura e Urbanismo pela FAU/UnB, com graduação em Arquitetura e Urbanismo pela UFSC e mestrado pela FAU/UnB. Pesquisa eficiência energética, desempenho e conforto ambiental na arquitetura e urbanismo, especialmente com ferramentas digitais. Atua em temas como análise térmica e lumínica, nZEBs, impacto do verde urbano e métodos computacionais de avaliação e otimização.



Alice Flexa Rocha

autora

Orcid: 0009-0009-9372-5169

Alice Flexa arquiteta e urbanista formada pela Universidade de Brasília. Suas experiências e memórias à beira dos rios amazônicos influenciam profundamente sua escrita, marcada pela observação sensível do território, da cultura e da relação entre corpo e paisagem. Apaixonada por imagens e processos criativos, transita entre a arquitetura, a fotografia e a palavra como formas de expressar afeto, pertencimento e identidade.



Ana Clara Cavalcante

autora

Orcid: 0009-0002-8568-3992

Ana Clara Cavalcante é arquiteta e urbanista formada pela Universidade de Brasília (UnB). Atuou nos escritórios Projetos Inteligentes, Paper House Decor, Projeto Certo, Anatel (na área de obras) e Alan Chu Arquitetura. Ao longo da graduação, participou de diversos concursos nacionais e internacionais, obtendo resultados expressivos, como Kaira Looor e Concurso Íbero-Americano (2021, participação); MICROHOME – Small living, huge impact (2022, finalista); Arch Hive (2022, menção honrosa); Casa Flutuante (vencedor); Arch Hive Student Project Award (2023, menção honrosa e Reader's Choice Award) e Pavilion of Transformation (2024, menção honrosa).



Luca Augusto Corrêa

autor

Orcid: 0000-0001-5105-4330

Luca Augusto é arquiteto e urbanista formado pela UnB (2025), com atuação em arquitetura, urbanismo, interiores e modelagem paramétrica. Possui experiência profissional diversificada, com colaborações em escritórios e instituições públicas, além de participação em projetos relevantes desenvolvidos na universidade. Destaca-se por sua atuação acadêmica e técnica em projetos institucionais e urbanísticos, bem como por premiações em concursos nacionais e internacionais, incluindo vitórias e menções honrosas. Seu trabalho envolve forte integração entre projeto, conforto ambiental e experimentação em diferentes escalas.