



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE

NÍVEL MESTRADO

BRENDHA GONÇALVES DE JESUS FIGUEIREDO

**MANEJO SUSTENTÁVEL DAS ÁGUAS PLUVIAIS NO BAIRRO JABOTIANA EM
ARACAJU/SE**

SÃO CRISTÓVÃO/SE
2026

BRENDHA GONÇALVES DE JESUS FIGUEIREDO

**MANEJO SUSTENTÁVEL DAS ÁGUAS PLUVIAIS NO BAIRRO JABOTIANA EM
ARACAJU/SE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Sergipe como requisito final à obtenção do título de Mestra em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Inajá Francisco de Sousa
Coorientador: Prof. Dra. Anézia Maria Fonsêca Barbosa

Linha de Pesquisa: Dinâmica e Avaliação Ambiental

SÃO CRISTÓVÃO/SE
2026

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

F475m Figueiredo, Brendha Gonçalves de Jesus.
Manejo sustentável das águas pluviais no bairro Jabotiana em Aracaju/SE / Brendha Gonçalves de Jesus Figueiredo; orientador Inajá Francisco de Sousa. – São Cristóvão, SE, 2026.
163 f.: il.

Dissertação (mestrado em Desenvolvimento e meio ambiente)
– Universidade Federal de Sergipe, 2026.

1. Meio ambiente - Sergipe. 2. Urbanização. 3. Solos - Inundação.
4. Drenagem. 5. Sustentabilidade e meio ambiente. 6. Indicadores ambientais. I. Sousa, Inajá Francisco de, orient. II. Título.

CDU 502.15(813.7)

BRENDHA GONÇALVES DE JESUS FIGUEIREDO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Sergipe como parte do requisito para obtenção do título de mestre.

Aprovado em 27 de março de 2026.



Documento assinado digitalmente
INAJA FRANCISCO DE SOUSA
Data: 25/04/2026 16:46:09-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Inajá Francisco de Souza
PRODEMA/UFS
Presidente-Orientador



Documento assinado digitalmente
ANEZIA MARIA FONSECA BARBOSA
Data: 27/04/2026 10:01:20-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dra. Anézia Maria Fonsêca Barbosa
CODAP/PRODEMA/UFS
Coorientadora

Prof. Dra. Fernanda Alves Góis Meneses
Departamento de Arquitetura e Urbanismo - UFS
Examinador Externo

Prof. Dr. Luam de Oliveira Santos
Instituto Federal de Sergipe - IFS
Examinador Externo

Prof. Dr. Roberto Muhajir Rahnemay Rabbani
Departamento de Direito - UFS
Examinador Interno

SÃO CRISTÓVÃO/SE
2026

AGRADECIMENTOS

"Até aqui me trouxe o Senhor!" Nessa certeza poderia resumir todos os meus agradecimentos pois foi a graça de Deus que sustentou cada passo, fortaleceu-me nos desafios e me conduziu nas conquistas. A Ele, toda honra e toda glória!

Se hoje celebro essa conquista, é porque nunca caminhei sozinha. Chego a este momento de mãos dadas com todos que caminharam comigo. Agradeço, especialmente, ao meu companheiro de vida, Ícaro, por ser meu maior incentivador, por me impulsionar todos os dias, por acreditar em mim mais do que eu mesma e por ser parte essencial para que este dia chegasse. Sua presença, apoio e amor tornaram essa caminhada possível.

Aos meus pais, Raquel e Edinho, minha eterna gratidão. Mãe, minha amiga e porto seguro, obrigada por sua presença, orações, palavras de incentivo e amor incondicional, ter você me fortalece. Pai, meu exemplo de resiliência e vigor, você é a prova de que cada dia representa uma nova oportunidade de recomeçar e vencer, obrigada por tudo que fez e faz por mim.

À minha irmã Nicolle, à tia Noêmia, à tia Tânia e à Dona Edite, minha eterna gratidão por serem pilares de apoio, oração, incentivo e leveza. Obrigada por fortalecerem meus valores e por me acompanharem com tanto carinho ao longo dessa jornada.

À toda minha família e aos meus amigos, agradeço por estarem sempre ao meu lado. Nada disso teria sentido sem vocês para compartilhar.

Ao meu orientador, professor Inajá, minha sincera gratidão. Sua postura leve e respeitosa foi fundamental para a realização deste trabalho.

À professora Anézia, minha querida co-orientadora, deixo um agradecimento especial. Com seu coração generoso e sua escuta sincera, saiba que suas palavras de acolhimento e incentivo jamais serão esquecidas.

Agradeço também aos anjos que Deus colocou em meu caminho: Maria Antônia, Maria Anita, Iury, Carol, João Espínola. Vocês foram sinais do cuidado de Deus, obrigada pelo apoio e incentivo.

Agradeço aos colegas do PRODEMA, cujo ambiente e convivência tornaram esse processo mais leve e acolhedor, vocês foram maravilhosos.

Como não ser grata, meu Deus? Até aqui, verdadeiramente, foi o Senhor quem me trouxe.

Este título pode ter meu nome, mas ele pertence a todos que caminharam comigo.

RESUMO

A rápida urbanização e o aumento das superfícies impermeáveis agravam os eventos de inundação e alagamento nos centros urbanos, especialmente em áreas ambientais vulneráveis e com capacidade limitada dos sistemas de drenagem. Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo analisar os fatores antrópicos que intensificam as inundações e alagamentos no bairro Jabotiana, em Aracaju/SE, considerando a aplicação de práticas sustentáveis de drenagem para a redução do escoamento superficial. Para isso, a pesquisa foi estruturada em três capítulos. O primeiro apresenta uma revisão sistemática da produção científica sobre drenagem urbana sustentável, abordando aspectos conceituais, modelos empregados, estudos de caso e a participação social. O segundo analisa as áreas suscetíveis a inundações e alagamentos sob a ótica da sustentabilidade, por meio da aplicação de indicadores das dimensões ambiental, social e de infraestrutura, organizados segundo o modelo Pressão–Estado–Resposta (PER), permitindo a identificação das principais ações antrópicas que comprometem o desempenho do sistema de drenagem urbana. O terceiro capítulo investiga o potencial dos espaços livres públicos do bairro no contexto da infraestrutura verde. A abordagem metodológica contempla revisão sistemática e bibliográfica, observações de campo, análise cartográfica, aplicação de indicadores de sustentabilidade e mapeamento de áreas públicas. Os resultados da revisão sistemática evidenciam a carência de uniformidade conceitual nos estudos sobre drenagem urbana sustentável, bem como a prevalência de pesquisas voltadas a estudos de caso, modelagem e participação social. Os resultados do segundo capítulo indicam que as áreas analisadas variam entre condições pouco sustentáveis e potencialmente sustentáveis, em função das pressões antrópicas, ainda que se observem respostas pontuais do poder público. No terceiro capítulo, os resultados demonstram o papel dos espaços livres na infraestrutura verde urbana, evidenciando seu potencial multifuncional no manejo das águas pluviais e na qualificação ambiental do espaço urbano. Em síntese, a pesquisa evidencia que os alagamentos urbanos são resultado de um modelo de urbanização que desconsidera as dinâmicas ambientais, exigindo a superação de abordagens convencionais de drenagem. No caso do bairro Jabotiana, mesmo em um contexto consolidado, há condições concretas para a implementação de soluções sustentáveis, especialmente a partir da requalificação de espaços existentes. Dessa forma, reforça-se a importância de uma abordagem integrada entre o planejamento urbano e a incorporação de estratégias sustentáveis, incluindo soluções baseadas na natureza, com o objetivo de promover cidades mais resilientes, equilibradas e preparadas para os desafios socioambientais atuais.

Palavras-chave: Drenagem Urbana Sustentável, Indicadores de Sustentabilidade, Infraestrutura Verde.

ABSTRACT

Rapid urbanization and the increase in impermeable surfaces exacerbate flooding events in urban centers, especially in environmentally vulnerable areas with limited drainage system capacity. In this context, this work aims to analyze the anthropogenic factors that intensify flooding in the Jabotiana neighborhood, in Aracaju/SE, considering the application of sustainable drainage practices to reduce surface runoff. To this end, the research was structured in three chapters. The first presents a systematic review of the scientific production on sustainable urban drainage, addressing conceptual aspects, models employed, case studies, and social participation. The second analyzes areas susceptible to flooding from a sustainability perspective, through the application of indicators of the environmental, social, and infrastructure dimensions, organized according to the Pressure-State-Response (PSR) model, allowing the identification of the main anthropogenic actions that compromise the performance of the urban drainage system. The third chapter investigates the potential of the neighborhood's public open spaces in the context of green infrastructure. The methodological approach includes systematic and bibliographic review, field observations, cartographic analysis, application of sustainability indicators, and mapping of public areas. The results of the systematic review highlight the lack of conceptual uniformity in studies on sustainable urban drainage, as well as the prevalence of research focused on case studies, modeling, and social participation. The results of the second chapter indicate that the areas analyzed vary between unsustainable and potentially sustainable conditions, depending on anthropogenic pressures, even though punctual responses from public authorities are observed. In the third chapter, the results demonstrate the role of open spaces in urban green infrastructure, highlighting their multifunctional potential in stormwater management and environmental qualification of urban space. In summary, the research shows that urban flooding is the result of an urbanization model that disregards environmental dynamics, requiring the overcoming of conventional drainage approaches. In the case of the Jabotiana neighborhood, even in a consolidated context, there are concrete conditions for the implementation of sustainable solutions, especially through the requalification of existing spaces. Thus, the need for integrated action between urban planning, environmental management, and innovation is reinforced, aiming at building more resilient and sustainable cities. This reinforces the importance of an integrated approach between urban planning and the incorporation of sustainable strategies, including nature-based solutions, with the aim of promoting more resilient, balanced cities that are prepared for current socio-environmental challenges.

Keywords: Sustainable Urban Drainage, Sustainability Indicators, Green infrastructure.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Representação do ciclo hidrológico	9
Figura 2	Efeito da compactação em solos arenosos e argilosos na taxa de infiltração	11
Figura 3	Características dos leitos do rio	12
CAPÍTULO 1		
Figura 1.1	Fluxo do processo de seleção dos artigos	24
Figura 1.2	Publicações de 2020 a 2024 na plataforma <i>Web of Science</i>	25
Figura 1.3	Publicações de 2020 a 2024 na plataforma Scopus	26
Figura 1.4	Áreas de publicação com destaque na plataforma Scopus	26
Figura 1.5	Áreas de publicação com destaque na plataforma <i>Web of Science</i>	27
CAPÍTULO 2		
Figura 2.1	Diferença entre eventos de enchente, inundação e alagamento	51
Figura 2.2	Mapa de localização do bairro Jabotiana	53
Figura 2.3	Evento de inundação no bairro Jabotiana em 2019	54
Figura 2.4	Evento de inundação no bairro Jabotiana em 2020	55
Figura 2.5	Áreas suscetíveis a inundações e alagamentos no bairro Jabotiana, Aracaju/SE	55
Figura 2.6	Mapa de localização dos pontos de análise utilizados na avaliação da suscetibilidade a inundação e alagamento	66
Figura 2.7	Ausência de cobertura arbórea em vias públicas do bairro Jabotiana	72
Figura 2.8	Áreas com cobertura arbórea em Áreas de Preservação Permanente	73
Figura 2.9	Disposição inadequada de resíduos sólidos	74
Figura 2.10	Obstrução de boca de lobo pela disposição inadequada de resíduos sólidos	74

Figura 2.11	Mapa das Áreas de Preservação Permanente	75
Figura 2.12	Ocupação irregular nas margens do rio Poxim	76
Figura 2.13	Moradores em vulnerabilidade socioambiental	77
Figura 2.14	Impermeabilização do solo em diferentes vias do bairro Jabotiana	78
Figura 2.15	Dispositivos de microdrenagem obstruídos em vias públicas do bairro Jabotiana	81
Figura 2.16	Mapa de caracterização da sustentabilidade das áreas suscetíveis a inundação e alagamentos no bairro Jabotiana	87

CAPÍTULO 3

Figura 3.1	Área de estudo	100
Figura 3.2	Espaços livres identificados no bairro Jabotiana	105t

LISTA DE QUADROS

CAPÍTULO 1

Quadro 1.1	Adaptação da Lista de Checagem PRISMA 2020	20
Quadro 1.2	CrITÉrios de Inclusão e Exclusão da Revisão	21
Quadro 1.3	SÍntese do Entendimento Conceitual das Abordagens aplicadas ao Manejo das Águas Pluviais	30
Quadro 1.4	Estudos sobre percepção e participação social na implementação da drenagem urbana sustentável	32
Quadro 1.5	Modelos utilizados no contexto da drenagem urbana sustentável	37
Quadro 1.6	Estudos de caso sobre a implementação da drenagem urbana sustentável em cidades	41

CAPÍTULO 2

Quadro 2.1	Indicadores de avaliação da sustentabilidade	62
------------	--	----

CAPÍTULO 3

Quadro 3.1	Características dos espaços livres públicos com potencial para a implantação de infraestrutura verde	102
Quadro 3.2	Caracterização dos espaços livres selecionados no bairro Jabotiana	106
Quadro 3.3	Tipologias de infraestrutura verde	110
Quadro 3.4	Classificação funcional das tipologias de infraestrutura verde segundo serviço hidráulico predominante	112
Quadro 3.5	Compatibilização entre espaços livres e tipologias de infraestrutura verde no bairro Jabotiana	114

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 2.1	Escala de Classificação da Sustentabilidade	68
Tabela 2.2	Média dos Indicadores de Pressão	71
Tabela 2.3	Média dos Indicadores de Estado	79
Tabela 2.4	Média dos Indicadores de Resposta aplicados igualmente a todas as Áreas Analisadas	83
Tabela 2.5	Média dos Indicadores de resposta Analisados de forma Individual	85
Tabela 2.6	Caracterização das Áreas de Alagamento e Inundação do bairro Jabotiana	86

LISTA DE SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

AHP - Analytic Hierarchy Process

APP - Área de Preservação Permanente

BGI - Blue-Green Infrastructure

BMP - Best Management Practices

CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CE - Comissão Europeia

DUS - Drenagem Urbana Sustentável

GI - Green Infrastructure

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDSC – Índice de Desenvolvimento Sustentável das Cidades

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change

IV – Infraestrutura Verde

LID - Low Impact Development

NBER - National Bureau of Economic Research

NBR - Norma Brasileira Regulamentadora

NbS - Nature-based Solutions

OCDE - Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico

ODM - Objetivos de Desenvolvimento do Milênio

ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

ONG – Organização Não Governamental

ONU – Organização das Nações Unidas

PAR – Programa de Arrendamento Residencial

PDDU - Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano

PER - Pressão, Estado, Resposta

PMCMV – Programa Minha Casa Minha Vida

PNSB - Política Nacional de Saneamento Básico

PRISMA - Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses

RMA – Região Metropolitana de Aracaju

SBN – Soluções Baseadas na Natureza

SDS – Sistema de Drenagem Sustentável

SDUS - Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável

SUDS - Sustainable Urban Drainage Systems

SWMM - Storm Water Management Model

URCA - Urban Resilience to Climate Change

WMS - Watershed Modeling System

WSUD - Water Sensitive Urban Design

ZAB - Zona de Adensamento Básico

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	5
2.1. Expansão Urbana e a Ocupação do Bairro Jabotiana	5
2.2 Impacto da Urbanização no Ciclo Hidrológico	9
2.3. Indicadores de Sustentabilidade	14
CAPÍTULO 1. REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE DRENAGEM URBANA SUSTENTÁVEL	18
Resumo	18
Abstract	18
1.1 Introdução	19
1.2 Metodologia	19
1.2.1. Questão de Investigação	21
1.2.2. Critérios de Elegibilidade	21
1.2.3. Fontes de Informação	22
1.2.4. Estratégias de Busca	22
1.2.5. Lista de Dados	23
1.2.6. Métodos de Síntese	23
1.3 Resultados e Discussões	24
1.3.1. Aspectos Conceituais dos Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável	27
1.3.2. Percepção e Participação Social na Implementação da Drenagem Urbana Sustentável	31
1.3.3. Modelos utilizados no Âmbito da Drenagem Urbana Sustentável	35
1.3.4. Estudos de Caso sobre Implementação de Drenagem Urbana Sustentável em Cidades	39
1.4 Considerações finais	44
1.5 Referências	45
CAPÍTULO 2. ÁREAS SUSCETÍVEIS A INUNDAÇÕES E ALAGAMENTOS NO BAIRRO JABOTIANA SOB A ÓTICA DA SUSTENTABILIDADE	50
Resumo	50
Abstract	50
2.1. Introdução	51
2.2 Metodologia	54
2.2.1. Recorte Espacial da Pesquisa	54
2.2.2. Método e Técnica da Pesquisa	57
2.2.3. Procedimentos Metodológicos	57
2.2.3.1. Seleção das Variáveis da Pesquisa	60
2.2.3.2. Coleta de Dados	66
2.2.3.3. Análise das Variáveis	68
2.3 Resultados e Discussão	69
2.3.1 Síntese das Áreas Analisadas	70
2.3.2. Análise dos Indicadores de Sustentabilidade	71
2.3.2.1. Indicadores de Pressão	71

2.3.2.2. Indicadores de Estado	80
2.3.2.3. Indicadores de Resposta	83
2.3.3. Classificação das Áreas quanto à Tendência à Sustentabilidade	86
2.4 Conclusões	89
2.4 Referências	90
CAPÍTULO 3. INFRAESTRUTURA VERDE EM ÁREAS LIVRES COMO ESTRATÉGIA PARA AS ÁGUAS PLUVIAIS NO BAIRRO JABOTIANA, ARACAJU/SE	94
Resumo	94
Abstract	94
3.1. Introdução	95
3.2. Infraestrutura Verde	97
3.3. Espaços Livres	99
3.4. Metodologia	100
3.4.1. Área de Estudo	100
3.4.2. Método	102
3.4.3. Procedimentos Metodológicos	102
3.4.3.1. Identificação e Mapeamento dos Espaços Livres	102
3.4.3.2. Seleção de Tipologias de Infraestrutura Verde	104
3.4.3.3. Compatibilização das Técnicas com Potencial de Aplicabilidade aos Espaços Livres Identificados	104
3.5. Resultados e Discussão	105
3.5.1 Espaços Livres Identificados	105
3.5.2. Tipologias de Infraestrutura Verde Selecionadas	110
3.5.3. Exemplificação da Aplicabilidade das Tipologias de Infraestrutura Verde nos Espaços Livres	115
3.6. Conclusões	118
3.7. Referências	119
3. CONCLUSÃO GERAL	121
4. REFERÊNCIAS	123

1. INTRODUÇÃO GERAL

De acordo com o *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*, mais da metade da população mundial vive em áreas urbanas, com previsão de aumento para quase 70% até 2050. Contudo, embora a urbanização seja uma tendência global, consolidando o século XXI como o “século urbano”, devido ao crescimento expressivo das cidades, a maior concentração geográfica desse crescimento ocorre, em sua maioria, em países em desenvolvimento e menos desenvolvidos (IPCC, 2022).

No Brasil, de acordo com o Censo Demográfico de 2022, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população do país totalizou aproximadamente 203,1 milhões de pessoas, das quais 87,4% residiam em áreas urbanas, o que corresponde a cerca de 177,5 milhões de pessoas. Nesse contexto, a região Nordeste concentrava 54.658.585 habitantes, enquanto o estado de Sergipe possuía 2.210.004 habitantes e o município de Aracaju registrava 602.757 residentes (IBGE, 2022).

Para 2025, as estimativas populacionais indicam crescimento em todas as escalas analisadas: o Brasil atingiu 213.421.037 habitantes, o Nordeste passou a contar com 57.244.485 residentes, Sergipe com 2.299.425 habitantes e a capital, Aracaju, com 630.932 habitantes (IBGE, 2025).

Apesar desse crescimento geral, em Aracaju observaram-se dinâmicas específicas. Dados do Censo de 2022 apontam mudanças significativas no município quando comparadas aos demais municípios da Região Metropolitana de Aracaju (RMA), a capital apresentou o menor índice de crescimento populacional, com apenas 5,53% entre os anos de 2010 e 2022 (França; Almeida; Melo, 2023). Considerando o período mais recente, entre 2022 e 2025, observa-se uma desaceleração ainda maior, com taxa de crescimento de 4,67%.

Para Mahmood *et al.* (2017), o aumento populacional, sem um planejamento adequado, resulta em diversos impactos ambientais negativos, devido a aspectos como impermeabilização do solo, ocupação de áreas de proteção às margens dos rios, desmatamento, canalização de cursos d'água e disposição inadequada de resíduos sólidos. Para os autores, esse cenário contribui para maior vulnerabilidade das cidades a eventos climáticos extremos, no qual em períodos de chuvas intensas, a drenagem urbana torna-se ineficiente, causando prejuízos ambientais, sociais e econômicos.

A urbanização tem promovido a substituição de áreas anteriormente permeáveis por superfícies impermeáveis, o que reduz a capacidade de infiltração da água no solo e aumenta o volume de escoamento superficial direcionado ao sistema de drenagem (Le *et al.*, 2024). Nesse

sentido, observa-se que as ações antrópicas interferem diretamente no equilíbrio do sistema hidrológico natural, intensificando a ocorrência de eventos associados ao excesso de água.

Diante desse cenário, é importante destacar que, no contexto dos riscos hidrológicos, termos como enchentes, inundações e alagamentos são frequentemente utilizados como sinônimos, embora possuam significados distintos. As enchentes referem-se à elevação do nível da água do rio acima de sua vazão normal. Já as inundações ocorrem quando há o transbordamento da água do leito menor para o leito maior do rio, atingindo áreas adjacentes. Por sua vez, os alagamentos correspondem ao acúmulo temporário de água em vias urbanas, geralmente decorrente da insuficiência do sistema de drenagem em escoar adequadamente o volume precipitado durante eventos de chuva intensa (Meneses *et al.* 2024). Assim, para fins deste trabalho, serão priorizados os eventos de inundação e, em situações específicas, os de alagamento.

Nesse contexto, a drenagem urbana surge como uma estratégia para mitigar pontualmente os impactos das cheias, coletando e direcionando as águas pluviais para jusante, com uma abordagem conhecida como higienista, evoluindo posteriormente para uma fase conhecida como ambientalista ou sustentável. Essa nova abordagem incorpora estratégias voltadas à promoção da infiltração e à redução do escoamento superficial. No entanto, no Brasil, a adoção de soluções de drenagem sustentável ainda é incipiente, refletindo-se em um cenário preocupante, no qual o país ocupa a 11ª posição mundial em número de pessoas afetadas por inundações (Cristofidis, 2019).

De acordo com Durso *et al.* (2019), as inundações embora sejam consideradas desastres naturais, resultantes do processo de interação da chuva com a bacia hidrográfica, também são influenciadas por fatores antrópicos gerados pela ocupação e o desenvolvimento socioeconômico que ocupa a bacia e intensifica esses eventos.

Aracaju, capital de Sergipe, reflete essa problemática por ser uma cidade suscetível a alagamentos e inundações, em razão da ocupação de áreas ambientalmente sensíveis, como as planícies de inundação. Esses fatores aumentam a predisposição à ocorrência de eventos hidrológicos, os quais são agravados pela urbanização desordenada, gerando impactos significativos na infraestrutura urbana e na qualidade de vida da população (Guerra; Gonçalves; Oliveira, 2024).

De acordo com informações de Aracaju (2025), a cidade foi uma das primeiras capitais planejadas do Brasil, apresentando um traçado em linhas retas e quarteirões simétricos, semelhantes a um tabuleiro de xadrez. No entanto, a pressa na execução e a ausência de um

levantamento adequado das características locais, especialmente por se tratar de uma área marcada por pântanos e charcos, resultaram em problemas estruturais que ainda hoje provocam inundações na cidade.

Nesse contexto, um levantamento realizado pela Secretaria Municipal de Defesa Social e Cidadania de Aracaju identificou 41 áreas com risco de inundação no município, sendo 15 classificadas como de alto risco e uma como de risco muito alto. Essas áreas estão distribuídas em 11 bairros, totalizando 261 áreas expostas, o que evidencia a persistência e a abrangência desse problema urbano (Aracaju, 2024).

Entre as regiões mais afetadas, destaca-se o bairro Jabotiana, que enfrenta episódios recorrentes de inundações. O bairro apresenta áreas classificadas como de risco muito alto, alto e médio. Na área de risco muito alto, estima-se que cerca de 12 imóveis e 20 pessoas estejam expostos. Já nas áreas de alto risco, aproximadamente 276 imóveis e 1.100 pessoas são afetados por inundações (Aracaju, 2024).

De acordo com França (2022, p. 192), “as inundações no bairro Jabotiana se tornaram frequentes a partir de 2011”. A autora destaca que a urbanização acelerada, combinada com a degradação ambiental causada pela ação antrópica às margens do rio Poxim, tem intensificado esses eventos e os danos à população. Esse cenário evidencia a necessidade de um planejamento mais eficiente, sobretudo no que diz respeito à drenagem.

Com base nessa premissa, parte-se da hipótese de que as ações antrópicas contribuem de forma significativa para a intensificação dos eventos de inundações e alagamentos no bairro Jabotiana. Ademais, considera-se que a adoção de práticas sustentáveis de manejo de águas pluviais apresenta potencial para mitigar esses eventos e promover a sustentabilidade urbana local.

Diante disso, estabelece-se como objetivo geral analisar as ações antrópicas que contribuem para intensificação dos eventos de inundações e alagamentos no bairro Jabotiana, considerando o potencial das práticas sustentáveis de manejo de águas pluviais para sua mitigação e para a promoção da sustentabilidade urbana.

Nesse contexto, a pesquisa orienta-se pela seguinte questão central: quais fatores antrópicos contribuem para o agravamento dos eventos de inundações e alagamentos no bairro Jabotiana e quais estratégias sustentáveis de manejo das águas pluviais podem ser aplicadas para reduzir esses impactos?

Para alcançar esse objetivo, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Realizar revisão sistemática da literatura acerca da produção científica (2020-2024) sobre drenagem urbana sustentável;
- Analisar as ações antrópicas que agravam os eventos de inundação e alagamento no bairro Jabotiana, em Aracaju/SE, adotando a sustentabilidade como principal abordagem de análise;
- Propor a implementação de infraestrutura verde em espaços públicos no bairro Jabotiana, em Aracaju/SE.

A definição desses objetivos específicos articula-se diretamente com o contexto urbano e os desafios locais relacionados à sustentabilidade. Nesse sentido, o Índice de Desenvolvimento Sustentável das Cidades (IDSC, 2025) do município de Aracaju evidencia fragilidades no alcance do ODS 11, classificando-o com um nível muito baixo. Esse cenário reforça a relevância desta pesquisa, uma vez que suas análises e proposições contribuem para o avanço dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), com destaque para o ODS 11 - Cidades e comunidades sustentáveis, especialmente no que se refere à Meta 11.3, voltada à promoção da urbanização inclusiva e sustentável até 2030, e à Meta 11.5, que busca reduzir significativamente o número de mortes e de pessoas afetadas por desastres.

Além disso, o estudo também dialoga com o ODS 13 - Ação contra a mudança global do clima, em especial com a Meta 13.1, que prevê o fortalecimento da resiliência e da capacidade de adaptação a riscos climáticos e desastres naturais, e com a Meta 13.2, que propõe a integração de medidas relacionadas às mudanças climáticas nas políticas, estratégias e planejamentos nacionais.

Diante desse alinhamento com agendas globais e desafios locais, torna-se importante explicitar a organização desta dissertação, de modo a facilitar a compreensão do percurso analítico adotado. Assim, o trabalho está estruturado em fundamentação teórica, três capítulos, conclusão geral e referências. Inicialmente, apresenta-se a base teórica que subsidia o estudo, contemplando uma contextualização sobre o processo de expansão urbana e ocupação do bairro Jabotiana, os impactos da urbanização sobre o ciclo hidrológico e os indicadores de sustentabilidade utilizados como suporte à análise.

A partir dessa base conceitual, o primeiro capítulo tem como objetivo identificar o estado da arte da produção científica internacional sobre drenagem urbana sustentável, por meio de uma revisão sistemática da literatura. O segundo capítulo busca compreender a realidade do bairro Jabotiana, a partir da análise da sustentabilidade das áreas suscetíveis a inundações e alagamentos. Por sua vez, o terceiro capítulo propõe alternativas para a mitigação dos impactos

desses eventos no bairro, mediante a aplicação de técnicas de infraestrutura verde em espaços livres da área de estudo.

Por fim, destaca-se o caráter interdisciplinar desta pesquisa, que integra conhecimentos da engenharia urbana, da gestão ambiental e do planejamento sustentável, de modo a propor soluções que considerem, de forma articulada, aspectos sociais, ambientais e urbanos, contribuindo para o enfrentamento dos desafios relacionados à drenagem urbana no contexto local.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Expansão Urbana e a Ocupação do Bairro Jabotiana

De acordo com Santiago (2013), a organização urbana brasileira passou por transformações significativas em função do crescimento populacional, da indução do desenvolvimento industrial em escala mundial e do consequente processo de industrialização do Brasil, cujos efeitos começaram a se intensificar a partir de meados da década de 1940. Esses fatores estruturais estabeleceram as bases para novas dinâmicas de uso e ocupação do solo urbano no país.

Nesse contexto, a expansão urbana nas cidades brasileiras passou a ocorrer de forma desigual, refletindo processos históricos associados à acumulação do capital e à implementação tardia de políticas habitacionais. Como resultado, consolidaram-se distintos padrões de ocupação do espaço urbano, marcados por expressivos contrastes socioespaciais (Campos, 2005).

Ao longo do tempo, esse modelo de crescimento urbano tem provocado alterações significativas na dinâmica ambiental de diversas regiões do país. De maneira semelhante ao observado em outras cidades brasileiras, Aracaju, capital do estado de Sergipe, vivencia um processo de expansão urbana caracterizado pelo crescimento desordenado e desigual, no qual áreas consolidadas coexistem com vazios urbanos, frequentemente associados à especulação imobiliária, impactando diretamente as dinâmicas sociais e espaciais da cidade (França, 2019).

A partir da década de 1970, essas dinâmicas tornaram-se ainda mais intensas, impulsionadas pelo acelerado crescimento populacional e por transformações estruturais na configuração urbana. Esse processo se expressou tanto pela expansão horizontal do tecido urbano, por meio da formação de novas áreas periféricas, quanto pela consolidação da

verticalização como padrão associado à valorização imobiliária e à ascensão de grupos socialmente privilegiados. Nesse cenário, as intervenções promovidas pelos governos nacional e local passaram a ser mais evidentes, influenciando diretamente a produção e a reorganização do espaço urbano (Campos, 2005).

No início do processo de ocupação, Aracaju era um pequeno povoado formado por habitações simples na colina de Santo Antônio. O plano urbanístico que orientou a organização do novo assentamento foi elaborado pelo engenheiro Basílio Pirro, com o propósito de superar as condicionantes topográficas da área (Aracaju, 2025).

Nogueira (2004) destaca que as maiores transformações urbanas de Aracaju ocorreram a partir do século XX, impulsionadas pela implantação de novos sistemas de transporte, como a ferrovia e as rodovias. Nesse contexto, questões econômicas passaram a influenciar diretamente a organização socioespacial, promovendo a segregação urbana com bairros destinados aos operários ao norte, enquanto as áreas mais valorizadas se concentraram ao sul. O Estado, juntamente com o Governo Federal, desempenhou papel central nesse processo, ao mesmo tempo em que agentes privados já atuavam visando o lucro proporcionado pela valorização fundiária.

A origem de Aracaju também está relacionada às demandas comerciais da época, sobretudo à necessidade de construção de um porto no estuário do rio Sergipe para facilitar o escoamento de mercadorias transportadas pelas vias hidrográficas nacionais. Seu posicionamento em uma extensa planície fornecia condições para expansão urbana futura, embora a área fosse originalmente marcada por lagoas e pântanos, posteriormente aterrados para viabilizar o crescimento da cidade (Nogueira, 2004).

Em 17 de março de 1855, por meio da Resolução nº 413, Aracaju foi oficialmente fundada, sendo o então povoado elevado à categoria de cidade. Esse marco histórico esteve diretamente associado à transferência da capital da Província de Sergipe, anteriormente sediada em São Cristóvão, para Aracaju (Aracaju, 2025).

A partir desse contexto, o processo de consolidação urbana da cidade foi progressivamente intensificado, impulsionado tanto pela mudança da capital quanto pela ampliação das atividades comerciais. Conforme destaca Souza (2011), entre as primeiras décadas do século XX, especialmente de 1900 a 1930, Aracaju experimentou expressivo crescimento populacional, acompanhado por melhorias urbanísticas, como a expansão da infraestrutura, avanços no saneamento básico e no sistema de transporte.

No entanto, apesar desse desenvolvimento inicial, há divergências na literatura quanto ao caráter planejado da cidade. Nogueira, Silva e Silva (2024) discutem se Aracaju foi concebida como uma cidade planejada no contexto da transferência da capital, motivada pela necessidade de criação de um porto que facilitasse as trocas econômicas, ou se seu planejamento teria sido orientado por uma perspectiva de longo prazo.

Em contraposição a essa interpretação, Nogueira (2004) argumenta que Aracaju não pode ser considerada, de fato, uma cidade planejada. Segundo o autor, o planejamento urbano efetivo vai além da definição de um traçado geométrico, exigindo a previsão da localização das principais atividades e intervenções urbanas, bem como a antecipação de fluxos migratórios entre diferentes classes sociais e a compreensão das influências políticas e econômicas exercidas por cidades vizinhas no processo de implantação e crescimento inicial.

Essa lacuna em um planejamento urbano mais abrangente refletiu-se nas décadas subsequentes, especialmente diante do crescimento populacional e das transformações socioeconômicas. Nesse sentido, Bomfim (2021) destaca que o século XX foi marcado pela expansão acelerada do tecido urbano de Aracaju, impulsionada tanto pela exploração de recursos minerais quanto por políticas habitacionais voltadas ao incentivo da produção imobiliária. Como resultado, observa-se a intensificação da atuação do mercado privado na configuração da cidade, com a ampliação de áreas residenciais e a ocupação de novas zonas urbanas.

Segundo Leal; Santos; Costa (2020), a ocupação do bairro Jabotiana teve início em áreas de manguezais e terrenos sujeitos a processos fluviais e marinhos, o que os tornava vulneráveis à variação das marés. Com o tempo, essa ocupação se expandiu para outras regiões ambientalmente frágeis do bairro, acompanhando o avanço do mercado imobiliário e o interesse pela valorização de novas áreas na cidade.

França (2019) complementa essa análise ao evidenciar o papel das companhias habitacionais e de programas governamentais, como o Programa de Arrendamento Residencial e o Minha Casa Minha Vida, na implantação de diversos conjuntos habitacionais. Ainda que tais iniciativas tenham contribuído para a redução do déficit habitacional, também resultaram na expansão para áreas ambientalmente sensíveis, favorecendo tanto a verticalização quanto a horizontalização de bairros em regiões anteriormente pouco ocupadas.

De acordo com Leal; Santos; Costa (2020), o ano de 2001 foi marcado pelo aumento do crescimento imobiliário, com acelerado processo de verticalização com a construção de novos condomínios, impulsionados por programas habitacionais como o Programa de Arrendamento

Residencial (PAR) e o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV). Esse cenário também resultou em práticas ambientais danosas, como o desmatamento e a ocupação inadequada de Áreas de Preservação Permanente (APPs). De acordo com os autores, a expansão imobiliária ocorreu sem uma interação significativa com os moradores, uma vez que não houve processos participativos capazes de envolver a comunidade nas decisões sobre as transformações ambientais e urbanísticas do bairro.

Nesse cenário de expansão rápida e nem sempre planejada, França (2018, p.10) destaca que, entre os anos de 2000 e 2014, alguns bairros apresentaram forte crescimento do número de empreendimentos habitacionais, com especial destaque para o Jabotiana e a Zona de Expansão. Juntos, esses bairros receberam aproximadamente 10.000 e 8.300 novas moradias, respectivamente, sem que houvesse o fortalecimento proporcional da infraestrutura urbana e das condições de acessibilidade necessárias para acompanhar essa expansão.

Considerado como um dos maiores vetores da expansão urbana de Aracaju, o bairro Jabotiana foi o grande foco dos investimentos públicos e imobiliários de 1978 a 2016 através da construção de conjuntos populares e condomínios verticais, marcado pela descontinuidade da malha urbana (França, 2022).

Em consonância com Nascimento e Oliveira (2022), a impermeabilização do solo sem um planejamento adequado modifica a dinâmica hidrológica, dado a diminuição da infiltração e conseqüentemente o aumento do escoamento superficial, que associadamente com o regime de marés e das taxas de precipitação, sobrecarregam os canais de micro e macrodrenagem.

Segundo França (2022), a produção do espaço urbano do bairro Jabotiana é marcada por paradoxos legais, que permitem o adensamento acelerado, mas não asseguram o acesso a direitos básicos aos moradores, sobretudo os mais vulneráveis socioeconomicamente.

De acordo com a Lei n.º 4.973, de 11 de dezembro de 2017, que institui o Plano Municipal de Saneamento Básico de Aracaju, a infraestrutura pública do saneamento não ocorreu em paralelo com o crescimento da cidade.

Em consonância com a classificação do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Aracaju em vigor (PDDU - 2000, anexo I), o bairro Jabotiana está inserido na Zona de Adensamento Básico. De acordo com o Plano Diretor, consideram-se Zonas de Adensamento Básico, as que apresentam potencial de urbanização, porém com "déficit" de infraestrutura, sistema viário, transporte, comércio e serviços. Dentre as diretrizes das Zonas de Adensamento Básico, têm-se: “adensar de forma controlada o uso e a ocupação do solo, a fim de aproveitar o

potencial de urbanização existente, diminuindo a necessidade de novos investimentos públicos em infraestrutura” (PDDU, 2000, p. 50).

Nesse contexto, observa-se que, apesar do avanço da ocupação urbana e do aumento expressivo de empreendimentos imobiliários no bairro Jabotiana ao longo das últimas décadas, a regulamentação municipal específica voltada à organização e ao direcionamento do saneamento básico em Aracaju foi estabelecida apenas recentemente. A ausência, por um longo período, de instrumentos normativos e de planejamento integrado contribuiu para que o crescimento do bairro ocorresse de forma acelerada, porém dissociado da implantação dos serviços essenciais de infraestrutura, ampliando desigualdades e intensificando problemas socioambientais que, atualmente, se manifestam de forma recorrente no bairro.

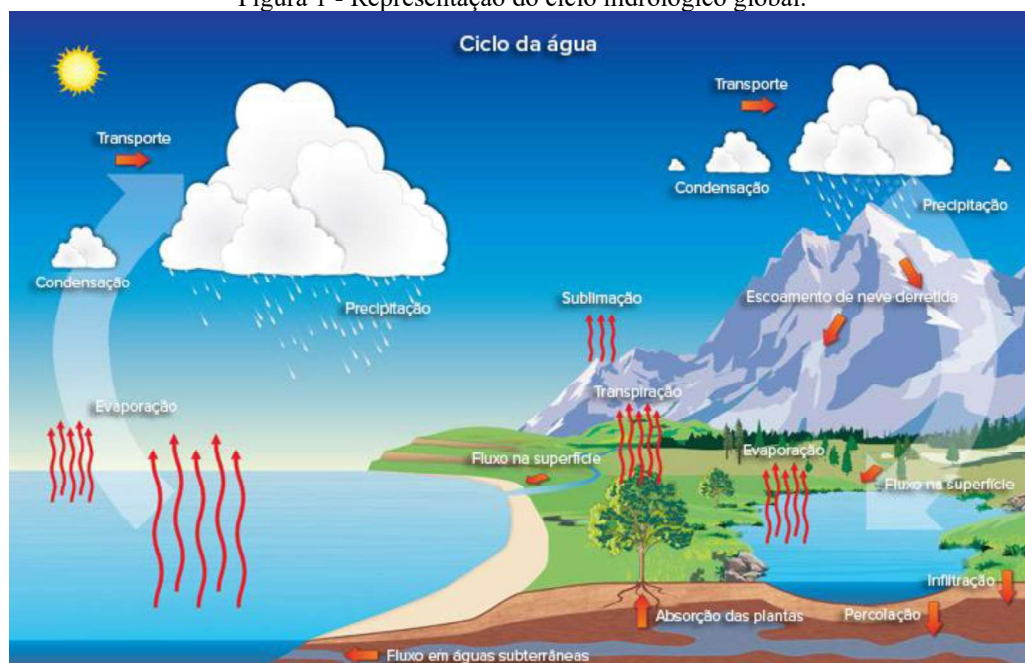
2.2. Impacto da Urbanização no Ciclo Hidrológico

A forma de ocupação urbana e sua crescente expansão constituem fatores determinantes nos impactos sobre o meio físico, resultando na modificação e, em alguns casos, na interrupção de serviços ecossistêmicos fundamentais à dinâmica ambiental urbana (Oliveira *et al.*, 2019; Vitória, 2022). Nesse contexto, a ausência da incorporação da dimensão ambiental nos processos de uso e ocupação do solo, associados à urbanização das cidades, tende a intensificar consequências ambientais significativas, com destaque para o comprometimento do equilíbrio do ciclo hidrológico (Bezerra *et al.*, 2020).

Entre as principais transformações decorrentes desse processo destacam-se a substituição de áreas naturais por superfícies impermeáveis, à redução da cobertura vegetal e as modificações na morfologia do terreno, as quais interferem nos processos de infiltração da água no solo (Seraphim, 2018). Considerando que o ciclo hidrológico é constituído por processos físicos, químicos e biológicos naturalmente interdependentes, a ação antrópica sobre esse sistema torna-o suscetível a alterações relevantes, com repercussões socioambientais e econômicas significativas (Tucci, 2005).

Segundo Barbosa Júnior (2022), o ciclo hidrológico consiste na contínua movimentação da água entre a atmosfera, o solo, os corpos d'água superficiais e subterrâneos, além da vegetação, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 - Representação do ciclo hidrológico global.



Fonte: Flickr, 2012.

De acordo com a Figura 1 e de forma resumida, uma parte da água da chuva que atinge uma determinada área é interceptada por plantas e outros obstáculos, como telhados, de onde pode evaporar. O excedente, que ultrapassa a capacidade de interceptação, soma-se à parcela que atinge o solo, onde uma fração infiltra e outra escoar, originando o escoamento superficial.

Em condições naturais, a dinâmica do ciclo hidrológico, incluindo a proporção e a velocidade de circulação da água entre suas diferentes etapas, é influenciada por diversos fatores ambientais, como o tipo de cobertura do solo, relevo, altitude, temperatura, características do solo e geologia local. A urbanização interfere significativamente nesse processo, sobretudo ao diminuir a capacidade de infiltração da água no solo e intensificar o escoamento superficial nas áreas urbanas (Seraphim; Bezerra, 2019).

A falta de integração entre o planejamento urbano e a gestão dos recursos hídricos, associada ao modelo de ocupação do solo que prioriza as necessidades econômicas e sociais sem levar em consideração as características naturais do território, gera diversos impactos ambientais. Entre os principais efeitos, destacam-se a alteração do ciclo hidrológico devido à crescente impermeabilização do solo e à diminuição de sua capacidade de infiltração natural, além do aumento da poluição das águas e da escassez de recursos hídricos em algumas regiões (Oliveira *et al.*, 2019).

Segundo Seraphim e Bezerra (2019), tanto no âmbito científico quanto no senso comum, é amplamente reconhecido que o processo de urbanização impacta consideravelmente o regime

hidrológico. Essa transformação resulta em efeitos adversos, os quais podem modificar ou até comprometer os serviços ecossistêmicos essenciais para o equilíbrio ambiental e o bem-estar das populações. Esses impactos podem incluir alterações nos ciclos de água, afetando tanto a qualidade quanto a quantidade dos recursos hídricos disponíveis, além de interferir na capacidade dos ecossistemas urbanos de oferecer funções vitais, como a regulação do clima e a purificação da água.

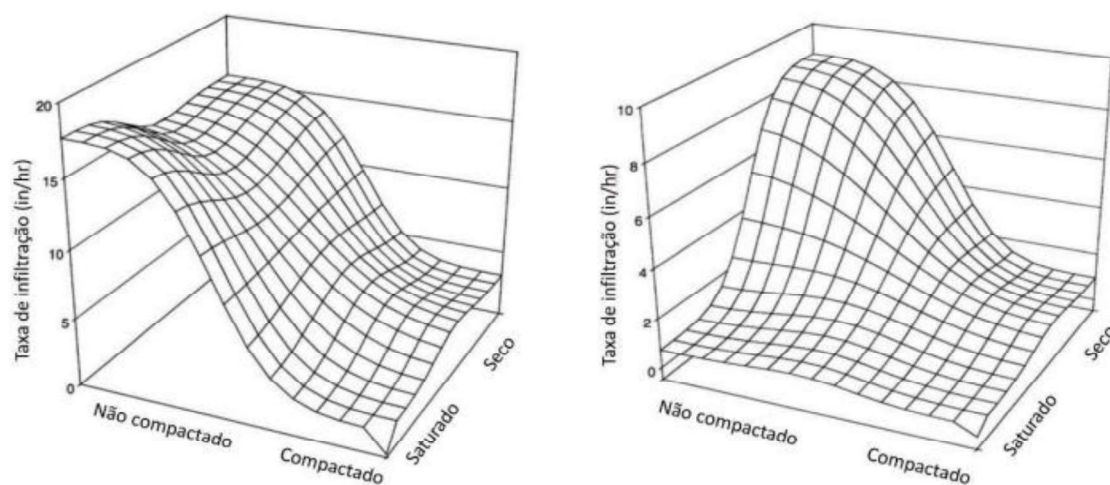
De acordo com Christofidis, Assumpção e Kligerman (2020), o aumento da taxa de urbanização em diversas regiões tem ampliado consideravelmente os impactos das chuvas tanto no meio urbano quanto nos ecossistemas aquáticos. Os principais fatores responsáveis por esses impactos incluem o uso inadequado do solo, da vegetação e das águas, refletindo uma atuação setorial e fragmentada. Isso tem potencializado os desafios enfrentados pelos gestores de drenagem e pelas autoridades responsáveis pelas áreas e águas urbanas.

Para Farias *et al.* (2022), o ambiente urbano é formado pela interação entre os elementos naturais e construídos pela sociedade, refletindo a ação humana sobre o meio físico. Segundo os autores, as inundações urbanas, causadas pelo processo natural de precipitação e consequente transbordamento de rios, córregos e canais, são potencializadas pela impermeabilização do solo, que intensifica o escoamento superficial.

Segundo Oliveira *et al.* (2019), os padrões urbanos de uso e ocupação do solo geram diversos impactos ambientais, dentre os quais se destacam a compactação do solo, a supressão da vegetação nativa e o selamento da superfície por materiais impermeáveis. A compactação do solo, associada principalmente aos processos de loteamento urbano e ao tráfego de veículos, provoca alterações em propriedades físicas do solo, como porosidade, condutividade hidráulica e grau de compressão, comprometendo a permeabilidade e a infiltração das águas (Figura 2).

No que se refere à remoção da vegetação arbórea nativa, os autores ressaltam que as árvores, especialmente as espécies nativas, exercem papel essencial na retenção e infiltração da água no solo. Por sua vez, o selamento do solo por superfícies impermeáveis resulta da implantação de estruturas construídas com materiais que impedem total ou parcialmente a infiltração da água, como calçadas, vias, estacionamentos e edificações, reduzindo a recarga dos aquíferos e intensificando o escoamento superficial e as vazões de pico durante eventos de chuva.

Figura 2 - Efeito da compactação em solos arenosos e argilosos na taxa de infiltração.

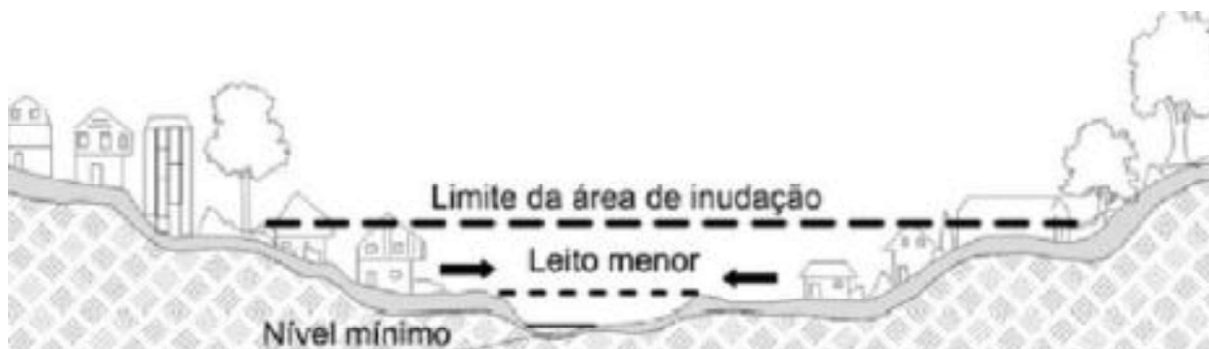


Fonte: (Pitt, 2009 *apud* Seraphim; Bezerra, 2019).

De acordo com Seraphim e Bezerra (2019), a compactação do solo é um fator crítico na redução da infiltração da água, podendo diminuir sua taxa em até seis vezes e meia em solos arenosos e até onze vezes em solos argilosos, com a possibilidade de a infiltração em solos argilosos se aproximar de zero. Esse fenômeno ocorre principalmente em áreas urbanizadas, onde o solo é impermeabilizado, impedindo a absorção de água das chuvas e contribuindo para o aumento do escoamento superficial.

Tucci (2012) explica que, à medida que a população impermeabiliza o solo, ocorre o aumento do escoamento através dos sistemas de drenagem, resultando em inundações mais recorrentes em comparação com as ocorridas quando o solo era permeável e o escoamento acontecia de forma natural. Para o autor, essas inundações são consequências diretas da urbanização e do sistema de drenagem urbana. Ele também aborda as inundações ribeirinhas, que ocorrem quando as águas de rios, riachos e galerias pluviais saem de seu leito natural (leito menor) e invadem o leito maior, áreas frequentemente ocupadas pelo processo de urbanização, seja para moradia, transporte ou comércio (Figura 3).

Figura 3 - Características dos leitos do rio.



Fonte: Tucci, 2008.

Para Moretto (2022), as enchentes e inundações têm como principal causa as chuvas, mas nos ambientes urbanos, elas não são causadas apenas pela precipitação. Ações humanas, como a impermeabilização do solo, o crescimento desordenado das cidades, a ocupação de áreas de risco próximas às margens dos rios, o assoreamento dos corpos hídricos e o desmatamento, intensificam esse fenômeno, tornando-o potencialmente desastroso, com consequências socioambientais significativas. O autor também destaca que as enchentes podem ser classificadas em inundações graduais, quando as chuvas atuam na região por um período prolongado, e em inundações bruscas, que ocorrem devido às chuvas intensas que provocam um aumento rápido no nível da água.

Nesse contexto, Andrade e Blumenschein (2013) propõem a integração dos modelos de cidades verdes e compactas, reconhecendo que ambos podem atuar de forma complementar na promoção da qualidade urbana e ambiental. De acordo com os autores, essa articulação favorece o convívio social e contribui para a ampliação da infiltração da água no solo, além de potencializar processos de purificação do ar e da água.

Seraphim e Bezerra (2019, p.23) alertam para um equívoco recorrente: a associação entre baixas densidades construtivas e menor escoamento superficial. Segundo os autores, “áreas de baixa densidade apresentam maior quantidade de superfícies impermeabilizadas por residência”, enquanto “densidades mais altas geram menor escoamento pluvial por moradia em todas as escalas analisadas”.

Diante do exposto, evidencia-se que os impactos relacionados ao escoamento superficial e às inundações urbanas não decorrem apenas de fatores naturais, mas estão diretamente associados às escolhas de planejamento e ao modelo de ocupação do solo adotado nas cidades, reforçando a necessidade de uma abordagem integrada e sistêmica no desenvolvimento urbano.

2.3. Indicadores de Sustentabilidade

O interesse acerca do desenvolvimento sustentável surgiu a partir do reconhecimento de que os componentes naturais são limitados e passaram a apresentar indícios de esgotamento, o que suscitou a discussão sobre a necessidade dos países repensarem a forma como o desenvolvimento econômico vem sendo conduzido ao longo da história (Boing; Trevizan; Morales, 2021).

Veiga (2010) parte do princípio que a discussão científica acerca dos indicadores de sustentabilidade teve início em 1972 com o capítulo “*Is growth obsolete?*”, na tradução para o português “O crescimento está obsoleto?” de Willam D. Nordhaus e James Tobin, publicado no quinto volume da série *Economic Research: Retrospect and Prospect*, do *National Bureau of Economic Research* (NBER), dos Estados Unidos. O trabalho problematiza a hipótese da obsolescência do crescimento econômico, ao questionar a centralidade do crescimento produtivo como sinônimo de desenvolvimento, além de abordar as consequências do aumento populacional e as perdas de componentes naturais associadas a esse processo.

Ainda de acordo com o autor, Nordhaus e Tobin abordaram também as consequências do aumento populacional sobre o crescimento produtivo e as perdas de componentes naturais ocasionadas por esse crescimento. Assim, para os autores a avaliação da sustentabilidade requer, no mínimo, a observação simultânea de indicadores nas dimensões ambiental, econômica e de qualidade de vida (ou bem-estar), uma vez que essas dimensões são indissociáveis.

O conceito de desenvolvimento sustentável, segundo Mainardi (2021), foi amplamente difundido pelo Relatório Brundtland, elaborado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento e criada pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 1987, definindo a sustentabilidade como a capacidade de atender às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas próprias necessidades.

A partir desse marco, intensificaram-se ações voltadas à promoção de diretrizes que articulassem crescimento econômico, justiça social e preservação ambiental. Em 2012, a Cúpula de Desenvolvimento Sustentável realizada no Rio de Janeiro consolidou a substituição dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM) pelos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), instituindo a Agenda 2030, composta por 17 objetivos e 169 metas, voltadas, entre outros aspectos, à promoção de cidades sustentáveis, à gestão da água e ao enfrentamento das mudanças climáticas.

Segundo as Nações Unidas no Brasil, os ODS constituem um chamado global para a erradicação da pobreza, a proteção do meio ambiente e o combate às mudanças climáticas, assegurando condições dignas de vida para todas as pessoas. Nesse contexto, os indicadores associados aos ODS configuram-se como instrumentos fundamentais para o acompanhamento do progresso em relação às metas estabelecidas, destacando-se aqueles vinculados aos ODS 6 (Água Potável e Saneamento), 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis) e 13 (Ação Contra a Mudança Global do Clima), que apresentam relação direta com o manejo das águas pluviais, o planejamento urbano e a promoção da resiliência das cidades.

De acordo com Sugahara (2023), a seleção de indicadores de sustentabilidade está diretamente relacionada à disponibilidade das informações que os representam, devendo estes facilitar a compreensão dos fenômenos analisados. O autor ressalta que, diante das dificuldades recorrentes na obtenção de dados, especialmente em escala local, recomenda-se a adoção de indicadores de fácil mensuração e para os quais já existam bases de dados consolidadas, de modo a viabilizar sua aplicação no planejamento e na gestão urbana.

No contexto brasileiro, a Lei n.º 14.026/2020 estabelece que a responsabilidade pelo manejo e pela drenagem das águas pluviais é atribuída aos municípios, admitindo-se, entretanto, a adoção de modelos de gestão compartilhada por meio de consórcios públicos ou convênios de cooperação. Tal possibilidade justifica-se pelo fato de que os processos naturais de drenagem ocorrem em escala de bacia hidrográfica, enquanto os limites administrativos municipais, em geral, não coincidem com os divisores hidrográficos, o que pode resultar em conflitos e dificuldades na condução das águas pluviais.

Diante desse cenário, Baum e Goldenfum (2021) ressaltam que, nos últimos anos, tem crescido o uso de ferramentas de apoio do gerenciamento das águas pluviais e à tomada de decisões, ressaltando a aplicação de indicadores como instrumentos de planejamento, monitoramento e avaliação do desempenho urbano.

A ABNT NBR ISO 37120:2021 (Cidades e comunidades sustentáveis – Indicadores para Serviços Urbanos e Qualidade de Vida) resalta a necessidade de adoção de indicadores para a avaliação do desempenho das cidades. A norma aponta que os indicadores utilizados em nível local, frequentemente, não são padronizados, consistentes ou comparáveis ao longo do tempo e entre diferentes cidades, embora tenham como um de seus principais objetivos subsidiar a formulação de políticas públicas e a definição de prioridades. De acordo com a norma, os indicadores podem assumir caráter quantitativo, qualitativo ou descritivo, sendo

fundamental evitar a interpretação isolada de um único indicador, a fim de prevenir conclusões parciais ou distorcidas.

Complementarmente, a ABNT NBR ISO 37123:2021 (Cidades e Comunidades Sustentáveis – Indicadores para Cidades Resilientes) enfatiza que as cidades estão cada vez mais expostas a eventos extremos, como enchentes, incêndios e outros desastres naturais ou antrópicos, que resultam em perdas humanas, materiais, econômicas e ambientais. Segundo a norma, uma cidade resiliente é aquela capaz de se preparar, responder, se recuperar e se adaptar a esses eventos, minimizando seus impactos por meio de estratégias integradas de planejamento e gestão.

Nesse contexto, diversos estudos (Baum; Goldenfum, 2021; Ripol; Pinheiro e Lopes, 2013; Castro, 2004; Silva, 2016; Santos, 2022) têm sido desenvolvidos com foco na aplicação de indicadores de sustentabilidade ao manejo das águas pluviais em áreas urbanas, abrangendo diferentes objetivos e escalas de análise. Esses trabalhos evidenciam o potencial dos indicadores como instrumentos de apoio à avaliação e ao aprimoramento das práticas de gestão da drenagem urbana.

O estudo realizado por Castro (2004) propôs indicadores para a comparação global das alternativas de projeto de sistemas de drenagem, utilizando como critérios seus objetivos, os impactos da obra (hidrológicos, sanitários e qualidade das águas) e a inserção (social e ambiental). Por fim, foram selecionados doze indicadores para realização da pesquisa.

Ripol; Pinheiro e Lopes, (2013) desenvolveu uma ferramenta de avaliação do sistema de drenagem urbana utilizando indicadores de sustentabilidade selecionados a partir de informações levantadas na literatura sobre o assunto e do modelo Pressão-Estado-Resposta. Neste trabalho, o autor utilizou para a classificação um total de 15 indicadores selecionados, com avaliação feita por meio da atribuição de pesos, e de legenda de cores para Pressão, Estado e Resposta.

Silva (2016) desenvolveu um Sistema de Apoio ao Manejo de Águas Pluviais, fundamentado em indicadores de sustentabilidade que abrangem as dimensões social, ambiental, econômica, política e cultural. O estudo inicialmente selecionou 65 indicadores, dos quais 54 foram mantidos após refinamento, sendo relacionados às dimensões mencionadas e aos problemas específicos associados ao manejo das águas pluviais.

O conceito de vulnerabilidade socioambiental foi operacionado por Santos, Formiga e Ferreira (2020) por meio da construção e validação de um indicador, com o objetivo de correlacioná-lo ao sistema de drenagem urbana. A análise considerou indicadores ambientais,

de infraestrutura e sociais, permitindo entender que as condições ambientais podem ser vistas como fragilidades, uma vez que apresentaram um peso negativo. Em contrapartida, os indicadores sociais e de infraestrutura receberam pesos positivos demonstrando que quanto maior, melhor, sendo identificados como indicadores de qualidade geral.

Um conjunto de indicadores foi utilizado por Cometti *et al.* (2019) para o diagnóstico da situação dos riachos urbanos no Brasil, por meio da pré-seleção a partir de revisão bibliográfica e envio para avaliação de especialistas. As respostas foram submetidas ao teste de confiabilidade de *Alfa Cronbach* e os indicadores selecionados aplicados ao sistema Pressão-Estado-Resposta (PER).

A construção e validação de indicadores socioambientais para a avaliação de sistemas de drenagem urbana realizada por Santos (2022), foi construída inicialmente por meio de uma revisão sistemática da literatura. Posteriormente, a avaliação foi realizada com base em índices de fragilidade ambiental, qualidades infraestrutural e social.

Silva *et al.* (2023) avaliam a segurança e a sustentabilidade dos rios urbanos, considerando a influência do planejamento urbano por meio de indicadores. A pesquisa analisa a capacidade de gerenciamento dos rios urbanos, identificando os itens prioritários para aprimorar a efetividade da gestão da segurança e da sustentabilidade ambiental. Para isso, foram utilizados nove indicadores, avaliados com base na presença ou ausência de determinadas condições.

Conforme discutido por Baum e Goldenfum (2021), embora tenham ocorrido avanços significativos na elaboração de indicadores e índices voltados às águas pluviais, ainda persistem limitações relevantes para sua aplicação prática no gerenciamento. Entre os principais entraves, destacam-se a ausência de bancos de dados consolidados, estruturados de forma padronizada, acessível e comparável, bem como a carência de instituições responsáveis pela coleta sistemática de dados em escala local. Esses fatores comprometem a utilização efetiva dos indicadores como instrumentos de apoio à gestão. Em complemento, Von Ancken *et al.* (2017), *apud* por Baum e Goldenfum (2021), assinalam que, apesar da diversidade de indicadores desenvolvidos para o contexto brasileiro, muitos deles são concebidos predominantemente no âmbito acadêmico, com finalidades investigativas, não apresentando, necessariamente, relevância direta para a formulação e implementação de políticas públicas.

CAPÍTULO 1. REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE DRENAGEM URBANA SUSTENTÁVEL

Brendha Gonçalves de Jesus Figueiredo

Inajá Francisco de Sousa

Anézia Maria Fonsêca Barbosa

Resumo

Esta pesquisa realiza uma revisão sistemática da produção científica sobre drenagem urbana sustentável em eventos hídricos extremos, como as inundações. A busca foi conduzida nas bases *Web of Science* e Scopus, considerando artigos publicados entre 2020 e 2024, nos idiomas inglês e português, utilizando termos-chave combinados com operadores booleanos. Com base no método PRISMA adaptado, foram inicialmente identificados 755 artigos, reduzidos a 48 após a aplicação de filtros e processos de triagem. Os resultados apontam que as pesquisas analisadas seguem três abordagens principais: social, modelagem e estudo de caso, além da carência por padronização conceitual das terminologias empregadas e a predominância de pesquisas realizadas em países europeus, evidenciando lacunas na produção científica de países em desenvolvimento. Dessa forma, destaca-se um crescente interesse em práticas sustentáveis para mitigação de inundações, abrangendo desde a simulação da eficiência das técnicas por modelos até a participação popular. No entanto, esta última ainda é limitada, o que impacta diretamente a aceitação e implementação dessas soluções.

Palavras-chave: Mitigação de inundações, Modelagem, Participação Popular, Estudos de Caso.

Abstract

This research conducts a systematic review of scientific production on sustainable urban drainage in extreme water events, such as floods. The search was conducted in the Web of Science and Scopus databases, considering articles published between 2020 and 2024, in English and Portuguese, using keywords combined with Boolean operators. Based on the adapted PRISMA method, 755 articles were initially identified, limited to 48 after the application of filters and screening processes. The results indicate that the research presented follows three main approaches: social, modeling, and case study, in addition to a lack of conceptual standardization of the terminologies used and the predominance of research conducted in European countries, highlighting gaps in the scientific production of developing countries. Thus, a growing interest in sustainable practices for flood mitigation is highlighted, ranging from the simulation of the efficiency of techniques by models to popular participation. However, the latter is still limited, which directly impacts the ease and implementation of these solutions.

Keywords: Flood mitigation, Modeling, Popular Participation, Case Studies.

¹ Este capítulo foi submetido à Revista Brasileira de Geografia Física em outubro de 2025 e encontra-se aguardando avaliação.

1.1. Introdução

O crescimento urbano e a densificação têm levado à ampliação das áreas impermeabilizadas em cidades e regiões suburbanas, reduzindo a capacidade do solo de absorver a água da chuva. Como consequência, há um aumento no volume de escoamento superficial, sobrecarregando os sistemas de drenagem e intensificando os desafios no manejo de águas pluviais. Diante desse cenário, há um esforço global para desenvolver soluções eficazes e sustentáveis que minimizem os impactos das precipitações e das inundações em áreas urbanas (Thodesen; Andenaes; Kvande, 2024).

Esse esforço na busca por soluções sustentáveis apontam para uma preocupação crescente em tratar o problema na fonte geradora dos escoamentos. Esse princípio fundamenta as técnicas compensatórias em drenagem urbana, que visam restaurar as condições naturais de escoamento o mais próximo possível do estado original, anterior à urbanização. Essas abordagens têm sido amplamente reconhecidas como estratégias ambientalmente adequadas para o manejo das águas pluviais em áreas urbanizadas (Vasconcelos, 2016).

Entre essas soluções, destacam-se os Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável (SDUS), que surgem como uma alternativa eficaz para mitigar os impactos da urbanização sobre a hidrologia local. Esses sistemas incorporam funções e processos inspirados na natureza, promovendo a infiltração, retenção e aproveitamento da água da chuva (Chapa; Pérez; Hack, 2020).

Inicialmente, diante da multiplicidade de termos utilizados na literatura, como Infraestrutura Verde, Soluções baseadas na Natureza, Low Impact Development (LID) e Best Management Practices (BMPs), compreendeu-se que a adoção do conceito de Sistema de Drenagem Urbana Sustentável (SDUS) seria a mais adequada, sobretudo por sua abrangência e capacidade de integrar diferentes abordagens sob uma perspectiva sistêmica. Esse entendimento parte da percepção de que o SDUS não se restringe a técnicas isoladas, mas reúne, de forma articulada, princípios e soluções voltadas ao manejo sustentável das águas pluviais no contexto urbano

Nesse sentido, considerando o crescente interesse por abordagens alternativas de drenagem urbana, que incorporam distintas concepções teóricas e metodológicas orientadas a diferentes finalidades, o presente artigo tem como objetivo identificar pesquisas que evidenciam a contribuição da drenagem urbana sustentável na mitigação de eventos de inundações. Para tanto, será realizada uma revisão sistemática da literatura, com foco em estudos publicados

entre 2020 e 2024, buscando compreender os principais temas de interesse abordados pelas investigações científicas nessa área.

1.2. Metodologia

Esta pesquisa é de natureza qualitativa (Guerra *et al.*, 2024) e foi conduzida por meio de uma revisão sistemática da literatura científica. Como método de construção desta pesquisa, foi adotada uma adaptação do método *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* - PRISMA (Page *et al.*, 2022), com a seleção de 12 dos 27 itens recomendados na lista de verificação (Quadro 1.1). Além disso, foi utilizado um fluxo de processos para facilitar a compreensão da sequência seguida durante o processo de seleção dos estudos.

Quadro 1.1 Adaptação da lista de checagem PRISMA 2020.

Item	Seção	Tópico	Item da lista de checagem
1	Título		Identificação da publicação como uma revisão sistemática
2	Resumo		-
3	Introdução	Justificativa	Descrição da justificativa da revisão no contexto do que já é conhecido
4		Objetivos	Apresentação de uma afirmação dos objetivos ou questões abordadas pela revisão
5	Metodologia	Critérios de elegibilidade	Especificação dos critérios de inclusão e exclusão da revisão e como os estudos foram agrupados na sumarização
6		Fontes de informação	Especificação de todas as bases de dados, repositórios e demais fontes de pesquisa; Especificação da data que a fonte foi pesquisada
7		Estratégia de busca	Especificação das estratégias de busca completas para todas fontes de pesquisa, incluindo os filtros utilizados
8		Lista de dados	Listagem e definição de todos os desfechos cujos dados foram coletados; Especificação se foram coletados de cada estudo todos os resultados compatíveis com cada domínio de desfecho e se não, quais os métodos usados para decidir quais resultados coletar.
9		Métodos de síntese	Descrição dos métodos usados para tabular ou ilustrar visualmente os resultados de estudos individuais e sínteses

10	Resultados e Discussão	Seleção de estudos	Descrição dos resultados do processo de busca e seleção, desde o número de registros identificados na busca até o número de estudos incluídos na revisão, idealmente por meio de um fluxograma.
11		Características dos estudos	Citação de cada estudo incluído e apresentação das características.
12		Discussão	Fornecimento de interpretação geral dos resultados no contexto de outras evidências

Fonte: Adaptado de Page *et al.*, (2022).

O processo de revisão sistemática utilizado na presente pesquisa, incluindo os critérios de elegibilidade, fontes de informação, estratégia de busca, lista de dados e métodos de síntese, será descrito a seguir, para clareza e transparência do processo de revisão sistemática.

1.2.1. Questão de Investigação

A questão de investigação foi formulada com a adaptação do formato PICOT, estratégia utilizada por autores como Gomes; Neto (2022), Calo; Ferreira e Patino (2020) e Donato; Donato (2019) para estruturação da pergunta de pesquisa.

Os elementos do formato PICOT são: população, intervenção, comparador, resultado e tempo, construídos conforme descrito a seguir:

- População (P): Áreas urbanas;
- Intervenção (I): Estudos de caso, iniciativas e terminologias relacionadas à drenagem urbana sustentável;
- Comparação (C): Não será aplicado;
- Resultado (O): Principais interesses de pesquisa e evidências científicas, com foco na mitigação de inundações e alagamentos.
- Tempo (T): Estudos recentes (2020 a 2024).

Com base nos critérios de seleção, a pergunta de investigação é: quais são os principais temas de interesse e evidências científicas disponíveis, entre 2020 e 2024, sobre a drenagem urbana sustentável aplicada em áreas urbanas, com foco na mitigação de inundações e alagamentos?

1.2.2. Critérios de Elegibilidade

Os critérios de elegibilidade desta revisão são subdivididos entre critérios de inclusão e exclusão, sendo ambos fundamentados na pergunta que orienta essa pesquisa, conforme Quadro 1.2.

Quadro 1.2. Critérios de inclusão e exclusão da revisão.

Critérios de inclusão	Critérios de exclusão
Acesso aberto; publicações no período de 2020 a 2024; documentos classificados como artigos científicos; idiomas inglês e/ou português.	Artigos de revisão e publicações de áreas do conhecimento, como saúde, química, economia, física e ciências dos materiais, além de estudos específicos sobre esgotamento sanitário, qualidade das águas, paisagismo e avaliação de riscos.

Fonte: Autores, 2024.

1.2.3. Fontes de Informação

As fontes de informação utilizadas na revisão sistemática foram as bases de dados *Web of Science* e Scopus, reconhecidas por sua relevância e abrangência na indexação de artigos científicos de alta qualidade. Embora a Plataforma CAPES oferecesse acesso a essas bases, optou-se por consultá-las diretamente para garantir maior precisão e abrangência na busca, uma vez que cada base possui características próprias de seleção de periódicos.

1.2.4. Estratégia de Busca

A estratégia de busca estruturou-se com combinações de palavras-chave e operadores booleanos como *and* e *or*. Os termos de busca foram as palavras-chave: *urban drainage* (drenagem urbana), *sustainability* (sustentabilidade), *urban drainage alternatives* (alternativas de drenagem urbana) e *urban drainage systems alternatives* (sistemas alternativos de drenagem urbana). Os operadores booleanos foram utilizados da seguinte forma:

- AND: Para limitar os resultados a documentos que utilizem mais de uma palavra-chave;
- OR: Para inclusão de documentos que utilizem uma ou outra palavra-chave.

Para o desenvolvimento da busca, foram utilizadas combinações de palavras-chave, da seguinte forma: ("*urban drainage*") AND ("*sustainability*") OR ("*urban drainage alternatives*") OR ("*urban drainage systems alternatives*").

Ressalta-se que a busca foi realizada em inglês nas duas bases de dados, considerando a predominância desse idioma nas publicações científicas relacionadas ao tema em questão. O uso do idioma inglês, justifica-se pela sua predominância na literatura científica global, com a maioria dos artigos, títulos, resumos e palavras-chave indexados nesse idioma, independentemente da língua do texto completo. Essa estratégia de busca em inglês visa

aumentar a abrangência dos resultados e garantir a recuperação de estudos atualizados.

1.2.5. Lista de Dados

Os artigos selecionados para esta revisão foram aqueles cujo foco principal envolvia aspectos sociais, modelos e estudos de caso das intervenções. Foram priorizados estudos que analisaram intervenções de drenagem em áreas urbanas, destacando seus resultados práticos e as contribuições das técnicas em contextos específicos.

Além disso, foram considerados trabalhos que abordaram o viés social das intervenções, especialmente aqueles que discutiram a aceitação e a participação comunitária nos projetos de drenagem urbana. Também foram incluídos estudos que avaliaram o desempenho ou a viabilidade das soluções por meio de modelagem, com ênfase nos modelos ou softwares utilizados para análise.

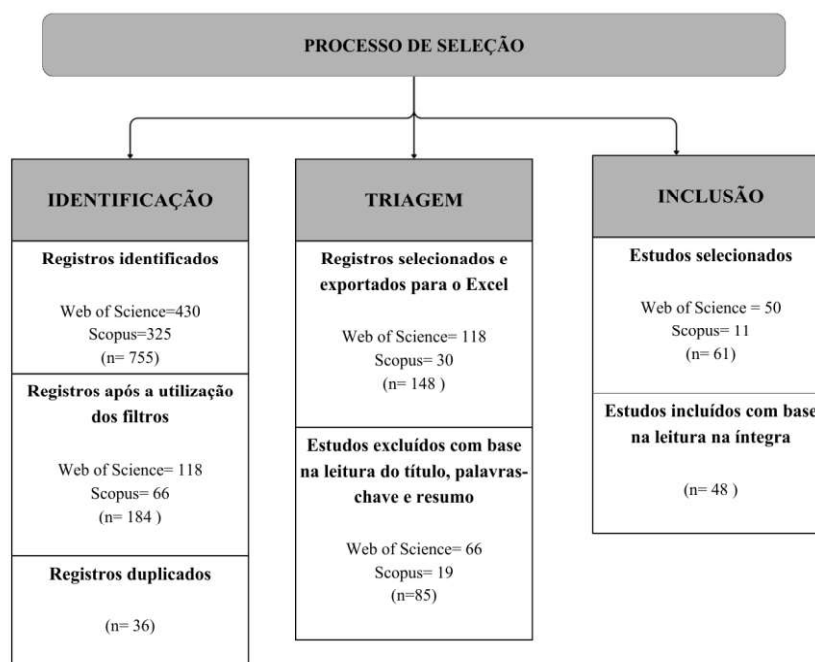
A seleção desses artigos teve como objetivo proporcionar uma visão abrangente das intervenções, considerando os aspectos técnicos, teóricos e sociais dentro do contexto da drenagem urbana sustentável.

1.2.6. Métodos de Síntese

Primeiramente, para a organização e apresentação dos dados dos estudos individuais, foi criada uma tabela estruturada, na qual cada linha corresponde a um estudo e cada coluna detalha informações como título, autores, ano de publicação, palavras-chave e resumo. Esse formato facilitou a visualização das variáveis analisadas e dos resultados obtidos.

A tabela foi elaborada a partir da exportação para o Excel dos artigos selecionados com base nos critérios de inclusão estabelecidos em cada uma das bases de dados. Após a exportação, realizou-se uma triagem inicial, na qual foram avaliados o título, as palavras-chave e o resumo dos artigos. Aqueles que não atendiam aos requisitos da revisão sistemática foram excluídos. Somente os estudos que passaram por essa triagem foram lidos na íntegra. Após a leitura completa, alguns artigos foram novamente excluídos (Figura 1.1). Para a síntese dos resultados, serão utilizados quadros-resumo e análises complementares dos dados extraídos das plataformas.

Figura 1.1 - Fluxo do processo de seleção dos artigos.



Fonte: Prisma e autores (2024).

1.3. Resultados e Discussões

Conforme a Figura 1.1, foram mapeados no total 755 estudos, sendo 430 artigos provenientes da *Web of Science* e 325 da Scopus, representando uma diferença de aproximadamente 32% a mais de artigos identificados na *Web of Science* em comparação à Scopus. Essa discrepância pode ser explicada pelos critérios e metodologias específicas adotados por cada base de dados na seleção e indexação dos conteúdos.

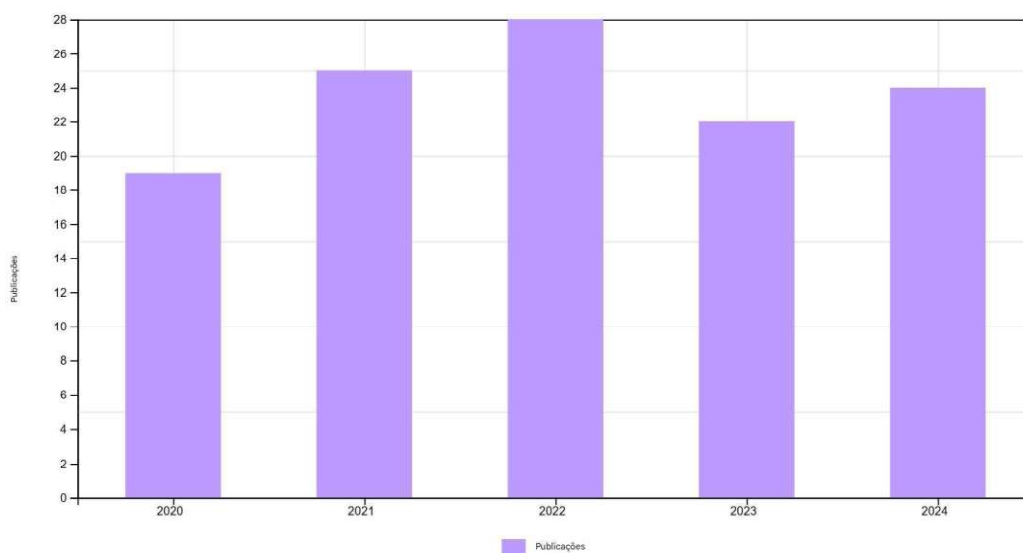
Esse resultado contrasta com o estudo de Costa (2023), que aponta a Scopus como a base de dados mais exaustiva em termos de cobertura de periódicos, apresentando 82,22% mais periódicos do que a *Web of Science* (Xu *et al.*, 2020 *apud* Costa; Assunção, 2023). Esse contraste pode estar relacionado às áreas temáticas específicas abordadas pelos termos de busca aplicados nesta revisão sistemática, que têm maior relevância dentro do escopo da *Web of Science*, especialmente em áreas como Ciências Ambientais e Engenharia, fundamentais para o tema de drenagem urbana sustentável.

Por outro lado, a Scopus, embora reconhecida por sua abrangência e diversidade, pode apresentar diferenças nos critérios de indexação e priorização de áreas do conhecimento, resultando em uma menor quantidade de artigos diretamente relacionados ao tema desta revisão. Assim, a discrepância reflete as características únicas de cada base de dados e reforça

a importância de combinar múltiplas fontes para garantir uma análise mais ampla e representativa dos estudos disponíveis.

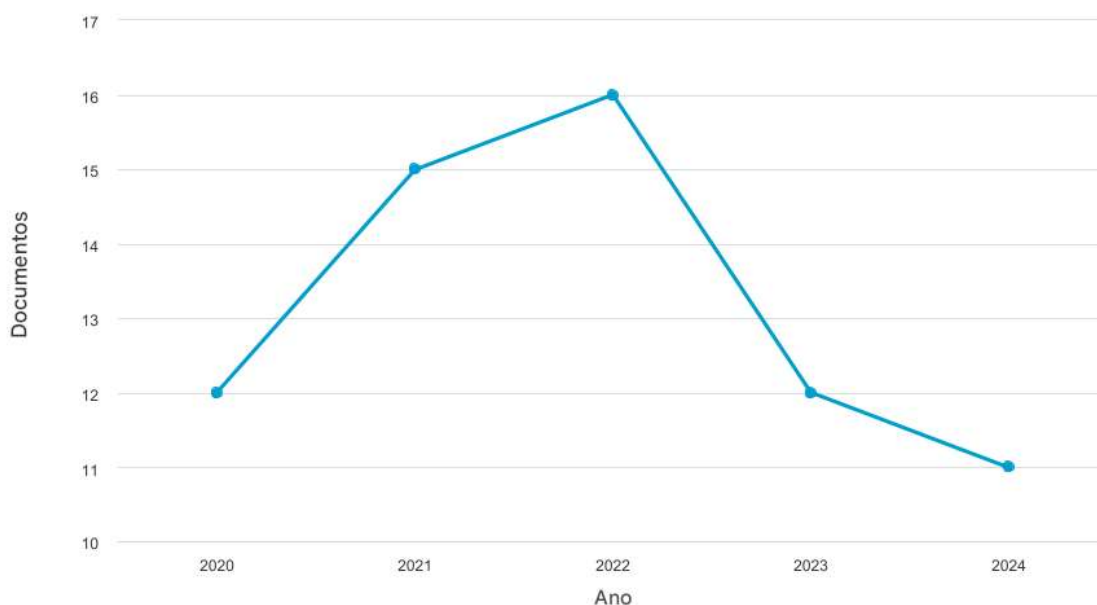
Após a aplicação dos filtros nas plataformas selecionadas, obteve-se um total de 118 artigos na *Web of Science* e 66 artigos na Scopus, permitindo a comparação da quantidade de publicações ao longo dos anos. Para a base de dados da *Web of Science*, observa-se que o maior crescimento no número de publicações ocorreu em 2022, com 28 artigos publicados, seguido por 25 publicações em 2021 e 24 em 2024 (Figura 1.2). De maneira similar, na plataforma Scopus, o ano de 2022 também apresentou o maior número de artigos, com 16 publicações, enquanto 2021 registrou 15 artigos. Já em 2024, houve uma queda no número de publicações, totalizando 11 artigos (Figura 1.3).

Figura 1.2 - Publicações de artigos entre os anos 2020 a 2024 na plataforma *Web of Science*.



Fonte: Autores, 2024.

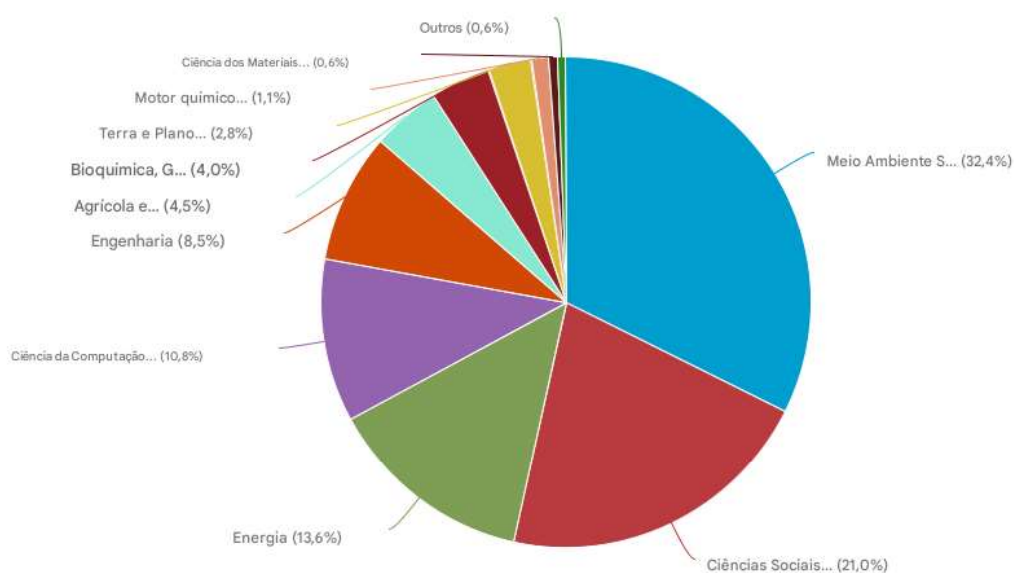
Figura 1.3 - Publicações de artigos entre os anos 2020 a 2024 na plataforma Scopus.



Fonte: Autores, 2024.

Em relação às áreas de pesquisa, a plataforma Scopus destaca-se com o maior número de publicações nas áreas de Ciências Ambientais (57), Ciências Sociais (37) e Energia (24) (Figura 1.4).

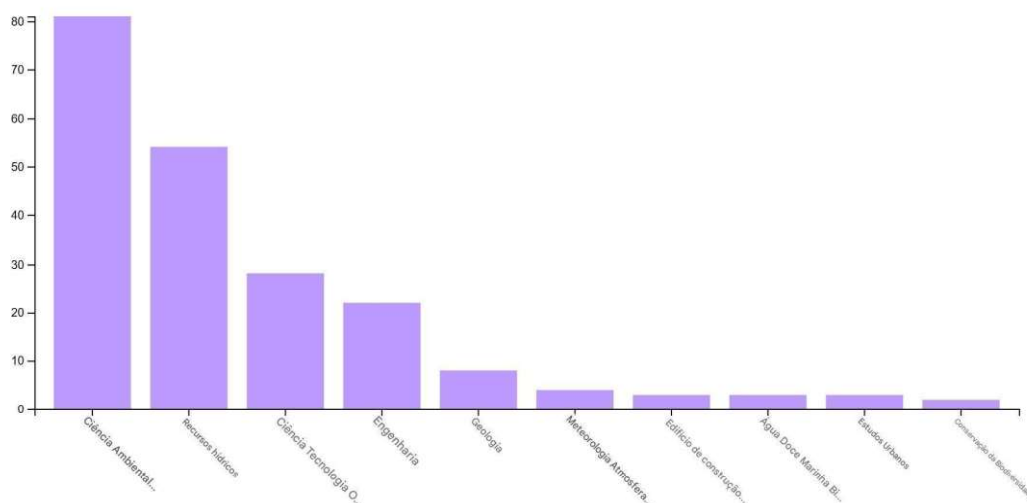
Figura 1.4 - Áreas de publicação com destaque na plataforma Scopus.



Fonte: Autores, 2024.

Por sua vez, a *Web of Science* apresenta 81 resultados na área de Ciências Ambientais, 54 na área de Recursos Hídricos e 28 na área de Ciências Tecnológicas (Figura 1.5).

Figura 1.5 - Áreas de publicação com destaque na plataforma *Web of Science*.



Fonte: Autores, 2024.

De forma geral, foram selecionados 61 artigos nas duas plataformas para leitura na íntegra. Após a análise, 13 artigos da *Web of Science* foram excluídos por não serem pertinentes à temática, resultando em um total de 48 artigos. Esses 48 artigos constituem a base para as discussões presentes nesta pesquisa. Para facilitar o entendimento, os artigos foram organizados em três categorias de análise: social, modelagem e estudo de caso. Vale ressaltar que as categorias foram definidas com base nas tendências de compatibilidade observadas entre os artigos analisados. Anteriormente à discussão com base nas categorias de análise, será realizada uma discussão teórica para facilitar o entendimento dos termos utilizados no âmbito da drenagem urbana sustentável.

1.3.1. Aspectos Conceituais da Drenagem Urbana Sustentável

Com base na análise dos trabalhos consultados nesta pesquisa, verificou-se que a drenagem urbana abrange uma diversidade de técnicas, especialmente no que se refere à drenagem não convencional, conhecida como Sistema de Drenagem Urbana Sustentável (SDUS) ou, de forma simplificada, como drenagem urbana sustentável ou drenagem alternativa. Observa-se que diversas terminologias e abordagens vêm sendo empregadas na área, acompanhadas por uma terminologia variada. Essa diversidade terminológica impacta diretamente a análise da aplicação, evolução, resultados e oportunidades para estudos futuros, uma vez que diferentes denominações e palavras-chave são utilizadas para abordar a amplitude

desse campo. Diante disso, torna-se essencial destacar essa questão como um dos resultados da pesquisa, ressaltando a necessidade de aprofundar a discussão sobre os aspectos conceituais da drenagem urbana ao longo do tempo e em diferentes contextos internacionais, a fim de promover maior clareza e padronização terminológica na área.

Paralelamente à análise dos estudos analisados para o recorte temporal de 2020 a 2024, buscou-se aprofundar a compreensão da temática por meio da análise do trabalho de Fletcher *et al.* (2015). Os autores apresentam a drenagem urbana como um campo tradicional que, nas últimas décadas, vem passando por importantes inovações conceituais, incorporando termos como desenvolvimento de baixo impacto, sistemas de drenagem sustentáveis, melhores práticas de gestão e técnicas alternativas. Esse processo de evolução evidencia a necessidade de compreender e padronizar a terminologia empregada na área, a fim de facilitar a análise, a comparação e a aplicação das diferentes abordagens relacionadas à drenagem urbana.

Nesse contexto, observou-se que a terminologia na área evoluiu de forma não estruturada, informal e majoritariamente local, sem uma padronização técnica clara dos conceitos, métodos e técnicas. O resultado dessa abordagem é que termos diferentes são usados para definir conceitos semelhantes em diferentes partes do mundo, levando potencialmente a sobreposição, contradições e confusão (Bernello; Mondino; Bortolini, 2022).

Chapa; Pérez; Hack (2020) destacam que diversas terminologias estão relacionadas à sustentabilidade nos sistemas de drenagem urbana, como o Design Urbano Sensível à Água (WSUD), o Desenvolvimento de Baixo Impacto (LID), as Melhores Práticas de Gestão (BMPs) e o conceito de Cidade Esponja.

Nesse sentido, Li *et al.* (2020) faz referência a Infraestrutura Verde (GI), que desempenha um papel fundamental na mitigação de inundações, além de outras funções ambientais. O autor pondera que há uma sobreposição conceitual entre essas estratégias, pois, além das características particulares de cada terminologia, todas compartilham o objetivo de minimizar as mudanças hidrológicas e manter as condições naturais tanto quanto possível.

Apesar da falta de padronização em termos globais, segundo Bernello, Mondino e Bortolini (2022), os sistemas de drenagem urbana são classificados em infraestruturas "cinza" e "azul-verde". Os sistemas cinza incluem estruturas convencionais voltadas exclusivamente para o controle de inundações, como canais, tubos e reservatórios. Já o sistema azul-verde possui funções multifuncionais, controlando o escoamento, melhorando a qualidade e promovendo benefícios ambientais e sociais. Enquanto as infraestruturas cinza apenas desviam a água, as azul-verde reduzem o pico de descarga por meio da retenção ou infiltração.

De acordo com Andrés-Doménech *et al.* (2021); Palla *et al.* (2024) e Thodesen, Andenaes e Kvande (2024), os Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável (SDUS) é uma abordagem alternativa de drenagem urbana que busca replicar os processos hidrológicos naturais anteriores à urbanização.

Dentre os processos hidrológicos, Andrés-Doménech *et al.* (2021) citam a infiltração, filtragem, armazenamento e evapotranspiração, por meio da integração de estruturas físicas na paisagem urbana como telhados verdes, pavimentos permeáveis, faixas de filtro, valas vegetadas, valas de infiltração, canais de drenagem, jardins de chuva, bacias de retenção e retenção, além de pântanos construídos.

Os Sistemas de Drenagem Urbana, conforme discutido por Palla *et al.* (2024), representam um conjunto de práticas voltadas para a gestão da água, buscando integrar os sistemas de drenagem urbana aos processos hidrológicos naturais. Essas soluções fazem parte de um escopo mais amplo conhecido como Soluções Baseadas na Natureza (SBN), que têm como objetivo incorporar elementos naturais às estratégias utilizadas para enfrentar desafios contemporâneos.

Já na concepção de Bernello, Mondino e Bortolini (2022), os principais termos atualmente usados para se referir a sistemas de drenagem urbana que incluem uma abordagem sustentável são Infraestruturas Verdes (IV), Sistemas de Drenagem Sustentável (SDS), Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável (SDUS) e Soluções Baseadas na Natureza (SBN). Ou seja, no entendimento do autor, todos os termos referem-se à drenagem urbana sustentável.

Thodesen, Andenaes e Kvande (2024) também traz que o conceito de Soluções Baseadas na Natureza (SBN) é mais abrangente, englobando não apenas os SDUS, mas também outras estratégias de manejo de águas pluviais que utilizam os processos e características dos sistemas naturais para alcançar os benefícios desejados.

La Loggia; Puleo; Freni (2020) consideram os SUDs e as abordagens de BMPs como estratégias para mitigar riscos e minimizar os impactos da urbanização, por meio da descentralização dos eventos de inundação, convertendo grandes alagamentos em uma série de ocorrências menores e distribuídas, direcionando o escoamento para estruturas individuais de menor porte.

Em síntese, a diversidade terminológica observada na drenagem urbana sustentável reflete a evolução e adaptação das práticas de manejo de águas pluviais em diferentes contextos geográficos e temporais. No entanto, essa variedade de termos pode gerar ambiguidades e dificultar a comunicação entre profissionais e pesquisadores da área. Portanto, é fundamental

promover esforços para padronizar a terminologia, estabelecendo definições claras e consensuais que facilitem a troca de conhecimentos e a implementação de soluções sustentáveis em drenagem urbana. A uniformização conceitual contribuirá para uma melhor compreensão dos métodos e técnicas aplicáveis, além de fomentar a colaboração internacional e o avanço científico no campo da drenagem urbana sustentável.

Conforme destacado por Fletcher *et al.* (2015), embora exista uma diversidade de abordagens e denominações associadas às práticas de drenagem urbana mais sustentáveis, o aspecto central não reside na terminologia adotada, mas na preservação de princípios fundamentais comuns a essas estratégias. Entre esses princípios, destaca-se a busca pela manutenção da configuração hidrológica o mais próxima possível das condições naturais, bem como a melhoria da qualidade da água, por meio da redução da carga de poluentes gerados no ambiente urbano. Dessa forma, tais práticas convergem para uma gestão das águas pluviais orientada à sustentabilidade e à mitigação dos impactos decorrentes da urbanização.

Para fins de sistematização, apresenta-se a seguir um quadro síntese (Quadro 1.3) com as principais abordagens associadas ao manejo sustentável das águas pluviais, frequentemente aplicadas no contexto da drenagem urbana. Ressalta-se que essa organização não pretende estabelecer uma interpretação consensual e universal, mas expressa a visão adotada neste estudo, construída a partir da literatura analisada.

Quadro 1.3. Síntese do Entendimento Conceitual das Abordagens aplicadas ao Manejo das Águas Pluviais.

Conceito	Ênfase central
Soluções Baseadas na Natureza (SBN / NbS)	Utilização de processos naturais para enfrentar desafios urbanos e ambientais
Drenagem Urbana Sustentável (DUS)	Gestão das águas pluviais de forma integrada aos processos hidrológicos naturais
Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável (SDUS)	Replicação do comportamento hidrológico pré-urbanização
Desenvolvimento de Baixo Impacto (LID)	Minimização das alterações hidrológicas causadas pela urbanização
Boas Práticas de Gestão (BMPs)	Mitigação de impactos hidrológicos e melhoria da qualidade da água
Infraestrutura Verde (IV / GI)	Integração de elementos naturais ao espaço urbano
Infraestrutura Verde-Azul (BGI)	Integração entre sistemas vegetados e corpos d'água urbanos

Fonte: Autores, 2026.

A análise conjunta das abordagens evidencia que as diferenças entre os termos utilizados na literatura não estão necessariamente associadas a objetivos conflitantes, mas sobretudo ao nível de abrangência e ao grau de integração com os processos naturais. Observa-se uma clara interseção entre as estratégias, uma vez que todas buscam, em maior ou menor grau, minimizar as alterações no ciclo hidrológico provocadas pela urbanização. As distinções residem principalmente no enfoque adotado e na forma como essas soluções são incorporadas ao planejamento urbano e ambiental.

1.3.2. Percepção e Participação Social na implementação da Drenagem Urbana Sustentável

A percepção e a participação social desempenham um papel fundamental na implementação bem-sucedida de qualquer projeto, especialmente os relacionados à sustentabilidade. Estudos recentes analisam a interação das partes interessadas com esses sistemas (Quadro 1.4), evidenciando desafios e oportunidades na adoção de infraestruturas para a gestão de águas pluviais. Entre os artigos revisados, cerca de 17% (oito estudos) adotaram a perspectiva social como foco principal da pesquisa, destacando a importância do engajamento comunitário na aceitação e efetividade dessas soluções.

Quadro 1.4. Estudos sobre Percepção e Participação Social na implementação da Drenagem Urbana Sustentável.

Autor, ano	Objetivo	Local	Metodologia	Resultados
Carriquiry; Sauri; March, 2024	Reconhecer como as diversas partes interessadas envolvidas nos SUDS interagem entre si e analisar os diferentes níveis de compreensão dos SUDSs como uma nova alternativa de infraestrutura de águas pluviais.	Barcelona, Espanha	Entrevistas semiestruturadas com governo, técnicos, organizações sociais e cidadãos da comunidade local, bem como revisão de documentos de políticas existentes e literatura cinzenta sobre SUDS's e documentos históricos sobre o desenvolvimento do bairro.	Os resultados mostram o quão ativa a comunidade foi durante o processo de projeto e depois, à medida que a sustentabilidade gradualmente se tornou um dos principais tópicos no bairro a ser incorporado em novos empreendimentos. No entanto, também revelou várias questões relacionadas à manutenção e à ambiguidade do termo SUDS para as diferentes partes interessadas envolvidas.
Thodesen; Andenaes; Kvande, 2024	Identificar quais conflitos podem surgir relacionados à restauração de riachos no contexto norueguês.	União Europeia e Noruega	Visão geral do projeto de adaptação climática proposto "Fredlybekken", uma análise do local, pesquisas quantitativas e entrevistas qualitativas com as partes interessadas do projeto.	O Município não considerou a perspectiva dos moradores e não deixou claras as necessidades e os benefícios da restauração do riacho; o Município deve melhorar sua comunicação por meio de um grau maior de colaboração e engajamento com os moradores na conscientização das necessidades ambientais da infraestrutura SUDS.
Gnecco <i>et al.</i> , 2024	Realizar o mapeamento participativo visando o planejamento e a instalação de sistemas de drenagem urbana em assentamentos urbanos.	Gênova, Itália	Mapa participativo para o planejamento e instalação de SUDS em assentamentos urbanos dentro do projeto URCA - Urban Resilience to Climate Change (Resiliência Urbana às Mudanças Climáticas).	Banco de dados GIS com a digitalização e georreferenciamento de dados relacionados a áreas de inundação urbanas integrados com dados coletados durante as atividades realizadas.
Thodesen; Time; Kvand, 2022	Compreender as percepções e prioridades públicas para apoio a medidas de adaptação climática.	Trondheim Noruega	Hipóteses e teorias são construídas por meio da coleta e análise de dados e entrevistas semiestruturadas com atores e usuários do local foram coletadas, categorizadas e codificadas. Isso foi realizado para identificar e fornecer uma compreensão das percepções dos	Discrepância entre o desempenho técnico esperado e as expectativas do público; stakeholders residenciais/usuários locais devem ser ouvidos e sistematicamente documentados, fornecendo insights críticos sobre as expectativas locais e a aceitação ou resistência a esses projetos.

			usuários locais e quais aspectos do projeto, design, manutenção e maneiras como o município envolveu o público informaram as percepções dos usuários sobre o local.			Os especialistas propõem métricas que captam a sustentabilidade social, mas que, na prática, são complicadas de quantificar. Em termos de desafios, a fragmentação de responsabilidades das organizações que participam na gestão dos sistemas de drenagem dificulta a utilização de novas métricas de sustentabilidade social. Por fim, sugere-se o desenvolvimento de uma instituição que possa gerir os sistemas de drenagem urbana de forma global e abrangente, a fim de valorizar os benefícios da sustentabilidade social dos sistemas de drenagem urbana.
Monroy; Ávila; Araya, 2022	Identificar métricas para medir a sustentabilidade social dos sistemas de drenagem urbana; Identificar desafios para a implementação dessas métricas e Propor modificações no atual método de avaliação do sistema de drenagem para melhorar a inclusão da sustentabilidade social.	Chile	Entrevistas com especialistas (n = 11)			Implementação híbrida de modelagem hidrológica e técnicas integradas de MCDM - multi-criteria decision-making.
Ekmekecioglu, 2024	Explorar as diferenças de percepção das partes interessadas nos mecanismos de decisão em relação a uma das técnicas sustentáveis de mitigação de enchentes, ou seja, práticas de desenvolvimento de baixo impacto (LID).	Istambul, Turquia				Especialistas de municípios, administradores de água e universidades enfatizaram a dimensão ambiental da sustentabilidade, enquanto ONGs focaram no aspecto social. Municípios e administrações de água apontaram o custo inicial como critério determinante na escolha do LID, enquanto ONGs destacaram a resistência da comunidade e a academia priorizou a estética. O estudo revelou percepções críticas das partes interessadas sobre a seleção de práticas de LID.
Palla <i>et al.</i> , 2024	Tratar o papel da participação na promoção do uso de SUDs e sua	Brescia, Gênova e Matera - Itália	Abordagem participativa ao planejamento urbano de SUDs para três			Em Brescia, o mapeamento de espaços a serem ativados envolveu toda a cidade, promovendo

Bermello, Mondino e Bortolini, 2022	adoção no planeamento urbano e na gestão de terras envolvendo comunidades locais, estudantes, especialistas, autoridades locais e empresas.		estudos de caso na Itália selecionados sob o critério de variação máxima.	a participação comunitária na mitigação das mudanças climáticas. Em Gênova, o envolvimento de escolas fortaleceu a intergeracionalidade, e o grupo focal transformou a percepção local sobre riscos climáticos em um mapa espacial das áreas vulneráveis. Em Matera, o processo participativo permanece restrito a atores institucionais, com predominância de discussões formais.
	Investigar o conhecimento e a percepção das pessoas em relação às soluções baseadas na natureza e infraestrutura cinza.	Veneto, Itália	Pesquisa por meio de questionário. A pesquisa focou em cinco NbS: canais de infiltração, coleta de chuva, pavimentos permeáveis, telhados verdes e sistemas de biorretenção.	Baixo conhecimento sobre as soluções baseadas implicam na crença que a infraestrutura cinza é a melhor maneira para reduzir o risco de inundação, associada também a falta de comunicação simples e clara sobre as funções das soluções baseadas na natureza.

Fonte: Autores, 2025.

A análise dos dados revela padrões gerais dos estudos, percebe-se que a distribuição geográfica das pesquisas inclui locais na Europa, como Espanha, Noruega e Itália, além da América do Sul, representada pelo Chile.

No que diz respeito à metodologia, nota-se uma tendência na utilização de entrevistas com especialistas e partes interessadas, abrangendo governo, técnicos e população local. Além disso, há estudos que fazem uso de mapeamento participativo e bancos de dados GIS para análise territorial e planejamento. Algumas abordagens também enfatizam a construção de hipóteses e teorias baseadas na percepção pública. Esses métodos indicam uma predominância de investigações qualitativas.

Nos resultados, observam discrepâncias entre o desempenho técnico esperado e a percepção da população demonstrada na pesquisa de Thodesen *et al.* (2022), o que indica que a eficácia técnica de um projeto nem sempre se traduz em aceitação social. Além disso, observou-se que, em algumas localidades, os governos não consideraram a perspectiva dos moradores ao implementar soluções de drenagem urbana, o que pode gerar resistência e comprometimento da sustentabilidade dos projetos a longo prazo.

A análise desses resultados revela que a literatura sobre drenagem urbana sustentável com enfoque social enfatiza a importância do diálogo entre governo e sociedade para a aceitação pública das soluções propostas. No entanto, a negligência da perspectiva dos moradores pode comprometer o sucesso dos projetos, evidenciando a necessidade de integrar conhecimento técnico e participação comunitária. Nesse sentido, conforme destacado por Palla *et al.* (2024), a experiência dos moradores pode contribuir significativamente para o planejamento e a implementação dessas iniciativas. Além disso, em alinhamento com Chapa; Pérez; Hack (2020), reforça-se que a sustentabilidade depende do engajamento da população, tornando a adaptação da drenagem urbana sustentável às necessidades locais um fator essencial para sua efetiva implementação.

1.3.3. Modelos utilizados no âmbito da Drenagem Urbana Sustentável

Os estudos sobre drenagem urbana sustentável utilizam diferentes modelos de análise para avaliar e compreender as soluções aplicadas ao manejo das águas pluviais no meio urbano, conforme a análise dos estudos apresentados no Quadro 1.5. Entre os artigos revisados, aproximadamente 40% (19 estudos) utilizaram a modelagem como abordagem central.

Dentre os modelos empregados, observa-se uma predominância do Storm Water Management Model (SWMM), adotado em 52% dos trabalhos que aplicam modelagem (10 estudos). Outros modelos recorrentes incluem o Watershed Modeling System (WMS), URBIS, Hydrus-1D e MIKE SHE, além de metodologias baseadas em decisão multicritério, como o Processo Analítico Hierárquico (AHP). A preferência pelo SWMM pode ser atribuída à sua capacidade de simular o comportamento hidrológico e hidráulico de diferentes cenários urbanos, permitindo a análise de diferentes técnicas, como telhados verdes, pavimentos permeáveis, lagoas de retenção, entre outros.

Contudo, ressalta-se que embora haja uma tendência na utilização do SWMM, a análise dos estudos na íntegra revela que cada pesquisa aplica esse modelo com diferentes parâmetros, variando conforme a localização, a disponibilidade de dados e os objetivos da análise. Essa diversidade demonstra a flexibilidade da modelagem e a necessidade de adaptações para atender às especificidades de cada contexto.

Quadro 1.5. Modelos utilizados no contexto da Drenagem Urbana Sustentável.

Autores	Objetivo	Modelo
Broekhuizen <i>et al.</i> (2021)	Analisar o desempenho de modelos hidrológicos para telhados verdes.	URBIS, SWMM, Hydrus-1D e Mike SHE
Dawson; Verduyck; Wright, (2020)	Mapear áreas prioritárias e identificar oportunidades de gerenciar inundações urbanas.	CityCAT
Zubelzu <i>et al.</i> (2020)	Propor método para otimizar a combinação de SUDS em escala urbana.	Decisão multicritério
Abdalla <i>et al.</i> (2021)	Avaliar o desempenho hidrológico de um sistema de pavimentos permeáveis revestidos na Noruega.	SWMM-LID e Modelo de reservatório
Dada <i>et al.</i> (2021)	Avaliar a eficiência da combinação de tecnologias descentralizadas (telhados verdes e pavimentos porosos) integrados com o sistema de esgoto.	DAnCE4Water (Dynamic Adaptation for eNabling City Evolution for Water
Ramos; Besharat (2021)	Examinar análises de risco de inundação e técnicas de mitigação realizadas por modelagem computacional.	MIKE SHE
Seyedashraf; Bottacin-Busolin; Harou (2021)	Investigar como a declividade de bacias hidrográficas urbanas pode influenciar a distribuição espacial de componentes de drenagem sustentável.	SWMM
Azevedo <i>et al.</i> (2022)	Simular e analisar o desempenho hidrológico de um sistema com configuração implícita de uma biorretenção (LID).	Hydrus-1D
Zambrano Nájera; Rey (2022)	Avaliar o comportamento dos SUDS.	SWMM - LID
Wang <i>et al.</i> (2022)	Analisar o efeito sinérgico da integração de infraestrutura verde, cinza e azul.	SWMM
Suárez-Inclán <i>et al.</i> (2022)	Identificar áreas potenciais para a implementação do SUDS.	AHP (Processo Analítico Hierárquico) - Decisão multicritério
Rey-Mahia <i>et al.</i> (2022)	Determinar as propriedades térmicas de dois tipos de telhados azuis sob diferentes condições de desempenho.	Análise de elementos finitos (FEM)
Raimondi <i>et al.</i> (2022)	Propõe uma abordagem analítico-probabilística adequada para a modelagem SUDS com diferentes configurações e tipologias.	Abordagem analítico-probabilística

Hosseinzadeh <i>et al.</i> (2023)	Identificar as melhores estratégias para usar lagoas de retenção para controlar inundações em sistemas de drenagem urbana.	SWMM e Decisão multicritério
Cacciuttolo <i>et al.</i> (2023)	Fornecer uma solução de infraestrutura de pavimentação para adaptação e mitigação das mudanças climáticas.	Software Permeable Design Pro utilizando modelagem físico-matemática
Alves <i>et al.</i> (2022)	Fundamentar o desenvolvimento de procedimentos para implementação de SUDS.	SWMM
Ferrans <i>et al.</i> (2023)	Propõe uma metodologia de simulação-otimização que visa facilitar o processo de tomada de decisão ao selecionar e posicionar SUDS, com o objetivo específico de gerenciar inundações urbanas.	SWMM
Funke; Kleidorfer (2024)	Investigar a sensibilidade de sete SUDS diferentes a eventos de precipitação e mau funcionamento.	SWMM
Anvigh; Silva e Macedo (2024)	Explorar a viabilidade e eficácia dos SuDSs como uma solução para gerenciar o excesso de chuvas em um país em desenvolvimento, o caso da cidade de Urmia no Irã.	WMS e SWMM

Fonte: Autores, 2025.

Ainda assim, apesar da ampla adoção de modelos como o SWMM nos estudos analisados, destaca-se que esses *softwares* demandam uma quantidade significativa de informações de entrada, como dados pluviométricos, parâmetros hidrológicos do solo e informações atualizadas sobre o uso e ocupação do solo.

No caso de cidades como Aracaju, considera-se que essa exigência constitui um desafio relevante, tendo em vista que a indisponibilidade, a desatualização ou a fragmentação desses dados podem limitar a aplicação direta desses modelos. Nesse contexto, torna-se necessária a discussão sobre a adaptação da modelagem à realidade local, seja por meio da simplificação dos parâmetros, do uso de dados secundários e estimativas, seja, inversamente, pela adoção de metodologias que não dependam exclusivamente de ferramentas de simulação hidrológica complexas.

Ademais, observa-se que poucos trabalhos apresentam indicadores de drenagem urbana de forma espacializada que não estejam diretamente associados à modelagem hidrológica ou a cálculos matemáticos detalhados. Essa lacuna evidencia a necessidade de abordagens complementares, capazes de avaliar o desempenho da drenagem urbana a partir de indicadores territoriais, físicos e urbanos integrados, permitindo análises mais acessíveis à gestão pública e ao planejamento urbano, especialmente em contextos com limitações de dados.

1.3.4. Estudos de Caso sobre implementação de Drenagem Urbana Sustentável em Cidades

Os estudos de caso que analisam a governança, as falhas, os desafios, os aspectos impulsionadores, o impacto no comportamento e as ações apresentados no Quadro 1.6, vêm sendo desenvolvidas em algumas localidades para adoção de soluções sustentáveis em drenagem urbana.

Observa-se que, na Espanha, os SUDS eram pouco conhecidos nos anos 1990, mas atualmente fazem parte das estratégias de drenagem urbana, embora ainda haja desafios no monitoramento e manutenção. Da mesma forma, em outros países como Holanda, Rússia e Colômbia, a adoção dos SUDS envolve dificuldades técnicas e institucionais, exigindo adaptação às realidades locais.

Entre os padrões identificados, destaca-se a necessidade de maior regulamentação e incentivo à participação social para facilitar a implementação dos SUDS. Estudos

apontam que a aceitação dessas soluções está diretamente relacionada à conscientização da população e à integração de diferentes atores no processo de planejamento. Além disso, a evolução técnica dos SUDS ao longo do tempo demonstra que a pesquisa acadêmica e a inovação desempenham um papel essencial na superação de barreiras iniciais.

No entanto, algumas discrepâncias foram observadas. Enquanto alguns estudos apresentam avanços significativos na adoção dos SUDS, outros destacam falhas técnicas e dificuldades na previsão estratégica para a drenagem urbana sustentável. Essas diferenças apontam que a implementação dos SUDS não segue um modelo único, variando conforme fatores políticos, climáticos e sociais de cada região.

No contexto de outras evidências, a literatura reforça que a efetividade dos SUDS depende de uma abordagem integrada, combinando inovação tecnológica, regulamentação adequada e participação social. A experiência de alguns municípios demonstra que, quando bem planejadas, essas soluções podem reduzir significativamente os impactos das inundações e melhorar a resiliência urbana. No entanto, desafios como manutenção, custos e aceitação pública precisam ser constantemente monitorados para garantir a eficácia a longo prazo.

Quadro 1.6. Estudos de Caso sobre a implementação da Drenagem Urbana Sustentável em Cidades.

Autor (ano)	Local	Objetivo	Conceitos/Técnicas	Alguns resultados
Andrés-Doménech <i>et al.</i> (2021)	Espanha	Diagnosticar os SUDS na Espanha.	SUDS	Nos anos 1990, os SUDS eram pouco conhecidos na Espanha, mas hoje são parte das estratégias de drenagem urbana. Pesquisas iniciais focaram em pavimentos permeáveis e outras técnicas, mas ainda faltam esforços para monitoramento a longo prazo e melhores práticas de manutenção
Vollaers <i>et al.</i> (2021)	11 municípios - Holanda	Identificar falhas técnicas dos SUDS e explorar suas causas subjacentes ao mau funcionamento.	SUDS incluindo armazenamento subterrâneo, pavimento permeável, caixas de infiltração, jardins de fachadas e biovalas	Foram identificadas 18 falhas técnicas nos SUDS, como entupimento e má manutenção. As causas raiz incluem má comunicação, conhecimento limitado sobre o desempenho e falta de experiência na construção
Shkaruba <i>et al.</i> (2021)	Bielorrússia, Rússia e Ucrânia	Obter um escopo sobre os fatores facilitadores e restritivos que impactam o desenvolvimento dos SUDS.	SUDS	Há um déficit na previsão estratégica para o desenvolvimento urbano, com os SUDS sendo majoritariamente promovidos por ONGs e doadores internacionais. Para ganhar credibilidade, precisam estar presentes em documentos de política nacional, sendo reconhecidos por autoridades municipais e outras partes interessadas
Sandoval; Sánchez; Bharati (2023)	Bogotá - Colômbia	Avaliar a viabilidade potencial dos SUDS	12 tipologias de SUDS incluindo tanque de armazenamento, sistema de biorretenção, telhados verdes, bacias de infiltração, trincheira de infiltração, pavimentos permeáveis, sistema de captação de águas pluviais, entre outros	Quantificação do impacto de barreira para doze tipologias diferentes de SUDS e avaliação da viabilidade potencial considerando restrições físicas e seis tipos de limitações de contexto local
Sánchez-Almodóvar; Olcina-Cantos; Martí-Talavera (2022)	Rojales, Daya Nueva e San Fulgencio (Espanha)	Analisar ações recentes em municípios da área de Bajo Segura para melhorar a gestão do escoamento.	Lagoas, Vala de infiltração, lagoa inundável	Em Rojales, o fornecimento de águas residuais tratadas aumentou em 163.000 m ³ . Em Daya Nueva, priorizou-se a drenagem sustentável para melhorar a infiltração. Em San Fulgencio, a lagoa gerencia o escoamento e descarrega água filtrada nos canais de irrigação. No geral, aumentaram as superfícies permeáveis e reduziu-se o risco de inundações

Sánchez-Almodóvar <i>et al.</i> (2023)	Alicante, Torrevieja e Benidorm (Espanha)	Analisar as diferentes ações realizadas em localidades turísticas que buscam melhorar a gestão do escoamento de águas pluviais e mitigar o risco de inundações.	Parque inundável, Tanque antipoluento	Em Benidorm, foram apresentadas propostas futuras para a gestão do escoamento urbano. Em Alicante e Torrevieja, destacou-se a importância da Infraestrutura Verde para reduzir o escoamento pluvial, com ações implementadas que mostraram eficácia na mitigação de inundações durante chuvas intensas
Kozak <i>et al.</i> (2020)	Bacia do Riacho Medrano em Buenos Aires, Argentina	Examinar até que ponto uma abordagem de infraestrutura cinza e azul-verde (BGI) poderia ser acomodada em um ambiente denso e altamente impermeável.	Infraestrutura verde - azul (BGI)	Mesmo em bacias urbanas muito densas e impermeáveis, é possível implementar a BGI com um efeito significativo na obtenção de metas de sustentabilidade urbana; Não é uma tarefa fácil substituir superfícies impermeáveis por absorventes em larga escala, entre outras restrições de projeto
Li <i>et al.</i> (2020)	Reino Unido e China	Identificar barreiras e facilitadores para a adoção de infraestrutura verde (GI), investigando os SUDS e o Programa Cidades Esponja.	Infraestrutura verde	Os principais benefícios dos SUDS incluem o controle de inundações e impactos sociais, além da adaptação do microclima. A principal barreira é o financiamento insuficiente para as práticas de GI. No Reino Unido, os desenvolvedores se preocupam com os altos custos iniciais, tornando o SUDS uma prioridade baixa. Na China, os recursos financeiros vêm principalmente de subsídios governamentais, pois a GI não gera benefícios econômicos diretos para atrair investimentos privados
McEwan <i>et al.</i> (2022)	Grangetown em Cardiff, País de Gales (Reino Unido)	Avaliar o impacto da introdução de SuDs em comportamentos sustentáveis, coesão social, saúde, bem-estar e conexão com a natureza.	Jardins de chuva, fossos de árvores, pavimentação permeável, drenagem combinada de meio-fio e drenagem de canal	Houve aumento significativo em comportamentos sustentáveis após a conclusão do esquema; Não foi auto relatado melhorias na saúde e bem estar dos residentes
Muwafu <i>et al.</i> (2024)	Nalukongo, cidade de Kampala, Uganda	Avaliar o desempenho da governança comunitária relacionada aos SUDSs como Soluções Baseadas	Infraestrutura azul-verde (restauração da vegetação ao longo dos canais de drenagem, a instalação de sistemas de coleta de	Um ponto forte é o alto conhecimento das partes interessadas sobre os benefícios dos SUDS, devido a programas de treinamento local. Contudo, desafios como falta de experiência técnica, incentivos financeiros insuficientes e lacunas no apoio financeiro continuam

	(África)	na Natureza (Nbs) para gerenciamento de águas pluviais urbanas.	águas pluviais, o replantio de encostas)	sendo barreiras significativas para a implementação e manutenção dos SUDS a nível comunitário
Ortega; Rodríguez; Bharati (2023)	Bogotá, Colômbia	Investigar as barreiras e benefícios percebidos da implementação do SUDS em Bogotá, Colômbia.	SUDS	Barreiras: Falta de engajamento comunitário, interesse limitado em SUDS, ausência de envolvimento do setor privado, escassez de recursos financeiros e falta de regulamentação vinculativa. Benefícios: Mitigação de riscos de inundação, melhoria da qualidade do ar, promoção de serviços ecossistêmicos e aproveitamento de água para usos secundários
Ortuno <i>et al.</i> (2022)	Vega Baja (Espanha)	Estimar a eficiência socioeconômica e ambiental da implementação de sistemas de drenagem urbana sustentáveis .	SUDS	Os três principais benefícios do projeto incluem a recuperação da produtividade da terra (265 milhões de euros), a redução de danos à propriedade (620 milhões de euros) e a reutilização da água (280 milhões de euros)

Fonte: Autores, 2025.

Diante das abordagens discutidas, este trabalho adota uma perspectiva voltada à análise do potencial de utilização de técnicas de manejo sustentável das águas pluviais em um contexto urbano específico. Para tanto, são considerados aspectos técnicos e condicionantes locais, limitando-se a uma etapa preliminar de investigação, anterior à implementação das técnicas e à avaliação de seu desempenho.

1.4. Considerações finais

A revisão sistemática mostrou-se uma abordagem eficaz para o alcance do objetivo inicial da pesquisa, ao possibilitar a identificação dos principais autores, dos períodos com maior volume de publicações, das áreas mais produtivas e dos contextos geográficos que vêm se destacando nas pesquisas sobre drenagem urbana sustentável. Além disso, permitiu reconhecer as metodologias mais utilizadas nos estudos analisados, fornecendo subsídios importantes para a seleção metodológica adotada neste trabalho.

Observou-se ainda que, após a aplicação dos filtros estabelecidos, nenhum estudo proveniente do Brasil foi incluído na base de dados consultada, o que pode indicar tanto a ausência de publicações indexadas na plataforma utilizada quanto a ainda incipiente consolidação desse campo de pesquisa no país.

A análise dos periódicos concluiu que a plataforma *Web of Science* retornou um número maior de artigos que atenderam aos critérios de seleção em comparação com a Scopus. Também foi observado um aumento nas publicações no ano de 2022, com a área de Ciências Ambientais apresentando a maior quantidade de trabalhos publicados.

De modo geral, apesar do avanço e crescente interesse global, os sistemas de drenagem sustentável ainda são incipientes em países em desenvolvimento. Nos países desenvolvidos, embora haja maior compreensão e iniciativas aplicadas, o processo de implementação e manutenção enfrenta desafios devido a fatores técnicos, falta de padronização, inclusão social, investimento econômico e questões políticas.

Por fim, uma limitação desta pesquisa foi a escolha de palavras-chave generalistas, sem especificar técnicas específicas. Esse fato se justifica pela diversidade de técnicas tratadas na literatura, que vão além do controle do escoamento superficial, dificultando a análise sistemática dos resultados.

1.5. Referências

ABDALLA, Elhadi Mohsen Hassan. *et al.* Hydrological performance of lined permeable pavements in Norway. **Blue-Green Systems**, v. 3, n. 1, p. 107-118, 2021.

ALVES, Luma Gabriela Fonseca; *et al.* Modelling and assessment of sustainable urban drainage systems in dense precarious settlements subject to flash floods. **LHB**, v. 108, n. 1, p. 2016024, 2022.

ANDRÉS-DOMÉNECH, Ignacio *et al.* Sustainable urban drainage systems in Spain: A diagnosis. **Sustainability**, v. 13, n. 5, p. 2791, 2021.

ANVIGH, Reza Mehdizadeh; SILVA, José Figueiredo; MACEDO, Joaquim. Designing Sustainable Drainage Systems as a Tool to Deal with Heavy Rainfall—Case Study of Urmia City, Iran. **Sustainability**, v. 16, n. 17, p. 7349, 2024.

AZEVEDO, Flavio Souza *et al.* Hydrological simulation of bioretention: analysis of the efficiency of compensatory techniques to mitigate impacts of urbanization. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 27, p. 1077-1088, 2022.

BARREIRO, João *et al.* Development of Resilience Framework and Respective Tool for Urban Stormwater Services. **Sustainability**, v. 16, n. 3, p. 1316, 2024.

BERNELLO, Giacomo; MONDINO, Elena; BORTOLINI, Lucia. People's perception of nature-based solutions for flood mitigation: the case of Veneto Region (Italy). **Sustainability**, v. 14, n. 8, p. 4621, 2022.

BOMFIM, Flávia Diniz Alves. Estratégias de Reabilitação Urbana Estudo de Caso: Bairro Jabotiana em Aracaju-Sergipe. **Dissertação de Mestrado**. Universidade de Coimbra (Portugal), 2021.

BROEKHUIZEN, Ico *et al.* Performance comparison of green roof hydrological models for full-scale field sites. **Journal of Hydrology X**, v. 12, p. 100093, 2021.

CACCIUTTOLO, Carlos *et al.* Evaluation of the Use of Permeable Interlocking Concrete Pavement in Chile: Urban Infrastructure Solution for Adaptation and Mitigation against Climate Change. **Water**, v. 15, n. 24, p. 4219, 2023.

CALO, Natalia Causada; FERREIRA, Juliana Carvalho; PATINO, Cecilia Maria. Revisões sistemáticas: uma breve visão geral. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 46, p. e20200475, 2020.

CARRIQUIRY, Andrea Nóbrega; SAURI, David; MARCH, Hug. Community involvement in the implementation of sustainable urban drainage systems (SUDS): The case of Bon Pastor, Barcelona. **Sustainability**, v. 12, n. 2, p. 510, 2020.

CHAPA, Fernando; PÉREZ, María; HACK, Jochen. Experimenting transition to sustainable urban drainage systems—identifying constraints and unintended processes in a tropical highly urbanized watershed. **Water**, v. 12, n. 12, p. 3554, 2020.

COSTA, Danilo da; SILVA, Gustavo Javier Castro; ASSUNÇÃO, Maria Aparecida de. Scopus vs. Web of Science: uma avaliação comparativa das principais bases de dados para a pesquisa acadêmica. **Cadernos do FNDE**, v. 4, n. 09, p. e0982-e0982, 2023.

DADA, Arianna *et al.* Water sensitive cities: An integrated approach to enhance urban flood resilience in Parma (Northern Italy). **Climate**, v. 9, n. 10, p. 152, 2021.

DAWSON, David A.; VERCRUYSSSE, Kim; WRIGHT, Nigel. A spatial framework to explore needs and opportunities for interoperable urban flood management. **Philosophical Transactions of the Royal Society A**, v. 378, n. 2168, p. 20190205, 2020.

DONATO, Helena; DONATO, Mariana. Etapas na condução de uma revisão sistemática. **Acta médica portuguesa**, v. 32, n. 3, p. 227-235, 2019.

EKMEKCIOĞLU, Ömer. Discovering the Perception Differences of Stakeholders on the Sustainable and Innovative Stormwater Management Practices. **Water Resources Management**, v. 38, n. 7, p. 2527-2544, 2024.

FERRANS, Pascual *et al.* Flood Management with SUDS: A Simulation–Optimization Framework. **Water**, v. 15, n. 3, p. 426, 2023.

FLETCHER, Tim D. *et al.* SUDS, LID, BMPs, WSUD and more–The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. **Urban water journal**, v. 12, n. 7, p. 525-542, 2015.

FUNKE, Fabian; KLEIDORFER, Manfred. Sensitivity of sustainable urban drainage systems to precipitation events and malfunctions. **Blue-Green Systems**, v. 6, n. 1, p. 33-52, 2024.

GNECCO, Ilaria *et al.* Participatory Mapping for Enhancing Flood Risk Resilient and Sustainable Urban Drainage: A Collaborative Approach for the Genoa Case Study. **Sustainability**, v. 16, n. 5, p. 1936, 2024.

GOMES, Waleria da Silva Nascimento; NETO, Paulo Fortes. Resíduos sólidos urbanos: uma análise sistemática relacionada aos riscos para o meio ambiente e saúde dos catadores. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 13, n. 1, p. 10-23, 2022.

GUERRA, Avaetê *et al.* Pesquisa qualitativa e seus fundamentos na investigação científica. GeSec: **Revista de Gestão e Secretariado**, v. 15, n. 7, 2024. Pesquisa qualitativa e seus fundamentos na investigação científica. GeSec: **Revista de Gestão e Secretariado**, v. 15, n. 7, 2024.

HOSSEINZADEH, Azadeh *et al.* A new multi-criteria framework to identify optimal detention ponds in urban drainage systems. **Journal of Flood Risk Management**, v. 16, n. 2, p. e12890, 2023.

KOZAK, Daniel *et al.* Blue-green infrastructure (BGI) in dense urban watersheds. The case of the Medrano stream basin (MSB) in Buenos Aires. **Sustainability**, v. 12, n. 6, p. 2163, 2020.

LA LOGGIA, Goffredo; PULEO, Valeria; FRENI, Gabriele. Floodability: A new paradigm for designing urban drainage and achieving sustainable urban growth. **Water Resources Management**, v. 34, n. 10, p. 3411-3424, 2020.

LI, Lei *et al.* Identifying enablers and barriers to the implementation of the Green Infrastructure for urban flood management: A comparative analysis of the UK and China. **Urban forestry & urban greening**, v. 54, p. 126770, 2020.

MCEWAN, Kirsten *et al.* Greener streets and behaviours, and green-eyed neighbours: a controlled study evaluating the impact of a sustainable urban drainage scheme in Wales on sustainability. **Sustainable Water Resources Management**, v. 8, n. 5, p. 143, 2022.

MONROY, Gianina Hidalgo; ÁVILA, Sebastián Vásquez; ARAYA, Felipe. Análisis cualitativo de sostenibilidad social de sistemas de drenaje urbano en Chile. **Revista hábitat sustentable**, v. 12, n. 1, p. 44-57, 2022.

MUWAFU, Simon Peter *et al.* Community Governance Performance of Nature-Based Solutions for Sustainable Urban Stormwater Management in Sub-Saharan Africa. **Sustainability**, v. 16, n. 19, p. 8328, 2024.

ORTUÑO, Armando *et al.* A Socio-Economic and Environmental Analysis of the Implementation of Sustainable Urban Drainage Systems in Vega Baja—Alicante (Spain). **Water**, v. 14, n. 6, p. 902, 2022.

PAGE, Matthew J. *et al.* A declaração PRISMA 2020: diretriz atualizada para relatar revisões sistemáticas. **Revista do SUS**, 2022.

PALLA, Anna *et al.* Participatory Approach to Planning Urban Resilience to Climate Change: Brescia, Genoa, and Matera—Three Case Studies from Italy Compared. **Sustainability**, v. 16, n. 5, p. 2170, 2024.

RAIMONDI, Anita *et al.* Probabilistic modeling of sustainable urban drainage systems. **Urban Ecosystems**, v. 26, n. 2, p. 493-502, 2023.

RAMOS, Helena Margarida; BESHARAT, Mohsen. Urban Flood Risk and Economic Viability Analyses of a Smart Sustainable Drainage System. **Sustainability**, v. 13, n. 24, p. 13889, 2021.

REY-MAHÍA, Carlos *et al.* An experimental and numerical approach to multifunctional urban surfaces through blue roofs. **Sustainability**, v. 14, n. 3, p. 1815, 2022.

SÁNCHEZ-ALMODÓVAR, Esther *et al.* Floods and Adaptation to Climate Change in Tourist Areas: Management Experiences on the Coast of the Province of Alicante (Spain). **Water**, v. 15, n. 4, p. 807, 2023.

SÁNCHEZ-ALMODÓVAR, Esther; OLCINA-CANTOS, Jorge; MARTÍ-TALAVERA, Javier. Adaptation Strategies for Flooding Risk from Rainfall Events in Southeast Spain: Case Studies from the Bajo Segura, Alicante. **Water**, v. 14, n. 2, p. 146, 2022.

SANDOVAL, Abby Daniela Ortega; SÁNCHEZ, Juan Pablo Rodríguez; BHARATI, Luna. A transdisciplinary approach for assessing the potential feasibility of Sustainable Urban Drainage Systems: case study, Bogotá, Colombia. **Urban Water Journal**, v. 20, n. 8, p. 1081-1094, 2023.

SANDOVAL, Abby Daniela Ortega; SÁNCHEZ, Juan Pablo Rodríguez; BHARATI, Luna. Building flood-resilient cities by promoting SUDS adoption: A multi-sector analysis of barriers and benefits in Bogotá, Colombia. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 88, p. 103621, 2023.

SEYEDASHRAF, Omid; BOTTACIN-BUSOLIN, Andrea; HAROU, Julien J. Many-objective optimization of sustainable drainage systems in urban areas with different surface slopes. **Water Resources Management**, v. 35, n. 8, p. 2449-2464, 2021.

SHKARUBA, Anton *et al.* Development of sustainable urban drainage systems in Eastern Europe: an analytical overview of the constraints and enabling conditions. **Journal of Environmental Planning and Management**, v. 64, n. 13, p. 2435-2458, 2021.

SUÁREZ-INCLÁN, Antonio Menéndez *et al.* Development of a Multicriteria Scheme for the Identification of Strategic Areas for SUDS Implementation: A Case Study from Gijón, Spain. **Sustainability**, v. 14, n. 5, p. 2877, 2022.

THODESEN, Bridget O'Brien; ANDENÆS, Erlend; KVANDE, Tore. Implementing Sustainable Urban Drainage Systems: Themes of Cultural Conflicts and Public Resistance—A Case Study. **Land**, v. 13, n. 6, p. 724, 2024.

THODESEN, Bridget; TIME, Berit; KVANDE, Tore. Sustainable Urban Drainage Systems: Themes of Public Perception—A Case Study. **Land**, v. 11, n. 4, p. 589, 2022.

VASCONCELOS, Anaí Floriano; MIGUEZ, Marcelo Gomes; VAZQUEZ, Elaine Garrido. Critérios de projeto e benefícios esperados da implantação de técnicas compensatórias em drenagem urbana para controle de escoamentos na fonte, com base em modelagem computacional aplicada a um estudo de caso na zona oeste do Rio de Janeiro. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, p. 655-662, 2016.

VOLLAERS, Vita *et al.* Root causes of failures in sustainable urban drainage systems (SUDS): an exploratory study in 11 municipalities in The Netherlands. **Blue-Green Systems**, v. 3, n. 1, p. 31-48, 2021.

WANG, Jia *et al.* A multi-objective optimization model for synergistic effect analysis of integrated green-gray-blue drainage system in urban inundation control. **Journal of Hydrology**, v. 609, p. 127725, 2022.

ZAMBRANO NÁJERA, Jeannette; REY, Diana Marcela. Assessment of Storm Floods in a Small Tropical Andean Basins. **Frontiers in Climate**, v. 4, p. 760894, 2022.

ZUBELZU, Sérgio *et al.* Multi-objective approach for determining optimal sustainable urban drainage systems combination at city scale. the case of San Luis Potosí (México). **Water**, v. 12, n. 3, p. 835, 2020.

CAPÍTULO 2. ÁREAS SUSCETÍVEIS A INUNDAÇÕES E ALAGAMENTOS NO BAIRRO JABOTIANA SOB A ÓTICA DA SUSTENTABILIDADE

Brendha Gonçalves de Jesus Figueiredo

Inajá Francisco de Sousa

Anézia Maria Fonsêca Barbosa

Resumo

As inundações e alagamentos urbanos são problemas recorrentes em áreas sujeitas a ocupação desordenada, agravados pela urbanização acelerada e pela insuficiência dos sistemas de drenagem. Este capítulo fundamenta-se na análise da aplicação de indicadores de sustentabilidade organizados segundo o modelo Pressão–Estado–Resposta (PER), o que possibilita uma avaliação integrada dos fatores que contribuem para a intensificação dos eventos hidrológicos. A metodologia adotada incluiu análise cartográfica, observações de campo e aplicação sistemática dos indicadores definidos, permitindo a classificação das áreas quanto à sua favorabilidade à sustentabilidade. Os resultados evidenciam que as áreas suscetíveis a inundações e alagamentos apresentam variações entre condições pouco sustentáveis e potencialmente sustentáveis, predominando a impermeabilização do solo, a insuficiência de áreas verdes e as limitações do sistema de drenagem. Embora sejam identificadas respostas do poder público, estas se mostram insuficientes para promover alterações significativas no quadro de fragilidade socioambiental observado.

Palavras-chave: Inundações Urbanas, Indicadores de Sustentabilidade, Modelo Pressão-Estado-Resposta.

Abstract

Urban floods and inundations are recurring problems in areas subject to disordered occupation, aggravated by accelerated urbanization and insufficient drainage systems. This chapter is based on the analysis of the application of sustainability indicators organized according to the Pressure-State-Response (PSR) model, which allows for an integrated assessment of the factors that contribute to the intensification of hydrological events. The methodology adopted included cartographic analysis, field observations, and systematic application of the defined indicators, allowing the classification of areas according to their suitability for sustainability. The results show that areas susceptible to floods and inundations present variations between unsustainable and potentially sustainable conditions, with soil impermeability, insufficient green areas, and limitations of the drainage system predominating. Although responses from public authorities are identified, these prove insufficient to promote significant changes in the observed socio-environmental fragility.

Keywords: Urban Floods, Sustainability Indicators, Pressure-State-Response Model.

2.1. Introdução

As populações de maior poder aquisitivo tendem a ocupar áreas mais seguras, enquanto as camadas mais carentes vivem em locais de risco, como as áreas suscetíveis a inundações (Tucci, 2012; Silva; Menezes, 2020). A urbanização intensifica esse problema, impermeabilizando o solo e acelerando o escoamento da água, aumentando a frequência e intensidade das inundações, a erosão do solo e o acúmulo de resíduos nos sistemas de drenagem, evidenciando a insustentabilidade do modelo de urbanização atual (Dantas; Vieira, 2025).

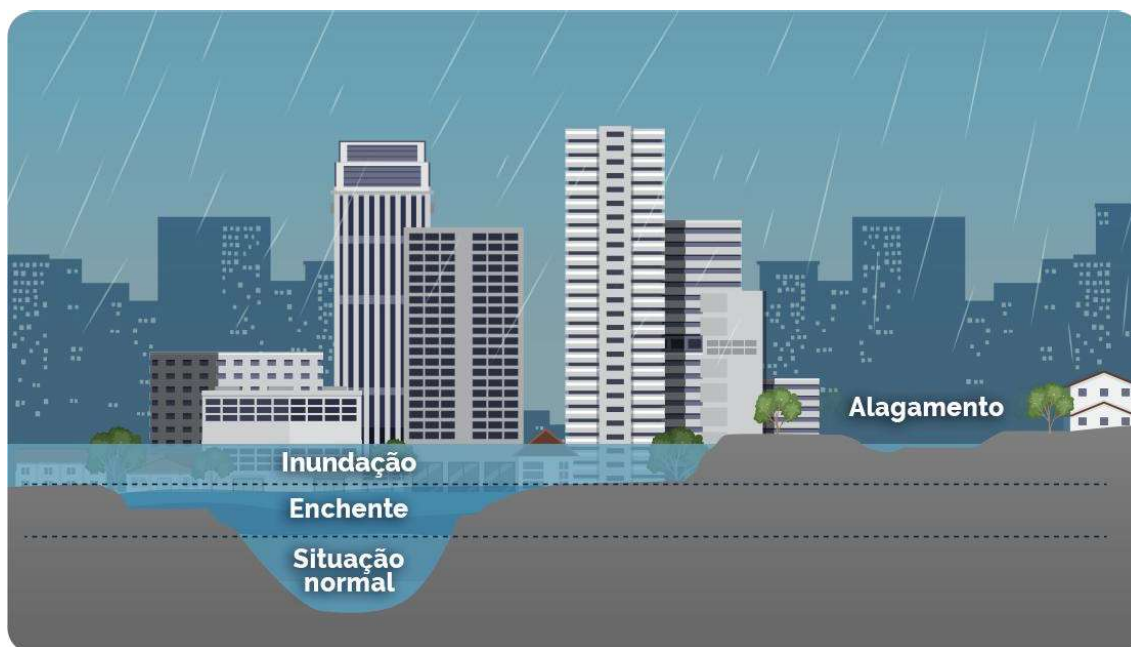
Nesse contexto, torna-se fundamental distinguir conceitos frequentemente utilizados como sinônimos, mas que apresentam diferenças relevantes para a gestão hídrica urbana, como alagamentos, enchentes e inundações. Embora exista uma ampla diversidade de definições na literatura, esta pesquisa adota as conceituações presentes no Glossário de Defesa Civil (Brasil, 2020), em consonância com o Plano de Contingência de Aracaju (2024) e com autores como Tucci (2005). De modo geral, as inundações correspondem a fenômenos naturais caracterizados pelo transbordamento dos cursos d'água em função do aumento do volume hídrico, enquanto os alagamentos estão associados à incapacidade dos sistemas de drenagem urbana em escoar adequadamente a água acumulada durante eventos de chuva intensa (Meneses *et al.*, 2025).

Complementarmente, Tucci (2005) destaca que o escoamento superficial pode gerar dois tipos de inundações: as ribeirinhas e as decorrentes da urbanização. As inundações ribeirinhas possuem caráter natural e ocorrem no leito maior do rio devido à variação da vazão, causadas pela intensidade das chuvas. Por outro lado, as inundações decorrentes da urbanização estão diretamente relacionadas às transformações antrópicas no ambiente, como a impermeabilização do solo e a obstrução dos canais de escoamento, características típicas do desenvolvimento urbano desordenado.

De acordo com os conceitos adotados no Plano de Contingência de Aracaju de 2024, as enchentes são eventos caracterizados pela elevação temporária do nível da água, que podem ser causadas tanto pela precipitação como pela influência da maré. As inundações, por sua vez, são consideradas um tipo específico de enchente, que ocorre onde a água extravasa a calha principal do corpo hídrico e ocupa as áreas marginais, enquanto os alagamentos são definidos como o acúmulo temporário de águas em

determinados locais, resultando de falhas no sistema de drenagem (Aracaju, 2024). A diferença entre os três tipos de eventos pode ser visualizada na figura 2.1.

Figura 2.1 - Diferença entre eventos de enchente, inundação e alagamento.



Fonte: Brasil, 2025.

Apesar de estar relacionada a causas naturais, Moretto *et al.* (2022) destacam que as enchentes não são apenas consequência das precipitações, mas também resultam de alterações e influências antrópicas, como a impermeabilização do solo, o crescimento urbano acelerado e desordenado, a ocupação de áreas de risco, o assoreamento dos rios e o desmatamento, especialmente das matas ciliares, que contribuem significativamente para a intensificação desses eventos. Os autores ressaltam ainda que, embora as enchentes sejam fenômenos naturais extremos, estão profundamente conectadas a riscos associados ao ambiente físico, muitas vezes agravados por ocupações que desconsideram as dinâmicas naturais das cheias dos rios.

Para Fuziel *et al.* (2024), a urbanização e o crescimento demográfico não representam, por si só, uma problemática, mas sim a forma desordenada como esses processos ocorrem no espaço e no tempo. Essa dinâmica frequentemente resulta na ocupação de áreas ambientalmente sensíveis e suscetíveis a riscos, com a supressão da vegetação, a ocupação irregular de Áreas de Preservação Permanente (APP) e a proliferação de favelas e comunidades urbanas, caracterizados por infraestrutura precária e falta de saneamento básico. Essas condições intensificam os processos de deterioração

da bacia e de seus afluentes, especialmente no canal principal, que recebe as águas drenadas.

Simone (2023) destaca que a avaliação da vulnerabilidade das redes de drenagem urbana é um tema crucial na gestão das águas urbanas, ganhando atenção crescente nos últimos anos. A autora apresenta uma revisão de diferentes abordagens utilizadas para essa análise, incluindo estudos que relacionam as redes de drenagem às mudanças climáticas recentes. Ela aponta que eventos climáticos extremos, não previstos durante a fase de planejamento dessas redes, têm intensificado os desafios enfrentados pelos sistemas de drenagem, evidenciando que o aumento da intensidade das chuvas contribui para sobrecarregar as infraestruturas existentes, muitas vezes incapazes de lidar com o volume crescente de águas pluviais. Isso traz como consequência, eventos de inundação mais frequentes e os sistemas de drenagem mais vulneráveis à pressão desses novos cenários.

Embora alguns estudos relacionem os eventos de inundações e alagamentos a causas naturais e antrópicas, este trabalho tem como foco as causas antrópicas, uma vez entende-se que as causas naturais são inerentes ao ambiente e não podem ser controladas.

O modelo P-E-R é uma matriz proposta pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 1993) e é fundamentado na relação das atividades humanas sobre o meio ambiente (Pressões), que por sua vez interferem no meio ambiente alterando o meio analisado (Estado) e, devido a isto, produz ou pode produzir uma Resposta que tende a minimizar a pressão causada.

Com base nessa premissa, a hipótese deste artigo é que as pressões antrópicas no bairro Jabotiana têm modificado o ambiente de forma a intensificar a ocorrência de inundações e alagamentos, enquanto as medidas adotadas para mitigar esses impactos se mostram insuficientes para promover uma trajetória sustentável na região.

Diante disso, para confirmar ou refutar a hipótese, este capítulo propõe analisar as pressões antrópicas que alteram o ambiente e contribuem para a ocorrência de inundações e alagamentos, bem como avaliar a limitação das respostas adotadas frente à necessidade de um desenvolvimento sustentável.

2.2. Metodologia

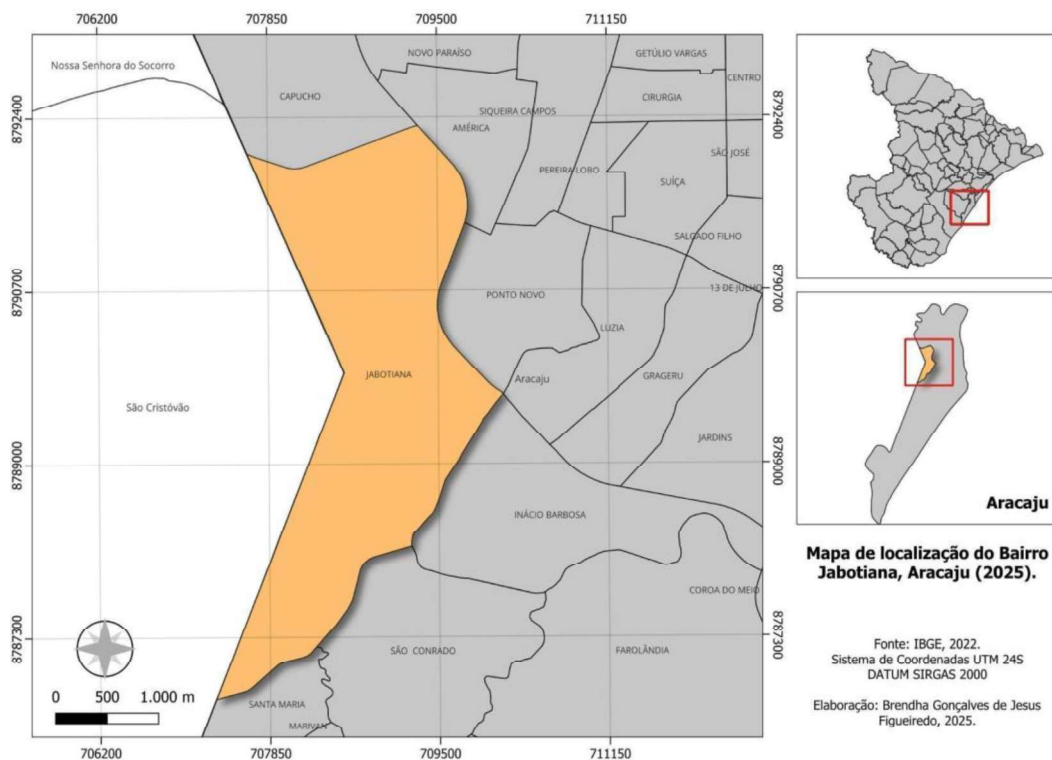
2.2.1. Recorte Espacial da Pesquisa

Em uma escala macro, a área do objeto de estudo é o bairro Jabotiana, inserido na região metropolitana do município de Aracaju, capital do Estado de Sergipe, na região Nordeste do Brasil (Figura 2.2).

O Bairro Jabotiana, situado na zona Oeste de Aracaju, com população residente de 29.352 pessoas, densidade demográfica de 4.217,963 habitantes por km² (IBGE, 2022), ocupa uma área total de 9,82 km², sendo 2,95 km² de área construída, o equivalente a 30% de seu território (Leal, 2019).

Delimitado ao norte pelo bairro Capucho, o bairro está a leste pelos bairros América, Ponto Novo e Inácio Barbosa, ao sul pelos bairros São Conrado e Santa Maria, e ao oeste pelo município de São Cristóvão, integrante da Região Metropolitana de Aracaju.

Figura 2.2 - Mapa de localização do bairro Jabotiana, em Aracaju/SE.



Fonte: Autores, 2025.

De acordo com o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDDU - 2000), o bairro pertence à Zona de Adensamento Básico 2 (ZAB 2), com parte de sua área sendo de interesse ambiental, especialmente nas margens do Rio Poxim, que corta a região e abriga uma rica vegetação de mata e manguezais.

A proximidade do Rio Poxim torna o bairro suscetível a inundações e alagamentos, especialmente em áreas de baixa altitude, conforme demonstra mapeamento realizado pela Defesa Civil de Sergipe, que aponta, dentre outras informações, as áreas de inundações com risco muito alto e alto do recorte em estudo (Aracaju, 2024).

Portanto, a escolha da área de estudo foi baseada na ocorrência de alagamentos e inundações, conforme demonstra as imagens de recortes de jornais e notícias (Figura 2.3 e 2.4).

Figura 2.3 - Evento de inundação no bairro Jabotiana em 2019.



Fonte: Infonet, 2019.

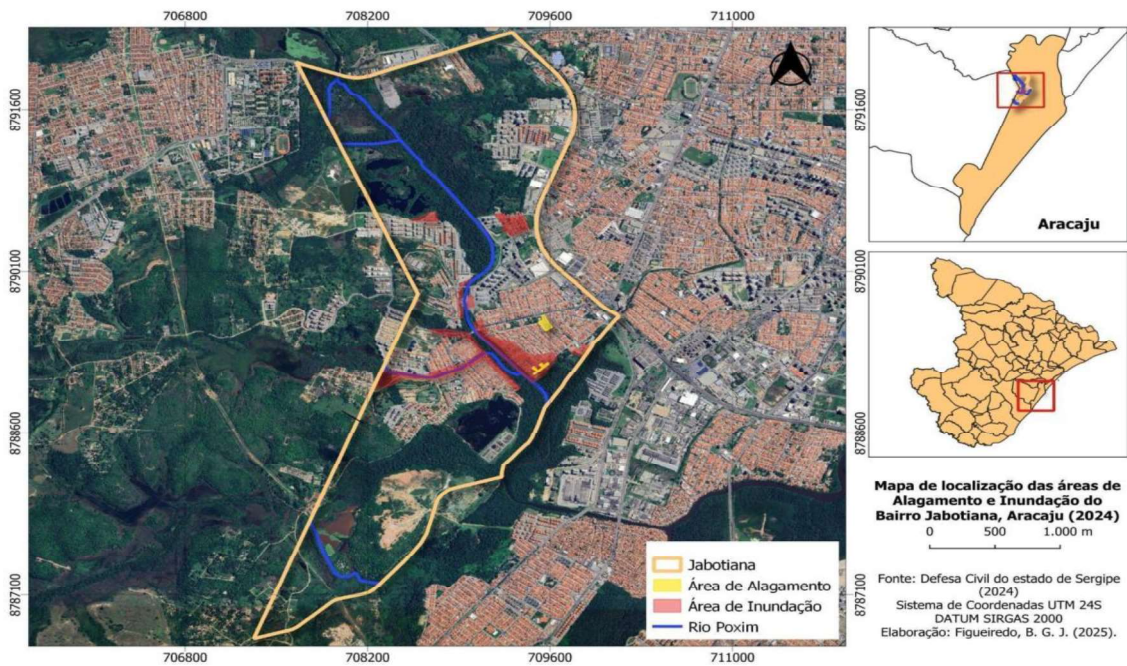
Figura 2.4 - Evento de inundação no bairro Jabotiana em 2020.



Fonte: G1 Sergipe, 2020.

Dessa forma, este trabalho concentra-se nas áreas suscetíveis a alagamentos e inundações do bairro em questão, mapeadas pela Defesa Civil e disponibilizadas no Plano de Contingência de 2024, conforme demonstrado na figura 2.5.

Figura 2.5 - Áreas suscetíveis a inundações e alagamentos do bairro Jabotiana, em Aracaju/SE.



Fonte: Autores, 2025.

2.2.2. Método e Técnica da Pesquisa

A presente pesquisa tem como base o método hipotético-dedutivo de Karl Popper, que parte da formulação de um problema e propõe uma hipótese como possível explicação. Essa hipótese é, então, submetida à verificação, podendo ser confirmada ou refutada com base na análise dos dados (Lakatos, 2017).

Quanto ao procedimento, a pesquisa possui método estruturalista, que, conforme Sampaio (2022), fundamenta-se na construção de um modelo representativo do objeto de estudo, o qual deve ser aplicado de forma estruturada à realidade investigada. A escolha desse método de procedimento se justifica pois, busca-se analisar as relações de causa (Pressões) e efeito (Estado) e Respostas nas dimensões ambiental, social e de infraestrutura, no contexto da ocorrência de inundações e alagamentos no bairro Jabotiana, em Aracaju. Para tanto, será utilizado o modelo Pressão - Estado - Resposta (P-E-R).

Frente aos objetivos, a pesquisa possui natureza explicativa com abordagem quali-quantitativa, pois visa caracterizar as áreas em análise e, simultaneamente, justificar a favorabilidade ou desfavorabilidade da sustentabilidade, utilizando critérios baseados na presença ou ausência de determinados indicadores de sustentabilidade.

A respeito da natureza, a pesquisa é aplicada, uma vez que os resultados obtidos poderão ser utilizados para definir políticas públicas que visem mitigar os efeitos dos eventos de inundações e alagamentos no referido bairro.

2.2.3. Procedimentos Metodológicos

Para estabelecer as variáveis da sustentabilidade no manejo das águas pluviais, foi realizada uma análise inicial dos princípios da Política Nacional de Saneamento Básico, da Lei n.º 11.445/2007 e de sua atualização, o Novo Marco Legal do Saneamento Básico, Lei n.º 14.026/2020. A partir dessa revisão, foram identificados os princípios estabelecidos pela Lei n.º 14.026/2020 que possuem vínculo direto com o componente de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas. Os princípios selecionados destacados na referida Lei incluem:

- I - universalização do acesso e efetiva prestação do serviço;
- II - integralidade, compreendida como o conjunto de atividades e componentes de cada um dos diversos serviços de saneamento que

propicie à população o acesso a eles em conformidade com suas necessidades e maximize a eficácia das ações e dos resultados;

[...]

IV - disponibilidade, nas áreas urbanas, de serviços de drenagem e manejo das águas pluviais, tratamento, limpeza e fiscalização preventiva das redes, adequados à saúde pública, à proteção do meio ambiente e à segurança da vida e do patrimônio público e privado;

V - adoção de métodos, técnicas e processos que considerem as peculiaridades locais e regionais;

VI - articulação com as políticas de desenvolvimento urbano e regional, de habitação, de combate à pobreza e de sua erradicação, de proteção ambiental, de promoção da saúde, de recursos hídricos e outras de interesse social relevante, destinadas à melhoria da qualidade de vida, para as quais o saneamento básico seja fator determinante;

VII - eficiência e sustentabilidade econômica;

IX - transparência das ações, baseada em sistemas de informações e processos decisórios institucionalizados;

X - controle social;

XI - segurança, qualidade, regularidade e continuidade;

XII - integração das infraestruturas e dos serviços com a gestão eficiente dos recursos hídricos;

XIII - redução e controle das perdas de água, inclusive na distribuição de água tratada, estímulo à racionalização de seu consumo pelos usuários e fomento à eficiência energética, ao reuso de efluentes sanitários e ao aproveitamento de águas de chuva (Brasil, 2007, p. 4).

A escolha destes princípios como ponto de partida justifica-se, pois eles representam a orientação para elaboração e aplicação de dispositivos legais, neste caso em especial, o subsídio para implementação de políticas públicas no campo do saneamento básico.

Assim, posteriormente à análise dos princípios que norteiam a legislação brasileira sobre saneamento básico, foi realizada uma busca por estudos que aplicam princípios de sustentabilidade ao manejo das águas pluviais.

Nesse contexto, destacam-se os trabalhos de Silva (2016) e Pereira (2017). Silva (2016) desenvolveu um sistema de apoio à decisão baseado em sistema de indicadores de sustentabilidade aplicados ao manejo de águas pluviais, levando-se em consideração as dimensões de sustentabilidade social, ambiental, econômico, político e cultural. Já Pereira (2017) elaborou uma ferramenta de qualificação da gestão da drenagem e manejo das águas pluviais, incorporando os princípios fundamentais da Lei Federal n.º 11.445/2007 e os princípios da sustentabilidade discutidos em conferências internacionais, como as de Bellagio, Agenda 21 e a Carta de Aalborg.

Silva (2016) identificou onze princípios da Lei que se aplicam diretamente ao manejo das águas pluviais, enquanto Pereira (2017) do mesmo modo, também listou onze princípios, com base nas diretrizes da sustentabilidade discutidas globalmente.

Com base na análise desses trabalhos e na adaptação dos princípios aos aspectos comuns relacionados ao manejo das águas pluviais urbanas em escala municipal, foram selecionados os seguintes princípios para orientar este trabalho:

1. Princípio da gestão sistêmica e integralidade de águas pluviais: O manejo das águas pluviais urbanas deve ser concebido de forma integrada aos instrumentos de planejamento territorial, como o Plano Diretor, as leis de zoneamento e parcelamento do solo, bem como ao plano de saneamento. Essa integração pressupõe a integralidade das ações, considerando o manejo das águas pluviais de maneira articulada com os demais componentes do saneamento básico (Adaptado de Silva (2016) e Pereira (2017));
2. Princípio da responsabilização pela impermeabilização do solo: Os novos empreendimentos urbanos devem ser responsabilizados pelos impactos decorrentes do aumento das áreas impermeabilizadas, devendo implantar medidas de controle e mitigação no âmbito de suas próprias áreas (Adaptado de Silva (2016) e Pereira (2017));
3. Princípio da gestão de resíduos sólidos: O manejo das águas pluviais deve ser planejado de forma articulada com a gestão de resíduos sólidos, considerando os impactos que a disposição inadequada desses resíduos pode ocasionar no escoamento superficial e na qualidade dos recursos hídricos, de modo a prevenir a obstrução dos sistemas de drenagem e a degradação ambiental (Adaptado de Silva (2016));
4. Princípio da regulamentação legal do parcelamento do solo: O parcelamento e a ocupação do solo devem ser regulamentados por legislações específicas e mecanismos de controle das áreas de expansão que considerem os efeitos sobre as águas pluviais (Silva, 2016);
5. Princípio da participação pública e da transparência na gestão das águas pluviais: Os planos de manejo de águas pluviais devem ter participação pública e transparência em suas discussões e ações (Silva, 2016);
6. Princípio da capacitação social: A consolidação da participação da comunidade se dará a partir de trabalhos de educação ambiental abrangente para que a mesma compreenda os fenômenos e o funcionamento do plano e participe de maneira ativa (Silva, 2016);

7. Princípio da capacitação técnica dos profissionais no gerenciamento de águas pluviais: Técnicos responsáveis devem participar de capacitação contínua e orientada ao manejo sustentável de águas pluviais urbanas (Silva, 2016);
8. Princípio da prevenção de riscos no manejo de águas pluviais: As áreas de risco (inundação, alagamentos) devem ser identificadas e reguladas, de modo que a sua ocupação seja evitada ou, quando a mesma for inevitável ou irreversível, o ordenamento e a regulação territorial atuem de maneira preventiva (Silva, 2016).

Esses oito princípios servirão de base para a seleção de indicadores de sustentabilidade, conforme o modelo de Pressão-Estado-Resposta.

2.2.3.1. Seleção das Variáveis da Pesquisa

A seleção das variáveis de análise fundamentou-se nos princípios da sustentabilidade mencionados acima e na adaptação dos trabalhos de Ripol; Pinheiro e Lopes (2013), Dantas (2013), Silva (2016) e nas diretrizes estabelecidas pela ABNT NBR 37123:2021, os quais oferecem referenciais para a avaliação da sustentabilidade no manejo das águas pluviais urbanas. Com base nesses aportes, definiu-se um conjunto de indicadores capaz de representar, de forma integrada, as dimensões ambiental, social e de infraestrutura, em consonância com os objetivos do estudo.

A organização dos indicadores seguiu o modelo Pressão–Estado–Resposta (P-E-R), por possibilitar a análise articulada entre causas, condições e ações relacionadas à ocorrência de alagamentos e inundações no bairro Jabotiana, em Aracaju/SE. Com o intuito de reduzir a subjetividade e favorecer a comparabilidade entre as áreas analisadas, os indicadores foram avaliados por meio de uma escala binária, atribuindo-se valor 1 às condições favoráveis à sustentabilidade e 0 às desfavoráveis.

De forma sintética, as variáveis de Pressão correspondem às ações antrópicas que interferem diretamente no meio ambiente, como a impermeabilização do solo, o desmatamento, a geração inadequada de resíduos, a ocupação de APP e a presença de moradias em áreas suscetíveis a alagamentos. As variáveis de Estado refletem as condições atuais do ambiente resultantes dessas pressões, incluindo processos de erosão e assoreamento, a disponibilidade de áreas verdes, a sinalização em áreas críticas e as condições da microdrenagem. Por sua vez, as variáveis de Resposta dizem respeito às ações institucionais voltadas à redução desses impactos, como instrumentos de

planejamento, legislações específicas, sistemas de alerta, capacitações e serviços emergenciais.

No âmbito da dimensão ambiental, os indicadores selecionados concentram-se nos fatores que contribuem para o aumento do escoamento superficial, sobretudo aqueles associados ao processo de urbanização. Destacam-se a impermeabilização do solo, a redução de áreas verdes, a supressão da cobertura arbórea, a ocupação ou degradação de Áreas de Preservação Permanente (APP), bem como aspectos relacionados à coleta e varrição de resíduos sólidos. Tais fatores comprometem a capacidade de infiltração e retenção das águas pluviais, intensificando o escoamento superficial e seus impactos.

Na dimensão social, os indicadores foram definidos com foco na análise da fragilidade socioambiental, considerando a presença de moradias em áreas de baixa altitude, próximas a cursos d'água ou sujeitas a inundações e alagamentos.

Quanto à dimensão de infraestrutura, a análise concentrou-se nos sistemas de drenagem urbana, dada sua relevância na formação de pontos críticos de alagamento. Foram considerados indicadores relacionados à condição visual dos dispositivos de drenagem, à presença de obstruções ou danos, à predominância de superfícies impermeáveis e à existência de soluções que favoreçam a permeabilidade, como áreas públicas permeáveis e pavimentos drenantes. Esses elementos permitem avaliar a capacidade do sistema urbano de conduzir, reter e infiltrar adequadamente as águas pluviais.

Destaca-se que, além dos critérios de análise visual, os quais foram obtidos *in loco*, foram incorporados indicadores vinculados à variável “Resposta”, passíveis de obtenção por meio de pesquisas em canais oficiais ou mediante protocolos e ofícios direcionados aos órgãos de fomento. Ressalta-se que tais protocolos foram devidamente realizados e encontram-se anexados. Esses indicadores permitiram analisar a existência de ações do poder público voltadas ao planejamento, à prevenção e/ou à mitigação dos impactos associados a eventos hidrológicos extremos. Nessa categoria, incluem-se a existência de Plano Municipal de Saneamento Básico de Aracaju com ações relacionadas à drenagem urbana; Plano Diretor de Drenagem Urbana do município ou diretrizes de drenagem inseridas no Plano Diretor Municipal; instrumentos legais municipais voltados ao controle da impermeabilização do solo; planos de ação emergencial; sistemas de alerta; mapeamentos de áreas suscetíveis a inundações disponibilizados ao público; bem como a prestação de serviços sociais em situações de emergência para o bairro Jabotiana.

A análise integrada dessas dimensões possibilita compreender a complexidade dos processos que condicionam a ocorrência de inundações e alagamentos no bairro estudado, ao mesmo tempo em que fornece subsídios técnicos para a proposição de estratégias de planejamento urbano mais sustentáveis. As variáveis e seus respectivos critérios de avaliação encontram-se sistematizados no Quadro 2.1.

Quadro 2.1 Indicadores de Avaliação da Sustentabilidade.

Dimensão	Variável	Indicador	Critério para atribuição de nota
Ambiental		Áreas desmatadas ou sem cobertura arbórea	1 = Não há áreas desmatadas ou há cobertura arbórea preservada 0 = Existência de áreas desmatadas, sem cobertura arbórea
	Pressão	Presença de resíduos nas vias públicas	1 = Vias limpas, sem acúmulo visível de resíduos 0 = Presença de resíduos sólidos nas vias
		Ocupação irregular em áreas protegidas	1 = Inexistência de construções/atividades em APP ou áreas legalmente protegidas 0 = Existência de ocupações irregulares
	Estado	Sinais de erosão ou assoreamento	1 = Ausência de processos erosivos e assoreamento visível 0 = Presença de erosão do solo ou áreas suscetíveis ao assoreamento
	Resposta	Coleta de resíduos sólidos e varrição urbana	1 = Coleta e varrição regular 0 = Coleta e varrição irregular ou inexistente
Social	Pressão	Presença de moradias em áreas de risco	1 = Inexistência de moradias/construções em áreas sujeitas a alagamentos ou próximas a corpos d'água 0 = Existência de moradias em áreas de risco
		Sinalização em áreas próximas a rios ou corpos d'água	1 = Presença de placas de sinalização e alerta 0 = Ausência de sinalização
	Estado	Presença de áreas verdes	1 = Existência de áreas verdes funcionais (praças, parques, vegetação ripária) 0 = Ausência de áreas verdes

	Existência de Plano Municipal de Ação de Emergência para eventos de chuva	1 = Existência de plano formalizado 0 = Inexistência de plano ou documento desatualizado/informal
	Resposta	Serviços sociais prestados em situações de inundações 1 = Existência de serviços sociais (defesa civil, assistência social, abrigo, apoio às famílias afetadas) 0 = Inexistência de ações
	Resposta	Treinamento da população para situações de emergência 1 = Existência de ações de capacitação, simulados ou educação para redução de riscos 0 = Inexistência de treinamentos
	Pressão	Impermeabilização do solo 1 = Presença de soluções que reduzam a impermeabilização (áreas permeáveis, drenagem sustentável) 0 = Predominância de pavimentação impermeável (asfalto, concreto)
	Estado	Condição dos dispositivos de drenagem 1 = Dispositivos limpos, funcionais e sem obstruções 0 = Dispositivos obstruídos, danificados ou inexistentes
Infraestrutura	Plano Diretor de Drenagem Urbana ou diretrizes de drenagem no Plano Diretor Municipal	1 = Existência de plano específico ou diretrizes claras e vigentes sobre drenagem urbana 0 = Inexistência de plano ou ausência de diretrizes sobre drenagem
	Plano Municipal de Saneamento com medidas relativas à drenagem urbana	1 = Existência de PMSB vigente que contemple ações, metas ou diretrizes específicas para drenagem urbana 0 = Inexistência de PMSB ou ausência de ações relativas à drenagem

			<p>Instrumentos legais municipais para minimizar a impermeabilização do solo</p>	<p>1 = Existência de instrumentos legais (Código de Obras, Código de Posturas, Lei de Parcelamento do Solo) com dispositivos que incentivem permeabilidade, controle do escoamento ou retenção de águas pluviais 0 = Inexistência de instrumentos ou ausência de dispositivos relacionados à drenagem</p>
			<p>Área com sistema de alerta para eventos hidrometeorológicos</p>	<p>1 = Existência de sistema de alerta ativo (Defesa Civil, sirenes, SMS, aplicativos ou outros meios oficiais) 0 = Inexistência de sistema de alerta</p>
			<p>Áreas e espaços públicos permeáveis ou com pavimentos drenantes</p>	<p>1 = Existência de áreas públicas com solo permeável ou pavimentos porosos/drenantes (praças, calçadas verdes, estacionamentos permeáveis) 0 = Predominância de pavimentação impermeável, sem soluções drenantes</p>

Fonte: Autores (2025).

2.2.3.2. Coleta dos dados

A coleta de dados contemplou 14 áreas do bairro Jabotiana, previamente mapeadas pela Defesa Civil como suscetíveis a inundações e alagamentos. Conforme a metodologia proposta e adaptada de Rosanova (2020), cada área foi avaliada quanto à sua tendência à sustentabilidade, adotando-se uma classificação binária: favorável (1) ou desfavorável (0). Considerando que uma mesma área pode apresentar heterogeneidade em suas características ambientais, sociais e de infraestrutura, optou-se pela seleção de quatro pontos de observação por área (Figura 2.6), de modo a captar a variabilidade espacial existente. Para a execução da coleta de dados, foram utilizados três instrumentos principais: observação sistemática, registros fotográficos e análise documental.

A observação sistemática foi realizada a partir dos critérios estabelecidos no Quadro 2.1 e da seleção prévia de quatro pontos em cada uma das 14 áreas mapeadas pela Defesa Civil como suscetíveis a alagamentos e inundações. A escolha desses pontos buscou contemplar (Figura 2.6), quando possível, a maior extensão das vias afetadas, de forma a representar adequadamente as condições predominantes em cada área.

Durante o planejamento de campo, constatou-se que, na Área 7 (A7), não seria possível a seleção dos quatro pontos previstos, em razão da dificuldade de acesso associada à proximidade com o rio. Assim, para essa área, a análise foi realizada com base em apenas um ponto de observação. De modo semelhante, na Área 8 (A8), não foi possível selecionar quatro pontos integralmente inseridos dentro da poligonal delimitada, sendo, portanto, considerados pontos paralelos localizados em vias laterais. Em todos os casos, a definição dos pontos de observação priorizou a caracterização visual das ruas afetadas e a representatividade das condições locais.

Figura 2.6 - Mapa de localização dos pontos de análise utilizados na avaliação da suscetibilidade a inundação e alagamento.²



Fonte: Autores (2026) com base no mapa da Defesa Civil de Aracaju (2026).

² Este mapa apresenta-se no formato A4 nos anexos.

2.2.3.3. Análise das Variáveis

Posteriormente à coleta de dados, procedeu-se à síntese da análise de favorabilidade por meio do cálculo da média aritmética dos valores obtidos nas quatro áreas analisadas em cada uma das quatorze áreas de estudo. As notas atribuídas aos indicadores foram definidas com base na análise de campo, realizada por meio de observação sistemática, registros fotográficos e análise documental, resultando em um valor médio representativo da condição de cada área em relação à sustentabilidade no manejo das águas pluviais urbanas.

Os registros fotográficos foram realizados com o objetivo de documentar, registrar a localização e corroborar visualmente as condições observadas em campo, servindo como suporte à justificativa das notas atribuídas aos indicadores passíveis de verificação visual. Esses registros possibilitaram a evidência de aspectos relacionados à impermeabilização do solo, à presença de resíduos sólidos, às condições dos dispositivos de drenagem, à ocupação de áreas de risco, entre outros elementos relevantes à análise.

A análise documental foi empregada para a verificação dos critérios legais e informacionais, bem como daqueles indicadores cuja avaliação não poderia ser confirmada exclusivamente por meio da observação direta. Nessa etapa, foram analisados documentos e informações referentes ao Plano Municipal de Ação de Emergência, ao mapeamento de áreas suscetíveis a inundações e alagamentos, às ações de treinamento da população, ao Plano Diretor Municipal, ao Plano Municipal de Saneamento Básico, ao Código de Obras, à existência de sistemas de alerta, entre outros instrumentos de gestão pertinentes.

A utilização integrada da observação sistemática em campo, dos registros fotográficos e da análise documental possibilitou uma análise sistematizada das áreas estudadas, contribuindo para a avaliação da favorabilidade à sustentabilidade no manejo das águas pluviais urbanas no bairro Jabotiana.

Após a obtenção da média, as áreas foram classificadas segundo uma escala de sustentabilidade, baseado na metodologia de Rosanova (2020), sendo assim, definida a partir dos intervalos apresentados na Tabela 2.1.

Tabela 2.1. Escala de Classificação da Sustentabilidade.

Escala	Classificação
0,00–0,25	Insustentável
0,26–0,50	Pouco sustentável
0,51–0,75	Potencialmente sustentável
0,76–1,00	Sustentável

Fonte: Rosanova, 2020.

Por fim, os resultados foram especializados por meio da elaboração de mapa temático, no qual a escala de sustentabilidade foi representada por classes de cores, possibilitando a visualização da distribuição espacial das áreas avaliadas.

2.3. Resultados e Discussão

Nesta seção são apresentados e discutidos os resultados da avaliação da tendência à sustentabilidade das áreas analisadas no bairro Jabotiana, a partir da aplicação dos indicadores definidos na metodologia.

Durante a aplicação dos indicadores, observou-se que alguns deles apresentaram comportamento homogêneo em todas as áreas analisadas, uma vez que refletem condições normativas e de gestão de abrangência municipal. Essa homogeneidade resultou na atribuição da mesma pontuação para todas as áreas, configurando uma fragilidade desses indicadores no que se refere à sua capacidade de discriminar diferenças espaciais no desempenho da sustentabilidade local. Assim, tais indicadores foram analisados de forma conjunta, enquanto aqueles que apresentaram maior variabilidade espacial mostraram-se mais sensíveis às especificidades físico-ambientais e urbanísticas, constituindo os principais elementos de distinção entre as áreas estudadas.

Tal limitação evidencia que indicadores de resposta de escala municipal, embora relevantes para a análise da governança ambiental, apresentam baixa sensibilidade para

captar desigualdades socioambientais em escala local, especialmente em estudos intraurbanos.

Adicionalmente, em situações específicas, identificou-se que determinados indicadores não se aplicavam a algumas áreas em função de suas particularidades físico-ambientais e urbanísticas, o que motivou a adoção da categoria "Não Aplicável" (NA). De forma semelhante, a categoria "Não foi possível Verificar" (NV) foi utilizada nos casos em que limitações observacionais durante o trabalho de campo ou a indisponibilidade de informações inviabilizaram a avaliação. Essas decisões metodológicas visaram evitar distorções nos resultados e assegurar maior fidedignidade à análise.

Dessa forma, os resultados são apresentados inicialmente por meio de uma síntese comparativa do desempenho das áreas analisadas, seguida da discussão dos indicadores de caráter institucional aplicáveis a todo o território municipal. Posteriormente, são analisadas as especificidades observadas em cada área, considerando sua relação com a dinâmica urbana, a drenagem pluvial e a vulnerabilidade a inundações e alagamentos.

2.3.1. Síntese das Áreas Analisadas

As áreas analisadas apresentam distribuição espacial heterogênea no bairro Jabotiana, caracterizando-se por elevada densidade de ocupação urbana, com predominância tanto de tipologias habitacionais horizontais quanto de áreas marcadas por ocupações verticais, especialmente condomínios residenciais. Essa diversidade morfológica reflete diferentes padrões de uso e ocupação do solo, os quais influenciam a dinâmica urbana local.

No que se refere à suscetibilidade a inundações e alagamentos, as áreas analisadas correspondem, em sua maioria, a porções topograficamente rebaixadas do território, frequentemente associadas à proximidade de rios ou canais de drenagem. Essas características físicas condicionam o comportamento do escoamento superficial, favorecendo a concentração de picos de vazão durante eventos de precipitação intensa.

Em relação à infraestrutura urbana, observa-se a predominância de superfícies impermeáveis, com uso intensivo de pavimentação asfáltica nas vias, resultando na redução de áreas verdes e de superfícies permeáveis. A arborização urbana apresenta-se de forma pontual e fragmentada, restrita, em alguns casos, a árvores isoladas em calçadas,

lotes ou áreas específicas, como praças públicas, não configuram uma rede verde contínua no território.

Com relação a infraestrutura de drenagem nota-se a adoção predominante do modelo convencional de drenagem urbana, com a presença de canais de macrodrenagem de águas pluviais e, em nível de microdrenagem, dispositivos como bocas de lobo. Esses elementos estruturais compõem o sistema de drenagem existente nas áreas analisadas.

2.3.2. Análise dos Indicadores de Sustentabilidade

A análise dos indicadores de sustentabilidade urbana evidencia que as áreas avaliadas no bairro Jabotiana apresentam, de modo geral, condições semelhantes de fragilidade frente à ocorrência de alagamentos e inundações, ainda que com variações pontuais entre elas.

Para aprofundar a compreensão dos resultados, a análise a seguir é organizada a partir das dimensões de pressão, estado e resposta, permitindo discutir, respectivamente, os fatores que contribuem para a intensificação dos alagamentos e inundações, as condições ambientais e urbanísticas observadas nas áreas analisadas e as ações institucionais relacionadas à gestão da drenagem urbana. Essa abordagem possibilita identificar tanto os condicionantes estruturais do problema quanto os limites e potencialidades das respostas existentes no contexto local.

2.3.2.1. Indicadores de Pressão

Os indicadores de pressão evidenciam os principais fatores associados à intensificação dos alagamentos e inundações nas áreas analisadas, estando diretamente relacionados ao padrão de uso e ocupação do solo e às intervenções antrópicas no ambiente urbano. Os resultados revelam que condições desfavoráveis à sustentabilidade, expressas por valores mais próximos de zero, predominam em grande parte das áreas, indicando maior propensão à ocorrência desses eventos hidrológicos.

De modo geral, observa-se uma tendência de similaridade entre as áreas avaliadas no que se refere aos fatores de pressão, independentemente da dimensão considerada, ambiental, social ou de infraestrutura. Essa homogeneidade sugere a presença de condicionantes estruturais comuns no território, associados a processos consolidados de

urbanização, que contribuem para a recorrência dos alagamentos e inundações no bairro Jabotiana, conforme evidenciado na Tabela 2.2.

Tabela 2.2. Média dos Indicadores de Pressão.

Indicador	Áreas													
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14
Áreas desmatadas ou sem cobertura arbórea	0,25	0	0	1	0,50	0,25	0	0	1	0,5	0,75	0,25	0	0,75
Resíduos nas vias públicas	0,75	0,75	0,75	0,5	0,50	0,25	0	0,25	0,5	0,25	1	0,25	0,25	0
Ocupação irregular em áreas protegidas	NA	0,75	NA	0	0,50	0,50	0	0,25	0	1	NA	0,67	NA	NA
Moradias em áreas de risco de inundação	NA	0	NA	0	0,5	1	0	0	0	1	1	0,33	0	0,25
Impermeabilização do solo	0	0	0	0	0,75	0,5	0	0	0	0	0	1	0	0

Fonte: Autores, 2026.

De modo geral, os resultados evidenciam a existência de heterogeneidade espacial entre as áreas avaliadas; entretanto, observa-se a predominância de valores baixos e intermediários para a maioria dos indicadores de pressão. Entre os fatores que mais impactaram negativamente os resultados, destacam-se os elevados níveis de impermeabilização do solo, evidenciados por valores próximos de zero na maioria das áreas analisadas.

No que se refere ao indicador de áreas desmatadas ou sem cobertura arbórea, verifica-se que grande parte das áreas apresenta valores próximos de zero ou intermediários, evidenciando baixa ou insuficiente presença de vegetação arbórea (Figura 2.7). Esse resultado indica uma condição desfavorável à sustentabilidade urbana, uma vez que a reduzida cobertura vegetal compromete processos fundamentais do ciclo hidrológico, como a interceptação da precipitação, a infiltração da água no solo e o armazenamento hídrico, além de intensificar o escoamento superficial.

Figura 2.7 - Ausência de cobertura arbórea em vias públicas do bairro Jabotiana.



Fonte: Autores, 2025.

Contudo, conforme apresentado na Figura 2.8, identificam-se exceções associadas à presença de cobertura vegetal, algumas das quais situadas em Áreas de Preservação Permanente. A essas áreas foi atribuída nota 1, não sendo, entretanto, avaliado o estado de regeneração ou conservação da vegetação, tampouco a composição florística ou as espécies existentes.

Figura 2.8 - Áreas com cobertura arbórea em Áreas de Preservação Permanente.



Fonte: Autores, 2025.

De acordo com Zi *et al.* (2025), o papel das árvores urbanas na redução do escoamento superficial ocorre por meio da interceptação da precipitação pela copa, da evapotranspiração e do aumento da infiltração e da retenção de água no solo. Esses processos variam em função das características das espécies, do solo, dos eventos pluviométricos e das condições do ambiente urbano.

Quanto ao indicador de resíduos sólidos nas vias públicas (Figura 2.9), os resultados revelam, de modo predominante, valores baixos a intermediários, indicando a presença recorrente de resíduos no espaço urbano. Essa situação contribui para a obstrução de bocas de lobo, sarjetas e demais dispositivos de drenagem, favorecendo a ocorrência de alagamentos, especialmente durante eventos de precipitação intensa. Embora algumas áreas tenham apresentado valores mais próximos de 1, que refere-se a melhor condição de limpeza urbana, tais casos não configuram uma tendência predominante entre as áreas avaliadas.

Figura 2.9 - Disposição inadequada de resíduos sólidos.



Fonte: Autores, 2025.

Essa situação contribui para a obstrução de bocas de lobo, sarjetas e demais dispositivos de drenagem (Figura 2.10), favorecendo a ocorrência de alagamentos, especialmente durante eventos de precipitação intensa.

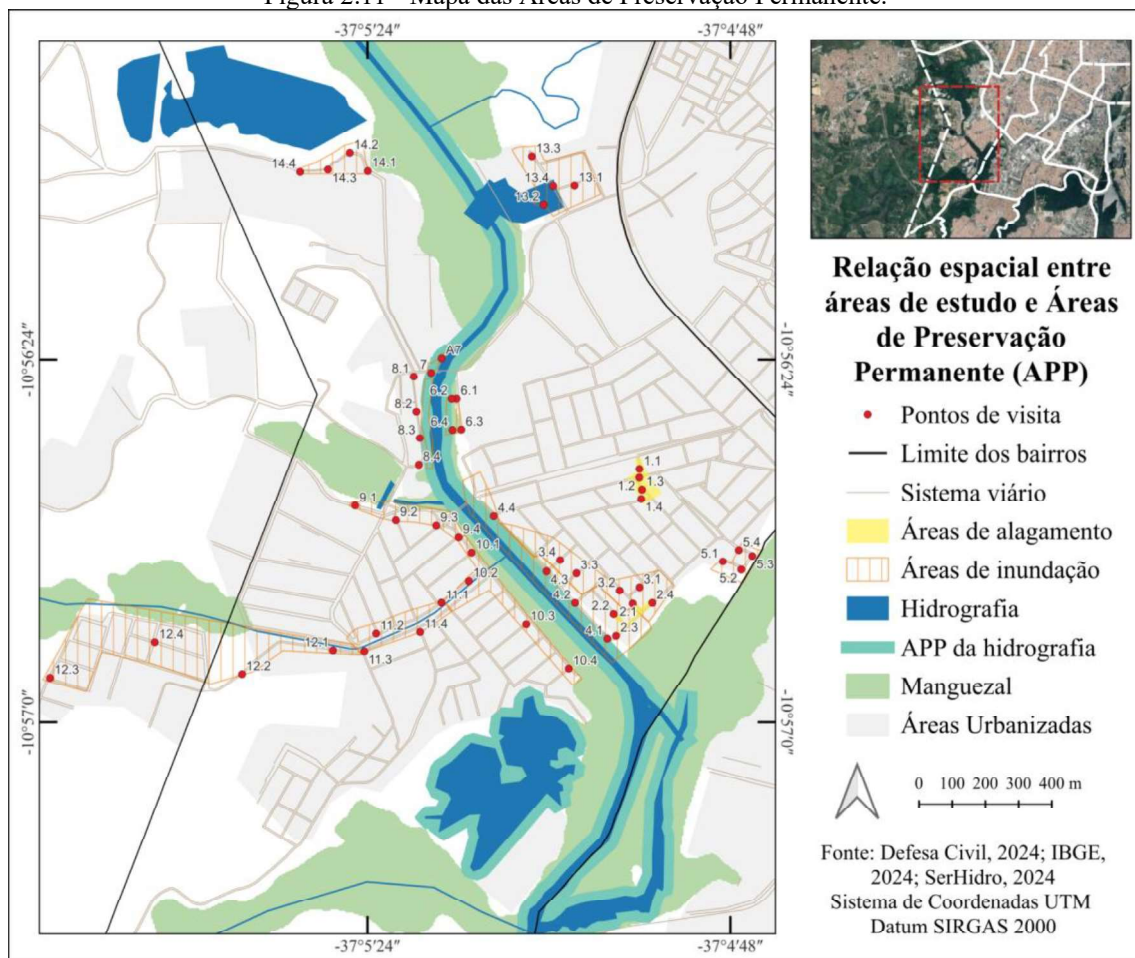
Figura 2.10 - Obstrução de boca de lobo pela disposição inadequada de resíduos sólidos.



Fonte: Autores, 2025.

No que se refere à ocupação irregular em áreas ambientalmente protegidas, a identificação dessa pressão não se restringiu à observação direta em campo, sendo complementada pela análise cartográfica das Áreas de Preservação Permanente (APPs), conforme disposto no Código Florestal (Lei n.º 12.651/2012). Para essa análise, foram considerados os manguezais e as faixas marginais do rio Poxim, adotando-se a largura de 30 metros em cada margem, em função da largura média do curso d'água, variando em uma média de 10 metros.

Figura 2.11 - Mapa das Áreas de Preservação Permanente.



Fonte: Autores, 2026.

Nesse quesito, as áreas avaliadas apresentam variabilidade espacial, com ocorrência de valores baixos e intermediários, além de registros classificados como Não Aplicáveis (NA). Os valores mais baixos indicam a presença de ocupações irregulares em áreas ambientalmente sensíveis (Figura 2.12), o que compromete a função ecológica

desses espaços e amplia a exposição da população a riscos hidrológicos. Mesmo nas áreas que apresentaram valores mais elevados, a ocorrência de ocupação irregular em parte do território evidencia fragilidades no ordenamento urbano e na aplicação dos instrumentos de planejamento.

Figura 2.12 - Ocupação irregular nas margens do rio Poxim.



Fonte: Autores, 2025.

De forma convergente, os resultados referentes às moradias localizadas em áreas de risco de inundação indicam predominância de valores baixos e intermediários, evidenciando que parcela significativa das habitações se encontra inserida em áreas suscetíveis a esses eventos. Essa condição reflete processos históricos de ocupação urbana desordenada, associados à desigualdade socioespacial e à produção social do risco, frequentemente relacionados à insuficiência ou ausência de políticas habitacionais adequadas. As poucas áreas com valores mais elevados correspondem a situações pontuais de menor exposição, que, no entanto, não alteram a tendência geral de risco observada no conjunto analisado.

Esses resultados reforçam a necessidade de compreender a fragilidade socioambiental apresentada na Figura 2.13. Diante da fragilidade ou, em muitos casos, da

ausência de apoio estatal, somada às desigualdades estruturais, comunidades socialmente marginalizadas mobilizam estratégias coletivas fundamentadas em relações de solidariedade como forma de assegurar sua permanência no território. Nesse sentido, em consonância com Santos (2026), permanecer não se configura como uma postura de inércia ou de espera por transformações externas, mas como um processo ativo de enfrentamento e resistência contínua, em contextos nos quais a autossuficiência se torna fundamental para a sobrevivência.

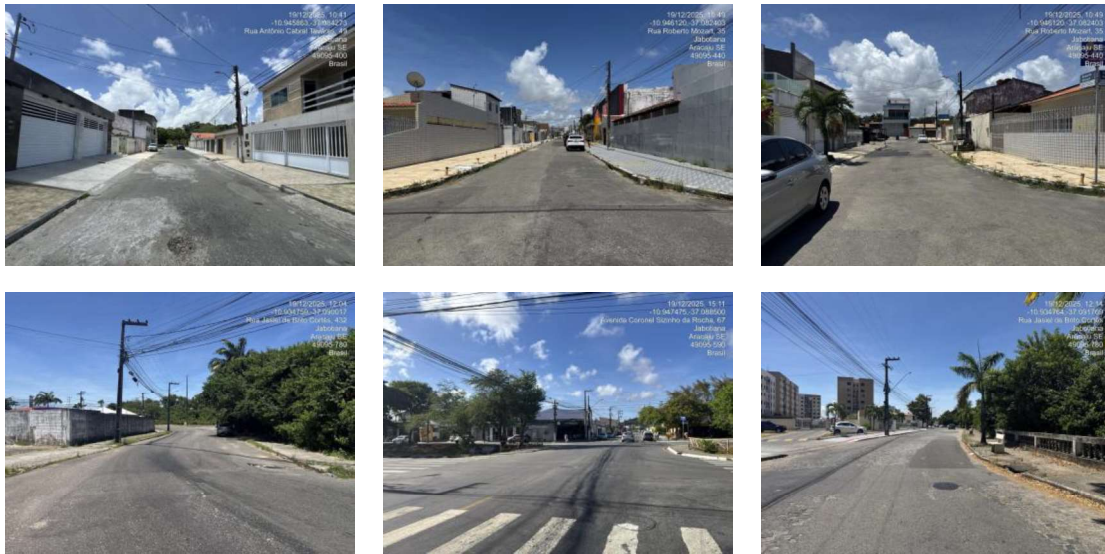
Figura 2.13 - Moradores de áreas socioambientalmente frágeis.



Fonte: Autores, 2025.

No que se refere à impermeabilização do solo, este indicador apresentou predominantemente valores próximos de zero, evidenciando elevado grau de impermeabilização nas áreas analisadas. Trata-se de um dos fatores mais críticos para a ocorrência de alagamentos e inundações, uma vez que reduz significativamente a infiltração da água no solo e sobrecarrega os sistemas de drenagem urbana. Esse resultado corrobora estudos que apontam a impermeabilização excessiva do solo como um dos principais fatores de intensificação dos alagamentos urbanos, sobretudo em áreas densamente ocupadas (Tucci, 2005; Batista; Boldrin, 2018; Lindgren *et al.* (2025). As áreas que apresentaram valores mais próximos de 1 configuram exceções, indicando maior presença de superfícies permeáveis e melhores condições locais de escoamento.

Figura 2.14 - Impermeabilização do solo em diferentes vias do bairro Jabotiana



Fonte: Autores, 2025.

De forma integrada, os indicadores de pressão evidenciam que as áreas analisadas no bairro Jabotiana estão submetidas a condicionantes urbanos desfavoráveis à sustentabilidade, caracterizados pela elevada impermeabilização do solo, déficit de cobertura vegetal, presença de resíduos sólidos e ocupações em áreas de risco ou ambientalmente protegidas. A combinação desses fatores potencializa a ocorrência de alagamentos e inundações, confirmando a vulnerabilidade das áreas previamente mapeadas pela Defesa Civil e reforçando a necessidade de intervenções estruturais e de planejamento urbano mais eficazes.

2.3.2.2. Indicadores de Estado

No que se refere aos indicadores de estado, observa-se, de forma semelhante ao identificado para os indicadores de pressão, a presença de heterogeneidade entre as áreas analisadas. Contudo, essa variabilidade decorre de critérios distintos, estando fortemente associada a aspectos físico-ambientais e urbanísticos específicos, identificados durante as campanhas de campo, os quais refletem as condições atuais do território frente à ocorrência de alagamentos e inundações. A Tabela 2.3 sintetiza os valores médios dos indicadores de estado obtidos para as áreas avaliadas, permitindo a comparação entre as condições ambientais observadas no território.

Tabela 2.3. Média dos Indicadores de Estado.

Indicador	Áreas													
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14
Sinais de erosão ou assoreamento	NA	0	NA	0,5	0,75	0,25	0	NA	0	0,5	0	0,33	0	1
Sinalização em áreas próximas a rios ou corpos d'água	NA	0	NA	0	0	0	0	0	0,25	0	0	0	NA	0
Presença de áreas verdes	0,5	0	0	1	0,75	0,75	1	0	1	1	0,75	0,75	0,25	0,75
Condição dos dispositivos de drenagem	0	NV	0	0	0	NV	NV	NV	NV	0	0,75	NV	0	0

Fonte: Autores, 2026.

A partir da análise apresentada na Tabela 2.3, verifica-se que, em determinadas áreas (A1, A3 e A8), o indicador referente a sinais de erosão e assoreamento foi classificado como não aplicável em todas as observações realizadas. Esse resultado está relacionado ao elevado grau de impermeabilização dessas áreas, caracterizadas pela predominância de pavimentação asfáltica contínua, o que impede a manifestação de processos erosivos superficiais visíveis, ao mesmo tempo em que favorece o aumento do escoamento superficial.

O indicador referente à sinalização em áreas próximas a rios ou corpos d'água foi classificado como não aplicável em algumas áreas analisadas, em função de sua localização relativamente distante de cursos hídricos ou canais de drenagem, não demandando, portanto, a implantação de sinalização associada a riscos hidrológicos específicos. Nas demais áreas, predominam valores baixos, conforme apresentado na Tabela 2.3, indicando a ausência ou insuficiência de sinalização preventiva, o que pode comprometer a percepção de risco por parte da população e ampliar a exposição a eventos de alagamentos e inundações.

A insuficiência de sinalização em áreas suscetíveis a inundações também interfere na percepção de risco da população, elemento central na redução de desastres urbanos. Estudos como o de Fiume; Lima (2024) destacam que a ausência de comunicação adequada sobre riscos ambientais tende a ampliar a exposição da população e a intensificar os impactos socioambientais dos eventos extremos, assim, a comunicação do risco é fundamental tanto para a identificação de áreas suscetíveis quanto para a adoção de ações de autoproteção, destacando-se a implantação de placas de sinalização como medida de orientação à população. De forma complementar, Cea *et al.* (2025) ressaltam que, na ausência de cursos d'água próximos, a percepção da população quanto ao risco de inundações pluviais tende a ser reduzida, como consequência, essas áreas apresentam menor nível de preparo para enfrentar tais eventos, tornando-se fundamentais ações voltadas à disseminação de informações e à comunicação do risco.

No que se refere ao indicador de presença de áreas verdes, observa-se a ocorrência de valores mais elevados (próximos de 1) nas áreas situadas em Áreas de Preservação Permanente (APP) ou em suas proximidades, bem como naquelas adjacentes a praças públicas ou canais de drenagem com vegetação lateral. Esses resultados evidenciam a contribuição positiva desses espaços para a melhoria das condições ambientais locais, especialmente no que diz respeito à interceptação da precipitação, ao aumento da infiltração da água no solo e à regulação do escoamento superficial. Por outro lado, áreas com valores baixos ou intermediários refletem a fragmentação da cobertura vegetal no tecido urbano, limitando a efetividade desses elementos na mitigação dos alagamentos.

Quanto às condições dos dispositivos de drenagem, o indicador foi classificado como “Não foi possível verificar” (NV) em parte significativa das áreas analisadas (A2, A6, A7, A8, A9 e A12), uma vez que não foram identificados dispositivos de microdrenagem durante as inspeções de campo. No que se refere ao projeto de drenagem

da capital, apesar de ter sido formalmente solicitado, não foi possível obter acesso ao referido documento. A ausência ou a não visibilidade desses sistemas evidencia fragilidades na infraestrutura urbana local e sugere limitações tanto na implantação quanto na manutenção dos dispositivos, comprometendo o adequado escoamento das águas pluviais e contribuindo para a recorrência de alagamentos nas áreas analisadas. Adicionalmente, em algumas áreas foram observados dispositivos de drenagem, como bocas de lobo, em condições inadequadas, apresentando obstruções e danos estruturais (Figura 2.15).

Figura 2.15 - Dispositivos de microdrenagem obstruídos em vias públicas do bairro Jabotiana.



Fonte: Autores, 2025.

A inexistência ou a precariedade dos dispositivos de drenagem observada em partes das áreas analisadas, corrobora com estudos de (Cea *et al.* 2025; Jiusto; Kenney, 2016; Tucci, 2012) que identificam a infraestrutura de drenagem como um dos principais entraves à gestão urbana em áreas consolidadas, especialmente em contextos de crescimento urbano acelerado e de planejamento insuficiente.

De forma geral, os indicadores de estado evidenciam que, embora algumas áreas apresentem condições pontualmente favoráveis, como a presença de áreas verdes associadas a Áreas de Preservação Permanente, praças públicas ou faixas vegetadas ao longo de canais de drenagem, esses elementos se distribuem de maneira fragmentada no bairro. Ademais, a ausência ou a impossibilidade de verificação de dispositivos de drenagem em parte das áreas analisadas revela fragilidades na infraestrutura urbana, indicando possíveis lacunas no planejamento, na manutenção dos sistemas de drenagem pluvial e na sinalização existente.

Observa-se, ainda, que os indicadores mais críticos estão relacionados às condições dos dispositivos de drenagem, uma vez que a maioria se encontrava obstruída por resíduos sólidos, galhos e materiais similares, bem como à ausência de sinalização em áreas próximas a rios ou cursos d'água.

Diante desses aspectos, observa-se que as condições ambientais e infraestruturais vigentes refletem os processos históricos de ocupação urbana, influenciando diretamente a efetividade das ações de enfrentamento aos alagamentos e às inundações. Nesse contexto, a análise dos indicadores de resposta torna-se fundamental para avaliar a atuação do poder público frente às fragilidades identificadas, sendo esses indicadores apresentados a seguir.

2.3.2.3. Indicadores de Resposta

Os indicadores de resposta permitem avaliar as ações, estratégias e instrumentos adotados pelo poder público frente às pressões exercidas sobre o território e às condições ambientais evidenciadas pelos indicadores de estado. No contexto das áreas suscetíveis a alagamentos e inundações, esses indicadores refletem o grau de comprometimento institucional com a mitigação dos riscos hidrológicos, por meio da implementação de políticas públicas, infraestrutura urbana, serviços sociais e medidas de planejamento e ordenamento do uso do solo. Assim, a análise dos indicadores de resposta possibilita compreender em que medida as intervenções existentes contribuem para a redução da vulnerabilidade socioambiental e para o fortalecimento da sustentabilidade urbana nas áreas analisadas.

Destaca-se que os indicadores de resposta selecionados possuem abrangência municipal, e não em nível de bairro. Dessa forma, as pontuações atribuídas a cada

indicador foram uniformemente aplicadas a todas as áreas analisadas (Tabela 2.4), uma vez que todas integram o município de Aracaju, não havendo variações nessa escala territorial.

Tabela 2.4. Média dos Indicadores de Resposta aplicados igualmente a todas Áreas Analisadas.

Indicador	Nota
Existência de Plano Municipal de Ação de Emergência para eventos de chuva	1
Serviços sociais prestados em situações de inundações	1
Treinamento da população para situações de emergência	1
Plano Diretor de Drenagem Urbana ou diretrizes de drenagem no Plano Diretor Municipal	0
Plano Municipal de Saneamento com ações relativas à drenagem urbana	1
Instrumentos legais municipais para minimizar a impermeabilização do solo	0
Área com sistema de alerta para eventos hidrometeorológicos	1

Fonte: Autores, 2026.

A análise dos indicadores de resposta evidencia que o município dispõe de um conjunto relevante de instrumentos institucionais voltados à gestão de riscos associados a eventos hidrológicos, especialmente aqueles relacionados às ações emergenciais e à resposta em situações de inundação. Entre esses instrumentos, destaca-se a existência do Plano Municipal de Contingência, que contempla o mapeamento das áreas suscetíveis a alagamentos e inundações, incluindo a identificação dos pontos críticos no bairro Jabotiana. Em função da existência formal desse mapeamento, todas as áreas analisadas receberam a nota máxima para esse indicador.

No que se refere aos serviços sociais prestados em situações de inundação, os resultados indicam a realização de ações emergenciais pontuais, como a disponibilização de abrigos temporários para a população atingida. No entanto, não foi possível verificar a existência de um programa estruturado, contínuo e sistematizado voltado especificamente ao atendimento social em eventos hidrológicos extremos. Essa constatação sugere que, embora o município disponha de mecanismos de resposta emergencial, tais ações tendem a ocorrer de forma reativa, sendo acionadas

principalmente após a ocorrência dos eventos, o que limita seu potencial de redução da vulnerabilidade socioambiental no médio e longo prazo.

De forma semelhante, a análise do indicador relacionado ao treinamento da população para situações de emergência aponta para a existência de iniciativas institucionais voltadas à participação comunitária, como a criação do Núcleo Comunitário de Proteção e Defesa Civil (NUPDEC). A previsão de capacitação de voluntários residentes em áreas de risco representa um avanço importante no fortalecimento da gestão participativa do risco. Contudo, a ausência de informações conclusivas sobre a efetiva execução e continuidade dessas capacitações indica que tais iniciativas ainda se encontram em estágio incipiente, o que pode comprometer sua eficácia enquanto instrumento de preparação e prevenção.

No âmbito do planejamento urbano e da gestão da drenagem, os resultados revelam fragilidades significativas. Constatou-se a inexistência de um Plano Diretor de Drenagem Urbana ou de diretrizes específicas e atualizadas sobre o tema no Plano Diretor Municipal, o que resultou na atribuição de nota nula para esse indicador em todas as áreas analisadas. Essa ausência compromete a adoção de uma abordagem integrada e preventiva da drenagem urbana, refletindo-se diretamente nos elevados níveis de impermeabilização do solo e na insuficiência da infraestrutura observada nos indicadores de pressão e estado.

Em contrapartida, o município dispõe de um Plano Municipal de Saneamento Básico que contempla ações relacionadas à drenagem urbana, como a limpeza de canais e dispositivos de microdrenagem, bem como metas voltadas à redução de pontos de alagamento. A existência desse instrumento justificou a atribuição de nota positiva ao indicador. No entanto, a recorrência de áreas classificadas com condições desfavoráveis nos indicadores de estado sugere que, apesar da previsão normativa, a efetividade dessas ações ainda é limitada, especialmente no que se refere à materialização das diretrizes no território.

No que diz respeito aos instrumentos legais voltados à minimização da impermeabilização do solo, a análise evidenciou a ausência de parâmetros atualizados que estabeleçam taxas mínimas de permeabilidade ou incentivem o uso de soluções baseadas na natureza. Embora exista Plano Diretor vigente, este encontra-se desatualizado e defasado, elaborado em 2000 e atualmente em processo de revisão, o que compromete sua efetiva aplicação. Diante desse cenário, o indicador foi classificado com

nota nula, evidenciando uma fragilidade no ordenamento urbano no que se refere ao controle da impermeabilização.

Por fim, em relação ao sistema de alerta para eventos hidrometeorológicos, verificou-se a existência de um mecanismo de envio de mensagens à população cadastrada, caracterizando a presença formal do sistema e justificando a atribuição de nota positiva. Contudo, ressalta-se que o indicador avalia exclusivamente a existência do instrumento, não abrangendo aspectos relacionados à sua abrangência, acessibilidade ou eficiência, os quais podem limitar seu alcance junto à população mais vulnerável.

Como exceção, destaca-se o indicador “Áreas e espaços públicos permeáveis ou com pavimentos drenantes”, o qual apresentou variação entre as áreas em função de características locais específicas (Tabela 2.5).

Tabela 2.5. Média dos indicadores de resposta analisados de forma individual

Indicador	Áreas													
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14
Áreas permeáveis	0	0	0	0	0,75	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autores, 2026.

De modo geral, os resultados dos indicadores de resposta revelam que, embora o município apresente avanços no campo das respostas emergenciais e na existência de instrumentos normativos, persistem lacunas importantes no planejamento preventivo, na regulação do uso do solo e na implementação efetiva das ações previstas. Esse descompasso entre a resposta institucional formal e sua materialização no território contribui para a manutenção das condições de vulnerabilidade socioambiental observadas nas áreas suscetíveis a alagamentos e inundações analisadas neste estudo.

2.3.3. Classificação das Áreas quanto à Tendência à Sustentabilidade

A classificação das áreas quanto à tendência à sustentabilidade foi realizada a partir da integração dos resultados obtidos para os indicadores de pressão, estado e resposta, conforme metodologia apresentada anteriormente. Essa etapa tem caráter síntese e visa compreender o desempenho global das áreas analisadas frente à ocorrência

de alagamentos e inundações, considerando de forma conjunta os condicionantes físico-ambientais, urbanísticos e institucionais que atuam sobre o território.

Com base nos resultados apresentados na Tabela 2.6 e na figura 2.16, observa-se um padrão semelhante entre as áreas analisadas, apesar das diferenças identificadas. Destaca-se que 50% das áreas foram classificadas como potencialmente sustentáveis, enquanto as demais 50% apresentaram baixa sustentabilidade.

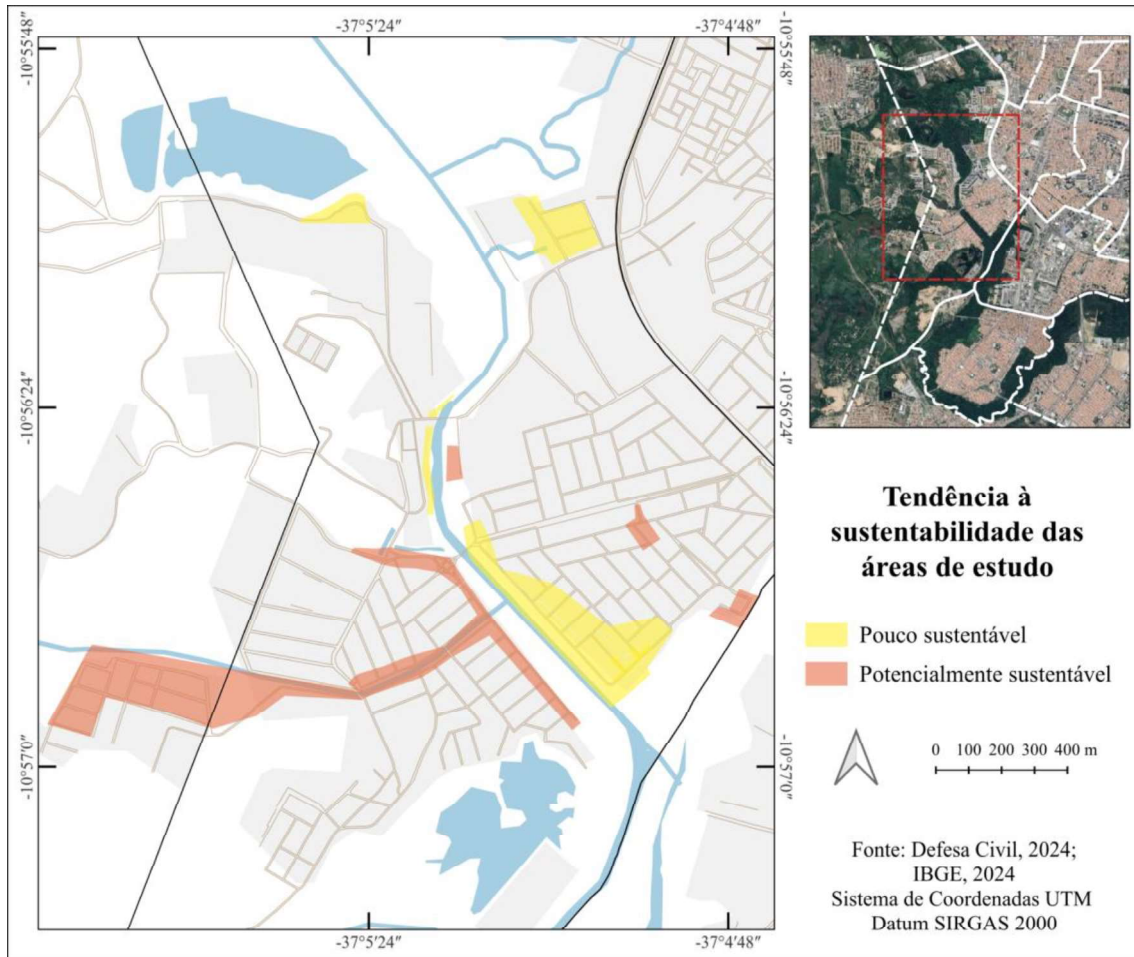
Tabela 2.6. Caracterização das Áreas de Alagamento e Inundação do bairro Jabotiana.

Área	Tipo de ocorrência	Média geral	Tendência à sustentabilidade
A1	Alagamento	0,54	Potencialmente sustentável
A2	Alagamento	0,47	Pouco sustentável
A3	Inundação	0,46	Pouco sustentável
A4	Inundação	0,50	Pouco sustentável
A5	Inundação	0,64	Potencialmente sustentável
A6	Inundação	0,57	Potencialmente sustentável
A7	Inundação	0,41	Pouco sustentável
A8	Inundação	0,40	Pouco sustentável
A9	Inundação	0,62	Potencialmente sustentável
A10	Inundação	0,54	Potencialmente sustentável
A11	Inundação	0,61	Potencialmente sustentável
A12	Inundação	0,55	Potencialmente sustentável
A13	Inundação	0,40	Pouco sustentável
A14	Inundação	0,50	Pouco sustentável

Fonte: Autores, 2026.

Dentre os indicadores mais críticos, com maior impacto negativo, destacam-se a impermeabilização do solo, a desatualização do Plano Diretor de Drenagem, a fragilidade no controle da impermeabilização e a insuficiência de áreas públicas permeáveis. Por outro lado, verificam-se avanços em algumas medidas, como a existência do Plano de Contingência, a prestação de serviços sociais em situações de inundação, a implementação de sistema de alerta hidrometeorológico e a realização de treinamentos voltados à população.

Figura 2.16 – Mapa de caracterização da sustentabilidade das áreas suscetíveis a inundações e alagamentos no bairro Jabotiana.



Fonte: Autores, 2026.

Nesse ínterim, observou-se uma similaridade nos resultados da análise dos indicadores, a qual pode ser atribuída a diferentes fatores. O primeiro aspecto a ser considerado refere-se à quantidade e à distribuição dos indicadores selecionados. Do total de indicadores, 5 (27,8%) dizem respeito às pressões, entendidas como potenciais causas da recorrência de alagamentos e inundações no bairro Jabotiana. Outros 4 indicadores (22,2%) referem-se aos efeitos dessas pressões sobre o espaço, isto é, ao estado em que se encontram as áreas analisadas. Além disso, 9 indicadores (50%) estão relacionados às respostas do poder público frente a esse estado ambiental, por meio da adoção de medidas mitigadoras ou preventivas.

Dessa forma, considerando que as notas dos indicadores de resposta foram aplicadas de maneira homogênea a todas as áreas, com exceção do indicador “Áreas e

espaços públicos permeáveis ou com pavimentos drenantes”, que, embora avaliado por área, apresentou valores iguais em 86% dos casos, observa-se uma tendência à similaridade nos resultados.

Ressalta-se, contudo, que essa classificação não deve ser interpretada de forma isolada, devendo ser analisada em conjunto com os resultados dos indicadores individuais discutidos nos tópicos anteriores. Nesse sentido, as tendências observadas resultam da combinação de fatores estruturais, ambientais e sociais, bem como de fatores institucionais.

2.4. Conclusões

A partir das análises realizadas, conclui-se que a predominância de soluções convencionais de infraestrutura cinza, baseadas na drenagem tradicional, contribui apenas parcialmente para o controle do escoamento superficial no bairro Jabotiana. Embora essas medidas desempenhem um papel importante, sua efetividade é limitada diante de fatores estruturais, como a expansão urbana desordenada e a insuficiência de manutenção dos sistemas existentes. Esse cenário evidencia que a dependência exclusiva dessas soluções não é capaz de responder, de forma satisfatória, à complexidade dos eventos de alagamentos e inundações observados na área de estudo.

Nesse contexto, a análise integrada dos aspectos ambientais, sociais e de infraestrutura do bairro demonstra que a mitigação desses eventos demanda uma mudança de abordagem na gestão urbana. Observa-se que, embora o município tenha avançado em medidas de caráter emergencial, como sistemas de monitoramento, alerta e planos de contingência, ainda há uma lacuna significativa no campo das ações preventivas.

A inexistência de um Plano Diretor de Drenagem Urbana ou de um Plano Diretor Municipal atualizado e condizente com a realidade atual do município e do bairro em questão, aliada à baixa efetividade dos instrumentos já instituídos, como o Plano de Saneamento, e à fragilidade nos mecanismos de controle da impermeabilização do solo, configuram entraves importantes para a promoção de uma gestão mais sustentável e resiliente.

Os resultados obtidos indicam que as 14 áreas analisadas apresentam classificações que variam entre “pouco sustentável” e “potencialmente sustentável”, refletindo a influência acumulada de pressões antrópicas associadas ao modelo de

ocupação urbana vigente. De modo geral, a média das áreas revela um padrão intermediário de sustentabilidade, evidenciando que, embora existam avanços pontuais, estes ainda são insuficientes para reverter o quadro de vulnerabilidade socioambiental identificado no bairro. Entre os principais fatores que mais contribuíram para os baixos níveis de sustentabilidade destacam-se a elevada impermeabilização do solo, a ocupação inadequada de áreas sensíveis, a ausência de planejamento específico para drenagem urbana e a limitada incorporação de soluções baseadas na natureza.

Diante desse cenário, reforça-se, a necessidade de reestruturação do modelo de gestão urbana adotado, com ênfase na transição de uma abordagem predominantemente reativa para uma perspectiva preventiva e integrada. Como diretriz central, destaca-se a elaboração e implementação de um Plano Diretor de Drenagem Urbana, articulado aos demais instrumentos de planejamento territorial, bem como o fortalecimento de políticas de controle da impermeabilização e a incorporação de infraestruturas verdes como estratégias complementares. Tais medidas são fundamentais para promover maior equilíbrio entre urbanização e dinâmica hidrológica, contribuindo para a redução dos riscos de inundações e para o avanço dos níveis de sustentabilidade urbana no bairro Jabotiana.

2.5. Referências

ARACAJU. **Plano de Contingência de Aracaju - Desastres naturais**. 2024^a ed. Disponível em: <https://www.aracaju.se.gov.br/pdf/Plano_de_contingencia_2024.pdf>. Acesso em 15 de janeiro de 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 37123:2021. **Indicadores para cidades resilientes**. Rio de Janeiro, 2021.
BATISTA, José Anderson do Nascimento; BOLDRIN, Andressa Juliana. Avaliação do desempenho hidráulico de um sistema de drenagem de águas pluviais urbanas. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 23, n. 02, p. 263-273, 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Saúde de A a Z - Enchentes**. Disponível em:<<https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/e/enchentes>>. Acesso em 20 de fevereiro de 2025.

BRASIL. **Lei n.º 14.026**, de 15 de julho de 2020. Altera a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para dispor sobre a revisão dos planos de saneamento básico, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 15 jul. 2020.

BRASIL. **Lei n.º 11.445**, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 5 jan. 2007.

CEA, Luis *et al.* Recent advances and future challenges in urban pluvial flood modelling. **Urban Water Journal**, v. 22, n. 2, p. 149-173, 2025.

DANTAS, Edilma Rodrigues Bento *et al.* Análise do processo de implementação e operação do aterro sanitário no município de Puxinanã-PB utilizando o sistema de indicador de sustentabilidade pressão-estado-impacto-resposta (PEIR). Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – PB, 2013.

DANTAS, Sérgio Idelano; VIEIRA, Valdira de Caldas Brito. Desafios da urbanização em áreas suscetíveis a inundações: Estudo de caso no Residencial Lindalma Soares, Teresina-PI. *Research, Society and Development*, v. 14, n. 4, 2025.

FIUME, Paolo; LIMA, Liziane Vasconcelos Teixeira. Sinalização de risco de desastres no Brasil: um dos caminhos para a redução do risco de desastres. **Territorium**, n. 31, p. 97-108, 2024.

FUZIEL, Camila *et al.* SANEAMENTO AMBIENTAL E USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO IGARAPÉ DO BINDÁ, MANAUS-AM: Environmental Sanitation and Land Use and Occupation in the Igarapé Bindá Water Basin, Manaus-AM. **Revista Geonorte**, v. 15, n. 51, 2024.

G1. Moradores do Bairro Jabotiana que tiveram casas alagadas só poderão voltar após limpeza da região. Disponível em: <<https://g1.globo.com/se/sergipe/noticia/2020/05/23/moradores-do-bairro-jabotiana-que-tiveram-casas-alagadas-so-poderao-voltar-apos-limpeza-da-regiao.ghtml>>. Acesso em 26 de fevereiro de 2025.

INFONET. **Bairro Jabotiana permanece em situação de alerta com 201 desabrigados.** Disponível em: <<https://infonet.com.br/noticias/cidade/bairro-jabotiana->

permanece-em-situacao-de-alerta-com-201-desabrigados/>. Acesso em 26 de fevereiro de 2025.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 8.ed - São Paulo: Atlas, 2017.

LEAL, Elaine Vasconcelos Nascimento. **Análise da desertificação socioambiental no Bairro Jabotiana–Aracaju/SE**. 2019. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Sergipe, Aracaju, Sergipe, 2019.

LINDGREN, V. *et al.* Implications of spatially distributed rainfall design events on urban hydrological response across advection scenarios. **Urban Water Journal**, v. 22, n. 10, p. 1199-1214, 2025.

MORETTO, Samira Peruchi; RODRIGUES, Adriano Vanderlei Michelotti. Enchente Anunciada: A Construção do Desastre Socioambiental no Município de Saudades, Santa Catarina–Brasil. **Fronteira: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 11, n. 3, p. 144-155, 2022.

PEREIRA, João Henrique de Siqueira Quissak. **Proposta de ferramenta para diagnóstico da gestão municipal da drenagem e manejo das águas pluviais**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, 2017.

RIPOL, Bárbara; PINHEIRO, Silva Hemerson; LOPES, Deize Dias. Seleção de indicadores de sustentabilidade para avaliação do sistema de drenagem urbana. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 1, n. 01, p. 30-44, 2013.

ROSANOVA, Clauber; FARIA, Vailton Alves de; MATOS, Flávia Tavares. Indicadores de sustentabilidade e governança para o desenvolvimento do parque aquícola sucupira. **Revista Ouricuri**, v. 9, n. 2, p. 062-081, 2020.

SAMPAIO, Tuane Bazanella. **Metodologia da pesquisa**. 2022. Disponível em:<<https://repositorio.ufsm.br/handle/1/26138> >. Acesso em 15 de janeiro de 2025.

SANTOS, Cláudia. Connecting everyday resistance to staying put in the context of climate change. **Climate and Development**, v. 18, n. 1, p. 1-11, 2026.

SANTOS, Layara de Paula Sousa. **Indicadores socioambientais para avaliação de sistemas de drenagem urbana**. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Goiás, 2022.

SILVA, Juliana Catarine Barbosa da; MENEZES, Jaileila de Araújo. Sobre as pessoas que habitam os territórios em risco. *Rev. psicol. polít.*, São Paulo , v. 20, n. 49, p. 504-517, dez. 2020 .

SILVA, Sidnei Pereira da. **Ferramenta de apoio ao manejo de águas pluviais urbanas com base em indicadores de sustentabilidade- SAMSAP**. Tese (Doutorado em Engenharia urbana), São Carlos, São Paulo, 2016.

SIMONE, Antonietta. Vulnerability assessment of urban drainage network using relevance-based centrality metrics. **River**, v. 2, n. 1, p. 39-51, 2023.

TUCCI, Carlos E. M. **Gestão da drenagem urbana**. Brasília, DF: CEPAL. Escritório no Brasil/IPEA, 2012.

ZI, Tan *et al.* From site-scale to landscape-scale: stormwater benefits of urban trees with SWMM-Canopy. **Urban Water Journal**, p. 1-17, 2025.

CAPÍTULO 3. INFRAESTRUTURA VERDE EM ÁREAS LIVRES COMO ESTRATÉGIA PARA AS ÁGUAS PLUVIAIS NO BAIRRO JABOTIANA, ARACAJU/SE

Brendha Gonçalves de Jesus Figueiredo

Inajá Francisco de Sousa

Anézia Maria Fonsêca Barbosa

RESUMO

Este estudo analisa o potencial dos espaços livres públicos do bairro Jabotiana, em Aracaju/SE, para a incorporação de tipologias de infraestrutura verde como estratégia complementar ao manejo das águas pluviais e à mitigação de inundações em um contexto urbano consolidado por meio de diretrizes indicativas. A pesquisa possui caráter qualitativo, exploratório e descritivo, sendo desenvolvida a partir de revisão bibliográfica, mapeamento e caracterização ambiental e funcional dos espaços livres, além da análise e compatibilização de tipologias de infraestrutura verde aplicáveis à escala local. Os resultados evidenciam a predominância de espaços livres associados ao sistema viário e demonstram que, apesar das limitações impostas pela impermeabilização e pela ocupação urbana consolidada, esses espaços apresentam potencial para a adoção descentralizada de soluções baseadas na natureza, como jardins de chuva, canteiros pluviais, pavimentos permeáveis e bacias de retenção e retenção. Conclui-se que a infraestrutura verde configura-se como um instrumento relevante para a ampliação da multifuncionalidade dos espaços livres urbanos, contribuindo para a requalificação ambiental e melhoria do manejo das águas pluviais.

Palavras-chave: Soluções Baseadas na Natureza; Espaços Livres Urbanos; Drenagem Urbana Sustentável.

ABSTRACT

This study analyzes the potential of public open spaces in the Jabotiana neighborhood, in Aracaju/SE, for the incorporation of green infrastructure typologies as a complementary strategy to stormwater management and flood mitigation in a consolidated urban context through indicative guidelines. The research has a qualitative, exploratory, and descriptive character, developed from a literature review, mapping and environmental and functional characterization of open spaces, in addition to the analysis and compatibility of green infrastructure typologies applicable to the local scale. The results show the predominance of open spaces associated with the road system and demonstrate that, despite the limitations imposed by impermeability and consolidated urban occupation, these spaces have potential for the decentralized adoption of nature-based solutions, such as rain

gardens, rain beds, permeable pavements, and detention and retention basins. It is concluded that green infrastructure is a relevant instrument for expanding the multifunctionality of urban open spaces, contributing to environmental requalification and improved stormwater management.

Keywords: Nature-Based Solutions; Urban Open Spaces; Sustainable Urban Drainage.

3.1. Introdução

A expansão urbana acelerada e o consequente aumento de superfícies impermeáveis intensificaram os eventos de inundação nos centros urbanos. Esse cenário é agravado com a ocorrência de chuvas intensas associadas às mudanças climáticas e somadas à capacidade limitada dos sistemas de drenagem tradicionais, reforçando a urgência de estratégias adaptativas para mitigar os riscos associados às inundações (Sandoval *et al.*, 2023; Zhou *et al.*, 2019; Berndtsson *et al.*, 2019).

Para Pellegrino e Moura (2017), as infraestruturas convencionais desconsideram as particularidades biofísicas locais ao generalizarem uma mesma solução técnica para diferentes cenários. Além disso, não conseguem se adaptar às transformações da cidade, da legislação, do contexto econômico e das exigências de cuidado ambiental. Como resultado, falham em suprir adequadamente os serviços a que se propõem e não o fazem de maneira igualitária em todo o território, tornando-se alvo de barganhas políticas e da especulação imobiliária, o que contribui para a produção de uma cidade cada vez mais segregada e desigual.

O controle de inundações tem sido historicamente conduzido por meio de sistemas convencionais de drenagem, voltados à coleta e ao direcionamento do escoamento superficial em redes subterrâneas. A eficiência desse modelo depende de variáveis como a intensidade e o volume das precipitações, além do grau de impermeabilização do solo, no entanto, às mudanças climáticas, o adensamento urbano e à deterioração das estruturas existentes indicam o agravamento dessas condições. Como consequência, a ampliação da drenagem tradicional torna-se cada vez mais onerosa e complexa, o que reforça a necessidade de estratégias de gestão mais eficientes, adaptáveis e sustentáveis, ganhando destaque abordagens alternativas, como a infraestrutura verde (Webber *et al.*, 2020).

De acordo com Ambily (2024), as inundações urbanas intensificadas pelas mudanças climáticas representam um desafio crescente para a gestão das águas pluviais,

carecendo de soluções inovadoras e eficazes. Nesse contexto, a infraestrutura verde-azul tem se destacado globalmente como uma abordagem inovadora para promover a resiliência urbana, reconhecida por organismos internacionais, como a Comissão Europeia (CE), o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), além de ser objeto de estudo de diversos pesquisadores, que aponta como uma alternativa promissora para enfrentar os impactos das mudanças climáticas no meio urbano.

Oliveira *et al.* (2023) ressaltam a possibilidade de integração desses sistemas aos espaços livres como soluções multifuncionais capazes de conciliar demandas sociais e ambientais, desempenhando papel fundamental na mitigação de inundações, no fortalecimento da resiliência urbana e na requalificação dos espaços urbanos, uma vez que respeitam o ciclo natural da água e recriam, de forma integrada ao ambiente urbano, mecanismos de infiltração, retenção e armazenamento das águas pluviais, contribuindo para o desenvolvimento urbano sustentável.

De acordo com Solera *et al.* (2019), a infraestrutura verde configura-se como uma rede interconectada de áreas verdes naturais e demais espaços abertos, capaz de conservar valores e funções ecológicas, contribuir para a manutenção da qualidade do ar e da água e gerar múltiplos benefícios para as populações humanas e para a vida silvestre, podendo ocorrer desde a escala da paisagem até a de projeto.

Vasconcelos e Miyamoto (2023) destacam que a infraestrutura verde utiliza os espaços abertos, naturais ou construídos, como partes integrantes das redes de infraestrutura, potencializando suas funções ambientais. Pellegrino e Moura (2017) destacam a importância de conceber paisagens multifuncionais nas cidades que, além de atrativas, contribuam para o alcance dos objetivos de sustentabilidade, conservação e recuperação ambiental, ressaltando o papel dos espaços abertos na reconexão dos moradores urbanos com os elementos da paisagem.

Para Medeiros e Afonso (2017), a infraestrutura verde apresenta-se, dentre outras formas, como um instrumento de drenagem urbana e de planejamento urbano sustentável, exercendo o papel de conexão entre os ecossistemas no meio urbano, sem desconsiderar as condicionantes de mobilidade e acessibilidade, bem como as características histórico-culturais do lugar.

Diante desse panorama, os espaços livres emergem como elementos estratégicos no planejamento urbano, especialmente quando integrados de maneira funcional e sustentável à infraestrutura existente. Nesse contexto, o objetivo deste estudo é identificar

áreas livres públicas para implementação de soluções de infraestrutura verde nas regiões do bairro Jabotiana, em Aracaju/SE, mapeadas como vulneráveis a inundações.

3.2. Infraestrutura Verde

A infraestrutura verde passou a ganhar destaque a partir da década de 1990, nos Estados Unidos, associada às discussões sobre urbanismo ecológico. Essa abordagem propõe o planejamento e a expansão das cidades de modo a integrar o ambiente construído, os sistemas naturais e o bem-estar social, com o objetivo de reduzir os impactos ambientais decorrentes da urbanização.

A expressão foi empregada pela primeira vez em 1994, em um relatório desenvolvido pela Comissão de Vias Verdes da Flórida, intitulado Criando um Sistema Estadual de Corredores Verdes: para as pessoas, para a vida selvagem, para a Flórida (Vasconcelos; Miyamoto, 2023). O documento marcou uma mudança de paradigma ao questionar o modelo urbano fundamentado exclusivamente em soluções tradicionais de drenagem, posteriormente denominadas infraestruturas cinzas, e ao propor alternativas inspiradas nos processos naturais (Vasconcelos, 2015) *apud* Vasconcelos; Miyamoto, 2023).

Segundo Benedict e McMahon (2002), o termo infraestrutura verde tem sido cada vez mais recorrente nos debates sobre desenvolvimento e conservação, assumindo diferentes interpretações conforme o contexto e os atores envolvidos. Em algumas abordagens, a expressão é utilizada para designar elementos como a arborização urbana, enquanto em outras refere-se a estruturas planejadas com princípios ecológicos, como os telhados verdes. Os autores destacam ainda que um grupo de trabalho coordenado pelo *The Conservation Fund* e Serviço Florestal dos Estados Unidos, definiu a infraestrutura verde como um sistema natural de suporte à vida. Essa concepção compreende uma rede integrada de cursos d'água, áreas úmidas, florestas, habitats da vida silvestre e demais espaços naturais, além de corredores verdes, parques e áreas protegidas, responsáveis por sustentar processos ecológicos, conservar recursos hídricos e atmosféricos e promover a saúde e a qualidade de vida das comunidades (Benedict; McMahon, 2002).

Entre os principais processos e funções ecológicas destacam-se a abordagem multiescalar, o reconhecimento dos padrões e processos locais e a valorização da conectividade física e funcional. A abordagem multiescalar considera que os sistemas

ecológicos operam simultaneamente em diferentes níveis espaciais, orientando a avaliação e o planejamento da paisagem de forma integrada (Ahern *et al.*, 2007). Em áreas urbanas, essa análise abrange escalas que variam da região metropolitana a espaços locais, como bairros e lotes individuais, permitindo a identificação de pontos estratégicos onde conexões devem ser mantidas ou restauradas. A conectividade, por sua vez, expressa a relação entre a estrutura e a função da paisagem, referindo-se à capacidade do território de facilitar ou restringir o fluxo de água, energia, materiais, espécies e pessoas. No contexto urbano, a estrutura viária frequentemente atua como uma das principais barreiras à conectividade, contribuindo para a fragmentação do espaço (Ahern *et al.*, 2007).

De acordo com Solera (2020), a infraestrutura verde fundamenta-se no princípio da multifuncionalidade e atua em diferentes escalas, variando conforme sua aplicação, podendo abranger a escala da paisagem, a escala local e a escala particular, com capacidade de promover espaços verdes e de se integrar à infraestrutura cinza

Pellegrino e Moura (2017) indicam que as intervenções de infraestrutura verde tendem a ser predominantemente vegetadas em vez de construídas, e que seu desempenho geralmente melhora ao longo do tempo. O conceito envolve tanto a configuração espacial de uma rede de áreas verdes interligadas quanto um processo sistemático de planejamento que busca conciliar a conservação da natureza com o uso do solo.

Esse planejamento se baseia em dez princípios fundamentais: conectividade; consideração do contexto; fundamentação em conhecimentos científicos e na teoria prática do planejamento do uso do solo; atuação como estrutura espacial para conservação e desenvolvimento; planejamento e proteção prévias ao desenvolvimento; priorização como investimento público; geração de benefícios ambientais e sociais; respeito às necessidades e expectativas de proprietários e demais atores; integração com atividades da comunidade e do entorno; e comprometimento a longo prazo.

Dentre as tipologias de infraestrutura verde, destacam-se os parques lineares, lagoas pluviais, biovaletas, jardins de chuva, canteiros pluviais, tetos e paredes verdes, bacias de retenção, poços secos, filtros de areia, trincheiras ou valetas de infiltração, pavimentos permeáveis e cisternas destinadas à coleta e ao reaproveitamento das águas pluviais (Santos; Enokibara, 2021).

De acordo com Solera (2020), a infraestrutura verde desempenha serviços ambientais que se organizam em quatro categorias: serviços de provisão, de regulação, culturais e de suporte. Os serviços de provisão estão associados à capacidade dos

ecossistemas de fornecer bens essenciais, como alimentos, energia, matérias-primas e água. Os serviços de regulação correspondem aos benefícios resultantes de processos naturais que controlam e mantêm as condições ambientais necessárias à vida humana, incluindo a purificação do ar, a regulação climática, a purificação e o controle dos ciclos hidrológicos, a mitigação de enchentes e da erosão, bem como o tratamento de resíduos e o controle de pragas e doenças. Os serviços culturais relacionam-se à oferta de benefícios recreativos, educacionais, estéticos e espirituais proporcionados pelos ecossistemas. Por fim, os serviços de suporte referem-se aos processos naturais fundamentais que sustentam os demais serviços, como a ciclagem de nutrientes, a produção primária, a formação dos solos, a polinização e a dispersão de sementes.

3.3. Espaços Livres

Os espaços abertos urbanos, segundo Pellegrino e Moura (2017), têm o potencial de reconectar os moradores com os elementos característicos de sua paisagem, oferecendo experiências de imersão que promovem a compreensão das relações entre ecossistemas saudáveis e comunidades resilientes.

Esses espaços não devem ser vistos apenas como vazios a serem preenchidos por usos específicos, pois já desempenham múltiplas funções essenciais para a habitabilidade e o bem-estar da população. Mais do que isso, constituem ambientes vivos, cujos significados podem ser revelados e cujos potenciais estão prontos para serem explorados.

De acordo com Battemarco *et al.* (2018), os espaços livres configuram-se como oportunidades para a integração do tecido urbano, atuando como instrumentos capazes de estimular uma maior apropriação do espaço público pela população. Medeiros e Afonso (2017) ressaltam que os sistemas de espaços livres preexistentes devem ser analisados e adequadamente preparados para recuperar, dentro do possível, suas formas e características originais, anteriores aos processos de interferência em sua dinâmica, contribuindo, entre outros aspectos, para o aumento da eficiência da drenagem urbana, da conservação dos recursos naturais e do patrimônio construído, através da infraestrutura verde.

Os espaços livres são destacados por Tardin (2011) por integrar o sistema urbano da paisagem e serem fundamentais para sua organização, pois promovem a integração entre edificações, vias e assentamentos, além de favorecer a presença da vegetação, da

água urbana, das relações sociais e da percepção do território como um conjunto articulado.

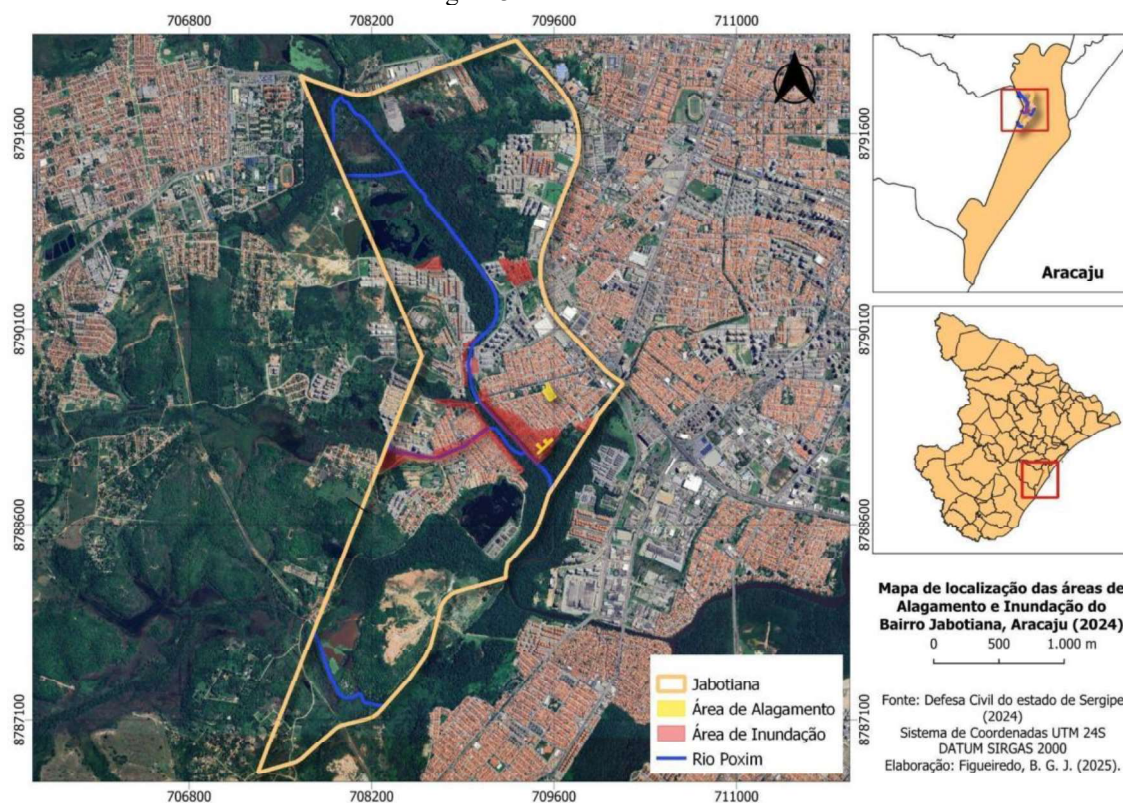
Assim, os espaços livres são elementos estratégicos da estrutura territorial, caracterizando-se por sua flexibilidade funcional e espacial. Embora sejam áreas frágeis e frequentemente ameaçadas pela urbanização, possuem elevado potencial de transformação e reestruturação do território, ao desempenharem funções essenciais, como o suporte aos ecossistemas, a qualificação da percepção da paisagem e a orientação de futuras ocupações urbanas, podendo assumir diferentes características conforme sua escala, uso e localização (Tardin, 2008).

3.4. Metodologia

3.4.1. Área de Estudo

A metodologia deste estudo foi desenvolvida a partir da análise da área do bairro Jabotiana, situado na Zona Oeste de Aracaju, capital do estado de Sergipe (Figura 3.1). Fundada em 1855, Aracaju configura-se como o principal centro econômico, político e administrativo do estado e apresenta clima tropical, com precipitação média anual em torno de 1200 mm, concentrada principalmente entre os meses de abril e agosto, enquanto dezembro se caracteriza como o período de menor pluviosidade (Castelhano, 2022). Além disso, a cidade possui baixa altitude média, em torno de 4 metros (Aracaju, 2023), fator que influencia diretamente sua suscetibilidade à ocorrência de alagamentos e inundações.

Figura 3.1 - Área de Estudo.



Fonte: Autores, 2025.

O bairro Jabotiana, criado em 1982 por meio da Lei Municipal nº 873/1982, reflete o crescimento urbano da capital sergipana, apresentando uma ocupação cada vez mais adensada. Localizado em uma área estratégica, o bairro é cortado pelo rio Poxim e ocupa aproximadamente 700 hectares, conforme o Anuário Estatístico de Aracaju (2023).

Ainda segundo o Anuário Estatístico (2023), a população residente no bairro aumentou de 17.157 habitantes em 2010 para 19.827 em 2019, representando um crescimento de aproximadamente 15,57% no período. Isso evidencia o aumento da demanda por infraestrutura e serviços urbanos, tornando essencial a adoção de estratégias sustentáveis para a gestão da drenagem e do ordenamento territorial.

3.4.2. Método

Este estudo foi conduzido por meio de uma abordagem exploratória e descritiva, utilizando revisão bibliográfica, observação *in loco* e mapeamento espacial. Segundo Sampaio (2022), uma pesquisa exploratória busca ampliar o conhecimento sobre um determinado problema, permitindo uma análise mais aprofundada do tema em estudo. O caráter descritivo do estudo justifica-se pela necessidade de detalhar as características das técnicas de infraestrutura verde selecionadas, bem como dos espaços livres mapeados para sua possível implantação.

3.4.3. Procedimentos Metodológicos

A metodologia adotada neste capítulo foi estruturada em três etapas principais, voltadas à identificação e mapeamento dos espaços livres; seleção das tipologias de infraestrutura verde e à análise do potencial de implementação de técnicas de infraestrutura verde. Essas etapas são apresentadas a seguir.

3.4.3.1. Identificação e Mapeamento dos Espaços Livres

A primeira etapa metodológica consistiu na identificação e no mapeamento dos espaços livres públicos existentes no bairro Jabotiana, com o objetivo de reconhecer áreas com potencial para a implantação de soluções de infraestrutura verde. Para essa identificação, adotaram-se as diretrizes propostas por Santos (2014), que classifica os espaços livres a partir de sete categorias principais, conforme apresentado no Quadro 3.1. Essa metodologia foi utilizada como critério estruturante da análise, permitindo a seleção de áreas com potencial de adaptação às funções ambientais associadas à infraestrutura verde.

Para a identificação e análise preliminar dos espaços livres, foram utilizadas imagens de satélite obtidas por meio da plataforma *Google Earth*, as quais possibilitaram a visualização e a interpretação inicial da configuração espacial da área de estudo. Essa análise foi complementada por visitas exploratórias *in loco*, com observação direta da paisagem e registro fotográfico, permitindo a validação das informações obtidas remotamente e a identificação de aspectos não perceptíveis nas imagens, como a

concepção ambiental e funcional dos espaços, elaborada a partir de uma adaptação dos critérios propostos por Medeiros e Afonso (2017).

Quadro 3.1 – Características dos Espaços Livres Públicos com potencial para a implantação de Infraestrutura Verde.

Categorias	Caracterização	Exemplo
Espaços não edificados	Áreas urbanas desprovidas de construções, com presença de solo exposto ou cobertura vegetal de pequeno porte, como gramíneas e arbustos	Lotes desocupados e rotatórias do sistema viário
Vias com canteiros e calçadas	Trechos do sistema viário com superfícies predominantemente impermeabilizadas, associados à presença de vegetação herbácea, arbustiva ou arbórea	Canteiros centrais e faixas laterais das vias
Vias com canteiros e sem calçadas	Elementos do sistema viário que apresentam áreas vegetadas, porém sem infraestrutura adequada para circulação de pedestres	Canteiros centrais e suas margens
Vias sem canteiros e sem calçadas	Vias destinadas prioritariamente ao tráfego de veículos automotores, com restrição ou ausência de condições adequadas para demais forma de locomoção	Ruas sem infraestrutura para pedestres e ciclistas
Estradas não pavimentadas	Trechos viários caracterizados pela ausência de revestimento, apresentando solo exposto	Vias de terra
Vias com áreas vegetadas	Trechos com superfícies impermeáveis associadas à presença de vegetação nos canteiros centrais e nas faixas marginais	Vias com canteiros arborizados
Recursos hídricos superficiais	Corpos d'água naturais ou artificializados, podendo apresentar trechos canalizados ou em leito natural, cobertos ou a céu aberto	Rios e córregos urbanos

Fonte: Adaptado de Santos, 2014.

De forma complementar, realizou-se consulta à base cartográfica do *MapAju* (2022), com o intuito de identificar outros espaços livres públicos existentes no bairro, como praças e canteiros centrais, ampliando a compreensão da distribuição espacial dessas áreas no território. Contudo, a análise detalhada concentrou-se nos espaços identificados a partir da metodologia de Santos (2014), em função da necessidade de delimitação do escopo da pesquisa, permanecendo os demais espaços livres como áreas com potencial para análises e proposições futuras.

3.4.3.2. Seleção de Tipologias de Infraestrutura Verde

Na segunda etapa metodológica, realizou-se o levantamento e a sistematização das principais tipologias de infraestrutura verde descritas na literatura especializada, com ênfase nas soluções aplicáveis ao contexto urbano e direcionadas à mitigação de inundações.

A seleção das tipologias fundamentou-se em três princípios norteadores da infraestrutura verde: (i) pode e deve funcionar como uma organização espacial tanto para a conservação quanto para o desenvolvimento; (ii) proporciona benefícios para a natureza e para as pessoas; (iii) deve conectar-se com atividades da comunidade e do entorno.

A adoção desses princípios justifica-se pelo contexto urbano consolidado do bairro Jabotiana, caracterizado por elevada taxa de ocupação. Nesse cenário, busca-se que as intervenções propostas sejam compatíveis com espaços livres existentes, ainda que já utilizados pela população ou situados em áreas de transição, de modo a conciliar funções ambientais, sociais e urbanas. Para cada tipologia de infraestrutura verde identificada, procedeu-se à análise dos seguintes aspectos: descrição da técnica; serviço hidráulico predominante; vantagens associadas à sua implantação; limitações associadas à sua implantação; condições gerais de aplicação no espaço urbano.

Além dos princípios adotados, a escolha das tipologias considerou a escala de aplicação local e a predominância do serviço ambiental de regulação, em consonância com os objetivos da pesquisa.

3.4.3.3. Compatibilização das Técnicas com potencial de Aplicabilidade aos Espaços Livres Identificados

Nesta etapa, procedeu-se à compatibilização entre as características dos espaços livres identificados e as tipologias de infraestrutura verde selecionadas, com o objetivo de avaliar, de forma qualitativa, o potencial de aplicabilidade dessas técnicas no contexto urbano do bairro Jabotiana. A análise considerou, de maneira prioritária, o uso atual e a condição de consolidação dos espaços, buscando preservar as funções já estabelecidas e,

simultaneamente, ampliar suas funções por meio da incorporação de técnicas de infraestrutura verde.

Nesse sentido, as propostas de infraestrutura verde foram concebidas de modo a incorporar o princípio da multifuncionalidade, promovendo a adaptação funcional dos espaços existentes, por meio do aumento das áreas verdes, da melhoria das condições ambientais e da contribuição para a redução e o retardamento do escoamento superficial das águas pluviais.

Ressalta-se que a análise desenvolvida possui caráter conceitual e preliminar, não contemplando o dimensionamento hidráulico das soluções, a avaliação quantitativa de eficiência ou a análise detalhada de condicionantes físico-ambientais específicas do local, tais como nível do lençol freático, tipo de solo, declividade e capacidade de infiltração. Dessa forma, as propostas apresentadas devem ser compreendidas como diretrizes indicativas, cuja implementação demandaria estudos técnicos complementares em etapas posteriores de projeto.

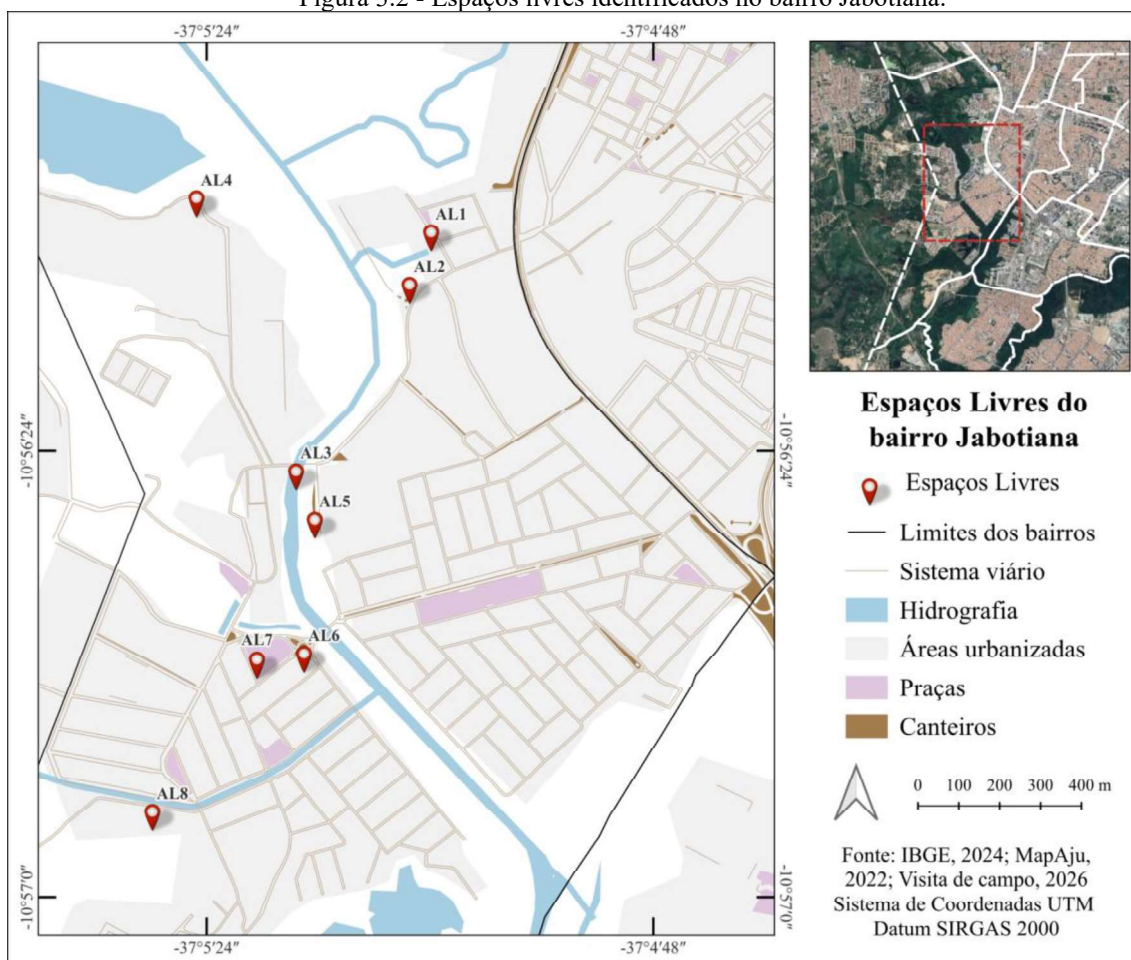
3.5. Resultados e Discussão

3.5.1 Espaços Livres Identificados

Os espaços livres mapeados no bairro Jabotiana estão apresentados na Figura 3.2. Observa-se a predominância de espaços livres associados ao sistema viário, especialmente canteiros centrais, faixas marginais de vias, rotatórias, praças e áreas remanescentes próximas aos corpos d'água, o que evidencia que grande parte dos espaços disponíveis no bairro encontra-se integrada à malha viária ou a áreas destinadas ao lazer.

Verifica-se, ainda, que a maior parte das Áreas Livres analisadas (AL1 a AL8) se localiza ao longo do eixo hídrico principal do rio Poxim e em suas áreas adjacentes, reforçando o papel desses espaços como zonas estratégicas para a adoção de técnicas baseadas na natureza.





Figura 3.2 - Espaços livres identificados no bairro Jabotiana.




Fonte: Autores, 2026.

A distribuição espacial dos pontos analisados evidencia que os espaços livres se apresentam de forma pontual e fragmentada no bairro, refletindo um tecido urbano consolidado e caracterizado por elevada impermeabilização do solo. Esse contexto impõe desafios relacionados à pressão do uso urbano e reforça a necessidade de integração desses espaços a técnicas de infraestrutura verde, de modo a potencializar suas funções ambientais e contribuir para a mitigação de impactos hidrológicos. A leitura espacial do mapeamento foi aprofundada por meio da análise da concepção ambiental e funcional das áreas AL1 a AL8, apresentada no Quadro 3.2.

Quadro 3.2 - Caracterização dos espaços livres selecionados no bairro Jabotiana.

Espaço livre	Categoria	Concepção ambiental	Concepção funcional
	<p>Vias com canteiros e calçadas</p>	<p>Apresenta árvores e cobertura gramada no canteiro central. Entretanto, a presença de muretas laterais elevadas dificulta a infiltração da água da chuva, favorecendo o escoamento superficial.</p>	<p>Possui bancos e dois brinquedos infantis, sendo utilizado como espaço de convivência e lazer pela comunidade.</p>
	<p>Espaços não edificados</p>	<p>Área com cobertura vegetal rala e presença significativa de resíduos sólidos dispostos de forma irregular, indicando degradação ambiental e potencial risco de contaminação do solo e das águas pluviais</p>	<p>Espaço sem uso definido ou infraestrutura urbana, sendo utilizado de forma inadequada como área de descarte de resíduos.</p>
	<p>Espaços não edificados</p>	<p>Rotatória com canteiro central de pequenas dimensões, parcialmente gramado. A predominância de superfícies pavimentadas no entorno limita a infiltração das águas pluviais, favorecendo o escoamento superficial.</p>	<p>Elemento viário destinado à organização do tráfego, sem infraestrutura de uso social ou equipamentos urbanos associados.</p>
	<p>Vias sem canteiros e sem calçadas</p>	<p>Área com cobertura vegetal significativa nas margens, associada à presença de curso d'água sob a ponte. Observa-se ocupação nas margens e indícios de degradação da encosta, enquanto a estrutura da ponte é predominantemente impermeabilizada,</p>	<p>Ponte destinada prioritariamente à circulação de veículos, sem infraestrutura adequada para pedestres e ciclistas, apresentando limitações quanto à mobilidade segura e acessível.</p>

	<p>Vias com canteiros e sem calçadas</p>	<p>Canteiro central com cobertura vegetal predominantemente gramada e presença pontual de árvores. As muretas laterais encontram-se danificadas e quebradas, o que direciona o escoamento superficial das águas pluviais e dificulta sua infiltração no solo.</p>	<p>Elemento viário destinado à separação das faixas de tráfego, sem infraestrutura de uso social ou de mobilidade ativa</p>
	<p>Espaços não edificados</p>	<p>Canteiro viário circular com solo parcialmente exposto e cobertura vegetal rala, apresentando baixa capacidade de infiltração e sinais de manutenção paisagística insuficiente.</p>	<p>Elemento viário destinado à organização e canalização do tráfego</p>
	<p>Espaços não edificados</p>	<p>Canteiro viário com cobertura vegetal composta por gramíneas e árvores de médio porte, contribuindo para sombreamento, conforto térmico e infiltração parcial das águas pluviais. Área delimitada por meio-fio, com manutenção paisagística regular e baixo grau de degradação ambiental.</p>	<p>Elemento viário destinado à organização do tráfego e canalização dos fluxos veiculares, sem infraestrutura voltada ao uso social ou à mobilidade ativa. Não é destinado à circulação de pedestres ou ciclistas.</p>
	<p>Vias com áreas vegetadas</p>	<p>Área com manutenção paisagística aparente, composta por cobertura vegetal arbórea e gramíneas, proporcionando sombreamento pontual.</p>	<p>Espaço público de lazer e convivência, equipado com mobiliário urbano e aparelhos de uso recreativo, integrado à malha viária e destinado ao uso social e à permanência da população.</p>
	<p>Estradas não pavimentadas</p>	<p>Via não pavimentada, com solo exposto e presença de vegetação arbustiva densa na lateral direita, com presença de resíduos sólidos no Canal a direita.</p>	<p>Via local de circulação e acesso, inserida em área urbanizada, com edificações verticais e horizontais no entorno. Não dispõe de pavimentação, calçadas ou infraestrutura adequada para circulação segura de pedestres e ciclistas.</p>

	<p>Espaços não edificados e estradas não pavimentadas</p>	<p>Via não pavimentada, com solo exposto e cobertura vegetal esparsa, suscetível a erosão e geração de poeira, sem sistema de drenagem pluvial. A área lateral à esquerda, encontra-se sem uso..</p>	<p>Via local de acesso a áreas residenciais, sem pavimentação, calçadas ou infraestrutura adequada para circulação segura de pedestres e ciclistas.</p>
---	---	--	---

Fonte: Autores, 2026.

A análise apresentada no Quadro 3.2 demonstra que os espaços livres caracterizados apresentam, de modo geral, uma forte vinculação ao sistema viário e desempenham predominantemente funções de circulação e organização do tráfego, com usos sociais pontuais. Do ponto de vista ambiental, observa-se que, embora muitos desses espaços possuam algum nível de cobertura vegetal, sua configuração atual, marcada pela presença de superfícies impermeabilizadas, muretas, meio-fio elevado e manutenção paisagística limitada, compromete o desempenho de funções ambientais, especialmente no que se refere à infiltração das águas pluviais e ao controle do escoamento superficial.

A caracterização ambiental e funcional evidencia ainda a recorrência de conflitos entre a função viária e o potencial ambiental desses espaços, sobretudo em canteiros centrais, rotatórias e faixas marginais, onde a vegetação existente não é suficiente para compensar os efeitos da impermeabilização do entorno. Em contrapartida, áreas que apresentam melhor manutenção paisagística e maior presença de cobertura arbórea demonstram maior potencial para a ampliação de funções ambientais, como sombreamento, conforto térmico e retenção parcial das águas pluviais, ainda que essas funções não estejam plenamente integradas à lógica da drenagem urbana.

Ademais, a análise evidencia situações de degradação ambiental associadas a usos inadequados, como o descarte irregular de resíduos sólidos e a ocupação de áreas sensíveis, especialmente em espaços não edificados e em trechos próximos a recursos hídricos, o que reforça a necessidade de estratégias que articulem recuperação ambiental e qualificação do espaço urbano. Nesse sentido, os resultados do Quadro 3.2 indicam que a incorporação de técnicas de infraestrutura verde, as quais serão discutidas a seguir, pode contribuir para a ampliação da multifuncionalidade desses espaços, promovendo a

adaptação funcional das áreas existentes e a redução do escoamento superficial, sem comprometer os usos já consolidados.

3.5.2. Tipologias de Infraestrutura Verde Seleccionadas

Com base na metodologia adotada, foram seleccionadas tipologias de infraestrutura verde aplicáveis à escala local, conforme sistematizado no Quadro 3.3. Esse quadro sintetiza a caracterização das tipologias consideradas, reunindo informações relativas à descrição das técnicas, aos serviços hidráulicos predominantes, bem como às principais vantagens, limitações e condições gerais de aplicação no espaço urbano.

A explicitação dos benefícios ambientais e sociais associados às tipologias seleccionadas reforça o princípio da multifuncionalidade da infraestrutura verde, aspecto especialmente relevante em bairros urbanos consolidados, nos quais os espaços livres precisam atender, de forma integrada, às demandas ambientais, hidráulicas e sociais.

Quadro 3.3 - Tipologias de Infraestrutura Verde

Tipologia	Descrição	Serviço hidráulico	Vantagem	Limitação	Condições gerais de aplicação
Jardim de chuva	Área vegetada rebaixada destinada à captação e infiltração de águas pluviais	Infiltração e retenção	Melhoria microclimática, incremento da biodiversidade urbana, qualificação paisagística e possibilidade de uso social integrado, redução do escoamento superficial	Necessidade de grandes espaços para implantação	Áreas residenciais, vias urbanas próximas ao meio fio
Biovaleta	São depressões lineares preenchida com vegetação, solo e elementos filtrantes	Retardamento/infiltração	Redução do escoamento; elemento paisagístico; reposição do lençol freático	não recomendada para áreas densamente urbanizadas	Vias urbanas próximas ao meio fio estacionamentos
Canteiro pluvial	São jardins de chuva compactados para pequenos espaços	Retardamento do escoamento e infiltração parcial	Redução de ilhas de calor, organização do espaço viário, melhoria estética e reforço da segurança do pedestre	Vias urbanas próximas ao meio fio, edifícios	Redução do escoamento superficial e ilhas de calor, promoção da biodiversidade
Interseção Viária	Ilhas de distribuição de trânsito viário com áreas vegetadas em seu interior	Retardamento; infiltração	organização viária, coleta de água das chuvas, aumento da biodiversidade, criação e provisão de habitats, amenização do microclima, melhoria do visual estético	Não identificada	Vias urbanas
Pavimento permeável	São pavimentos que permite a infiltração da água através de sua superfície porosa	Infiltração e redução do escoamento superficial	Redução de alagamentos, recarga do lençol freático e melhoria do conforto térmico local	Risco de contaminação do lençol freático	Estacionamentos, calçadas, vias locais, quintais residenciais, espaços públicos de lazer

Bacia de detenção	Área destinada ao armazenamento temporário das águas pluviais durante eventos chuvosos, com liberação controlada.	Detenção; retenção; retardamento do escoamento	Controle de picos de cheia; redução de alagamentos a jusante, possibilidade de integração paisagística	Conflito com outros usos	Parques urbanos, áreas livres extensas, áreas de baixa ocupação
Bacia de retenção	Estrutura para armazenamento permanente ou semipermanente de águas pluviais, destinada à retenção do escoamento superficial	Retenção e amortecimento de cheias	Regulação hidrológica, valorização paisagística, criação de habitats e potencial recreativo	Necessidade de grandes áreas abertas	Áreas abertas

Fonte: Autores, 2026, baseado em Solera, 2020; Solera *et al.*, 2019; Oliveira *et al.*, 2023.

Conforme sintetizado no Quadro 3.3, as tipologias de infraestrutura verde selecionadas apresentam diferentes mecanismos de atuação hidrológica, predominando processos de infiltração, retenção, detenção e, sobretudo, de retardamento do escoamento superficial. De modo geral, observa-se que, com exceção das bacias de retenção e detenção, que demandam áreas mais extensas, a maioria das técnicas analisadas possui elevada adaptabilidade ao tecido urbano consolidado, podendo ser implantada em espaços livres de pequena e média escala, como canteiros viários, interseções, calçadas, estacionamentos e praças.

Soluções como jardins de chuva, canteiros pluviais e pavimentos permeáveis destacam-se pela flexibilidade de implantação e pela possibilidade de integração aos usos existentes, sem necessidade de substituição das funções já consolidadas do espaço urbano. Esse aspecto revela-se fundamental no bairro Jabotiana que se caracteriza por ser densamente ocupado e com disponibilidade de grandes áreas livres limitada, reforçando o potencial dessas tipologias para a promoção da multifuncionalidade urbana e para a mitigação dos efeitos do escoamento superficial.

Medeiros e Afonso (2017) reforça a relevância da infraestrutura verde ao destacá-la como uma estratégia de intervenção flexível e adaptável. Segundo o autor, essa abordagem aprimora a gestão das águas pluviais, contribui para a qualificação do espaço urbano e promove melhorias na qualidade de vida. Além disso, sua implementação favorece a integração das dimensões ambientais, sociais e culturais, atuando como elemento estruturador dos ecossistemas urbanos, sem desconsiderar aspectos relacionados à mobilidade e à identidade local.

De forma complementar, o Quadro 3.4 apresenta a classificação funcional das tipologias de infraestrutura verde segundo o serviço hidráulico predominante, evidenciando o papel desempenhado por cada técnica no manejo das águas pluviais urbanas.

Quadro 3.4 – Classificação funcional das tipologias de infraestrutura verde segundo serviço hidráulico predominante.

Tipologia	Serviço hidráulico			
	Retenção	Detenção	Infiltração	Evapotranspiração

Jardim de chuva	x		x	
Canteiro pluvial	x		x	
Biovaleta			x	
Pavimento permeável		x	x	
Interseção viária (infraestrutura verde associada)		x	x	
Lagoa de retenção	x			
Lagoa de detenção		x		

Fonte: Autores, 2026, baseado em Solera, 2020; Oliveira *et al.*, 2023.

Com base na análise do Quadro 3.4, observa-se que todas as tipologias de infraestrutura verde consideradas apresentam potencial de contribuição para a redução do escoamento superficial, uma vez que atuam, direta ou indiretamente, no retardamento da vazão das águas pluviais. Esse retardamento ocorre por meio de diferentes mecanismos, como infiltração, retenção, detenção e evapotranspiração (Solera, 2020; Oliveira *et al.* 2023), evidenciando que, apesar das diferenças funcionais entre as técnicas, todas compartilham o objetivo comum de atenuar a resposta hidrológica do meio urbano.

A diversidade de mecanismos associados às tipologias analisadas reforça o caráter multifuncional da infraestrutura verde, indicando que a mitigação de inundações não depende de uma solução isolada, mas da combinação de técnicas capazes de atuar em diferentes etapas do ciclo hidrológico. No contexto urbano consolidado do bairro Jabotiana, essa característica torna-se especialmente relevante, pois possibilita a adoção de soluções adaptáveis a diferentes configurações espaciais e escalas de intervenção, potencializando os efeitos positivos sobre o sistema de drenagem urbana.







Dessa forma, os resultados evidenciam que a infraestrutura verde, ao integrar múltiplos serviços hidráulicos, configura-se como uma estratégia de suporte à requalificação urbana, contribuindo para a redução dos impactos associados aos eventos de inundações, além de

promover benefícios sociais mesmo quando analisados sob uma perspectiva qualitativa e exploratória.

3.5.3. Exemplificação da aplicabilidade das Tipologias de Infraestrutura Verde nos Espaços Livres

O Quadro 3.5 apresenta uma representação visual da relação entre os espaços livres identificados no bairro Jabotiana e as tipologias de infraestrutura verde indicadas, contribuindo para a compreensão da aplicabilidade espacial das soluções propostas. As imagens associadas às tipologias possuem caráter ilustrativo e referencial, não configurando propostas de projeto executivo.

Quadro 3.5 - Compatibilização entre espaços livres e tipologias de infraestrutura verde no bairro Jabotiana.

Espaço livre identificado	Registro fotográfico do espaço	Foto da tipologia	Tipologia de infraestrutura verde
AL1 (Canteiro Central da Rua B do Largo da Aparecida)			Jardim de chuva
AL2 (Área aberta entre a Av. Escritor Graciliano Ramos e Rua do Horto)			Bacia de retenção
AL3 (Ponte sobre o rio Poxim na Av. Escritor Graciliano Ramos)			Bioengenharia de solos

<p>AL4 (Rotatória central na Rua Josiel de Brito Côrtes)</p>			<p>Interseção viária ou jardim de chuva</p>
<p>AL5 (Canteiro central na Rua Antônio Valdione de Sá)</p>			<p>Canteiro pluvial</p>
<p>AL6 (Rotatória do Santa Lucia na Av. Farmacêutica Cezartina Régis)</p>			<p>Interseção viária ou jardim de chuva</p>
<p>AL7 (Praça Iselte Fernandes Azevedo na Av. do rio Poxim)</p>			<p>Bacia de retenção</p>
<p>AL8 (Estrada da Avenida Cel. Sizinio da Rocha)</p>			<p>Pavimento permeável</p>

Fonte: Autores, 2026.

A sistematização apresentada no Quadro 3.5 evidencia que, dentre as tipologias de infraestrutura verde indicadas para os espaços livres analisados, há predomínio de soluções voltadas ao retardamento do escoamento superficial, com exceção da área AL3. Esse comportamento decorre da adoção de técnicas que favorecem a infiltração, retenção e detenção

das águas pluviais e, em alguns casos, a evapotranspiração, contribuindo para a redução dos picos de vazão e para a melhoria do funcionamento do sistema de drenagem urbana.

Por sua vez, a área AL3 apresenta uma condição específica, por estar vinculada a uma Área de Preservação Permanente (APP) do rio. Nesse contexto, a prioridade não se concentra diretamente na redução do escoamento superficial, mas sim na recuperação e requalificação ambiental da APP, o que, de forma indireta, também pode contribuir para o equilíbrio hidrológico local.

Observa-se também que, em locais com maior disponibilidade de áreas, como terrenos baldios ou praças, torna-se possível a implantação de infraestruturas verdes de maior porte (AL2 e AL7), como bacias de retenção e de detenção. Essa análise está em consonância com o estudo de Oliveira Midão *et al.* (2023), que demonstrou que a existência de áreas livres mais extensas permite a aplicação de tipologias com maiores dimensões, como reservatórios multifuncionais. Por outro lado, nas vias urbanas, predominam tipologias de menor porte, como jardins de chuva e canteiros pluviais, que contribuem para o aumento da permeabilidade do solo.

No caso específico da AL3, não foi considerada a aplicação de tipologias de infraestrutura verde voltadas diretamente à redução do escoamento superficial, em função das características da via, que não apresenta condições adequadas de trânsito seguro para pedestres e ciclistas, demandando prioritariamente intervenções associadas à mobilidade urbana. Ainda assim, observou-se nesse trecho um processo de degradação ambiental da encosta, decorrente da ocupação irregular em Área de Preservação Permanente, associada à supressão de vegetação, o que evidencia a necessidade de ações voltadas à recuperação ambiental e à estabilização da área.

Cabe destacar que, embora a bioengenharia de solos, técnica empregada na redução da erosão (Souza; Souza e Silva, 2023), não atue diretamente na diminuição do escoamento superficial, ela contribui de forma indireta para a mitigação de eventos de inundação. Isso ocorre porque áreas desprovidas de cobertura vegetal, especialmente nas margens de cursos d'água, apresentam maior suscetibilidade à erosão, o que favorece o assoreamento dos rios. Como consequência, há redução da capacidade hidráulica da calha, comprometendo tanto o leito menor quanto o leito maior, o que eleva a probabilidade de transbordamentos durante eventos de precipitação intensa.

De modo geral, verifica-se que áreas inseridas no sistema viário se mostraram mais compatíveis com tipologias voltadas ao retardamento e à redução do escoamento superficial,

enquanto áreas de maior disponibilidade espacial apresentaram potencial para implantação de estruturas de retenção e detenção de águas pluviais.

3.6. Conclusões

O presente trabalho permitiu concluir que os espaços livres públicos existentes no bairro Jabotiana, em Aracaju/SE, apresentam potencial para a incorporação de tipologias de infraestrutura verde voltadas à mitigação de inundações, especialmente quando analisados a partir de suas características ambientais, funcionais e de inserção no tecido urbano consolidado.

O mapeamento e a caracterização dos espaços livres evidenciaram a predominância de áreas associadas ao sistema viário, como canteiros centrais, rotatórias, faixas marginais e praças, muitas das quais já possuem cobertura vegetal, ainda que limitada ou pouco funcional do ponto de vista hidrológico. A análise ambiental e funcional desses espaços demonstrou que, apesar da presença recorrente de superfícies impermeabilizadas e de elementos construtivos que dificultam a infiltração das águas pluviais, tais áreas configuram-se como oportunidades estratégicas para a ampliação de funções ambientais, sem prejuízo aos usos urbanos já consolidados.

A compatibilização entre os espaços livres identificados e as tipologias de infraestrutura verde selecionadas indicou que técnicas como jardins de chuva, canteiros pluviais, pavimentos permeáveis, interseções viárias vegetadas e bacias de detenção e retenção apresentam elevada adaptabilidade ao contexto urbano do bairro Jabotiana. De modo geral, observou-se que a maior parte das tipologias indicadas atua predominantemente na redução do escoamento superficial, por meio de mecanismos como infiltração, retenção, detenção e evapotranspiração, contribuindo para a redução dos impactos da impermeabilização no ciclo hidrológico.

Além de sua contribuição hidrológica, os resultados evidenciam o caráter multifuncional da infraestrutura verde, ao demonstrar que os espaços livres urbanos podem desempenhar simultaneamente funções ambientais, hidráulicas e sociais. A incorporação dessas tipologias favorece não apenas o manejo das águas pluviais, mas também a qualificação paisagística, a melhoria do conforto térmico, a valorização do uso social dos espaços públicos e a recuperação ambiental de áreas degradadas.

Por fim, reconhece-se que as análises desenvolvidas possuem caráter conceitual e exploratório. A avaliação quantitativa da eficiência da infraestrutura verde na redução do

escoamento superficial demanda abordagens sistêmicas e transdisciplinares, apoiadas em levantamentos técnicos detalhados do meio físico, biótico e do uso e ocupação do solo.

Dessa forma, este estudo constitui um ponto de partida para a sensibilização de gestores públicos e para a priorização de investimentos em estudos de alternativas alinhadas à natureza, capazes de mitigar problemas recorrentes, como inundações. Para pesquisas futuras, recomenda-se o desenvolvimento de estudos que aprofundem a avaliação técnica e participativa da infraestrutura verde no bairro Jabotiana.

3.4. Referências

AHERN, Jack *et al.* Green infrastructure for cities: The spatial dimension. **Cities of the future: Towards integrated sustainable water and landscape management**, v. 13, p. 267-283, 2007.

AMBILY, P. *et al.* A framework for urban pluvial flood resilient spatial planning through blue-green infrastructure. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 103, p. 104342, 2024.

ARACAJU. **Anuário Estatístico 2023** - Ano base 2022. Disponível em: https://transparencia.aracaju.se.gov.br/prefeitura/wp-content/uploads/relatorios_estatisticos/anuario_estatistico/ANUARIO_2023_Ano_Base_2022.pdf. Acesso dia 10 de abril de 2026.

BAUM, Camila Angélica; GOLDENFUM, Joel Avruch. Indicadores e índices para o gerenciamento de águas pluviais urbanas no Brasil situação atual e oportunidades de evolução. Rega: **Revista de Gestión del agua de America Latina**. Porto Alegre. Vol. 18 (jan./dez. 2021), e21, 16 p., 2021.

BERNDTSSON, Ronny *et al.* Drivers of changing urban flood risk: A framework for action. **Journal of environmental management**, v. 240, p. 47-56, 2019.

BEZERRA, Maria do Carmo de Lima *et al.* Simulação de técnicas de infraestrutura verde de drenagem urbana para captação do escoamento superficial. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 16, n. 40, p. 1-16, 2020.

CAMPOS, Antônio Carlos. O Estado e o urbano: os programas de construção de conjuntos habitacionais em Aracaju. 2005. Disponível em: <https://ri.ufs.br/handle/riufs/1222>. Acesso em 20 de dezembro de 2025.

CASTELHANO, Francisco. ANÁLISE DA DINÂMICA DOS VENTOS EM ARACAJU/SERGIPE. OKARA: **Geografia em Debate**, v. 16, n. 1, 2022.

GUIMARÃES, Luciana Fernandes *et al.* O uso de infraestruturas verde e azul na revitalização urbana e na melhoria do manejo das águas pluviais: o caso da sub-bacia do Rio Comprido. **Paisagem e Ambiente**, n. 42, p. 75-95, 2018.

MEDEIROS, Claudione Fernandes; AFONSO, Sônia. Espaços livres públicos: utilização de infraestrutura verde para otimizar a drenagem urbana nos centros históricos tombados. **Paisagem e Ambiente**, n. 39, p. 83-111, 2017.

MIDÃO, Julia de Oliveira *et al.* Infraestrutura verde e azul na mitigação de cheias urbanas: um estudo de caso em marechal hermes. **Paisagens Híbridas**, v. 3, n. 1, p. 14-45, 2023.

OLIVEIRA, Aline da Nóbrega *et al.* Padrões urbanos facilitadores da recarga de aquíferos. **Revista de Morfologia Urbana**, v. 7, n. 2, p. e00117-e00117, 2019.

OLIVEIRA, Clara Ferreira *et al.* Orientações para projetos de sistemas de Infraestrutura Verde e Azul visando a articulação da drenagem urbana com espaços livres multifuncionais. **Encontro Latino americano e Europeu sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis (euroELECS)**, 2023. Anais [...]. [S. l.], 2023. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/euroelecs/article/view/3059>. Acesso em: 10 janeiro de 2026.

ORTEGA SANDOVAL, A. D.; RODRÍGUEZ SÁNCHEZ, J. P.; BHARATI, L. A transdisciplinary approach for assessing the potential feasibility of Sustainable Urban Drainage Systems: case study, Bogotá, Colombia. **Urban Water Journal**, v. 20, n. 8, p. 1081-1094, 2023.

PELLEGRINO, Paulo Renato Mesquita; MOURA, Newton Célio Becker de. Estratégias para uma infraestrutura verde. 2017.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ARACAJU. **MapAju**: Plataforma digital de dados geoespaciais e cadastrais. Disponível em: <https://map.aracaju.se.gov.br/#/publica/contribuente/mapaju>. Acesso em: 02 de janeiro de 2026.

SAMPAIO, Tuane Bazanella. **Metodologia da pesquisa** [recurso eletrônico]. 1ed. - Santa Maria, RS: UFSM, CTE, UAB. e-book, v.1, 2022.

SANTOS, Maria Fernanda Nóbrega dos; ENOKIBARA, Marta. Infraestrutura verde: conceitos, tipologias e terminologia no Brasil. **Paisagem e Ambiente**, São Paulo, Brasil, v. 32, n. 47, p. e174804, 2021.

SOLERA, Maria Lucia *et al.* Metodologia para identificar áreas prioritárias para infraestrutura verde. **Blucher Engineering Proceedings**, v. 6, n. 2, p. 577-585, 2019.

SOLERA, Maria Lucia (Org.); MACHADO, Aline Ribeiro; CAVANI, Ana Candida Melo; SOUZA, Caroline Almeida; LONGO, Mariana Hortelani Carneseca; VELASCO, Giuliana Del Nero; IKEMATSU, Priscila; AMARAL, Raquel Aguiar Moraes. **Guia metodológico para implantação de infraestrutura verde** [livro eletrônico]. São Paulo, SP: IPT: FIPT, 2020.

SOUZA, Adriano; SOUZA, Adriano; DA SILVA, Almerinda Keila Oliveira. BIOENGENHARIA DOS SOLOS NA RECUPERAÇÃO DE VOÇOROCAS—ESTUDO DE CASO. In: AMBIÊNCIA, ENGENHARIA E SUSTENTABILIDADE EM DIFERENTES ESPAÇOS E DIREÇÕES-VOLUME 2. Editora Científica Digital, 2023. p. 90-106, 2023.

ZHOU, Qianqian *et al.* Comparison of urbanization and climate change impacts on urban flood volumes: Importance of urban planning and drainage adaptation. **Science of the Total Environment**, v. 658, p. 24-33, 2019.

3. CONCLUSÃO GERAL

Diante das análises realizadas ao longo desta pesquisa, torna-se evidente que os eventos de alagamentos e inundações não devem ser compreendidos como fenômenos estritamente naturais, mas sim como expressões de um modelo de urbanização historicamente desordenado e pouco integrado às dinâmicas ambientais. A intensificação desses eventos está diretamente relacionada à impermeabilização do solo, à ocupação inadequada de áreas sensíveis e, sobretudo, à limitação dos sistemas convencionais de drenagem urbana, que já não atendem às demandas impostas pelas transformações contemporâneas das cidades.

Nesse contexto, evidencia-se que o enfrentamento dessa problemática exige uma mudança de paradigma, na qual a drenagem urbana deixe de ser tratada apenas sob uma perspectiva hidráulica corretiva e passe a incorporar abordagens mais integradas, sustentáveis e preventivas. No entanto, ao analisar a produção científica global sobre drenagem urbana sustentável, observa-se que o Brasil ainda possui participação pouco expressiva nesse campo, o que reforça a necessidade de ampliação de pesquisas, desenvolvimento tecnológico e aplicação prática dessas soluções no contexto nacional.

No recorte específico da área de estudo, destaca-se que o bairro Jabotiana apresenta um processo de urbanização já consolidado, embora ainda marcado por contrastes e dinâmicas de expansão em áreas pontuais. Essa condição evidencia que, mesmo em contextos urbanos aparentemente consolidados, persistem fragilidades associadas ao modelo de ocupação e à infraestrutura de drenagem existente. Assim, mais do que um cenário de expansão, o que se observa é a necessidade urgente de requalificação urbana e de implementação de estratégias que promovam maior resiliência frente aos eventos hidrológicos. Nesse sentido, o momento de agir é imediato, sendo fundamental a adoção de estratégias que antecipem os impactos e promovam uma ocupação mais equilibrada e resiliente.

Adicionalmente, os resultados indicam que há viabilidade prática para a implementação de soluções baseadas em princípios de drenagem urbana sustentável, especialmente pela existência de espaços livres públicos já disponíveis na área, o que dispensa, em muitos casos, processos complexos de desapropriação. Tal constatação reforça que não se trata apenas de um desafio técnico, mas também de uma questão de planejamento e governança, na qual gestores públicos e pesquisadores possuem papel central na proposição e implementação de intervenções efetivas.

Dessa forma, conclui-se que o enfrentamento dos problemas relacionados às inundações urbanas demanda não apenas investimentos em infraestrutura, mas, sobretudo, uma reorientação do modelo de desenvolvimento urbano, pautada na integração entre planejamento territorial, gestão ambiental e inovação em soluções sustentáveis. Nesse contexto, a existência de condições favoráveis à intervenção no contexto estudado demonstra que há uma agenda concreta, viável e urgente para a promoção de cidades mais resilientes, equitativas e ambientalmente sustentáveis.

Corroborando essa perspectiva, confirma-se a hipótese inicialmente proposta, ao evidenciar que as ações antrópicas contribuem de forma significativa para a intensificação dos eventos de inundações e alagamentos no bairro Jabotiana. Ao mesmo tempo, verifica-se que a adoção de práticas sustentáveis de manejo de águas pluviais, como a infraestrutura verde, apresenta potencial de mitigação desses eventos, ao favorecer processos de infiltração, retenção e retardamento do escoamento superficial, além de promover melhorias nas condições ambientais urbanas. Assim, a pesquisa não apenas valida a hipótese levantada, como também reforça a necessidade de incorporar abordagens mais integradas, sustentáveis e adaptativas aos modelos convencionais de drenagem.

Por fim, destacam-se como principais limitações desta pesquisa a adoção de uma escala de análise restrita ao bairro, sem a incorporação da dinâmica integrada da bacia hidrográfica, o que limita a compreensão das interações hidrológicas mais amplas. Além disso, observa-se uma proporcionalidade desigual entre os indicadores do modelo P-E-R, com baixa variabilidade espacial dos indicadores de resposta, uma vez que estes foram aplicados em escala municipal, e não em nível de bairro, diferentemente dos indicadores de pressão e estado. Ressalta-se, ainda, que a análise da infraestrutura verde-azul foi conduzida em caráter diretivo, conceitual e exploratório, não contemplando dimensionamentos técnicos nem simulações de desempenho hidrológico.

Como perspectivas para pesquisas futuras, recomenda-se a ampliação da análise para a escala da bacia hidrográfica, de modo a considerar as interações entre áreas a montante e jusante. Sugere-se, também, a realização de avaliações quantitativas da eficiência da infraestrutura verde na redução do escoamento superficial, bem como o desenvolvimento de processos participativos que envolvam a comunidade e gestores públicos na construção e validação de propostas voltadas ao manejo sustentável das águas pluviais.

4. REFERÊNCIAS

ANDRADE, Liza Maria Souza de; BLUMENSCHHEIN, Raquel Naves. Cidades sensíveis à água: cidades verdes ou cidades compactas, eis a questão. Paranoá: cadernos de arquitetura e urbanismo, n. 10, p. 59-76, 2013.

ARACAJU. Prefeitura Municipal. História de Aracaju. Disponível em: <<https://www.aracaju.se.gov.br/aracaju/historia/>>. Acesso em 27. mar. 2026.

ARACAJU, Prefeitura Municipal - Secretaria Municipal de Defesa Social e Cidadania. **Plano de Contingência**. 24 ed. Aracaju: Prefeitura Municipal de Aracaju, 2024. ARACAJU. Disponível em: <<https://www.aracaju.se.gov.br/index.php?act=leitura&codigo=45034>>. Acesso em 07 de janeiro de 2025.

BARBOSA JÚNIOR, Antenor Rodrigues. **Elementos de Hidrologia Aplicada**. Editora Blucher, 2022.

BAUM, Camila Angélica; GOLDENFUM, Joel Avruch. Indicadores e índices para o gerenciamento de águas pluviais urbanas no Brasil situação atual e oportunidades de evolução. **Rega**: revista de gestión del agua de America Latina. Porto Alegre. Vol. 18 (jan./dez. 2021), e21, 16 p., 2021.

BERNDTSSON, Ronny *et al.* Drivers of changing urban flood risk: A framework for action. **Journal of environmental management**, v. 240, p. 47-56, 2019.

BEZERRA, Maria do Carmo de Lima. *et al.* Simulação de técnicas de infraestrutura verde de drenagem urbana para captação do escoamento superficial. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 16, n. 40, p. 1-16, 2020.

BIBLIOTECA NACIONAL. **Fotografia da Fundação da Cidade de Aracaju**: Resolução nº 413 de 17 de março de 1855. Disponível em: <https://bndigital.bn.gov.br/acervodigital>. Acesso em 07 de janeiro de 2025.

BOING, Larissa; TREVIZAN, Salvador Dal Pozzo; MORALES, Walter Fagundes. Sistema de indicadores para avaliação da sustentabilidade ambiental de comunidades ribeirinhas. **Gaia Scientia**, v. 15, n. 2, p. 1-23.

BRASIL. **Lei n.º 12.608, de 10 de abril de 2012**. Dispõe sobre a política nacional de proteção e defesa civil e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 11 abr. 2012.

CAMPOS, Antônio Carlos. **O Estado e o urbano**: os programas de construção de conjuntos habitacionais em Aracaju. 2005. Disponível em: <https://ri.ufs.br/handle/riufs/1222>. Acesso em 20 de dezembro de 2025.

CASTRO, LMA de; BAPTISTA, Márcio Benedito; CORDEIRO NETTO, O. de M. Análise multicritério para a avaliação de sistemas de drenagem urbana: Proposição de indicadores e de sistemática de estudo. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos-RBRH**, v. 9, n. 4, p. 5-19, 2004.

CHRISTOFIDIS, Demetrios; ASSUMPCÃO, Rafaela dos Santos Facchetti Vinhaes; KLIGERMAN, Débora Cynamon. A evolução histórica da drenagem urbana: da drenagem tradicional à sintonia com a natureza. **Saúde em Debate**, v. 43, p. 94-108, 2020.

COMETTI, José Luís Said; CABRAL, Jaime Joaquim Pereira da Silva; CONCEIÇÃO, Taylse Marielly da. Indicadores de pressão-estado-resposta para avaliação da conservação ambiental de riachos urbanos. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 10, n. 6, p. 194-205, 2019.

DURSO, Pauliane; TARDIN, Raquel. MIGUEZ, Marcelo Gomes; Veról, Aline Pires. Sistema de espaços livres e águas pluviais: propostas para a redução de riscos associados às cheias em Arraial do Cabo, RJ. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, 2019.

FARIAS, Ariadne; MENDONÇA, Francisco. Riscos socioambientais de inundação urbana sob a perspectiva do Sistema Ambiental Urbano. **Sociedade & natureza**, v. 34, 2022.

FARIAS, Cátia Araujo; DE OLIVEIRA, Celso Maran. O impacto ambiental ocasionado pelo movimento de massa nos taludes naturais e construídos. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 13, n. 3, p. 1-20, 2022.

FLICKR. **The best place to be a photographer online**. Disponível em: <https://www.flickr.com/photos/atmospheric-infrared-sounder/8265072146>. Acesso em 15jan. 2025.

FRANÇA, Sarah Lúcia Alves. Direito à cidade e expansão urbana: interferência do Plano diretor na atuação dos agentes produtores do espaço em Aracaju-SE, Brasil. **Direito da Cidade**, v. 11, n. 4, 2019.

FRANÇA, Sarah Lúcia Alves. Vetores de expansão urbana em Aracaju-SE, Brasil: produção (entrelaçada) de cidade pelo Estado e mercado imobiliário. In: **X Seminário Internacional de Investigación en Urbanismo**, Barcelona-Córdoba, Junio 2018. Departament d'Urbanisme i Ordenació del Territori. Universitat Politècnica de Catalunya, 2018.

FRANÇA, Sarah Lúcia Alves; ALMEIDA, Viviane Luise de Jesus. PRA ONDE ARACAJU-SE ESTÁ CRESCENDO? "Condominização", regulação urbanística e conflitos ambientais. Um olhar para o bairro Jabotiana. **Seminário Internacional de Investigación en Urbanismo**, n. 14, 2022.

FRANÇA, Sarah Lúcia Alves; ALMEIDA, Viviane Luise de Jesus; MELO, Catarina Carvalho Santos. 2023. Disponível em: <https://www.observatoriodasmetroles.net.br>. Acessado em 13 de novembro de 2025.

GUERRA, Franciele Caroline; GONÇALVES, Roger Dias; OLIVEIRA, Regina Célia de. Expansão urbana e susceptibilidade à inundações e deslizamentos na Região Metropolitana de Aracaju. **Scientia Plena**, v. 20, n. 8, 2024.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama>. Acesso 03 fev. 2025.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html>. Acesso 27 mar. 2026.

IDSC. **Índice de Desenvolvimento Sustentável das Cidades – Brasil**. Disponível em: <<https://idsc.cidadessustentaveis.org.br/profiles/2800308/>>. Acesso 19 mar. 2026.

IPCC. Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. **Sexto Relatório de Mudanças Climáticas 2022: Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade**. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/chapter/chapter-6/>. Acesso 03 fev. 2025.

LE, Hoang Nghia. Assessing the impacts of urbanization and climate change on urban drainage system. **River**, v. 3, n. 2, p. 181-190, 2024.

LEAL, Elaine Vasconcelos Nascimento; SANTOS, Luiz Ricardo Oliveira; COSTA, Jailton de Jesus. Relações socioambientais em áreas urbanas: uma análise das percepções dos moradores do bairro Jabotiana-Aracaju-SE-Brasil: socio-environmental relations in urban areas: an analysis of the perceptions of residents of neighborhood Jabotiana in Aracaju-SE-Brazil. **Revista GeoNordeste**, n. 2, p. 153-171, 2020.

MAHMOOD, Mohamad Ibrahim *et al.* Lessons learned from Khartoum flash flood impacts: An integrated assessment. **Science of the Total Environment**, v. 601, p. 1031-1045, 2017.

MAINARDI, Matheus Scaglia *et al.* Diagnóstico indicadores de qualidade urbana de Porto Alegre–ABNT NBR ISO37120: 2021. **Encontro Latino americano e Europeu sobre edificações e comunidades sustentáveis**, p. 78-90, 2021.

MENESES, Fernanda Alves Góis *et al.* A expansão dos assentamentos precários e a ocorrência de eventos pluviométricos extremos no espaço urbano da cidade de Aracaju/Sergipe. **Cidades Verdes**, 2024.

MORETTO, Samira Peruchi; RODRIGUES, Adriano Vanderlei Michelotti. Enchente Anunciada: A Construção do Desastre Socioambiental no Município de Saudades, Santa Catarina–Brasil. **Fronteira: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 11, n. 3, p. 144-155, 2022.

NASCIMENTO, Paulo Sérgio de Rezende; OLIVEIRA, Kisley Santos. Análise Espaço-Temporal da Ocorrência de Alagamentos em área intensamente urbanizada. **Revista Contexto Geográfico**, v. 7, n. 14, p. 01-15, 2022.

NOGUEIRA, Adriana Dantas. **Análise sintático-espacial das transformações urbanas de Aracaju (1855-2003)**. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004.

NOGUEIRA, Adriana Dantas; SILVA, Eder Donizeti.; SILVA, Julia P. N. A cidade de Pyrrho: A formação da identidade patrimonial de Aracaju no séc. XIX. **Aracê**, v. 6, n. 3, p. 6868-6884, 2024.

OLIVEIRA, Aline da Nóbrega *et al.*. Padrões urbanos facilitadores da recarga de aquíferos. **Revista de Morfologia Urbana**, v. 7, n. 2, p. e00117-e00117, 2019.

RIPOL, Bárbara; PINHEIRO, Emerson; LOPES, Deize Dias. Seleção de indicadores de sustentabilidade para avaliação do sistema de drenagem urbana. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 1, n. 1, 2013.

SANTIAGO, Márcia Maria Santos. DESPROPORÇÃO DA REDE: da escala nacional ao subsistema urbano de Aracaju. **Revista do Instituto Histórico e Geográfico de Sergipe**, v. 43, pág. 341-358, 2013.

SANTOS, Alizete dos. **Riscos geomorfológicos e hidrológicos em Aracaju**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, 2012.

SANTOS, Layara de Paula Sousa. **Indicadores socioambientais para avaliação de sistemas de drenagem urbana**. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Goiás, 2022.

SANTOS, Layara de Paula Sousa; FORMIGA, Klebber Teodomiro Martins; FERREIRA, Nilson Clementino. Construção de um indicador socioambiental e a relação com o sistema de drenagem urbana. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais (RBCIAMB)**, v. 55, n. 2, p. 171-191, 2020.

SERAPHIM, Ana Paula Albuquerque Campos Costalonga. Relações entre as áreas de recarga dos aquíferos e áreas destinadas à urbanização: estudo dos padrões de ocupação do solo da unidade hidrográfica do Lago Paranoá-DF. Distrito Federal: Maurício Suda, 2018.

SERAPHIM, Ana Paula; BEZERRA, Maria do Carmo Lima de. CIDADE E ÁGUA: RELAÇÕES ENTRE TIPOLOGIAS DE OCUPAÇÃO URBANA E RECARGA DE AQUÍFEROS. **CI (UR)-Cuadernos de Investigación Urbanística, Madrid, Ano XI**, n. 126, 2019.

SILVA, Rômulo Magno da et al. Rios urbanos em Poços de Caldas, Minas Gerais: indicadores de sustentabilidade e segurança ambiental. *Revista Contemporânea*, v. 3, n. 11, p. 20780-20796, 2023.

SUGAHARA, Cibele Roberta; FERREIRA, Denise Helena Lombardo; MENDES, Jakeline Pertile. Análise dos indicadores de sustentabilidade para a gestão da segurança hídrica nas bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 12, n. 1, p. e12164-e12164, 2023.

Tucci, Carlos Eduardo Morelli. **Águas urbanas**. Estudos Avançados [online], v. 22, n. 63. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200007>>. Acessado em 05 de fevereiro de 2005, pp. 97- 112, 2008.

Tucci, Carlos Eduardo Morelli. **Gestão da drenagem urbana**. Brasília, DF: CEPAL. Escritório no Brasil/IPEA, 2012.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Gestão de águas pluviais urbanas**. Programa de Modernização do Setor Saneamento, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, Ministério das Cidades, 2005.

VEIGA, José Eli da. **Indicadores de sustentabilidade**. Estudos avançados, v. 24, p. 39-52, 2010.

VITÓRIA, Richara Moreira. **O papel da rede hídrica na construção da paisagem urbana: um estudo da microbacia dos cesários na cidade de Anápolis**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília, Brasília, 2021.

ANEXOS

30/03/26, 15:40

e-DOC - Gerenciador Eletrônico de Documentos e Processos

Consultar Protocolo

Protocolo:

Data Autuação:

Requerente:

Fase:

Assunto:

Data do Documento:

Arquivo:

Tipo de Documento:

Órgão Autuação:

Unidade Autuação:

Atualizar 🔄

Dados do documento

Protocolo:

<https://edoc.se.gov.br/docflow/xhtml/docflow/external/principal/protocoloExternoListar.jsf>

1/1

RECEBIDO
EM 21/10/24



SERGIPE
GOVERNO DO ESTADO

SECRETARIA DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO
URBANO E INFRAESTRUTURA

Geraldo P. dos Santos
Protocolo

Página: 1 de 1

Ofício Externo nº 1261/2024-SEDURBI

Aracaju, 21 de outubro de 2024.

A Sua Excelência o Senhor
Antônio Sérgio Ferrari Vargas
Diretor-Presidente da Empresa Municipal de Obras e Urbanização – EMURB
Av. Augusto Franco, 3340 – Ponto Novo
CEP: 49097-670.

Assunto: Solicitação de Dados sobre Drenagem Urbana no Bairro Jabutiana - Aracaju/SE.

Senhor Diretor-Presidente,

Cumprimentando-o cordialmente, vimos por meio deste expediente, encaminhar Ofício em anexo, protocolado nesta Secretaria sob o nº: 026000.18723/2024-3 referente a solicitação de dados sobre drenagem urbana no Bairro Jabotiana para análise e providências cabíveis.

Sem mais, renovamos os protestos de estima e consideração, mantendo-nos à disposição para demais esclarecimentos.

Atenciosamente,



ASSINADO ELETRONICAMENTE
Verificar autenticidade conforme mensagem
apresentada no rodapé do documento

Igor Ribeiro de Albuquerque
Secretário(a) de Estado

Rua Vila Cristina, 1051, Bairro São José, Aracaju/SE
PABX: (79) 3198-5300 - CEP: 49020-150 www.sedurbs.se.gov.br

e-DOC – Documento Virtual válido conforme Decreto nº 40.394/2019

Consultar Protocolo

Protocolo:

Data Autuação:

Requerente:

Fase:

Assunto:

Data do Documento:

Arquivo:

Tipo de Documento:

Órgão Autuação:

Unidade Autuação:

Clique para visualizar arquivo

Dados do documento

Protocolo:

Estado

Motivo do Estado:

Último Andamento

Órgão:

Local:

Responsável:

Ofício Externo nº 758/2024-SEMAC

Aracaju, 23 de outubro de 2024.

A Senhora,
Brendha Gonçalves de Jesus

Assunto: Resposta ao processo nº 035000.04126/2024-1.

Prezada Senhora

Cumprimentando-a cordialmente e em atendimento protocolo em epígrafe, informamos que tal solicitação, referente aos dados sobre drenagem urbana no Bairro Jabotiana, são de competência do Município, desta forma, orientamos que a informação pretendida seja formalizada junto a Empresa Municipal de Obras – EMURB e a Defesa Civil de Aracaju.

Atenciosamente,



ASSINADO ELETRONICAMENTE
Verificar autenticidade conforme mensagem
apresentada no rodapé do documento

Deborah Cristina de Andrade Menezes Dias
Secretário(a) de Estado

**Protocolo 113.669/2024**

Situação em 30/03/2026 15:44: Finalizado | Código nº 140.917.295.224.814.066



Brendha Gonçalves de Jesus

- 79 999273608

CPF 068.XXX.XXX-98

- - - - -

Para

EMURB-PRES - Pre

EMURB-PRES - Presidência

Em 21/10/2024 às 11:54

Ofício - EMURB (Obras e Urbanização)

Prezados,

Segue em anexo ofício de solicitação.

[Ofício.pdf \(63,87 KB\)](#)

17 downloads

[A revisar](#)**Transparência — Quem já visualizou**

Consulta externa por código		18/02/2025 às 19:16
João Bosco Santana de Oliveira -	EMURB » EMURB - PRES » EMURB-OUVIDORIA	10/02/2025 às 08:45
Brendha Gonçalves de Jesus		06/01/2025 às 15:08
Quézia Heloísa Santos -	SEMINFRA	28/10/2024 às 15:13
Ana Carolina Santos Carvalho -	SEMINFRA	25/10/2024 às 16:08
Antonio Sergio Ferrari Vargas -	SEMINFRA	25/10/2024 às 15:14
Flavius Nahum Souza dos Santos -	EMURB » EMURB-PRES » EMURB-VIPRES » EMURB-ASS AMBIENTE	25/10/2024 às 08:04
Ubirajara Barreto Santos -	EMURB » EMURB - PRES » EMURB-VIPRES	25/10/2024 às 07:51
Ana Carolina Santos Carvalho -	EMURB » EMURB-PRES	21/10/2024 às 15:47
Quézia Heloísa Santos -	EMURB » EMURB-PRES	21/10/2024 às 11:59

Antonio Sergio Ferrari Vargas - EMURB » EMURB-PRES

21/10/2024 às
11:56

Despacho 1-
113.669/2024
24/10/2024 16:56
(Encaminhado)

Tramitação


 EMURB »
EMURB-PRES
Antonio Sergio
Ferrari Vargas -
*Secretario Municipal
de Infraestrutura*

 EMURB » EMURB
- PRES » **EMURB-
VIPRES**
A/C Ubirajara
Barreto Santos -
Engenheiro Civil

Despacho 2-
113.669/2024
25/10/2024 07:52
(Encaminhado)

Tramitação

 EMURB » EMURB
- PRES » **EMURB-
VIPRES**
Ubirajara Barreto
Santos - *Engenheiro
Civil*

 EMURB » EMURB-
PRES » EMURB-
VIPRES »
**EMURB-ASS
AMBIENTE**
A/C Flavius Nahum
Souza dos Santos -
*Engenheiro Florestal
/ Engenheiro de
Segurança do
Trabalho*

Despacho 3-
113.669/2024

Tramitação

25/10/2024 12:18

(Respondido)



EMURB » EMURB-
PRES » EMURB-
VIPRES »

**EMURB-ASS
AMBIENTE**

Flavius Nahum
Souza dos Santos -
*Engenheiro Florestal
/ Engenheiro de
Segurança do
Trabalho*



EMURB » EMURB
- PRES » **EMURB-
VIPRES**

A/C Ubirajara
Barreto Santos -
Engenheiro Civil

**Despacho 4-
113.669/2024**

25/10/2024 14:53

(Encaminhado)

Tramitação



EMURB » EMURB
- PRES » **EMURB-
VIPRES**

Ubirajara Barreto
Santos - *Engenheiro
Civil*



SEMINFRA
A/C Antonio Sergio
Ferrari Vargas -
*Secretario Municipal
de Infraestrutura*

**Despacho 5-
113.669/2024**

31/12/2024 08:56

(Encaminhado)


Tramitação



SEMINFRA
Antonio Sergio
Ferrari Vargas -
*Secretario Municipal
de Infraestrutura*

30/03/26, 15:45

Verificação de assinaturas | Central de Serviços | Prefeitura de Aracaju | 1Doc


 EMURB » EMURB
- PRES » **EMURB-OUVIDORIA**
A/C Andre Ferreira de Oliveira Silva -
Assessoria Técnica


Despacho 6-113.669/2024
10/02/2025 08:46
(Respondido)

Prezada

Para conhecimento, agradecemos a utilização deste canal de informação

...

 EMURB » EMURB
- PRES » **EMURB-OUVIDORIA**
João Bosco Santana de Oliveira -
Assessor Técnico

 **Brendha**
Gonçalves de Jesus

Situação atual: Finalizado

1Doc • Comunicação Interna, Atendimento, Documentos e Tarefas • www.1doc.com.br

« Voltar - Central de Atendimento

**Protocolo 120.536/2025**

Situação em 30/03/2026 15:45: Finalizado | Código nº 256.717.603.838.253.382



Brendha Gonçalves de Jesus
· 79 999273608
CPF 068.XXX.XXX-98
· · · · ·

Para

EMURB-GAB PRES -...

EMURB-GAB PRES - Gabinete Presidência

Em 13/10/2025 às 16:30

Ofício - EMURB (Obras e Urbanização)

Prezados,

Segue via ofício solicitação de informações e documentos.

Agradeço antecipadamente pela atenção e colaboração.






[_Ofcio_2_1.pdf \(72,11 KB\)](#)





21 downloads

A revisar






Transparência — Quem já visualizou

Joana Angelica Alves Mendonca de Oliveira -	EMURB » EMURB - PRES » EMURB-DIURB » EMURB-COURB	30/10/2025 às 15:44
Raquel Oliveira Carvalho -	EMURB » EMURB - PRES » EMURB-DIURB » EMURB- COPLAN » EMURB-DPTO LIC OBRA INFRA	30/10/2025 às 08:29
Andréa Galindo de Góes -	EMURB » EMURB - PRES » EMURB-DIURB » EMURB-COURB	24/10/2025 às 12:03
Jéssica Bernardo Azevedo Alves -	EMURB » EMURB - PRES » EMURB-DIURB » EMURB-COURB	24/10/2025 às 10:42
Hertha Pedrosa Dantas -	EMURB » EMURB - PRES » EMURB-DIURB	24/10/2025 às 10:30
Brendha Gonçalves de Jesus		15/10/2025 às 08:38
Ana Carolina Santos Carvalho -	EMURB » EMURB-PRES	14/10/2025 às 16:00
Lorena Cardoso Santos -	EMURB » EMURB-PRES	14/10/2025 às 14:47
Edson Barreto Vasconcelos -	EMURB » EMURB - PRES » EMURB-GAB PRES	14/10/2025 às 08:15

<p>Despacho 1- 120.536/2025 14/10/2025 08:18 (Encaminhado)</p> <p> EMURB » EMURB - PRES » EMURB-GAB PRES Edson Barreto Vasconcelos - <i>Chefe de Gabinete</i></p> <p> EMURB » EMURB-PRES</p>	<p><i>Tramitação</i></p>
<p>Despacho 2- 120.536/2025 14/10/2025 16:02 (Respondido)</p> <p> EMURB » EMURB-PRES Ana Carolina Santos Carvalho - <i>Engenheira</i></p> <p> Brendha Gonçalves de Jesus</p>	<p>Prezado (a),</p> <p>Cumprimentando-o cordialmente e por determinação do Presidente desta empresa, informamos que acusamos o recebimento de sua solicitação.</p> <p>Para darmos andamento ao pleito constante do protocolo inaugural, solicitamos, por gentileza, o envio da requisição formal, a ser disponibilizada pela instituição ou pelo Orientador de Vossa Senhoria, ou, alternativamente, o comprovante de matrícula no curso mencionado.</p> <p>Ressaltamos que tais documentos têm a única finalidade de identificação, a fim de assegurarmos a autenticidade do pedido e a segurança no atendimento.</p> <p>Atenciosamente,</p> <p></p>
<p>Despacho 3- 120.536/2025 16/10/2025 09:13 (Respondido)</p> <p>Brendha Gonçalves de Jesus</p> <p>- 79 999273608 CPF 068.XXX.XXX-98</p> <p> Envolvidos</p>	<p>Prezada,</p> <p>Segue em anexo o atestado de matrícula.</p> <p>Grata pela atenção.</p> <hr/> <p>Atestado_de_matricula.pdf (100,90 KB) 1 download</p> <p>A revisar</p>
<p>Despacho 4- 120.536/2025 23/10/2025 15:15 (Encaminhado)</p> <p> EMURB » EMURB-PRES Ana Carolina Santos</p>	<p><i>Tramitação</i></p>

<p>Carvalho - <i>Engenheira</i></p> <p> EMURB » EMURB - PRES » EMURB-DIURB</p>	
<p>Despacho 5- 120.536/2025 24/10/2025 10:35 (Respondido)</p> <p> EMURB » EMURB - PRES » EMURB-DIURB Hertha Pedrosa Dantas - <i>Diretora de Urbanismo</i></p> <p> EMURB » EMURB-PRES A/C Ana Carolina Santos Carvalho - <i>Engenheira</i></p>	<p><i>Tramitação</i></p>
<p>Despacho 6- 120.536/2025 24/10/2025 10:37 (Encaminhado)</p> <p> EMURB » EMURB - PRES » EMURB-DIURB Hertha Pedrosa Dantas - <i>Diretora de Urbanismo</i></p> <p> EMURB » EMURB - PRES » EMURB-DIURB » EMURB-COURB</p>	<p><i>Tramitação</i></p>
<p>Despacho 7- 120.536/2025 24/10/2025 11:58 (Respondido)</p> <p> EMURB » EMURB-PRES Ana Carolina Santos</p>	<p>Prezada,</p> <p>Informamos que após verificação do nosso corpo técnico, com exceção dos itens 7 e 9, os demais são de competência da SMTT / EMSURB e SEMA. Sugerimos que seja protocolado solicitação aos órgãos citados.</p> <p>Quanto ao que compete a EMURB, estamos aguardando o retorno do setor com as informações para posterior encaminhamento.</p> <p></p>

<p>Carvalho - <i>Engenheira</i></p> <p> Brendha Gonçalves de Jesus</p>	
<p>Despacho 8- 120.536/2025 29/10/2025 17:06 (Encaminhado)</p> <p> EMURB » EMURB - PRES » EMURB- DIURB » EMURB- COURB Andréa Galindo de Góes - <i>Coordenadora</i></p> <p> EMURB » EMURB - PRES » EMURB- DIURB » EMURB- COPLAN » EMURB-DPTO LIC OBRA INFRA</p>	<p><i>Tramitação</i></p>
<p>Despacho 9- 120.536/2025 30/10/2025 09:42 (Respondido)</p> <p> EMURB » EMURB - PRES » EMURB- DIURB » EMURB- COPLAN » EMURB-DPTO LIC OBRA INFRA Raquel Oliveira Carvalho - <i>Engenheira Civil</i></p> <p> EMURB » EMURB - PRES » EMURB- DIURB » EMURB- COURB</p>	<p><i>Tramitação</i></p>
<p>Despacho 10- 120.536/2025 31/10/2025 15:34 (Respondido)</p>	<p><i>Tramitação</i></p>

<p> EMURB » EMURB - PRES » EMURB- DIURB » EMURB- COURB Andréa Galindo de Góes - <i>Coordenadora</i></p> <p> EMURB » EMURB - PRES » EMURB- DIURB</p>	
<p>Despacho 11- 120.536/2025 31/10/2025 16:18 (Respondido)</p> <p> EMURB » EMURB - PRES » EMURB- DIURB Hertha Pedrosa Dantas - <i>Diretora de Urbanismo</i></p> <p> EMURB » EMURB-PRES A/C Lorena Cardoso Santos - <i>Assessora Técnica</i></p>	<p><i>Tramitação</i></p>
<p>Despacho 12- 120.536/2025 24/11/2025 17:33 (Respondido)</p> <p> EMURB » EMURB-PRES Lorena Cardoso Santos - <i>Assessora Técnica</i></p> <p> Brendha Gonçalves de Jesus</p>	<p>Prezada,</p> <p>Cumprimentando-a cordialmente e por determinação do Presidente desta empresa, em atendimento à solicitação constante do presente protocolo, após consulta junto ao nosso corpo técnico (COURB/DIURB), no que concerne ao manejo de águas pluviais no Bairro Jabotiana, informamos o que segue:</p> <p>Item 7 – Plano Diretor de Drenagem Urbana: O Município de Aracaju não possui Plano Diretor de Drenagem Urbana formalmente instituído. Entretanto, a Empresa Municipal de Obras e Urbanização (EMURB) adota diretrizes técnicas internas para análise e aprovação de projetos de drenagem pluvial de empreendimentos, com base em normas técnicas da ABNT, manuais de drenagem urbana e legislações municipais pertinentes.</p> <p>Essas diretrizes têm como objetivo garantir o correto dimensionamento e integração dos sistemas de drenagem particulares com as redes públicas existentes, bem como a adoção de medidas compensatórias para controle de vazões e amortecimento de cheias.</p> <p>Anexamos, ainda, as Leis Complementares 042/2000 e 043/2000 (PDDU e Código de Obras, respectivamente).</p> <p>Reforçamos que, com exceção dos itens 7 e 9, os demais são de competência da SMTT / EMSURB e SEMA. Sugerimos que seja protocolado solicitação aos órgãos citados.</p> <p>Atenciosamente,</p>

30/03/26, 15:45

Verificação de assinaturas | Central de Serviços | Prefeitura de Aracaju | 1Doc

...		
LEI_COMPLEMENTAR_43_2000_CODIGO_DE_OBRAS.pdf	3	<i>downloads</i>
(9,91 MB)		
A revisar		
<hr/>		
PLANO_DIRETOR.rar	2	<i>downloads</i>
(32,73 MB)		
A revisar		

Situação atual: Finalizado

1Doc • Comunicação Interna, Atendimento, Documentos e Tarefas • www.1doc.com.br

« Voltar - Central de Atendimento

**Protocolo 120.534/2025**

Situação em 30/03/2026 15:46: Finalizado | Código nº 641.217.603.837.866.462

Brendha Gonçalves de Jesus
 · 79 999273608
 CPF 068.XXX.XXX-98
 · · · · · · · · · ·

Para

EMSURB-PRES - Pr...

EMSURB-PRES - Presidência

Em 13/10/2025 às 16:29

Ofício - EMSURB (Serviços Urbanos)

Prezados,

Segue via ofício solicitação de informações e documentos.

Agradeço antecipadamente pela atenção e colaboração.

[_Ofcio_2.pdf](#) (72,10 KB)

23 downloads

A revisar

Transparência — Quem já visualizou

Luiza Oliveira Neta -	EMSURB » EMSURB-PRES » EMSURB-PRES-DIROP » EMSURB-PRES-DIROP-GERLU » EMSURB-PRES-DIROP-GERLU-CLP	22/10/2025 às 11:28
Valeria Bispo Dos Santos -	SEMINFRA » SEMINFRA-COMPDEC	20/10/2025 às 12:27
Lorena Cardoso Santos -	EMURB	20/10/2025 às 10:50
Milena Bento da Silva -	EMSURB » EMSURB-PRES » EMSURB-PRES-DIRET » EMSURB-PRES-DIROP-GEREC » CAC	20/10/2025 às 10:32
Ana Carolina Santos Carvalho -	EMURB	20/10/2025 às 10:16
Diego Leite Cruz Hora -	EMSURB » EMSURB-PRES » EMSURB-PRES-DIRET » EMSURB-PRES-DIROP-GEREC » CAC	15/10/2025 às 12:27
Letícia Bispo da Rocha -	EMSURB » EMSURB-PRES » EMSURB-PRES-DIRET » EMSURB-PRES-DIROP-GEREC » CAC	15/10/2025 às 09:09
Brendha Gonçalves de Jesus		15/10/2025 às 08:36
Elder Muniz Santos -	EMSURB » EMSURB-PRES » EMSURB-PRES-DIROP	15/10/2025 às 08:00
Clara Angelica de Lima Araujo -	EMSURB » EMSURB-PRES » EMSURB-PRES-DIROP » EMSURB-PRES-DIROP-GERLU » EMSURB-PRES-DIROP-GERLU-CLP	15/10/2025 às 07:58

Chisthofen Pereira Prado -	EMSURB » EMSURB-PRES » EMSURB-PRES-DIROP » EMSURB-PRES-DIROP-GERLU	15/10/2025 às 07:47
Sllayne Acciole Gomes de Figueiredo -	EMSURB » EMSURB-PRES	15/10/2025 às 07:37
Hugo Esoj dos Santos -	EMSURB » EMSURB-PRES	13/10/2025 às 16:45

**Despacho 1-
120.534/2025**

15/10/2025 07:39

(Encaminhado)

Tramitação

EMSURB »
EMSURB-PRES
Sllayne Acciole
Gomes de
Figueiredo -
ASSESSORA
GABINETE DA
PRESIDENCIA



EMSURB »
EMSURB-PRES »
**EMSURB-PRES-
DIROP**

**Despacho 2-
120.534/2025**

15/10/2025 08:14

(Encaminhado)








Tramitação


EMSURB »
EMSURB-PRES »
**EMSURB-PRES-
DIROP**
Elder Muniz Santos -
Diretor DIROP



EMSURB »
EMSURB-PRES »
EMSURB-PRES-
DIROP »
**EMSURB-PRES-
DIROP-GERLU**

**Despacho 3-
120.534/2025***Tramitação*

<p>20/10/2025 09:45 (Encaminhado)</p> <p> EMSURB » EMSURB-PRES » EMSURB-PRES- DIROP » EMSURB-PRES- DIROP-GERLU Chisthofen Pereira Prado - <i>Gerente de Limpeza Urbana - GERLU</i></p> <p> EMSURB » EMSURB-PRES » EMSURB-PRES- DIROP A/C Elder Muniz Santos - <i>Diretor DIROP</i></p>	
<p>Despacho 4- 120.534/2025 20/10/2025 09:58 (Encaminhado)</p> <p> EMSURB » EMSURB-PRES » EMSURB-PRES- DIROP Elder Muniz Santos - <i>Diretor DIROP</i></p> <p> SEMINFRA » SEMINFRA- COMPDEC</p>	<p>Tramitação</p>
<p>Despacho 5- 120.534/2025 20/10/2025 10:52 (Respondido)</p> <p> EMURB Ana Carolina Santos Carvalho - <i>Engenheira</i></p> <p> Brendha Gonçalves de Jesus</p>	<p>Prezada,</p> <p>Cumprimentando-a cordialmente e por ordem do Secretário, informamos que se faz necessário encaminhar também uma requisição assinada junto com o seu orientador, se possível também pelo seu departamento, explanando mais sobre a temática do TCC, as informações e documentações que necessita e quanto ao vínculo também. Assim fica mais claro de podermos auxiliá-la e o nosso setor técnico quando reunir os documentos.</p> <p>Atenciosamente,</p> <p></p>

Despacho 6-120.534/2025 30/10/2025 08:56 (Respondido)	Prezados, Segue em anexo os documentos solicitados.
Brendha Gonçalves de Jesus · 79 999273608 CPF 068.XXX.XXX-98	Atestado_de_matricula.pdf (100,90 KB) 3 downloads A revisar
 Envolvidos	Oficio_3_assinado_assinado.pdf (146,11 KB) 0 downloads A revisar

Situação atual: Finalizado

1Doc • Comunicação Interna, Atendimento, Documentos e Tarefas • www.1doc.com.br

« Voltar - Central de Atendimento

**Protocolo 141.665/2025**

Situação em 30/03/2026 15:46: Finalizado | Código nº 163.617.647.876.540.848

Brendha Gonçalves de Jesus
 - 79 999273608
 CPF 068.XXX.XXX-98

Para

SSM/AJU-GAB - Ga...

SEMDEC-GAB - Gabinete

Em 03/12/2025 às 15:47

Ofício - SSM/AJU (Segurança e Cidadania)

Prezados,

Segue em anexo ofício para solicitação de informações e documentos correspondentes.

[Atestado_de_matricula.pdf](#) (100,90 KB)

3 downloads

A revisar

[Oficio_4.pdf](#) (70,46 KB)

3 downloads

A revisar

Transparência — Quem já visualizou


Valeria Bispo Dos Santos -	SEMINFRA » SEMINFRA-COMPDEC	27/01/2026 às 15:18
Hellen Priscila Dias de Souza -	SEMINFRA » SEMINFRA-COMPDEC » SEMINFRA-COMPDEC-CGDEC » SEMINFRA-COMPDEC-CGDEC-COTEC	22/01/2026 às 16:04
Bruno Luiz Leite Martins -	SEMINFRA » SEMINFRA-COMPDEC » SEMINFRA-COMPDEC-CGDEC » SEMINFRA-COMPDEC-CGDEC-COTEC	22/01/2026 às 13:54
Brendha Gonçalves de Jesus		12/12/2025 às 11:07
Valeria Bispo Dos Santos -	SEMINFRA » SEMINFRA-COMPDEC » SEMINFRA-COMPDEC-CGDEC	03/12/2025 às 17:21
Sandrielle Santos de Souza -	SSM/AJU » SSM/AJU-GAB	03/12/2025 às 16:44

Despacho 1-141.665/2025

03/12/2025 16:45

(Encaminhado)


Tramitação


 SSM/AJU »
SSM/AJU-GAB
Sandrielle Santos de Souza - *Chefe de Gabinete*

 SEMINFRA »
SEMINFRA-COMPDEC »
SEMINFRA-COMPDEC-CGDEC

Despacho 2-141.665/2025
22/01/2026 12:24
(Encaminhado)

Tramitação

 SEMINFRA »
SEMINFRA-COMPDEC »
SEMINFRA-COMPDEC-CGDEC
Valeria Bispo Dos Santos - *Coordenadora Geral*

 SEMINFRA »
SEMINFRA-COMPDEC »
SEMINFRA-COMPDEC-CGDEC »
SEMINFRA-COMPDEC-CGDEC-COTEC
A/C Bruno Luiz Leite Martins - *Geólogo / Técnico Operacional*

Despacho 3-141.665/2025
22/01/2026 14:26
(Respondido)

Tramitação

 SEMINFRA »
SEMINFRA-COMPDEC »
SEMINFRA-COMPDEC-CGDEC »

30/03/26, 15:46

Verificação de assinaturas | Central de Serviços | Prefeitura de Aracaju | 1Doc

**SEMINFRA-
COMPDEC-
CGDEC-COTEC**

Bruno Luiz Leite
Martins - *Geólogo /
Técnico Operacional*

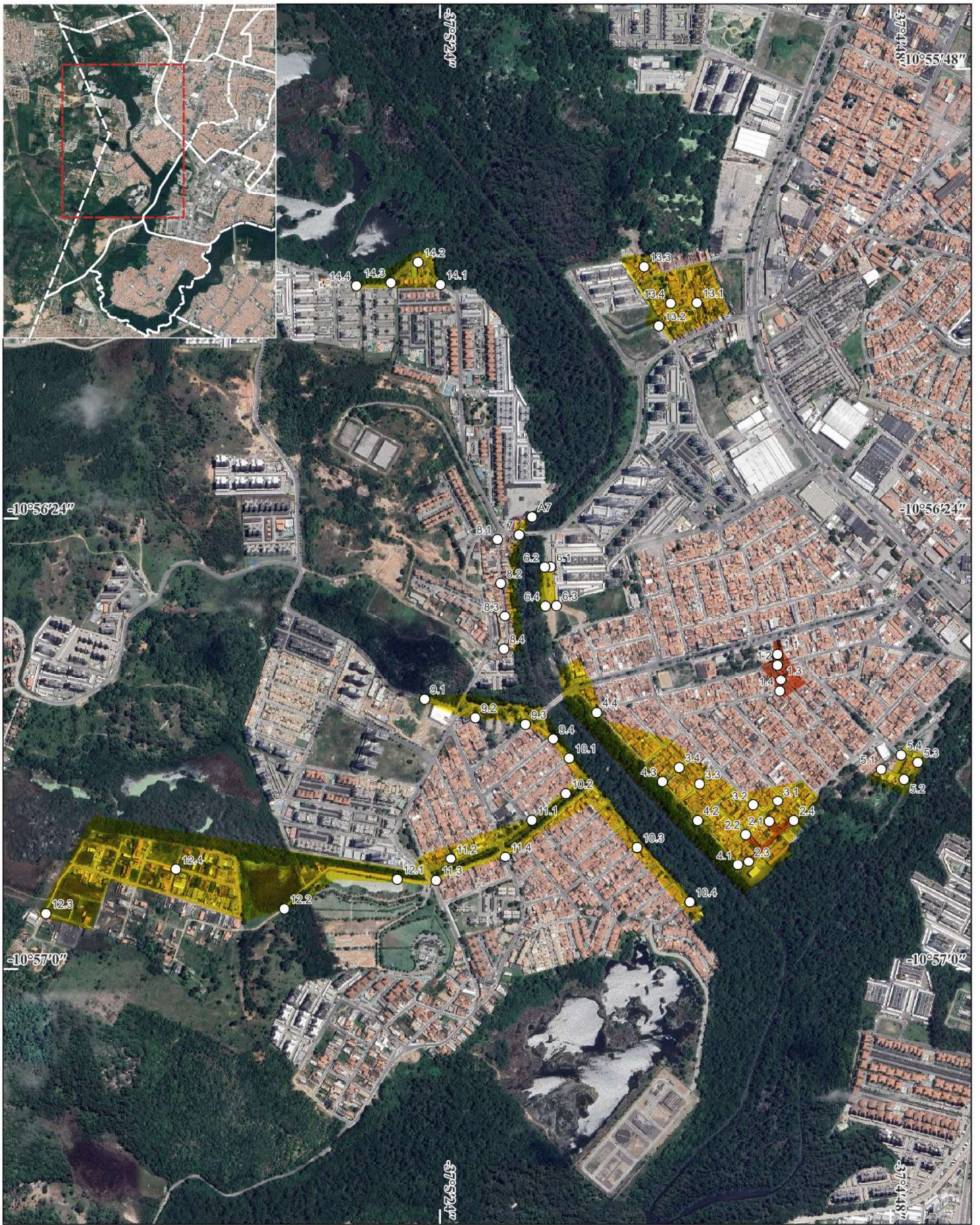


Envolvidos

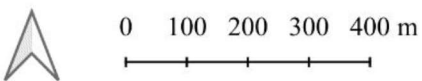
Situação atual: Finalizado

1Doc • Comunicação Interna, Atendimento, Documentos e Tarefas • www.1doc.com.br

« Voltar - Central de Atendimento



Pontos de análise das áreas suscetíveis a inundação e alagamento



Fonte: Defesa Civil, 2024
 Sistema de Coordenadas UTM
 Datum SIRGAS 2000

- Pontos de campo
- Área de alagamento
- Área de inundação