



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
CURSO BACHARELADO EM ENGENHARIA HÍDRICA

ELAINE ALVES DE ARAÚJO

**ANÁLISE INTEGRADA DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS E URBANAS NO
MUNICÍPIO DE LAJEDO-PE: UM ESTUDO DE CASO**

Belo Jardim-PE

2026

ELAINE ALVES DE ARAÚJO

**ANÁLISE INTEGRADA DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS E URBANAS NO
MUNICÍPIO DE LAJEDO-PE: UM ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Bacharelado em
Engenharia Hídrica da Universidade
Federal Rural de Pernambuco, como
requisito parcial para obtenção do título de
Engenheira Hídrica
Orientador (a): Silvanete Severino da Silva

Belo Jardim-PE

2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Bibliotecário(a): Nubia Matos – CRB-4 2234

A658a Araújo, Elaine Alves de.
Análise integrada das condições ambientais e urbanas
no município de Lajedo-PE: um estudo de caso / Elaine
Alves de Araújo. – Belo Jardim, 2026.
93 f.

Orientador(a): Silvanete Severino da Silva.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) –
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade
Acadêmica de Belo Jardim - UABJ, Bacharelado em
Engenharia Hídrica, Belo Jardim, BR-PE, 2026.

Inclui referências e apêndice(s).

1. Drenagem urbana. 2. Geoprocessamento. 3.
Planejamento territorial urbano. 4. Vulnerabilidade 5.
Regiões áridas - Pernambuco. I. Silva, nete Severino da,
orient. II. Título

CDD 627

ELAINE ALVES DE ARAÚJO

**ANÁLISE INTEGRADA DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS E URBANAS NO
MUNICÍPIO DE LAJEDO-PE: UM ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Bacharelado em
Engenharia Hídrica da Universidade
Federal Rural de Pernambuco, como
requisito parcial para obtenção do título de
Bacharelado em Engenharia Hídrica.

Aprovado em: 10/07/2026

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Silvanete Severino da Silva (Orientadora)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. José Roberto Lopes da Silva (Examinador Interno)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profa. Dra. Marcella Viana Cabral Paiva
(Examinador Externo)
Instituto Federal de Goiás

DEDICAÇÃO

Dedico este trabalho, primeiramente, a Deus, por me conceder força, sabedoria e a oportunidade de concluir o curso de Engenharia Hídrica, permitindo que este sonho de criança se tornasse realidade.

Aos meus pais, que foram pilares fundamentais em toda a minha trajetória acadêmica e pessoal. Sempre acreditaram no meu potencial, muitas vezes mais do que eu mesma. Ao meu pai, que nunca mediu esforços para me apoiar, estando presente em todos os momentos, enfrentando chuva ou qualquer dificuldade para me buscar no ponto da van todas as noites. À minha mãe, que, com sua fé inabalável, esteve ao meu lado em oração, especialmente nos períodos mais difíceis, quando enfrentei crises depressivas e desafios que pareciam impossíveis de superar.

Ao meu noivo, Clayton, que compartilhou comigo esta jornada. Esteve presente nos momentos de alegria, mas, sobretudo, nos períodos de turbulência, estresse e incertezas. Com seu apoio, incentivo e companheirismo, ajudou-me a reencontrar o propósito quando eu me sentia perdida. Sonhou este sonho ao meu lado e, juntos, vencemos cada obstáculo que surgiu ao longo do caminho.

Dedico também aos meus amigos Rebeca e Joel que desde o início dos estudos sempre estivemos juntos um ajudando ao outro nas dificuldades acadêmicas, incentivando a não desistir nas dificuldades enfrentadas durante todo o curso.

Ao meu querido professor José Roberto que foi um profissional e amigo que me abriu as primeiras portas da pesquisa onde tive a oportunidade de conhecer pessoas, vivenciar os conhecimentos na prática, graças a ele aumentou minha bagagem de conhecimento.

Com especial carinho, dedico também este trabalho à minha orientadora, Professora Doutora Silvanete Severino Silva, uma profissional admirável, extremamente competente e de um coração generoso. Sua confiança em mim, mesmo diante das minhas dificuldades, foi importante para que eu acreditasse na minha capacidade para seguir em frente. Sua orientação, paciência e dedicação deixaram marcas que levarei para toda a vida.

A todos vocês, minha eterna gratidão. Esta conquista é nossa!

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha orientadora, Professora Doutora Silvanete Severino da Silva minha sincera gratidão pela confiança, dedicação, paciência e pelos valiosos ensinamentos compartilhados ao longo deste trabalho. Sua orientação foi fundamental para o desenvolvimento desta pesquisa e para o meu crescimento acadêmico e profissional. Sua competência, generosidade e compromisso com a educação foram inspirações durante todo o processo.

Agradeço também aos professores do curso de Engenharia Hídrica com carinho Professora Doutora Juliana Chagas, Professor Doutor José Roberto e Professor Doutor Heronilton que contribuíram para minha formação por meio de seus conhecimentos, experiências e ensinamentos, deixando marcas importantes em minha trajetória acadêmica.

Aos colegas, amigos e a todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, oferecendo apoio, incentivo ou palavras de encorajamento, deixo meu sincero agradecimento.

Por fim, agradeço à instituição de ensino pela oportunidade de crescimento pessoal e profissional, bem como toda a equipe de limpeza, bibliotecárias, seguranças que fizeram parte desta jornada. Esta conquista representa não apenas o encerramento de uma etapa, mas também o início de novos desafios e oportunidades.

RESUMO

O crescimento urbano associado às limitações da infraestrutura sanitária tem intensificado os desafios relacionados à gestão ambiental e ao planejamento territorial em municípios do semiárido brasileiro. Nesse contexto, este estudo teve como objetivo analisar as condições ambientais, urbanas e de saneamento do município de Lajedo-PE, por meio da integração de informações territoriais, socioeconômicas e ambientais, visando identificar fragilidades relacionadas ao uso e ocupação do solo, à infraestrutura urbana e à drenagem pluvial. A pesquisa adotou abordagem qualitativa, de caráter descritivo, exploratório e analítico, utilizando dados secundários provenientes do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico (SINISA), Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e MapBiomas. Complementarmente, foram empregadas técnicas de geoprocessamento em Sistema de Informações Geográficas (SIG), sensoriamento remoto, análise espacial, interpretação de imagens orbitais, levantamentos de campo georreferenciados e aplicação de questionários para avaliação da percepção da população sobre as condições ambientais e sanitárias locais. Os resultados evidenciaram que o município apresentou população predominantemente urbana, crescimento demográfico contínuo e limitações significativas na infraestrutura de saneamento, destacando-se a cobertura de apenas 21,9% dos serviços de esgotamento sanitário, atendimento de 62,5% na coleta de resíduos sólidos e ausência de informações sistematizadas sobre drenagem urbana. As análises espaciais e de campo permitiram identificar áreas vulneráveis à ocorrência de alagamentos, associadas à impermeabilização do solo, à configuração topográfica e à insuficiência dos sistemas de microdrenagem. Além disso, verificou-se que a expansão urbana e a ocupação do território têm ampliado a pressão sobre os recursos hídricos e a infraestrutura existente. Conclui-se que a integração entre geotecnologias, indicadores socioambientais e observações de campo constituiu uma ferramenta eficiente para o diagnóstico territorial do município, fornecendo subsídios técnicos para o planejamento urbano, a gestão ambiental e a formulação de estratégias voltadas à ampliação dos serviços de saneamento e à redução da vulnerabilidade socioambiental.

Palavras-chave: Drenagem urbana; geoprocessamento; planejamento urbano; vulnerabilidade socioambiental; semiárido pernambucano.

ABSTRACT

Urban growth combined with sanitation infrastructure limitations has intensified the challenges related to environmental management and territorial planning in municipalities within the Brazilian semi-arid region. In this context, this study aimed to analyze the environmental, urban, and sanitation conditions of the municipality of Lajedo-PE by integrating territorial, socioeconomic, and environmental data to identify vulnerabilities related to land use and occupation, urban infrastructure, and stormwater drainage. The research adopted a qualitative-quantitative approach, with a descriptive, exploratory, and analytical nature, utilizing secondary data from the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE), the National Sanitation Information System (SINISA), the National Water and Basic Sanitation Agency (ANA), and MapBiomias. Complementarily, geoprocessing techniques in Geographic Information Systems (GIS), remote sensing, spatial analysis, orbital imagery interpretation, georeferenced field surveys, and surveys assessing public perception of local environmental and sanitary conditions were employed. The results showed that the municipality has a predominantly urban population, continuous demographic growth, and significant limitations in sanitation infrastructure, highlighted by a coverage of only 21.9% in sewage services, 62.5% in solid waste collection, and an absence of systematized data on urban drainage. Spatial and field analyses allowed the identification of areas vulnerable to flooding, associated with soil overlapping/impermeabilization, topographic configuration, and insufficient micro-drainage systems. Furthermore, it was found that urban expansion and territorial occupation have increased pressure on water resources and existing infrastructure. It is concluded that the integration of geotechnologies, socio-environmental indicators, and field observations constitutes an efficient tool for the municipality's territorial diagnosis, providing technical support for urban planning, environmental management, and the formulation of strategies aimed at expanding sanitation services and reducing socio-environmental vulnerability.

Keywords: Urban drainage; geoprocessing; urban planning; socio-environmental vulnerability; Pernambuco semi-arid region.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Metodologia da pesquisa.	32
Figura 2 –	Localização do Município de Lajedo.	33
Figura 3 –	Localização da área de estudo.	34
Figura 4 –	Mapa de uso e cobertura do solo.	44
Figura 5 –	Comparação temporal da área urbana.	46
Figura 6 –	Rua João Alexandre, bairro Abraão Veloso, Lajedo-PE.	48
Figura 7 –	Escavação na rede de drenagem urbana na Rua João Alexandre, bairro Abraão Veloso, Lajedo-PE.	48
Figura 8 –	Retirada da tubulação antiga da rede de drenagem urbana.	49
Figura 9 –	Substituição por tubos de concreto na rede de drenagem urbana.	49
Figura 10-	Percepção dos moradores da Rua João Alexandre sobre a influência do calçamento nas condições de mobilidade urbana (acesso, circulação de pedestres e veículos) no município de Lajedo–PE.	52
Figura 11-	Percepção dos moradores da Rua João Alexandre sobre a ocorrência de acúmulo de água em frente às residências após a implantação do calçamento no município de Lajedo–PE.	53
Figura 12-	Existência de sistema de drenagem superficial na Rua João Alexandre, no município de Lajedo–PE.	55
Figura 13-	Frequência de ocorrência de alagamentos na Rua João Alexandre durante períodos chuvosos no município de Lajedo–PE.	56
Figura 14-	Intensidade percebida do acúmulo de água na Rua João Alexandre durante períodos chuvosos no município de Lajedo–PE.	57
Figura 15-	Problemas associados à ausência de drenagem urbana identificados pelos moradores da Rua João Alexandre, município de Lajedo–PE.	59
Figura 16-	Percepção dos moradores da Rua João Alexandre sobre a influência da ausência de drenagem urbana na qualidade de vida, município de Lajedo–PE.	61

Figura 17-	Avaliação dos moradores da Rua João Alexandre sobre a atuação do poder público em relação à infraestrutura urbana, município de Lajedo-PE.	63
Figura 18-	Percepção dos moradores da Rua João Alexandre sobre a necessidade de implantação de um sistema de drenagem urbana, município de Lajedo-PE.	66
Figura 19-	Localização do ponto crítico de drenagem urbana no Bairro Abraão Veloso, em Lajedo-PE.	72
Figura 20-	Localização da área de solução do ponto crítico de drenagem urbana no Bairro Abraão Veloso, em Lajedo-PE.	74
Figura 21-	Loteamento Eldorado, Lajedo-PE.	74

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Indicadores Demográficos e Territoriais do município de Lajedo-PE.	40
Quadro 2 – Indicadores Socioeconômicos do município de Lajedo-PE.	41
Quadro 3 – Indicadores de Infraestrutura Urbana e Saneamento Básico.	42
Quadro 4 – Percentual das classes de uso do solo.	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
SINISA	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS.....	16
2.1 Geral.....	16
2.2 Específicos	16
3 REFERENCIAL TEÓRICO	17
4 MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE URBANA.....	18
4.1 Conceito de meio ambiente	18
4.2 Sustentabilidade urbana	19
4.3 Problemas ambientais urbanos.....	20
5 URBANIZAÇÃO E DESENVOLVIMENTO URBANO	22
5.1 Processo de urbanização no Brasil	22
5.2 Expansão urbana no Nordeste.....	23
6 PLANEJAMENTO URBANO	24
6.1 Saneamento básico	25
6.2 Novo Marco legal do saneamento básico	26
6.3 Relação entre meio ambiente, urbanização e saneamento.....	27
6.3.1 Integração dos sistemas urbanos	27
6.4 Impactos ambientais decorrentes da deficiência sanitária.....	28
6.5 Qualidade ambiental urbana	29
7 METODOLOGIA	30
7.1 Área de Estudo	31
7.2 Delimitação Espacial da Área de Estudo	33
7.3 Levantamento e Análise de Dados Secundários	34
7.4 Análise de Uso e Cobertura do Solo	35
7.5 Interpretação de Imagens Orbitais	35
7.6 Coleta de Dados Primários em Campo	36
7.7 Aplicação de Questionários	36
7.8 Interpretação e Processamento de Dados	37
7.9 Análise e Diagnóstico Socioambiental	37
7.10 Elaboração dos Produtos Técnicos.....	38
8 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
8.1 Caracterização Socioeconômica e da Infraestrutura Urbana de Lajedo-PE	38
8.2 Análise do Uso e Cobertura do Solo	42

8.3 Dinâmica Espacial e Transformações na Paisagem	45
8.4 Diagnóstico das Condições de Saneamento em Campo	46
8.5 Percepção dos moradores sobre as principais melhorias necessárias na Rua João Alexandre	68
8.6 Integração dos Dados e Identificação de Áreas Críticas	72
8.7 Síntese do Diagnóstico e Recomendações para o Planejamento Municipal ...	75
9 CONCLUSÕES	77
10 REFERÊNCIAS.....	80
Questionário – Avaliação da Infraestrutura Urbana e Drenagem	91

1 INTRODUÇÃO

O crescimento urbano acelerado e frequentemente desordenado tem intensificado a vulnerabilidade ambiental dos municípios brasileiros, especialmente em áreas suscetíveis à escassez hídrica e localizadas no semiárido nordestino. A expansão urbana associada à ausência de planejamento territorial, deficiência de infraestrutura e insuficiência dos sistemas de drenagem tem contribuído para a impermeabilização do solo, ocorrência de enchentes, processos erosivos e degradação dos recursos naturais (Menezes *et al.*, 2023; Ana, 2024). Nesse contexto, o avanço das áreas urbanizadas provoca alterações significativas nas dinâmicas ambientais e territoriais, comprometendo a funcionalidade dos ecossistemas urbanos e ampliando os desafios socioambientais enfrentados pelos municípios (Tucci, 2008).

Além das questões relacionadas ao ordenamento territorial, o saneamento básico ainda representa um dos principais desafios estruturais no Brasil. De acordo com o Instituto Trata Brasil (2024), milhões de brasileiros permanecem sem acesso adequado aos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, situação mais evidente em municípios de pequeno e médio porte situados no interior do país. A insuficiência desses serviços impacta diretamente a saúde pública, a qualidade ambiental e o desenvolvimento urbano sustentável, agravando desigualdades socioespaciais e limitando a qualidade de vida da população (SNIS, 2024).

No município de Lajedo, em Pernambuco, a dinâmica territorial apresenta forte relação com as características geográficas locais, especialmente devido à presença dos grandes lajeiros de pedra localizados nas áreas mais elevadas do território. Destaca-se a região dos Caldeirões, onde depressões naturais nas rochas acumulam água da chuva, formando reservatórios historicamente utilizados pela população em períodos de estiagem.

Essa relação entre os lajeiros e o aproveitamento hídrico local influenciou diretamente a origem do nome do município. Entretanto, a expansão urbana sem planejamento adequado tem potencializado problemas ambientais decorrentes da ocupação irregular do solo e da precariedade dos sistemas de drenagem urbana, favorecendo enchentes, erosão e sobrecarga dos sistemas hídricos (Canholi, 2014; Tucci, 2012).

Diante desses desafios, as geotecnologias vêm assumindo papel estratégico nos estudos ambientais e urbanos, permitindo a integração de dados espaciais e temporais para análises mais abrangentes. Ferramentas como Sistemas de

Informações Geográficas (SIG), sensoriamento remoto e plataformas de monitoramento territorial, como o MapBiomas, possibilitam identificar padrões de uso e cobertura da terra, expansão urbana e áreas ambientalmente vulneráveis, contribuindo significativamente para o planejamento territorial e a gestão ambiental (Rosa, 2013; Mapbiomas, 2024).

Apesar do avanço dessas tecnologias, ainda existe uma lacuna científica relacionada à realização de estudos integrados em municípios interioranos do semiárido nordestino, sobretudo aqueles que articulem análise ambiental, infraestrutura urbana, saneamento básico, drenagem urbana e percepção da população. Grande parte das pesquisas concentra-se em capitais e regiões metropolitanas, enquanto cidades de pequeno e médio porte apresentam limitações quanto à disponibilidade de diagnósticos territoriais atualizados (Silva; Galvínio, 2021).

Além disso, regiões semiáridas demandam estratégias integradas de gestão hídrica e planejamento territorial, considerando as relações entre ocupação urbana, disponibilidade de água e vulnerabilidade socioambiental (Tundisi; Matsumura-Tundisi 2011).

Outro fator relevante refere-se à importância da participação social e da percepção ambiental da população na compreensão dos problemas urbanos locais. A integração entre levantamentos técnicos e conhecimento comunitário favorece diagnósticos mais representativos, permitindo identificar impactos associados à deficiência de saneamento, drenagem e infraestrutura urbana (Jacobi, 2003).

Nesse sentido, a presente pesquisa busca contribuir para a redução dessa lacuna científica por meio de uma análise integrada das condições ambientais, urbanas e de saneamento do município de Lajedo-PE, localizado no Agreste Pernambucano, utilizando geoprocessamento, análise espacial, dados secundários, levantamentos de campo e percepção social como suporte ao diagnóstico territorial e ambiental.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Analisar as condições ambientais, urbanas e de saneamento do município de Lajedo, por meio de um estudo de caso com a integração de dados territoriais, socioeconômicos e ambientais.

2.2 Específicos

- Caracterizar os aspectos ambientais, territoriais e socioeconômicos do município de Lajedo;
- Analisar o uso e cobertura do solo e a infraestrutura urbana do município;
- Identificar problemas ambientais e de saneamento por meio de dados secundários e observações em campo;
- Aplicar questionários para compreender a percepção da população sobre as condições urbanas e ambientais;
- Elaborar mapas temáticos e diagnóstico ambiental da área de estudo.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico deste estudo fundamenta-se na discussão sobre urbanização, saneamento básico, qualidade ambiental urbana e gestão dos recursos hídricos, considerando a relação entre crescimento urbano e impactos ambientais. No contexto das cidades brasileiras, a urbanização acelerada, frequentemente associada ao planejamento territorial insuficiente, contribui para problemas de drenagem urbana e esgotamento sanitário, afetando diretamente a qualidade ambiental e a saúde pública (Santos, 2018; Mota, 2016).

A abordagem teórica sobre drenagem urbana e águas urbanas baseia-se principalmente nos estudos de Carlos E. M. Tucci, que destacam a necessidade de planejamento integrado dos sistemas urbanos de saneamento, sobretudo em áreas sujeitas à impermeabilização do solo e enchentes. Segundo Tucci (2021), a expansão urbana desordenada intensifica alterações hidrológicas, aumentando riscos de alagamentos, degradação dos recursos hídricos e vulnerabilidade socioambiental, tornando indispensável a gestão integrada da drenagem e dos serviços urbanos.

Do ponto de vista legal, este estudo está fundamentado na Política Nacional do Meio Ambiente, no Estatuto da Cidade, na Lei nº 11.445/2007 e no Novo Marco Legal do Saneamento, que estabelecem diretrizes para a gestão ambiental, planejamento urbano e universalização dos serviços de saneamento básico no Brasil.

Para subsidiar a análise do saneamento básico e das condições urbanas, foram considerados dados e diagnósticos produzidos por instituições oficiais, como o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SINISA), a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e o Instituto Trata Brasil, cujos relatórios fornecem indicadores sobre abastecimento de água, esgotamento sanitário e drenagem urbana, possibilitando uma análise integrada das condições socioambientais do município de Lajedo.

4 MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE URBANA

4.1 Conceito de meio ambiente

O meio ambiente pode ser compreendido como o conjunto de elementos naturais, sociais, culturais e econômicos que interagem e influenciam a vida em todas as suas formas. No Brasil, a Lei nº 6.938/1981 o define como o conjunto de condições e interações de natureza física, química e biológica que permite e rege a existência dos seres vivos. Entretanto, sob a perspectiva acadêmica, esse conceito ultrapassa a ideia de natureza isolada, passando a ser entendido como um sistema dinâmico resultante da interação entre os processos naturais e as ações humanas. Dessa forma, o meio ambiente incorpora aspectos ecológicos, territoriais, sociais e econômicos relacionados à ocupação e ao uso do espaço, evidenciando a complexidade das relações estabelecidas entre sociedade e natureza (Brasil, 1981).

Nesse contexto, a relação sociedade-natureza explica como as ações humanas transformam o espaço natural por meio do uso dos recursos, da técnica e do trabalho. Ao longo do tempo, essa interação deixou de ocorrer apenas para fins de subsistência e passou a assumir um modelo mais intenso de exploração, impulsionado pelo desenvolvimento industrial e tecnológico. Consequentemente, a natureza passou a desempenhar papel central na produção econômica, ocasionando significativas alterações ambientais. Além disso, os atuais padrões de desenvolvimento e consumo têm ampliado os conflitos socioambientais e a degradação dos ecossistemas, o que reforça a necessidade de uma análise crítica acerca das relações entre sociedade e natureza (Gaboardi; Nunes, 2021).

Sob essa perspectiva, os recursos naturais constituem bens fornecidos pela natureza e utilizados para suprir as necessidades humanas, sendo classificados em renováveis, como água, solo e vegetação, e não renováveis, como minerais e combustíveis fósseis. Contudo, as intervenções antrópicas associadas ao crescimento populacional, à urbanização, à agricultura intensiva e à industrialização têm provocado mudanças significativas nos ecossistemas. Embora esses recursos sejam essenciais ao desenvolvimento econômico e ao bem-estar social, sua exploração inadequada pode resultar em degradação ambiental, perda de biodiversidade e escassez de recursos naturais. Assim, torna-se evidente a importância do planejamento ambiental e da gestão sustentável como estratégias

fundamentais para minimizar os impactos ambientais e garantir a conservação dos ecossistemas (Santana; Nunes, 2021).

Diante disso, compreender o meio ambiente, a relação sociedade-natureza e os impactos das ações humanas sobre os recursos naturais torna-se fundamental para o desenvolvimento de políticas públicas voltadas à sustentabilidade. Nessa perspectiva, a conservação ambiental depende do equilíbrio entre desenvolvimento socioeconômico e preservação dos ecossistemas, buscando reduzir os impactos antrópicos e promover o uso sustentável dos recursos naturais. Para alcançar esse objetivo, a educação ambiental, o planejamento territorial e a gestão integrada dos recursos desempenham papel essencial na mitigação da degradação ambiental e na promoção da qualidade de vida das atuais e futuras gerações (Fenzl, 2023).

4.2 Sustentabilidade urbana

A sustentabilidade urbana refere-se à capacidade das cidades de conciliar desenvolvimento econômico, inclusão social e preservação ambiental, buscando atender às necessidades da população atual sem comprometer as futuras gerações. Fundamentada nos princípios do desenvolvimento sustentável, essa abordagem envolve a implementação de políticas públicas voltadas ao ordenamento territorial, saneamento básico, mobilidade urbana, habitação e conservação ambiental. Nesse sentido, a utilização de indicadores de sustentabilidade urbana torna-se fundamental para subsidiar uma gestão municipal mais eficiente, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida e para o equilíbrio entre crescimento urbano e preservação dos recursos naturais (Araújo; Vale, 2023; Suquizaqui; Hanai, 2022).

Além disso, a construção de cidades sustentáveis depende diretamente de um planejamento urbano integrado, capaz de promover o uso racional dos recursos naturais, ampliar a inclusão social e fortalecer a capacidade de adaptação às mudanças climáticas. Dessa forma, a qualidade de vida urbana está associada não apenas à disponibilidade de infraestrutura adequada e mobilidade eficiente, mas também à ampliação das áreas verdes e ao fortalecimento das políticas ambientais. Em consonância com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 11 da Organização das Nações Unidas (ONU), a promoção de cidades mais inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis requer estratégias como infraestrutura verde, ampliação das áreas permeáveis e adoção de medidas de adaptação climática, essenciais para

reduzir vulnerabilidades ambientais e fortalecer a resiliência urbana (Leves; Carvalho; Stoll, 2024; Almeida, 2021).

Nesse contexto, os problemas ambientais urbanos representam um dos principais desafios enfrentados pelas cidades contemporâneas, sendo agravados tanto pela urbanização acelerada quanto pela insuficiência do planejamento territorial. A poluição do ar, da água, do solo e sonora, associada às atividades industriais, ao aumento da frota veicular, ao descarte inadequado de resíduos sólidos e à expansão urbana desordenada, compromete significativamente a saúde pública e a qualidade de vida da população. Por essa razão, o fortalecimento das políticas de gestão ambiental torna-se indispensável para reduzir os impactos da contaminação e promover a preservação dos ecossistemas urbanos (Silva; Gomes, 2021; Almeida, 2021).

4.3 Problemas ambientais urbanos

Os problemas ambientais urbanos configuram-se como um dos principais desafios das cidades contemporâneas, sobretudo em decorrência da urbanização acelerada e da insuficiência do planejamento territorial. Nesse cenário, a expansão desordenada das áreas urbanas, associada ao crescimento industrial, ao aumento da frota veicular e ao descarte inadequado de resíduos, intensifica diferentes formas de poluição, como a atmosférica, hídrica, sonora e do solo. Como consequência, observa-se o comprometimento da qualidade ambiental urbana e das condições de saúde da população, especialmente em áreas com deficiência de infraestrutura e serviços públicos. Dessa forma, o fortalecimento das políticas de gestão ambiental torna-se essencial para minimizar os impactos da contaminação e promover a preservação dos ecossistemas urbanos (Silva; Gomes, 2021; Almeida, 2021).

Além disso, a degradação dos recursos hídricos urbanos está diretamente relacionada às intervenções antrópicas decorrentes do crescimento desordenado das cidades. O lançamento inadequado de efluentes, o descarte irregular de resíduos sólidos e a ocupação de áreas próximas aos corpos hídricos têm contribuído significativamente para a deterioração da qualidade de rios, córregos e nascentes. Consequentemente, esses processos comprometem o abastecimento de água e reduzem a capacidade dos ecossistemas de desempenhar funções ambientais essenciais. Nesse contexto, a deficiência dos serviços de saneamento básico e a

ocupação de áreas ambientalmente frágeis ampliam os riscos ambientais e sanitários, evidenciando a necessidade de maior integração entre planejamento urbano e gestão hídrica (Almeida; Cardoso, 2022; Garcia; Silva; Longo, 2021).

Outro problema relevante refere-se à impermeabilização do solo, considerada uma das principais consequências da expansão urbana desordenada. A substituição da cobertura vegetal por pavimentação e edificações reduz significativamente a infiltração da água no solo, aumentando o escoamento superficial e favorecendo a ocorrência de enchentes, erosões e assoreamento dos cursos d'água. Além dos impactos hidrológicos, esse processo também compromete a recarga dos aquíferos e interfere no equilíbrio climático urbano. Assim, a ausência de planejamento ambiental adequado intensifica a vulnerabilidade das cidades diante de eventos hidrológicos extremos e agrava os impactos socioambientais decorrentes das mudanças no uso do solo (Garcia; Silva; Longo, 2021; Almeida, 2021).

Paralelamente, a crescente geração de resíduos sólidos urbanos representa um importante desafio ambiental, sobretudo em municípios que apresentam limitações na coleta, tratamento e destinação final adequada desses materiais. O descarte irregular de resíduos contribui para a contaminação do solo e dos recursos hídricos, além de favorecer a proliferação de vetores de doenças e comprometer as condições sanitárias urbanas. Diante disso, a gestão integrada dos resíduos sólidos torna-se indispensável para reduzir a poluição ambiental, promover maior eficiência no gerenciamento urbano e fortalecer a sustentabilidade das cidades (Bastos; Belotti, 2021).

Somado a esses fatores, a ocupação irregular do solo urbano em áreas de risco, margens de rios e Áreas de Preservação Permanente (APPs) contribui significativamente para o agravamento dos problemas ambientais urbanos. Frequentemente associada à expansão desordenada das cidades e à insuficiência de políticas habitacionais, essa ocupação aumenta a vulnerabilidade socioambiental da população, favorecendo processos erosivos, enchentes e degradação dos ecossistemas. Nesse sentido, o planejamento territorial aliado à fiscalização ambiental apresenta-se como instrumento fundamental para reduzir os impactos ambientais, minimizar riscos urbanos e promover maior equilíbrio ambiental nas cidades (Silva; Gomes, 2021; Garcia; Silva; Longo, 2021).

5 URBANIZAÇÃO E DESENVOLVIMENTO URBANO

5.1 Processo de urbanização no Brasil

A urbanização brasileira intensificou-se a partir da segunda metade do século XX, impulsionada principalmente pelo processo de industrialização, pela modernização econômica e pela migração da população rural para os centros urbanos. Esse fenômeno promoveu profundas transformações territoriais e ampliou significativamente a concentração populacional nas cidades. Entretanto, embora tenha contribuído para o crescimento econômico e para a expansão das atividades urbanas, esse processo ocorreu, em grande parte, de forma acelerada e desordenada, favorecendo o aumento das desigualdades socioespaciais e das deficiências relacionadas à infraestrutura e aos serviços públicos. Como consequência, consolidaram-se espaços urbanos fragmentados, marcados pela segregação social e pela distribuição desigual das oportunidades urbanas (Fix; Arantes, 2021; Miyazaki; Silva, 2023).

Nesse contexto, o crescimento das cidades brasileiras esteve fortemente associado à concentração das atividades econômicas, fator que impulsionou a expansão territorial dos centros urbanos e estimulou a ocupação de áreas periféricas. Contudo, essa expansão frequentemente ocorreu sem o devido planejamento integrado e sem investimentos proporcionais em infraestrutura urbana. Dessa forma, intensificaram-se problemas relacionados ao saneamento básico, à mobilidade urbana, à habitação e ao acesso aos serviços públicos essenciais. Além disso, a ausência de planejamento territorial adequado contribuiu para a fragmentação do espaço urbano e dificultou a construção de cidades mais inclusivas, sustentáveis e socialmente equilibradas (Santos; 2023; Silva; Martines; Burgos, 2022).

Além dos impactos estruturais, a urbanização acelerada aprofundou as desigualdades socioespaciais no Brasil, evidenciadas principalmente pela segregação urbana e pela distribuição desigual da infraestrutura e das oportunidades econômicas e sociais. Nesse cenário, populações de menor renda passaram a ocupar, predominantemente, áreas periféricas ou ambientalmente vulneráveis, caracterizadas pela precariedade habitacional e pelo acesso limitado aos serviços urbanos. Consequentemente, a urbanização desigual intensifica processos de exclusão social e territorial, ampliando a vulnerabilidade socioambiental dessas populações. Diante

disso, torna-se indispensável o fortalecimento de políticas públicas voltadas ao planejamento urbano, à inclusão social e à ampliação da infraestrutura urbana, visando promover um desenvolvimento urbano mais equilibrado e reduzir as desigualdades presentes nas cidades brasileiras (Sousa Filho *et al.*, 2022; Miyazaki; Silva, 2023).

5.2 Expansão urbana no Nordeste

A expansão urbana no Nordeste brasileiro, especialmente nas áreas semiáridas, é influenciada por fatores climáticos, socioeconômicos e territoriais que condicionam a dinâmica de crescimento das cidades e a organização do espaço urbano. Nas últimas décadas, a urbanização regional foi impulsionada pela interiorização do desenvolvimento econômico e pelo fortalecimento das cidades médias, que passaram a desempenhar papel estratégico na articulação das atividades econômicas e na oferta de serviços para os municípios vizinhos. Entretanto, apesar desse crescimento urbano, ainda persistem desafios relacionados à infraestrutura, ao acesso aos recursos hídricos e às desigualdades socioespaciais, sobretudo em municípios de pequeno e médio porte, evidenciando as limitações do planejamento urbano e das políticas públicas na região (Bezerra, 2020; Elias; Pequeno, 2023).

Além disso, as cidades do semiárido nordestino apresentam características fortemente condicionadas pelas particularidades climáticas da região, marcadas pela irregularidade das chuvas, pelos períodos prolongados de estiagem e pela vulnerabilidade hídrica. Esse cenário é agravado pelas elevadas taxas de evapotranspiração e pelo regime de precipitação concentrado em poucos meses do ano, gerando um déficit hídrico crônico nos mananciais superficiais (Marengo; Alves, 2016). Essas condições interferem diretamente na dinâmica urbana e exigem estratégias de planejamento ambiental adaptadas à realidade local.

Nesse sentido, a adoção de políticas voltadas ao urbanismo bioclimático, à ampliação da infraestrutura verde e à gestão sustentável dos recursos hídricos torna-se fundamental para melhorar o conforto térmico, reduzir os impactos da impermeabilização do solo e fortalecer a drenagem urbana. Assim, medidas integradas de planejamento contribuem para a promoção de cidades mais resilientes e ambientalmente equilibradas no contexto semiárido (Costa *et al.*, 2021; Jepson *et al.*, 2021).

Paralelamente, os principais desafios urbanos do semiárido nordestino estão relacionados às desigualdades socioespaciais, à deficiência de infraestrutura urbana, aos déficits de saneamento básico e aos problemas de segurança hídrica. Somam-se a esses fatores as dificuldades de integração regional e a dependência econômica de poucos centros urbanos, circunstâncias que favorecem a concentração de investimentos, serviços e oportunidades em áreas específicas.

Como consequência, muitos municípios permanecem com limitações estruturais e elevada vulnerabilidade socioambiental. Embora avanços socioeconômicos tenham sido observados nas últimas décadas, o fortalecimento das conexões urbano-regionais e a implementação de políticas públicas integradas ainda se apresentam como estratégias indispensáveis para promover maior equilíbrio territorial, desenvolvimento regional e sustentabilidade urbana no semiárido nordestino (Nascimento; Macedo, 2025; Teixeira *et al.*, 2021).

6 PLANEJAMENTO URBANO

O planejamento urbano desempenha papel fundamental na organização das cidades, pois orienta o crescimento urbano, promove o ordenamento territorial e contribui para a redução das desigualdades socioespaciais. Nesse contexto, o Plano Diretor, instituído pelo Estatuto da Cidade (Lei nº 10.257/2001), constitui o principal instrumento da política urbana municipal, sendo responsável por direcionar a expansão urbana, regulamentar o uso e a ocupação do solo e incentivar práticas voltadas ao desenvolvimento sustentável.

Além disso, estudos apontam que municípios com planejamento urbano mais estruturado apresentam melhores condições de organização territorial e maior capacidade de enfrentar os impactos decorrentes da urbanização desordenada (Santos; Ranieri, 2021; Costa; Marguti, 2023).

Nesse sentido, o uso e a ocupação do solo configuram-se como elementos centrais do planejamento urbano, uma vez que influenciam diretamente a distribuição das atividades urbanas e a qualidade do ambiente urbano. Paralelamente, a infraestrutura urbana e os sistemas de mobilidade exercem papel essencial na dinâmica das cidades, contribuindo para o acesso da população aos serviços públicos, à funcionalidade urbana e à redução das desigualdades territoriais. Dessa forma, o planejamento integrado entre uso do solo, infraestrutura e mobilidade favorece

melhores condições de sustentabilidade urbana, inclusão social e eficiência na gestão das cidades (Silva; Lima, 2022; Pereira *et al.*, 2021).

Outrossim, a questão habitacional representa um dos principais desafios do desenvolvimento urbano brasileiro, especialmente diante do crescimento populacional e da expansão periférica das cidades. A insuficiência de políticas habitacionais associada à deficiência no planejamento territorial favorece o surgimento de assentamentos precários e ocupações em áreas ambientalmente vulneráveis. Como consequência, ampliam-se os problemas relacionados à exclusão social, à precariedade da infraestrutura urbana e à vulnerabilidade socioambiental.

Diante desse cenário, torna-se indispensável a adoção de políticas urbanas integradas, articuladas ao Plano Diretor, à infraestrutura urbana e aos sistemas de mobilidade. Assim, o fortalecimento do planejamento territorial contribui para reduzir desigualdades, garantir o direito à cidade e promover espaços urbanos mais sustentáveis, inclusivos e socialmente equilibrados (Costa; Marguti, 2023; Pereira *et al.*, 2021).

6.1 Saneamento básico

O saneamento básico engloba os serviços de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos, limpeza urbana e drenagem das águas pluviais, conforme estabelecido pela Lei nº 11.445/2007 e atualizado pelo Novo Marco Legal do Saneamento, instituído pela Lei nº 14.026/2020. Considerado um componente essencial para a promoção da saúde pública, a proteção ambiental e a garantia da dignidade humana, esse conjunto de serviços fundamenta-se nos princípios da universalização do acesso, da integralidade e da eficiência operacional. Nesse sentido, a ampliação da cobertura sanitária constitui um importante instrumento para a redução das desigualdades socioespaciais e para o fortalecimento das políticas públicas voltadas ao desenvolvimento urbano sustentável (Brasil, 2020; Rodrigues; Raupp, 2023).

A disponibilidade adequada desses serviços exerce influência direta sobre as condições de vida da população, uma vez que o acesso à água de qualidade, à coleta e ao tratamento de esgoto, à drenagem urbana eficiente e ao gerenciamento adequado dos resíduos sólidos contribui significativamente para a prevenção de doenças e para a melhoria do bem-estar coletivo. Em contrapartida, a insuficiência da

infraestrutura sanitária favorece a disseminação de enfermidades de veiculação hídrica, intensifica a vulnerabilidade socioambiental e compromete as condições de salubridade, sobretudo em comunidades socialmente mais vulneráveis.

Evidências empíricas demonstram que municípios com melhores indicadores de saneamento apresentam resultados mais favoráveis em saúde pública, refletidos em menores taxas de mortalidade infantil, redução de internações hospitalares e melhoria dos indicadores epidemiológicos (Mendes, 2023; Sá; Jacobi 2003; Souto, 2023).

Além dos impactos positivos sobre a saúde da população, a infraestrutura sanitária desempenha papel estratégico na promoção do desenvolvimento urbano sustentável. Isso ocorre porque sua adequada implementação contribui para a conservação dos recursos hídricos, a mitigação da poluição ambiental e o aumento da resiliência das cidades frente aos desafios decorrentes da urbanização e das mudanças climáticas.

Por outro lado, a precariedade desses sistemas pode potencializar problemas como a contaminação de corpos d'água, a ocorrência de alagamentos e enchentes, bem como o descarte inadequado de resíduos. Dessa forma, a consolidação de políticas públicas integradas de saneamento, associadas ao planejamento territorial e à ampliação dos investimentos em infraestrutura, mostra-se fundamental para a promoção da justiça socioambiental, da qualidade ambiental urbana e da melhoria das condições de vida da população (Rodrigues; Raupp, 2023; Zanollo Neto; Attanasio Junior, 2022).

6.2 Novo Marco legal do saneamento básico

O Marco Legal do Saneamento Básico estabelece diretrizes para a organização e ampliação dos serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e drenagem urbana no Brasil. Instituído pela Lei nº 11.445/2007, fundamenta-se em princípios como universalização do acesso, integralidade dos serviços, controle social e sustentabilidade econômico-financeira. Além disso, reforça a importância do planejamento municipal por meio dos Planos Municipais de Saneamento Básico, promovendo uma gestão integrada e mais eficiente dos serviços (Brasil, 2007; Rodrigues; Raupp, 2023).

A Lei nº 14.026/2020, conhecida como Novo Marco Legal do Saneamento, promoveu mudanças importantes no setor ao incentivar a regionalização dos serviços, ampliar a participação da iniciativa privada e fortalecer o papel regulador da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Seu principal objetivo é ampliar os investimentos em infraestrutura e aumentar a eficiência dos serviços de saneamento. Embora represente um avanço institucional, ainda persistem desafios relacionados à sua implementação e à redução das desigualdades regionais no acesso ao saneamento básico (Sá; Jacobi 2003; Zanollo Neto; Attanasio Junior, 2022).

A universalização do saneamento é uma das principais metas do Novo Marco Legal, que prevê o acesso à água potável para 99% da população e à coleta e tratamento de esgoto para 90% até 2033. Essas metas visam reduzir desigualdades socioambientais, melhorar a saúde pública e minimizar impactos ambientais. Entretanto, sua concretização depende do aumento dos investimentos, do fortalecimento da gestão municipal e da integração entre políticas urbanas e ambientais (Rodrigues; Raupp, 2023; Sá; Jacobi, 2003).

O Marco Legal do Saneamento configura-se como um instrumento estratégico para ampliar o acesso aos serviços essenciais e promover maior eficiência no setor. Contudo, a universalização do saneamento no Brasil ainda enfrenta desafios relacionados ao financiamento, à gestão pública e às desigualdades territoriais, especialmente em regiões com infraestrutura urbana mais limitada (Zanollo Neto; Attanasio Junior, 2022; Brasil, 2020).

6.3 Relação entre meio ambiente, urbanização e saneamento

6.3.1 Integração dos sistemas urbanos

A relação entre meio ambiente e urbanização demonstra que o crescimento das cidades exerce influência direta sobre os recursos naturais e a qualidade ambiental. Quando ocorre sem planejamento adequado, a expansão urbana pode intensificar problemas como poluição, impermeabilização do solo e degradação dos corpos hídricos. Dessa forma, a integração entre planejamento urbano e conservação ambiental é essencial para promover o desenvolvimento sustentável e reduzir os impactos da urbanização sobre os ecossistemas (Marques; Alvim, 2021; Martins; Oliveira, 2021).

A infraestrutura urbana exerce papel fundamental na qualidade ambiental e no bem-estar da população, especialmente por meio de serviços como saneamento básico, drenagem, abastecimento de água, mobilidade e áreas verdes. A deficiência desses serviços pode agravar riscos ambientais e sanitários, além de ampliar desigualdades socioespaciais. Assim, investimentos em infraestrutura sustentável e planejamento ambiental integrado são essenciais para reduzir impactos urbanos, promover o equilíbrio ecológico e melhorar a qualidade de vida nas cidades (Oliveira, 2021; Santos; Enokibara, 2021). Esse planejamento integrado atua na mitigação dos impactos da impermeabilização do solo, sendo indispensável para restaurar o equilíbrio do ciclo hidrológico natural no espaço urbano e evitar a sobrecarga das bacias hidrográficas (Tucci, 2016).

6.4 Impactos ambientais decorrentes da deficiência sanitária

A deficiência no abastecimento de água e nos serviços de saneamento básico gera impactos significativos sobre a qualidade ambiental e a saúde pública. A ausência de coleta e tratamento adequados de esgoto favorece a contaminação do solo e dos recursos hídricos, comprometendo a disponibilidade de água potável e ampliando os riscos socioambientais. Nesse contexto, estudos apontam que a degradação da qualidade da água está diretamente associada às limitações da infraestrutura sanitária e ao aumento da vulnerabilidade das populações urbanas (Medeiros; Navoni, 2023; Santos; Silva, 2021).

A precariedade do abastecimento e da qualidade da água favorece a ocorrência de doenças de veiculação hídrica, como diarreias infecciosas, hepatite A leptospirose, esquistossomose e giardíase. Essas enfermidades estão frequentemente associadas à falta de tratamento adequado da água e do esgotamento sanitário. Estudos demonstram que municípios com deficiência em infraestrutura sanitária tendem a apresentar maiores índices dessas doenças, evidenciando a forte relação entre saneamento básico e saúde pública (Pintanel; Cecconello; Centeno, 2021; Alves, 2023).

A deficiência hídrica e sanitária gera impactos que vão além das doenças infecciosas, afetando os sistemas de saúde e ampliando desigualdades sociais. A exposição à água contaminada contribui para o aumento de internações, da mortalidade infantil e da vulnerabilidade em populações que vivem em áreas

periféricas ou ocupações irregulares. Nesse sentido, estudos apontam que investimentos em infraestrutura hídrica, monitoramento da qualidade da água e ampliação do saneamento são essenciais para reduzir riscos socioambientais e fortalecer a saúde pública (Paiva *et al.*, 2021; Varella; Pessoa, 2022).

A mitigação desses impactos depende da integração entre políticas de saneamento, gestão ambiental e planejamento urbano, visando garantir acesso universal à água potável e serviços adequados de esgotamento sanitário. A ampliação da infraestrutura hídrica e a fiscalização da qualidade da água constituem estratégias essenciais para reduzir a contaminação ambiental, prevenir doenças e promover melhores condições de vida para a população, especialmente em municípios com maior vulnerabilidade socioambiental (Medeiros; Navoni, 2023; Pintanel; Cecconello; Centeno, 2021).

6.5 Qualidade ambiental urbana

A qualidade ambiental urbana envolve as condições ambientais, sociais e estruturais que influenciam o bem-estar da população e o funcionamento das cidades. Sua avaliação considera aspectos do ambiente construído, da infraestrutura e da conservação dos recursos naturais, permitindo analisar a sustentabilidade e a habitabilidade dos espaços urbanos. Nesse contexto, estudos indicam que essa análise é essencial para orientar políticas públicas de planejamento territorial e reduzir desigualdades socioespaciais (Silva; Travasso, 2021; Barros *et al.*, 2022).

Os indicadores ambientais são ferramentas essenciais para avaliar as condições ecológicas das cidades, considerando fatores como qualidade da água, cobertura vegetal, poluição atmosférica e impermeabilização do solo. Eles permitem identificar áreas mais vulneráveis e compreender os impactos da urbanização sobre os ecossistemas urbanos. Nesse contexto, sua utilização contribui para diagnósticos mais precisos, além de apoiar o monitoramento das mudanças urbanas e a formulação de estratégias de mitigação dos impactos ambientais (Barros *et al.*, 2022; Souza; Lima, 2023).

Os indicadores de saneamento permitem avaliar a cobertura e a eficiência dos serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e drenagem urbana. Esses indicadores estão diretamente associados à saúde pública e à qualidade ambiental, pois a deficiência desses serviços aumenta os riscos

de contaminação e de doenças relacionadas à precariedade sanitária. Nesse contexto, estudos mostram que municípios com melhores índices de saneamento apresentam melhorias na qualidade de vida e redução da vulnerabilidade socioambiental (SNIS, 2024; Rodrigues; Raupp, 2023).

Os indicadores urbanos englobam aspectos como infraestrutura, mobilidade, habitação, densidade populacional e acesso a serviços públicos, permitindo avaliar o desenvolvimento e o funcionamento das cidades, totalizando 5 (cinco) indicadores. A integração desses indicadores com os ambientais e sanitários possibilita uma análise mais ampla da qualidade ambiental urbana, contribuindo para o planejamento de cidades mais sustentáveis, resilientes e inclusivas. Nesse contexto, estudos destacam que o uso integrado desses indicadores é uma ferramenta estratégica para apoiar a gestão urbana e a tomada de decisões públicas (Silva; Travassos, 2021; Souza; Lima, 2023).

7 METODOLOGIA

A presente pesquisa possui abordagem quali-quantitativa e caráter descritivo, exploratório e analítico, tendo como finalidade realizar a caracterização ambiental, territorial, socioeconômica e sanitária do município de Lajedo-PE. Para isso, foram integradas técnicas de geoprocessamento, sensoriamento remoto, análise de dados secundários e coleta de dados primários em campo, possibilitando a compreensão das relações entre uso e ocupação do solo, condições de saneamento básico e vulnerabilidade socioambiental.

A caracterização socioeconômica e da infraestrutura urbana do município de Lajedo-PE foi realizada com base em dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico (SINISA), Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), DATASUS e Tesouro Nacional, permitindo compreender aspectos demográficos, econômicos e estruturais que influenciam diretamente as condições de saneamento e a dinâmica territorial do município.

A metodologia foi estruturada em oito etapas complementares para melhor visualização com o auxílio da Inteligência Artificial, conforme apresentado na Figura 1, abrangendo desde o levantamento de informações secundárias até a elaboração de produtos cartográficos e recomendações técnicas.

Figura 1 - Metodologia da pesquisa.

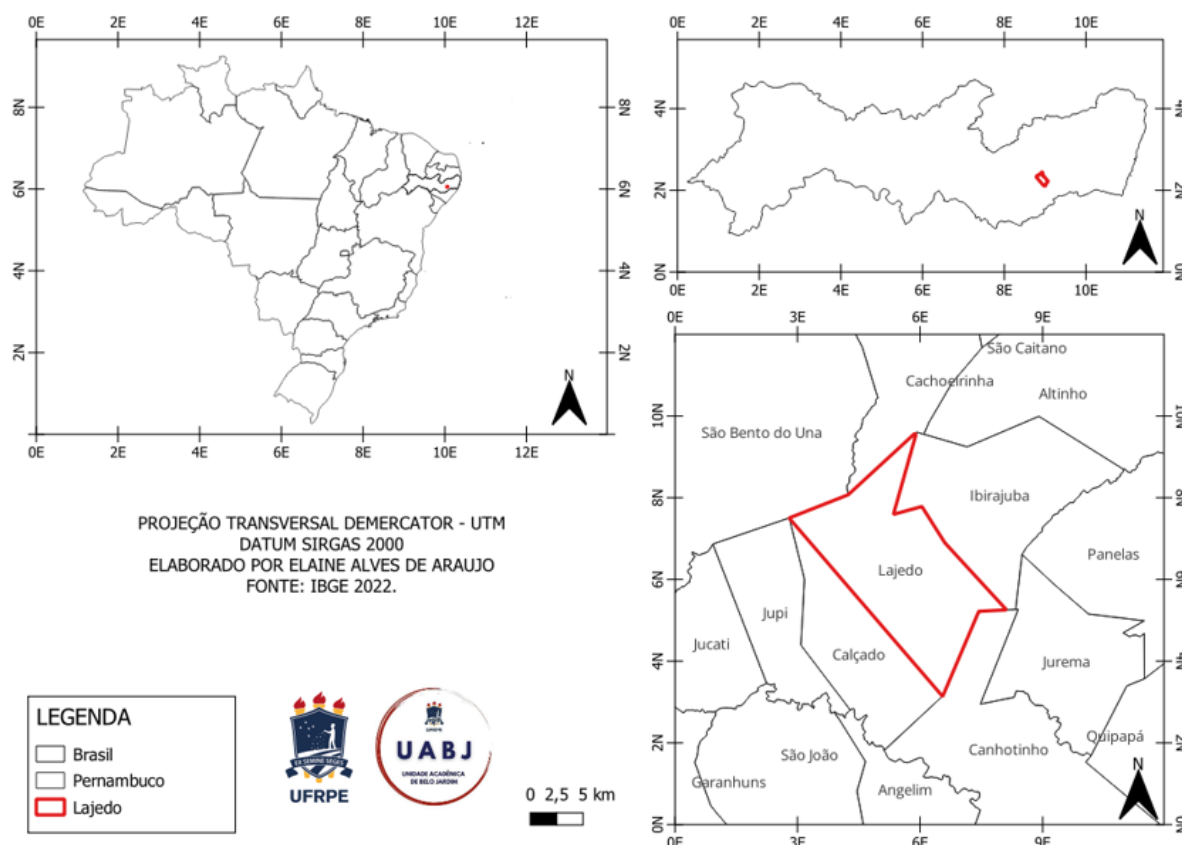


Fonte: Autor, 2026.

7.1 Área de Estudo

O município de Lajedo está localizado na Mesorregião do Agreste Pernambucano, sob as coordenadas geográficas aproximadas de 8°39'50" Sul e 36°19'12" Oeste, inserindo-se em uma zona de transição climática característica do semiárido nordestino (Figura 2). Além das condições climáticas do semiárido, Lajedo apresenta predominância de rochas, característica que influencia a disponibilidade de águas subterrâneas e pode aumentar a complexidade da implantação de obras de infraestrutura, como redes de abastecimento, esgotamento sanitário e drenagem urbana. Contudo, a efetividade dos serviços de saneamento básico está relacionada principalmente ao planejamento, aos investimentos e à gestão do setor.

Figura 2 - Localização do Município de Lajedo.



Fonte: Autor, 2026.

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o município possui área territorial de aproximadamente 189,10 km² e população de 39.582 habitantes, conforme o Censo Demográfico de 2022. O município integra a bacia hidrográfica do Rio Una, apresentando cursos d'água predominantemente intermitentes, a cidade possui açudes de pequeno e médio porte, utilizados principalmente para agricultura familiar, dessedentação animal e atividades agropecuárias, mas dependência de sistemas externos de abastecimento hídrico, como o Açude São Jacques, localizado no município de Canhotinho.

O abastecimento público de água do município de Lajedo é realizado por um sistema isolado operado pela COMPESA, cuja captação ocorre em manancial superficial na Barragem Pau Ferro. A água é conduzida até a Barragem São Jacques e, posteriormente, encaminhada à Estação de Tratamento de Água (ETA São Jacques), de onde é distribuída para a população urbana. Esse sistema constitui a principal infraestrutura de abastecimento hídrico do município.

7.2 Delimitação Espacial da Área de Estudo

A delimitação espacial do da Rua João Alexandre no Bairro Abraão Veloso foi realizada por meio da aquisição de imagens de Satélite retiradas do Google Earth. Os dados foram organizados em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG), utilizando o software QGIS, adotando-se o sistema de referência geodésico SIRGAS 2000.

Foram estruturadas camadas temáticas referentes aos limites municipais, hidrografia, malha urbana, sistema viário, setores censitários e demais elementos territoriais relevantes. Essa etapa permitiu a organização do banco de dados geográfico e serviu de base para todas as análises espaciais subsequentes da Rua pois existem problemas de drenagem urbana em um ponto crítico onde acumula efluente doméstico e até mesmo águas pluviais. (Figura 3).

Figura 3 - Localização da área de estudo.



Fonte: Autor, 2026.

7.3 Levantamento e Análise de Dados Secundários

O levantamento de dados secundários foi realizado por meio da consulta às bases oficiais, buscando informações demográficas, socioeconômicas, ambientais e de infraestrutura urbana.

As principais fontes de dados incluem:

- a) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE);
Link para acesso: <https://www.ibge.gov.br/>
- b) Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS);
Link para acesso: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/pmss/snis>
- c) Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA);
Link para acesso: <https://www.gov.br/ana/pt-br>
- d) Atlas Brasil;
Link para Acesso: <https://www.atlasbrasil.org.br/>
- e) MapBiomias Brasil;
Link para acesso: <https://brasil.mapbiomas.org/>
- f) Base Hidrográfica da ANA.
Link para acesso: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/noticias-e-eventos/noticias/base-de-dados-geoespaciais-da-ana-permite-gestao-mais-eficiente-das-bacias-hidrograficas>

Foram coletados indicadores relacionados a:

- População total e densidade demográfica;
- Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM);
- Renda média e indicadores sociais;
- Cobertura de abastecimento de água;
- Cobertura de esgotamento sanitário;
- Coleta e destinação de resíduos sólidos;
- Infraestrutura de drenagem urbana;
- Cobertura vegetal e uso do solo.

Os dados foram sistematizados em planilhas eletrônicas e posteriormente integrados ao ambiente SIG para análises espaciais e estatísticas.

7.4 Análise de Uso e Cobertura do Solo

A análise de uso e cobertura do solo foi realizada utilizando dados do Projeto MapBiomass, complementados por informações cartográficas processadas no software QGIS Desktop Versão 3.34.3

Foram identificadas e classificadas as principais categorias de ocupação do território municipal, incluindo:

- Áreas urbanizadas;
- Áreas agrícolas;
- Pastagens;
- Vegetação nativa;
- Corpos hídricos;
- Áreas degradadas.

Além da caracterização espacial atual, foram avaliadas as relações entre o padrão de ocupação territorial e a infraestrutura de saneamento existente, buscando identificar possíveis áreas de pressão ambiental e vulnerabilidade socioambiental.

Após caracterização foi possível gerar mapas temáticos e análises quantitativas da distribuição espacial das diferentes classes de uso do solo.

7.5 Interpretação de Imagens Orbitais

A interpretação visual das imagens foi realizada utilizando a plataforma Google Earth Pro e imagens de alta resolução disponíveis gratuitamente.

Foram conduzidas análises temporais com o objetivo de identificar:

- Expansão da mancha urbana;
- Alterações no uso e ocupação do solo;
- Supressão ou fragmentação da cobertura vegetal;
- Ocupações em áreas ambientalmente sensíveis;
- Transformações relacionadas à infraestrutura urbana e sanitária.

Essa etapa permitiu compreender a dinâmica territorial do município e subsidiará a identificação de áreas prioritárias para investigação em campo.

7.6 Coleta de Dados Primários em Campo

A coleta de dados em campo foi realizada com o objetivo de validar as informações obtidas por meio das análises cartográficas e do sensoriamento remoto.

Durante as visitas técnicas foram desenvolvidas as seguintes atividades:

- Registro fotográfico georreferenciado;
- Observação direta das condições ambientais;
- Identificação de áreas com deficiência de saneamento;
- Verificação das condições de drenagem urbana;
- Avaliação de corpos hídricos urbanos;
- Validação das classes de uso e cobertura do solo.

Os pontos observados foram georreferenciados com auxílio de dispositivos móveis e posteriormente incorporados ao banco de dados geográfico da pesquisa.

7.7 Aplicação de Questionários

Com o intuito de compreender a percepção da população acerca das condições ambientais e sanitárias do município, foram aplicados questionários semiestruturados junto à 10 moradores da rua João Alexandre da área urbana do município de Lajedo (Figura). A amostragem por conveniência foi adotada devido à facilidade de acesso aos participantes, de sua disponibilidade para participação na pesquisa e proximidade geográfica em relação à equipe de pesquisadores, fatores que favorecem a operacionalização da coleta de dados. Essa estratégia possibilita maior agilidade na execução das atividades de campo, reduz os custos operacionais e contribui com o cronograma estabelecido.

Os instrumentos de pesquisa abordaram aspectos relacionados a:

- Percepção ambiental;
- Abastecimento de água;
- Esgotamento sanitário;
- Manejo de resíduos sólidos;
- Ocorrência de alagamentos;
- Impactos do saneamento na qualidade de vida.

Os dados coletados foram organizados em planilhas e analisados por meio de estatística descritiva, permitindo identificar tendências e padrões de percepção social.

7.8 Interpretação e Processamento de Dados

Após a conclusão das etapas anteriores, todas as informações obtidas foram integradas em ambiente SIG utilizando o software QGIS.

As análises realizadas foram:

- Sobreposição de camadas temáticas;
- Correlação espacial entre variáveis ambientais e sanitárias;
- Cruzamento entre dados secundários e dados de campo;
- Análise espacial dos indicadores socioambientais.

Essa integração possibilitou uma avaliação sistêmica do território, evidenciando relações entre ocupação urbana, infraestrutura de saneamento e vulnerabilidade ambiental.

7.9 Análise e Diagnóstico Socioambiental

A partir da integração dos dados, foi elaborado um diagnóstico socioambiental do município de Lajedo-PE.

Nessa etapa foram identificados:

- Áreas com deficiência de saneamento básico;
- Setores mais vulneráveis ambientalmente;
- Áreas sujeitas a processos de degradação;
- Potenciais conflitos entre ocupação urbana e recursos naturais;
- Principais impactos ambientais associados à infraestrutura sanitária.

Os resultados foram discutidos à luz da literatura científica e da legislação ambiental vigente, permitindo uma interpretação crítica da realidade local.

7.10 Elaboração dos Produtos Técnicos

Como produto final da pesquisa foram elaborados:

- Mapas temáticos de uso e cobertura do solo;
- Mapas de infraestrutura de saneamento;
- Mapas de vulnerabilidade socioambiental;
- Banco de dados geográficos;
- Relatório técnico-científico contendo diagnóstico, resultados e recomendações.

Esses produtos subsidiarão a compreensão da realidade socioambiental do município e poderão contribuir para o planejamento urbano e ambiental, bem como para a formulação de políticas públicas voltadas à melhoria das condições de saneamento básico e sustentabilidade territorial.

8 RESULTADOS E DISCUSSÃO

8.1 Caracterização Socioeconômica e da Infraestrutura Urbana de Lajedo-PE

Os indicadores demográficos e territoriais apresentados no Quadro 1 evidenciam que Lajedo possui população de 39.582 habitantes, distribuída em uma área territorial de 189,096 km², resultando em densidade demográfica de 209,32 hab./km². Esse valor pode ser considerado elevado para municípios do Agreste Pernambucano, refletindo uma concentração populacional significativa e potencial aumento da demanda por infraestrutura urbana, serviços públicos e recursos ambientais.

A estimativa populacional para 2025 aponta crescimento para 41.960 habitantes, indicando tendência de expansão urbana e consequente pressão sobre os sistemas de abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e drenagem urbana. Observa-se ainda predominância da população residente em áreas urbanas (28.811 habitantes), correspondente a aproximadamente 72% da população municipal, enquanto a população rural totaliza 11.170 habitantes. Esse padrão reforça a consolidação do processo de urbanização e destaca a necessidade de planejamento territorial voltado à ocupação ordenada do espaço urbano.

O número de 17.835 domicílios registrados demonstra a crescente demanda por infraestrutura básica, especialmente em um contexto de expansão urbana. Além disso, a elevada taxa de escolarização da população entre 6 e 14 anos (96,88%) representa um indicador positivo do desenvolvimento social local, podendo contribuir para o fortalecimento de ações de educação ambiental e conscientização acerca da gestão sustentável dos recursos naturais e dos serviços de saneamento.

Quadro 1 – Indicadores Demográficos e Territoriais do município de Lajedo-PE.

INDICADOR	VALOR	ANO	FONTE
População total	39.582 habitantes	2022	IBGE
População estimada	41.960 habitantes	2025	IBGE
Área territorial	189,096 Km ²	2024	IBGE
Densidade Demográfica	209,32 hab./km ²	2022	IBGE
População Urbana	28.811 habitantes	2023	SINISA
População Rural	11.170 habitantes	2023	SINISA
Domicílios Totais	17.835 domicílios	2023	SINISA
Escolarização	(6-14 96,88% anos)	2022	IBGE
IDHM	0,611	2010	PNUD/IBGE

Sob a perspectiva socioeconômica, os dados apresentados no Quadro 2 indicam que o município possui Produto Interno Bruto (PIB) per capita de R\$ 17.848,19, valor que evidencia limitações econômicas quando comparado às médias estadual e nacional. Essa condição pode influenciar a capacidade de investimento do poder público em obras de infraestrutura urbana e ampliação dos serviços de saneamento básico.

O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de 0,611 enquadra Lajedo na faixa de desenvolvimento humano médio, refletindo desafios relacionados à renda, educação e longevidade. Embora a taxa de escolarização seja elevada, a persistência de indicadores socioeconômicos moderados demonstra a necessidade de políticas públicas voltadas à melhoria das condições de vida da população.

Outro indicador relevante é a taxa de mortalidade infantil, que alcança 17,94 óbitos por mil nascidos vivos. Esse valor sugere a influência de fatores

socioambientais e sanitários sobre a saúde pública local, uma vez que estudos apontam estreita relação entre mortalidade infantil, acesso à água potável, esgotamento sanitário e condições adequadas de habitação.

No âmbito das finanças públicas, o município apresentou receita bruta de R\$ 204,09 milhões e despesa de R\$ 199,06 milhões no ano de 2024, demonstrando relativa capacidade de investimento. Entretanto, a efetividade da aplicação desses recursos em infraestrutura urbana e saneamento permanece um fator determinante para a melhoria dos indicadores socioambientais locais.

Quadro 2 – Indicadores Socioeconômicos do município de Lajedo-PE.

INDICADOR	VALOR	ANO	FONTE
PIB per capita	R\$ 17.848,19	2023	IBGE
IDHM	0,611	2010	PNUD
Escolarização (6-14 anos)	96,88%	2022	IBGE
Mortalidade infantil	17,94 óbitos por mil nascidos vivos	2023	DATASUS/IBGE
Receita bruta municipal	R\$ 204.088.041,96	2024	Tesouro Nacional
Despesa municipal	R\$ 199.062.506,31	2024	Tesouro Nacional

Os indicadores de infraestrutura urbana e saneamento básico, apresentados no Quadro 3, revelam avanços e desafios significativos na prestação dos serviços essenciais. O abastecimento de água atende aproximadamente 87% da população municipal, índice relativamente satisfatório quando comparado à realidade de diversos municípios do semiárido nordestino. Contudo, cerca de 5.202 habitantes ainda permanecem sem acesso regular ao serviço, evidenciando desigualdades territoriais e a necessidade de expansão da cobertura.

A situação do esgotamento sanitário apresenta maior criticidade. Apenas 21,9% da população é atendida por rede coletora de esgoto, enquanto aproximadamente 31.239 habitantes permanecem sem acesso ao serviço. Essa condição representa um importante fator de vulnerabilidade ambiental, favorecendo a

contaminação do solo e dos recursos hídricos, além de ampliar os riscos à saúde pública.

Em relação ao manejo de resíduos sólidos, verifica-se cobertura de coleta domiciliar correspondente a 62,5% da população. Consequentemente, cerca de 14.981 habitantes encontram-se sem atendimento regular, situação que pode contribuir para o descarte inadequado de resíduos em terrenos baldios, margens de cursos d'água e sistemas de drenagem, agravando problemas ambientais e sanitários.

Outro aspecto relevante refere-se à ausência de informações declaradas sobre drenagem e manejo das águas pluviais urbanas no SINISA. Essa lacuna evidencia limitações nos sistemas de monitoramento e gestão municipal, dificultando o planejamento de ações voltadas à prevenção de alagamentos, controle da erosão urbana e mitigação dos impactos decorrentes de eventos hidrológicos extremos.

Do ponto de vista socioeconômico, Lajedo apresenta Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de 0,611, evidenciando desafios relacionados à renda, educação e longevidade. Em relação à infraestrutura urbana, observa-se cobertura limitada dos serviços de saneamento básico, bem como déficits em drenagem urbana, pavimentação e qualificação dos espaços públicos, aspectos que justificam a realização desta investigação.

De forma integrada, os resultados demonstram que, embora o município apresente avanços em alguns indicadores de abastecimento de água e estrutura administrativa, persistem déficits expressivos nos serviços de esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e drenagem urbana. Tais fragilidades reforçam a necessidade de investimentos em infraestrutura sanitária e planejamento urbano, especialmente diante do crescimento populacional e da expansão das áreas urbanizadas observadas no município.

Quadro 3 – Indicadores de Infraestrutura Urbana e Saneamento Básico.

INDICADOR	VALOR	ANO	FONTE
População atendida por abastecimento de água	87%	2023	SINISA
População sem acesso à água	5.202 habitantes	2023	SINISA
Atendimento por esgotamento sanitário	21,9%	2023	SINISA
População sem coleta de esgoto	31.239 habitantes	2023	SINISA

Coleta de resíduos domiciliares	62,5%	2023	SINISA
População sem coleta de resíduo	14.981 habitantes	2023	SINISA
Drenagem urbana	Sem dados declarados	2023	SINISA
Política municipal de saneamento	Existe	2023	SINISA

De maneira geral, os resultados obtidos evidenciaram que o município de Lajedo apresentou avanços pontuais em indicadores relacionados ao abastecimento de água e à estrutura administrativa municipal. Entretanto, persistiram déficits expressivos nos serviços de esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e drenagem urbana, os quais constituíram importantes fatores de vulnerabilidade socioambiental. Além disso, o crescimento populacional observado nas últimas décadas, associado à predominância da população residente em áreas urbanas, indicou uma tendência de ampliação da demanda por infraestrutura básica e serviços públicos.

Nesse contexto, os indicadores demográficos, socioeconômicos e sanitários analisados sugeriram que as condições de ocupação do território exerceram influência direta sobre a distribuição espacial das fragilidades urbanas e ambientais identificadas. Assim, para uma compreensão mais abrangente dessas relações, tornou-se necessário investigar a configuração espacial do município, especialmente no que se refere aos padrões de uso e cobertura do solo.

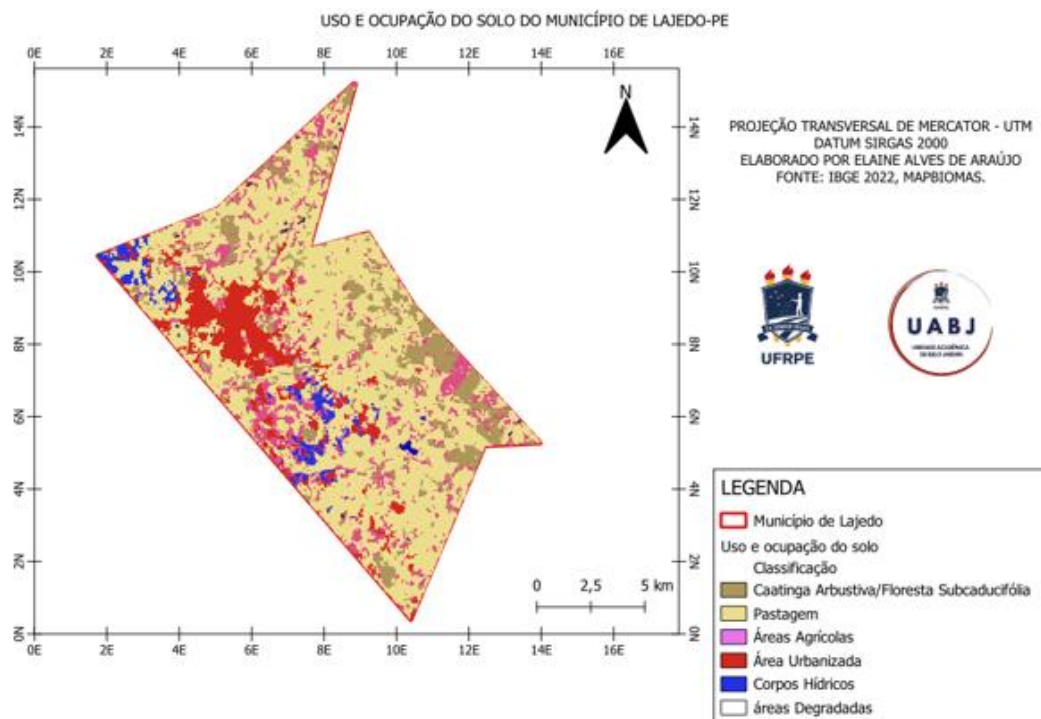
Dessa forma, a seção seguinte apresenta os resultados da análise do uso e cobertura do solo, buscando compreender como a dinâmica de ocupação territorial contribuiu para a formação de áreas ambientalmente vulneráveis e para a distribuição das condições de saneamento observadas em Lajedo-PE.

8.2 Análise do Uso e Cobertura do Solo

A Figura 4 apresenta o mapa de uso e ocupação do solo do município de Lajedo, no qual se observa o predomínio da Caatinga arbustiva e da Floresta Subcaducifólia, seguidas por áreas de pastagem e agricultura, enquanto a malha urbana concentra-se na sede municipal. Esse padrão espacial reflete as transformações decorrentes da expansão das atividades antrópicas, responsáveis por

alterar a cobertura natural do solo e a dinâmica da paisagem local, conforme evidenciado pelos dados do Projeto MapBiomias (2024).

Figura 4 – Mapa de uso e cobertura do solo.



Fonte: Autor, 2026.

O perfil quantitativo da cobertura vegetal e das pressões antrópicas no município é detalhado no Quadro 4, que discrimina a distribuição espacial das classes de uso e ocupação do solo em termos de área absoluta (hectares) e representatividade percentual.

Quadro 4 – Percentual das classes de uso do solo.

CLASSE	PERCENTUAL (%)	ÁREA (ha)
Caatinga arbustiva / Floresta Subcaducifólia	61,38	11.608,30
Pastagem	13,72	2.594,56
Áreas Agrícolas	11,47	2.169,58
Área Urbanizada	11,03	2.085,41
Corpos Hídricos	2,41	455,72
Área Degradadas	Não identificável	-

Os dados consolidados revelam que a paisagem municipal ainda é predominantemente dominada pela cobertura vegetal nativa, com a classe Caatinga arbustiva / Floresta Subcaducifólia ocupando a maior extensão territorial, totalizando 11.608,30 ha, o que equivale a 61,38% da área total mapeada. Essa expressiva representatividade indica o predomínio de fitofisionomias semiáridas conservadas ou em estágios secundários de regeneração, fundamentais para a manutenção dos serviços ecossistêmicos locais, regulação térmica e proteção pedológica contra processos erosivos.

Por outro lado, o somatório das classes associadas à dinâmica antrópica produtivo-espacial, constituído por Pastagem (13,72%), Áreas Agrícolas (11,47%) e Área Urbanizada (11,03%), perfaz mais de um terço do território (36,22%). O avanço das pastagens e das atividades agrícolas reflete a matriz econômica regional, historicamente pautada na agropecuária, cuja conversão de terras representa o principal vetor de fragmentação dos remanescentes de Caatinga observados.

Contudo, a mancha urbana (11,03%), concentrada na sede municipal, atua como um polo de pressão centralizada sobre os recursos naturais circundantes.

Os Corpos Hídricos apresentam uma cobertura restrita de apenas 2,41% (455,72 ha), dado que corrobora a vulnerabilidade hídrica intrínseca ao ambiente semiárido e reforça a necessidade de preservação das áreas de preservação permanente (APPs) ao longo dessas drenagens superficiais.

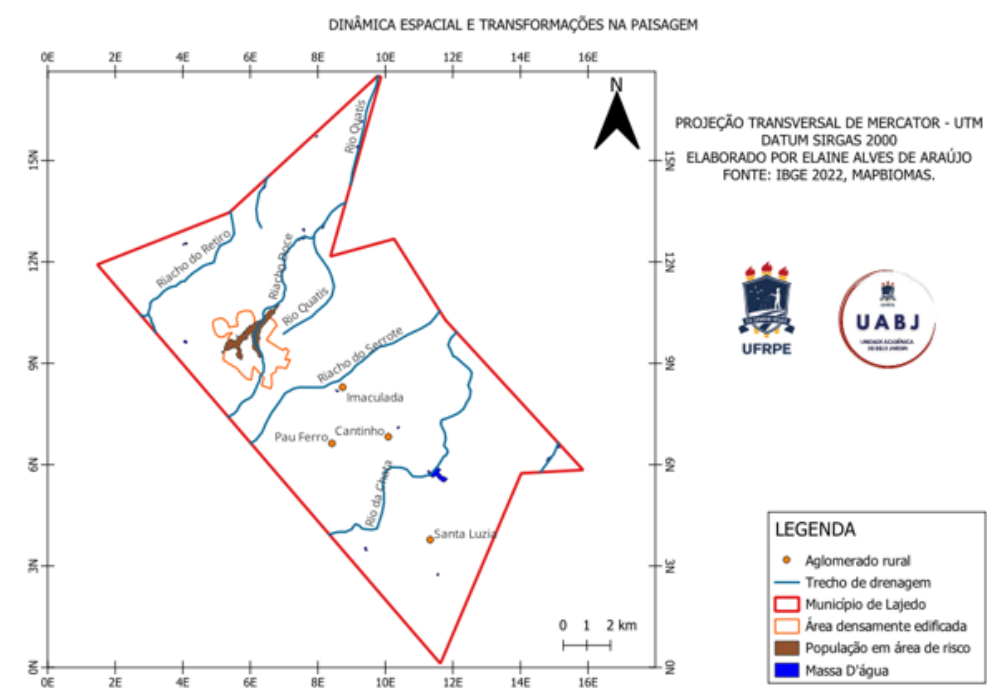
No que tange às Áreas Degradadas, estas foram classificadas como "Não identificáveis" pela resolução espacial dos sensores ou pelas limitações metodológicas de distinção espectral adotadas na escala do mapeamento atual, sugerindo que tais feições podem estar mascaradas ou integradas subespectralmente nas classes de agropecuária ou solo exposto.

Sendo assim, o arranjo espacial do município denota um cenário de transição ecológica, onde a conservação da biodiversidade nativa coexiste com frentes consolidadas de expansão econômica e urbana, demandando estratégias eficientes de planejamento ambiental urbano e rural.

8.3 Dinâmica Espacial e Transformações na Paisagem

A interpretação das imagens orbitais e das informações espaciais permitiu identificar alterações na paisagem do município de Lajedo relacionadas principalmente à expansão da ocupação urbana, à distribuição da rede de drenagem e à ocupação de áreas ambientalmente vulneráveis. Observa-se na Figura 5 que a mancha urbana se encontra concentrada na sede municipal, apresentando expansão em direção às áreas periféricas, impulsionada pela implantação de novos loteamentos e pelo crescimento populacional.

Figura 5 – Comparação temporal da área urbana.



Fonte: Autor, 2026.

O processo de urbanização evidenciado na imagem resulta na substituição gradual da cobertura vegetal nativa e de áreas anteriormente destinadas às atividades agropecuárias por superfícies impermeabilizadas, fenômeno frequentemente associado ao crescimento urbano desordenado dos municípios brasileiros. A sobreposição da área densamente edificada (delimitada em laranja) com a rede hidrográfica local, composta pelos eixos do Riacho do Retiro, Riacho Doce e Rio Quatis, evidencia que a expansão urbana avançou de forma adjacente e direta sobre os cursos d'água. Essa configuração espacial eleva a vulnerabilidade da população

local frente a eventos hidrológicos extremos, como inundações e alagamentos sazonais.

Nesse cenário, a identificação de população residente em áreas classificadas como de risco (delimitada em marrom) demonstra de forma técnica que a ocupação se consolidou em planícies de inundação naturais. Essa situação de risco socioambiental tende a ser severamente agravada pela deficiência na infraestrutura de drenagem urbana instalada e pela impermeabilização contínua do solo na sede municipal. Sob a ótica da Lei nº 12.608/2012, que institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, o planejamento territorial urbano deve, obrigatoriamente, integrar o mapeamento das áreas suscetíveis a desastres naturais, mitigando vulnerabilidades e coibindo novas ocupações em setores de risco.

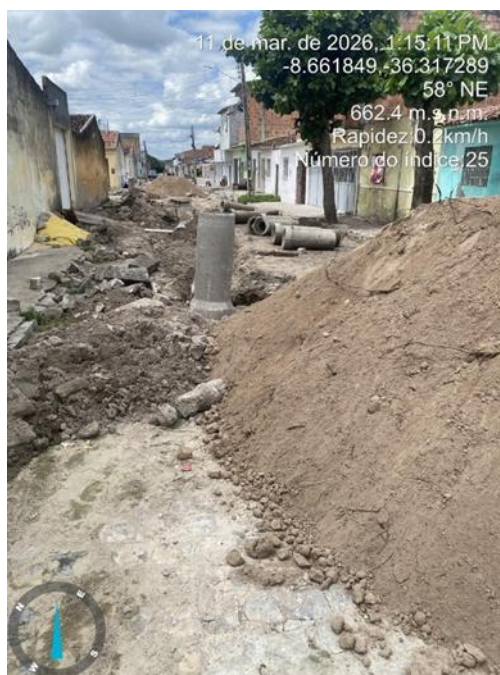
Em relação aos recursos hídricos superficiais, observa-se uma rede de drenagem distribuída por todo o território, com destaque para as bacias do Rio Quatis e do Rio da Chata, além de pequenos reservatórios superficiais. A manutenção e o equilíbrio ecológico desses corpos d'água são vitais para garantir a segurança hídrica da região, sobretudo para o abastecimento e sustentabilidade dos aglomerados rurais identificados no mapa, tais como Imaculada, Pau Ferro, Cantinho e Santa Luzia. Para tanto, faz-se imperativa necessário à preservação e a delimitação das Áreas de Preservação Permanente (APPs), em estrita consonância com o Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651/2012).

Dessa forma, as transformações espaço-temporais mapeadas na paisagem de Lajedo reforçam a necessidade urgente de um plano de ordenamento territorial integrado. Esse instrumento deve ser capaz de conciliar as frentes de expansão urbana e rural com a conservação dos ecossistemas semiáridos remanescentes, associado à implantação de obras de saneamento ambiental e macrodrenagem compatíveis com a taxa de crescimento do município.

8.4 Diagnóstico das Condições de Saneamento em Campo

As visitas técnicas realizadas no município permitiram verificar, in loco, as condições da infraestrutura urbana e dos sistemas de drenagem pluvial, possibilitando a validação das informações obtidas nas etapas anteriores da pesquisa. Durante os levantamentos de campo, foram registradas intervenções executadas pela Prefeitura Municipal na Rua João Alexandre, localizada no bairro Abraão Veloso (Figura 3).

Figura 6 – Rua João Alexandre, bairro Abraão Veloso, Lajedo-PE.

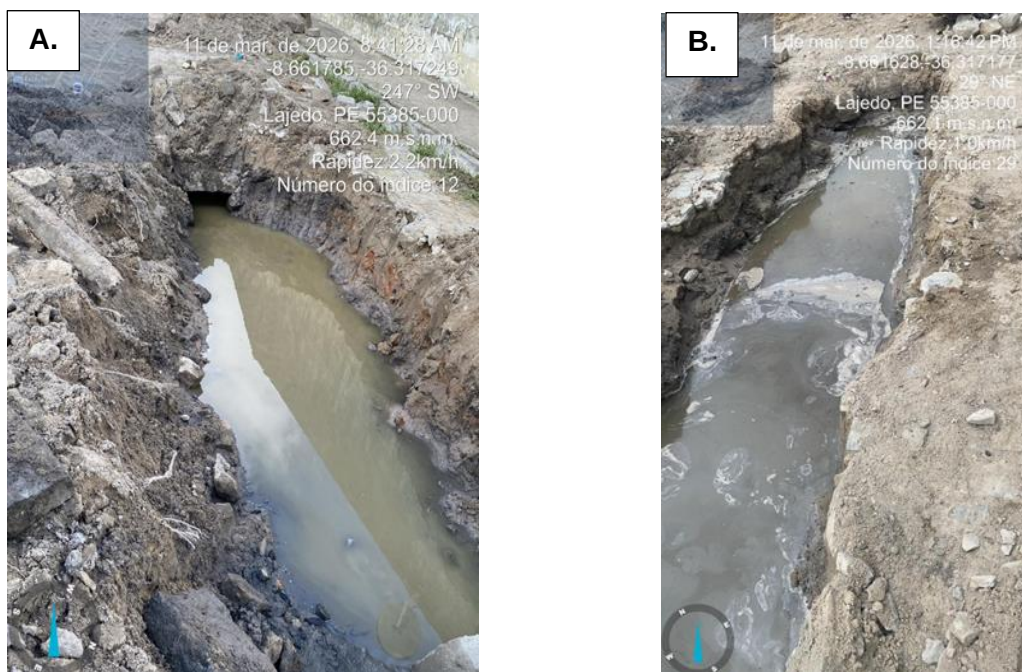


Fonte: Autora (2026).

Os registros de campo indicaram que as obras se encontravam em fase de execução durante o período da visita técnica, impossibilitando a avaliação completa da eficiência hidráulica do sistema implantado. Entretanto, as intervenções observadas demonstraram uma iniciativa voltada à ampliação da capacidade de coleta e condução das águas pluviais, aspecto fundamental para a redução do escoamento superficial concentrado em áreas urbanizadas.

A Figura 7, composta pelas imagens A e B, documenta trabalhos de escavação realizados na rede de drenagem urbana na Rua João Alexandre, situada no bairro Abraão Veloso, no município de Lajedo, Pernambuco. Ambas as fotografias, mostram valas abertas e expostas contendo água com características visuais de contaminação e estagnação.

Figura 7 – Escavação na rede de drenagem: vista horizontal (A); e vista superior (B) na área urbana na Rua João Alexandre, bairro Abraão Veloso, Lajedo-PE.



Fonte: Autora (2026).

A análise visual das fotografias revela questões críticas relacionadas à infraestrutura de saneamento e drenagem urbana no local. A vala exposta contém efluente doméstico e água da chuva acumulada com elevada turbidez e alteração de coloração, evidente tanto pela tonalidade marrom-amarelada na imagem A quanto pelo tom cinzento e opaco na imagem B. Esta coloração, associada à presença de espuma densa e bolhas superficiais, particularmente notável na imagem B, sugere a ocorrência de contaminação por esgoto sanitário ou outros efluentes domésticos e industriais.

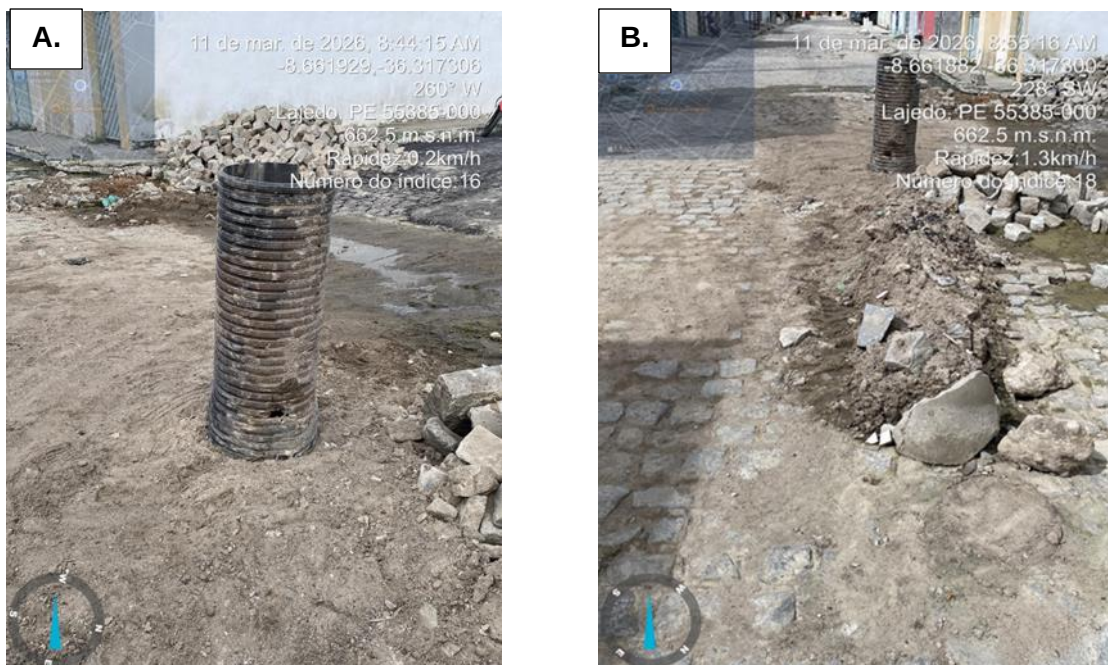
A estagnação dessa água e a exposição da vala a céu aberto trazem implicações diretas e graves para a saúde pública e a qualidade de vida dos moradores do bairro Abraão Veloso. O local torna-se propício à proliferação de vetores de doenças hídricas e parasitárias, além de representar riscos físicos e de acidentes para os transeuntes e residentes, devido à falta de isolamento e sinalização adequados visíveis nas imagens.

A presença de efluentes sanitários na rede de drenagem de águas pluviais, indicada pelas características da água, aponta para falhas na separação e no manejo dos sistemas de esgotamento, caracterizando a existência de ligações clandestinas

ou problemas de manutenção na rede. Em conjunto com a Figura 7, esta situação reforça a necessidade urgente de planejamento urbano integrado e de investimentos na expansão e qualificação da infraestrutura de saneamento básico e drenagem na região, visando mitigar os riscos socioambientais identificados.

A Figura 8A e B ilustra o processo de intervenção na infraestrutura de microdrenagem urbana, com foco na remoção de componentes obsoletos do sistema. A imagem da esquerda apresenta, em primeiro plano, uma seção de tubulação de drenagem corrugada de polietileno de alta densidade (PEAD) ou material similar, posicionada verticalmente no leito da via após a sua retirada. Observa-se que a tubulação exibe sinais de desgaste e impregnação por material sedimentar. Ao fundo, constata-se a desagregação do pavimento existente (paralelepípedos e base) e o acúmulo de material escavado, evidenciando a extensão das obras.

Figura 8 - Retirada da tubulação antiga (A); e vista longitudinal (B) da rede de drenagem urbana.



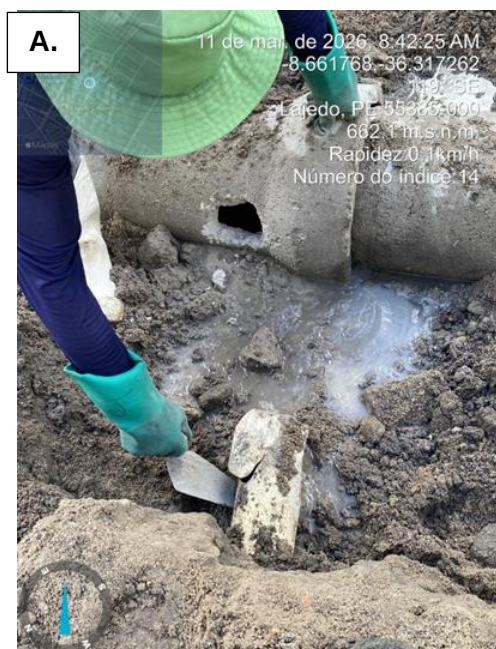
Fonte: Autora (2026).

A Figura 8B oferece uma perspectiva longitudinal da via sob intervenção. É possível identificar a vala de escavação reaterrada e compactada de forma preliminar, sobre a qual repousa material residual da pavimentação e fragmentos de base asfáltica. A tubulação removida, visível na Figura 8A, encontra-se posicionada mais

ao fundo da vala reaterrada. O entorno imediato mostra o pavimento de paralelepípedos original preservado, criando um contraste com a área de obra e evidenciando a descontinuidade da superfície de rolamento.

Observa-se na Figura 9A, em plano superior uma manilha de concreto (conduto circular rígido) recém-assentada, a qual apresenta uma abertura localizada em sua seção superior, possivelmente destinada à interligação de ramais ou poços de visita (PV). Em primeiro plano, constata-se a intervenção manual de um operador com ferramentas de pedrearia manipulando um fragmento de tubulação plástica (PVC) em meio a um substrato de solo saturado e água de infiltração acumulada no fundo da vala escavada. Já na Figura 9B, evidencia-se o avanço da obra com a extensão do alinhamento da tubulação de concreto aparente e desimpedida na extremidade jusante da vala. Nota-se a interface geométrica e a conexão perpendicular com uma tubulação de PVC de menor diâmetro na seção superior, caracterizando a integração de ligações domiciliares ou de captação secundária (bocas de lobo) ao coletor principal de concreto. O fundo da escavação exibe acúmulo de água com turbidez acentuada, ladeado pelo material de bota-fora (solo escavado) depositado nas margens da vala.

Figura 9 – Substituição estrutural (A) e readequação de materiais (B) na rede de microdrenagem pluvial urbana, registrando a introdução de condutos rígidos de concreto na rede de drenagem urbana.



Fonte: Autora (2026).



Fonte: Autora (2026).

Do ponto de vista da engenharia de infraestrutura urbana, as evidências fotográficas da Figura 9 documentam a substituição tecnológica de condutos flexíveis deteriorados (como visto na Figura 8) por manilhas de concreto. Condutos rígidos de concreto são amplamente empregados em sistemas de macro e microdrenagem pluvial devido à sua elevada resistência mecânica a cargas verticais e pressões do tráfego urbano, além de apresentarem maior estabilidade estrutural sob condições de saturação contínua do solo.

A presença de água perene no fundo da vala durante o processo de assentamento, visível em ambos os registros temporais, atesta a proximidade do nível freático local ou o afloramento de águas residuárias decorrentes de vazamentos na rede de distribuição ou ligações clandestinas de esgoto. Esse cenário exige cuidados metodológicos rigorosos no reaterro e na execução das juntas de assentamento das manilhas, uma vez que a infiltração contínua pode erodir o material de fundação (fino) e gerar recalques diferenciais na tubulação a longo prazo.

A conexão direta observada na Figura 9B entre o tubo de PVC e o conduto de concreto materializa a transição de fluxos na rede. Contudo, do ponto de vista operacional, é fundamental que essas transições e furos nas manilhas sejam

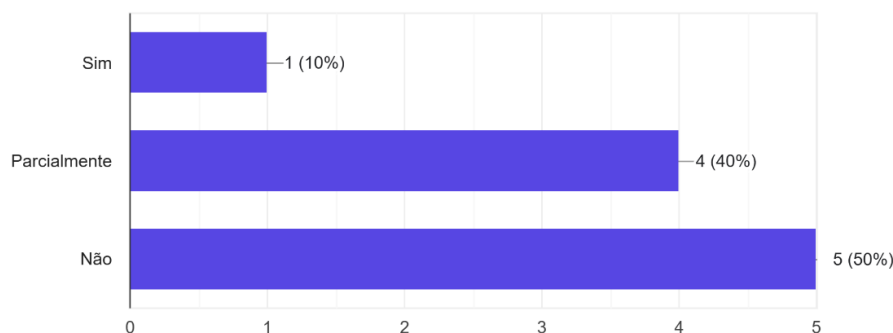
adequadamente selados e inspecionados para evitar o carreamento de sedimentos do solo para o interior da rede de drenagem, o que comprometeria a capacidade de vazão do sistema. A intervenção técnica exposta denota um esforço de recuperação do ativo urbano, visando mitigar os alagamentos recorrentes na via pública a partir do redimensionamento e da requalificação material da rede.

8.5 Percepção da População sobre as Condições Ambientais e Sanitárias

A Figura 10 apresenta a percepção dos moradores da Rua João Alexandre, no município de Lajedo–PE, acerca dos impactos do calçamento nas condições de mobilidade urbana, considerando aspectos relacionados ao acesso, à circulação de pedestres e ao tráfego de veículos.

Figura 10 – Percepção dos moradores da Rua João Alexandre sobre a influência do calçamento nas condições de mobilidade urbana (acesso, circulação de pedestres e veículos) no município de Lajedo–PE.

Seção 1 – Percepção sobre o Calçamento 1. Você considera que o calçamento realizado na sua rua melhorou as condições de mobilidade (acesso, circulação de pedestres e veículos)?
10 respostas



Fonte: Pesquisa de campo (Google Forms, 2026).

Observou-se que a maior parte dos entrevistados, correspondente a 50% da amostra (5 respondentes), afirmou que o calçamento não promoveu melhorias significativas nas condições de mobilidade da via. Em contrapartida, 40% dos participantes (4 respondentes) consideraram que houve melhoria apenas parcial, enquanto apenas 10% (1 respondente) avaliaram positivamente a intervenção, indicando melhora efetiva nas condições de circulação.

Esses resultados evidenciam uma percepção predominantemente insatisfatória da população em relação à infraestrutura implantada na Rua João Alexandre. Embora o calçamento represente, em termos técnicos, uma intervenção importante para a qualificação urbana, os dados demonstram que sua execução, isoladamente, não foi suficiente para atender plenamente às demandas de mobilidade local. Tal percepção pode estar associada à permanência de problemas estruturais, como deficiência na drenagem urbana, irregularidades na pavimentação, ausência de acessibilidade adequada para pedestres e limitações relacionadas ao planejamento viário.

Além disso, o elevado percentual de respostas negativas sugere que a obra não proporcionou os benefícios esperados pela população, sobretudo no que se refere à melhoria da trafegabilidade e da segurança no deslocamento diário. Paralelamente, o grupo que respondeu “parcialmente” indica que, apesar da existência de alguns avanços, ainda persistem limitações que comprometem a funcionalidade e a eficiência da infraestrutura urbana implantada.

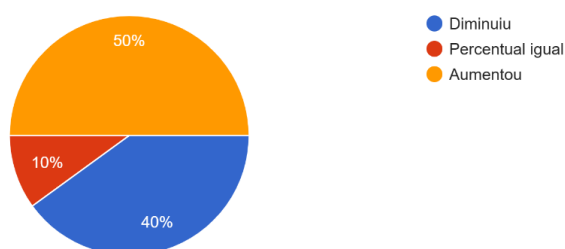
Nesse contexto, os resultados reforçam a necessidade de adoção de uma abordagem integrada no planejamento urbano e sanitário do município de Lajedo–PE, considerando que intervenções em pavimentação devem estar articuladas a ações complementares de drenagem, acessibilidade, mobilidade e saneamento urbano. Dessa forma, torna-se possível promover melhorias mais efetivas na qualidade de vida da população e na sustentabilidade das áreas urbanas estudadas.

A Figura 11 apresenta a percepção dos moradores da Rua João Alexandre, no município de Lajedo–PE, acerca das alterações na ocorrência de acúmulo de água em frente às residências após a implantação do calçamento. A análise dos dados permite compreender os impactos da intervenção urbana sobre as condições de drenagem superficial e escoamento pluvial da via.

Figura 11 – Percepção dos moradores da Rua João Alexandre sobre a ocorrência de acúmulo de água em frente às residências após a implantação do calçamento no município de Lajedo–PE.

2. Após a implantação do calçamento, houve mudança na ocorrência de acúmulo de água em frente à sua residência?

10 respostas



Fonte: Pesquisa de campo (Google Forms, 2026).

Os resultados demonstram que 50% dos entrevistados afirmaram que o acúmulo de água aumentou após a execução do calçamento, evidenciando uma percepção negativa quanto à eficiência do sistema de drenagem associado à obra. Em contrapartida, 40% dos participantes relataram diminuição na ocorrência de água acumulada, enquanto 10% consideraram que a situação permaneceu inalterada.

A predominância das respostas indicando aumento do acúmulo de água sugere possíveis deficiências no planejamento e na execução da infraestrutura urbana, especialmente no que se refere ao sistema de drenagem pluvial. Tal cenário pode estar relacionado à ausência ou insuficiência de dispositivos de escoamento, à inadequada declividade da pavimentação ou à impermeabilização excessiva do solo urbano, fatores que dificultam a infiltração e favorecem a formação de pontos de alagamento.

Além disso, embora parte dos moradores tenha percebido melhorias nas condições de escoamento superficial, os resultados gerais indicam que os benefícios do calçamento não ocorreram de maneira homogênea ao longo da via. Essa heterogeneidade evidencia a necessidade de intervenções complementares voltadas à drenagem urbana sustentável, considerando que obras de pavimentação, quando executadas sem integração com sistemas adequados de manejo das águas pluviais, podem intensificar problemas ambientais e sanitários.

Nesse contexto, os dados obtidos reforçam a importância de um planejamento urbano integrado no município de Lajedo–PE, no qual as ações de infraestrutura viária estejam articuladas às políticas de saneamento e drenagem urbana. Dessa forma, torna-se possível minimizar impactos ambientais, reduzir riscos associados ao acúmulo de água e promover melhores condições de salubridade e qualidade de vida para a população residente na Rua João Alexandre.

A Figura 12 apresenta a percepção dos moradores da Rua João Alexandre, no município de Lajedo–PE, acerca da existência de sistemas de drenagem superficial na via, tais como sarjetas e bocas de lobo, elementos fundamentais para o manejo adequado das águas pluviais em áreas urbanas.

Figura 12 – Existência de sistema de drenagem superficial na Rua João Alexandre, no município de Lajedo–PE.

Seção 2 – Drenagem Urbana 3.Sua rua possui algum sistema de drenagem superficial, como sarjetas ou bocas de lobo?
10 respostas



Fonte: Pesquisa de campo (Google Forms, 2026).

Os resultados demonstram que 100% dos entrevistados afirmaram que a rua possui algum tipo de sistema de drenagem superficial. Esse resultado evidencia que a população reconhece a presença de dispositivos destinados ao escoamento das águas pluviais, indicando a existência de infraestrutura urbana voltada ao controle do fluxo superficial durante eventos de precipitação.

Entretanto, embora a totalidade dos moradores tenha confirmado a presença desses sistemas, tal constatação não implica necessariamente em eficiência operacional da drenagem urbana. Conforme observado em análises anteriores, parte significativa da população relatou aumento no acúmulo de água após a implantação do calçamento, o que sugere possíveis limitações relacionadas à capacidade

hidráulica, manutenção, dimensionamento inadequado ou obstrução dos dispositivos existentes.

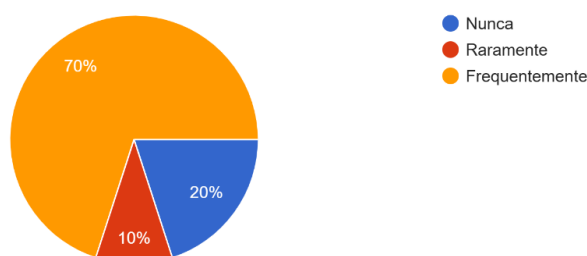
Nesse sentido, a simples presença de estruturas de drenagem não garante o funcionamento adequado do sistema, sendo indispensável avaliar aspectos técnicos relacionados à conservação, limpeza periódica e eficiência do escoamento superficial. Além disso, a integração entre pavimentação urbana e drenagem pluvial constitui um fator essencial para minimizar problemas ambientais, reduzir riscos de alagamentos e melhorar as condições de mobilidade e salubridade urbana.

Dessa forma, os resultados obtidos na Rua João Alexandre reforçam a importância da adoção de políticas públicas integradas de infraestrutura urbana e saneamento no município de Lajedo–PE, considerando que a efetividade dos sistemas de drenagem depende não apenas de sua implantação, mas também de planejamento técnico adequado, monitoramento contínuo e manutenção preventiva.

A Figura 13 apresenta a percepção dos moradores da Rua João Alexandre, no município de Lajedo–PE, acerca da ocorrência de acúmulo de água ou alagamentos na via durante períodos de chuva. A análise desse indicador é relevante para a compreensão das condições de drenagem urbana e dos impactos associados à infraestrutura existente na área estudada.

Figura 13 – Frequência de ocorrência de alagamentos na Rua João Alexandre durante períodos chuvosos no município de Lajedo–PE.

4. Em períodos de chuva, ocorre acúmulo de água (alagamento) na via?
10 respostas



Fonte: Pesquisa de campo (Google Forms, 2026).

Os resultados demonstram que 70% dos entrevistados afirmaram que os alagamentos ocorrem frequentemente na via, enquanto 10% relataram que o problema acontece raramente. Em contrapartida, apenas 20% dos participantes

informaram que nunca observaram ocorrência de acúmulo significativo de água na rua durante eventos chuvosos.

A predominância de respostas indicando ocorrência frequente de alagamentos evidencia uma condição crítica relacionada ao sistema de drenagem urbana da Rua João Alexandre. Esse cenário sugere que, apesar da existência de dispositivos de drenagem superficial identificados pelos moradores, o sistema implantado não apresenta capacidade suficiente para promover o adequado escoamento das águas pluviais, especialmente em períodos de maior intensidade pluviométrica.

Além disso, a elevada frequência de alagamentos pode estar associada a diferentes fatores, tais como obstrução de sarjetas e bocas de lobo, ausência de manutenção preventiva, inadequações no dimensionamento hidráulico da drenagem ou problemas relacionados à declividade da via. Soma-se a isso o efeito da impermeabilização do solo decorrente da pavimentação, que reduz a infiltração natural da água e intensifica o escoamento superficial.

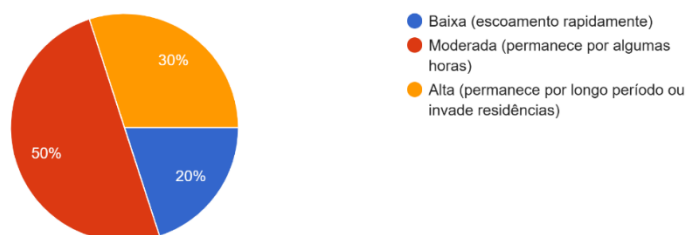
Do ponto de vista ambiental e sanitário, a recorrência de alagamentos representa um importante fator de risco para a população local, uma vez que favorece a degradação da infraestrutura urbana, dificulta a mobilidade de pedestres e veículos e pode contribuir para a proliferação de vetores e doenças associadas ao contato com águas contaminadas.

Assim sendo, os resultados obtidos reforçam a necessidade de intervenções integradas de saneamento e drenagem urbana no município de Lajedo-PE, especialmente na Rua João Alexandre, visando à melhoria da eficiência hidráulica do sistema existente e à promoção de condições urbanas mais adequadas, seguras e sustentáveis para a população residente.

A Figura 14 apresenta a percepção dos moradores da Rua João Alexandre, no município de Lajedo-PE, acerca da intensidade do acúmulo de água observado na via durante períodos de chuva. Esse indicador permite avaliar não apenas a ocorrência de alagamentos, mas também o nível de severidade do problema e seus possíveis impactos sobre as condições urbanas e sanitárias da área estudada.

Figura 14 – Intensidade percebida do acúmulo de água na Rua João Alexandre durante períodos chuvosos no município de Lajedo–PE.

5. Caso ocorra acúmulo de água, qual a intensidade percebida?
10 respostas



Fonte: Pesquisa de campo (Google Forms, 2026).

Os resultados demonstram que 50% dos entrevistados classificaram a intensidade do acúmulo de água como moderada, indicando que a água permanece acumulada por algumas horas após os eventos de precipitação. Além disso, 30% dos participantes relataram intensidade alta, caracterizada pela permanência prolongada da água ou pela invasão de residências. Em contrapartida, apenas 20% consideraram a intensidade baixa, afirmando que o escoamento ocorre de maneira relativamente rápida.

A predominância das respostas classificadas como moderada e alta evidencia que o sistema de drenagem urbana da Rua João Alexandre apresenta limitações significativas quanto à eficiência do escoamento superficial das águas pluviais. Tal condição reforça os resultados obtidos anteriormente, nos quais a maioria dos moradores relatou ocorrência frequente de alagamentos na via.

Além disso, a presença de relatos de intensidade elevada representa um fator de preocupação do ponto de vista ambiental, urbano e sanitário, uma vez que o prolongamento do acúmulo de água pode favorecer processos de degradação da pavimentação, dificultar a mobilidade urbana e aumentar os riscos de contaminação ambiental e proliferação de vetores de doenças. A invasão de água nas residências também evidencia vulnerabilidade da infraestrutura local frente aos eventos pluviométricos.

Nesse contexto, os resultados sugerem que, embora existam dispositivos de drenagem superficial na Rua João Alexandre, estes não têm apresentado desempenho plenamente satisfatório para atender às demandas hidráulicas da área estudada. Fatores como deficiência de manutenção, obstrução das estruturas de

drenagem, inadequações no dimensionamento técnico e elevada impermeabilização do solo podem contribuir para a intensificação do problema.

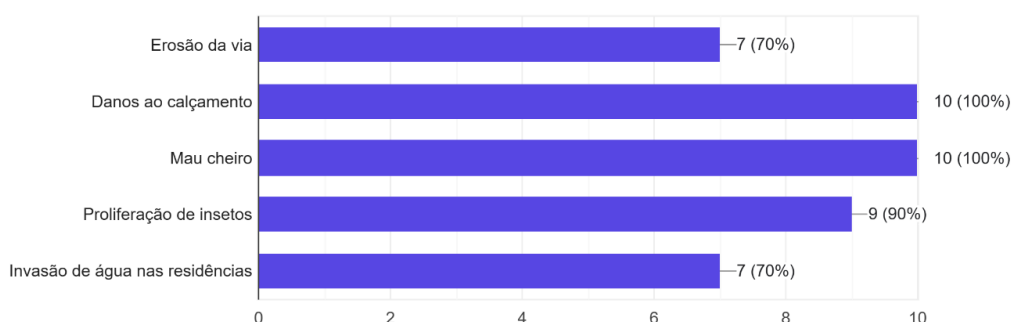
Dessa forma, os dados obtidos reforçam a necessidade de implementação de medidas integradas de drenagem urbana e saneamento no município de Lajedo–PE, incluindo ações de manutenção preventiva, requalificação da infraestrutura existente e adoção de soluções sustentáveis para o manejo das águas pluviais, visando à redução dos impactos ambientais e à melhoria das condições de qualidade de vida da população residente na Rua João Alexandre.

A Figura 15 apresenta a percepção dos moradores da Rua João Alexandre em relação aos principais problemas decorrentes da ausência ou deficiência da drenagem urbana. Os resultados evidenciam que todos os entrevistados (100%) identificaram danos ao calçamento e mau cheiro como os impactos mais recorrentes associados às deficiências do sistema de drenagem. Em seguida, destaca-se a proliferação de insetos, apontada por 90% dos respondentes, enquanto erosão da via e invasão de água nas residências foram mencionadas por 70% dos participantes.

Figura 15 – Problemas associados à ausência de drenagem urbana identificados pelos moradores da Rua João Alexandre, município de Lajedo–PE.

Seção 3 – Impactos e Problemas Associados 6. Você já identificou problemas decorrentes da ausência de drenagem adequada? (pode marcar mais de uma opção).

10 respostas



Fonte: Pesquisa de campo (Google Forms, 2026).

Os resultados demonstram que os impactos da drenagem inadequada transcendem os danos à infraestrutura urbana, afetando também as condições ambientais e sanitárias da área estudada. O fato de 100% dos moradores relatarem a ocorrência de danos ao calçamento indica que o escoamento superficial das águas pluviais ocorre de forma desordenada, promovendo o desgaste do pavimento e

comprometendo a mobilidade urbana, além de elevar a necessidade de intervenções corretivas e os custos de manutenção da infraestrutura pública. Esse comportamento é frequentemente observado em áreas onde inexistem sistemas eficientes de captação e condução das águas pluviais, favorecendo processos de degradação das vias urbanas.

Da mesma forma, a unanimidade quanto à ocorrência de mau cheiro evidencia a existência de pontos de acúmulo de água e resíduos sólidos, criando condições propícias para processos de decomposição da matéria orgânica. Esse cenário reflete fragilidades no manejo integrado da drenagem urbana e dos resíduos sólidos, contribuindo para a deterioração da qualidade ambiental e do conforto da população residente.

A elevada frequência atribuída à proliferação de insetos (90%) reforça essa problemática, uma vez que o acúmulo de águas estagnadas favorece a formação de criadouros para mosquitos e outros vetores de doenças, ampliando os riscos à saúde pública. Esse resultado evidencia a estreita relação entre drenagem urbana deficiente e saneamento ambiental, especialmente em áreas urbanizadas onde a impermeabilização do solo dificulta a infiltração natural das águas pluviais.

Por sua vez, erosão da via e invasão de água nas residências, ambas citadas por 70% dos entrevistados, demonstram que o volume e a velocidade do escoamento superficial têm provocado tanto a degradação da infraestrutura viária quanto prejuízos diretos às edificações. A erosão compromete a estabilidade do pavimento e reduz a vida útil das vias públicas, enquanto a entrada de água nas residências representa um importante indicador de vulnerabilidade socioambiental, ocasionando perdas materiais, desconforto aos moradores e potencial exposição a agentes contaminantes presentes nas águas de escoamento.

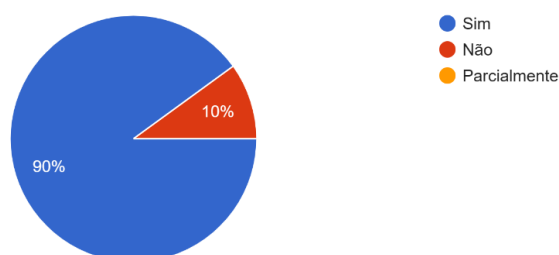
De maneira integrada, os resultados evidenciam que a deficiência da drenagem urbana na Rua João Alexandre constitui um fator determinante para a ocorrência simultânea de problemas estruturais, ambientais e sanitários. Esses achados corroboram o entendimento de que a ausência de infraestrutura adequada de drenagem intensifica os processos de degradação urbana e compromete a qualidade de vida da população, reforçando a necessidade de implantação de medidas estruturais e de gestão voltadas ao manejo sustentável das águas pluviais. Nesse contexto, os resultados obtidos estão em consonância com a literatura, que destaca a drenagem urbana como um dos componentes essenciais do saneamento básico,

indispensável para a prevenção de alagamentos, redução de riscos à saúde pública e promoção da sustentabilidade das cidades (Brasil, 2020; Tucci, 2015; Mota, 2014).

A Figura 16 apresenta a percepção dos moradores da Rua João Alexandre quanto à influência da ausência de um sistema adequado de drenagem urbana sobre sua qualidade de vida. Os resultados demonstram que 90% dos respondentes afirmaram que a deficiência da drenagem afeta diretamente sua qualidade de vida, enquanto apenas 10% responderam que não percebem essa influência. Nenhum participante indicou que essa interferência ocorre apenas parcialmente, evidenciando uma percepção predominantemente negativa em relação às condições de drenagem existentes na área estudada.

Figura 16 – Percepção dos moradores da Rua João Alexandre sobre a influência da ausência de drenagem urbana na qualidade de vida, município de Lajedo–PE.

7. A ausência de drenagem afeta sua qualidade de vida?
10 respostas



Fonte: Pesquisa de campo (Google Forms, 2026).

Os dados revelam que a grande maioria da população reconhece a estreita relação entre a infraestrutura de drenagem urbana e o bem-estar cotidiano, evidenciando que os impactos provocados pela deficiência desse serviço extrapolam os aspectos físicos da cidade e repercutem diretamente nas dimensões sociais, ambientais e sanitárias. Essa percepção pode ser explicada pelo conjunto de problemas anteriormente identificados pelos moradores, como alagamentos, degradação do pavimento, proliferação de insetos, odores desagradáveis e invasão de águas pluviais nas residências, fatores que comprometem significativamente as condições de habitabilidade e segurança urbana.

O percentual de 90% de respostas afirmativas demonstra que a ausência de um sistema eficiente de drenagem constitui um importante fator de vulnerabilidade

socioambiental na Rua João Alexandre. Em áreas urbanizadas, a deficiência na coleta e condução das águas pluviais favorece o acúmulo de água nas vias públicas, dificulta a mobilidade de pedestres e veículos, aumenta o risco de acidentes e intensifica processos de degradação da infraestrutura urbana. Além disso, tais condições podem favorecer a disseminação de doenças relacionadas ao saneamento inadequado, sobretudo em locais onde ocorre o acúmulo de resíduos sólidos e águas estagnadas.

Sob a perspectiva ambiental, os resultados evidenciam que a drenagem urbana desempenha papel fundamental na manutenção da qualidade do espaço urbano, uma vez que sua deficiência contribui para processos de erosão, assoreamento, transporte de resíduos e poluentes e degradação dos recursos naturais. Consequentemente, esses impactos refletem diretamente na percepção de qualidade de vida dos moradores, que passam a conviver diariamente com situações de desconforto, insegurança e exposição a riscos ambientais.

Embora uma parcela reduzida dos entrevistados (10%) tenha afirmado que a ausência da drenagem não interfere em sua qualidade de vida, esse resultado pode estar relacionado à localização específica de suas residências, possivelmente situadas em pontos menos suscetíveis ao acúmulo de águas pluviais, ou ainda à menor percepção individual acerca dos impactos ambientais. Entretanto, essa resposta representa uma condição pontual e não altera a tendência predominante observada no conjunto dos dados.

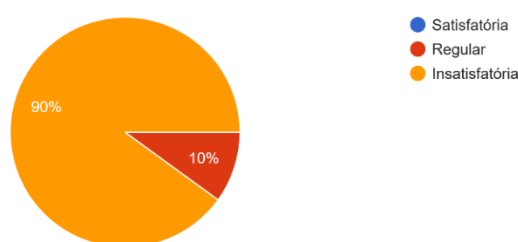
De forma integrada, os resultados reforçam que a drenagem urbana deve ser compreendida como um componente essencial do saneamento básico e da infraestrutura urbana, sendo indispensável para a promoção da saúde pública, da segurança da população e da qualidade ambiental. A elevada percepção dos moradores quanto aos impactos da sua ausência evidencia a necessidade de investimentos em sistemas de drenagem mais eficientes, associados ao planejamento urbano, à manutenção da infraestrutura existente e à implementação de soluções sustentáveis para o manejo das águas pluviais. Nesse contexto, os resultados obtidos corroboram os pressupostos estabelecidos pela literatura, segundo a qual a adequada gestão da drenagem urbana contribui para a redução dos riscos de alagamentos, da degradação ambiental e das vulnerabilidades sociais, promovendo cidades mais resilientes e sustentáveis (Tucci, 2015; Brasil, 2020; Canholi, 2014).

A Figura 17 apresenta a percepção dos moradores da Rua João Alexandre acerca da atuação do poder público no que se refere à infraestrutura urbana local. Os

resultados evidenciam um elevado grau de insatisfação da população, uma vez que 90% dos entrevistados classificaram a atuação da administração pública como insatisfatória, enquanto 10% a consideraram regular. Nenhum dos participantes avaliou a atuação do poder público como satisfatória, demonstrando uma percepção amplamente negativa quanto à capacidade da gestão municipal em atender às demandas relacionadas à infraestrutura da via.

Figura 17 – Avaliação dos moradores da Rua João Alexandre sobre a atuação do poder público em relação à infraestrutura urbana, município de Lajedo–PE.

Seção 4 – Saneamento e Gestão Urbana 8. Como você avalia a atuação do poder público em relação à infraestrutura da sua rua?
10 respostas



Fonte: Pesquisa de campo (Google Forms, 2026).

Os resultados indicam que a população reconhece fragilidades significativas na oferta e na manutenção da infraestrutura urbana, especialmente no que diz respeito aos serviços de drenagem, pavimentação e saneamento, discutidos nas seções anteriores deste estudo. A inexistência de avaliações positivas sugere que os moradores percebem uma distância entre as necessidades locais e a efetividade das ações governamentais, reforçando um cenário de baixa capacidade de resposta às demandas por melhorias urbanas.

Silva *et al.* (2025), ao investigarem os desafios do saneamento básico na comunidade de Jardim Uchôa, em Recife–PE, verificaram que a insuficiência das ações públicas voltadas à drenagem urbana, ao abastecimento de água e ao esgotamento sanitário compromete diretamente a qualidade ambiental e a qualidade de vida da população. Os autores ressaltam que a ausência de planejamento integrado e de investimentos contínuos em infraestrutura favorece a recorrência de alagamentos, a degradação das vias públicas e a exposição da população a riscos sanitários, cenário que corrobora a elevada insatisfação observada entre os moradores da Rua João Alexandre.

De maneira semelhante, Silva Júnior *et al.* (2020) destacam que os problemas relacionados à drenagem urbana em Recife–PE não decorrem exclusivamente das características naturais da bacia hidrográfica ou da intensidade das precipitações, mas também de limitações históricas no planejamento urbano, da expansão desordenada das cidades e da insuficiência de investimentos em infraestrutura resiliente. Segundo os autores, a capacidade institucional do poder público representa um elemento determinante para reduzir vulnerabilidades urbanas e adaptar os sistemas de drenagem às novas condições climáticas. Esses achados reforçam a percepção dos entrevistados de que a infraestrutura existente não atende adequadamente às necessidades da população.

No contexto do Agreste pernambucano, Silva, Vasconcelos e Cirilo (2022), ao realizarem o mapeamento de riscos associados ao abastecimento de água e ao esgotamento sanitário em Caruaru–PE, demonstraram que deficiências na infraestrutura de saneamento estão diretamente relacionadas ao aumento da vulnerabilidade socioambiental dos bairros urbanos. Os autores defendem que o uso de ferramentas de geoprocessamento e indicadores territoriais permite identificar áreas prioritárias para investimentos públicos, fortalecendo o planejamento municipal e tornando a gestão mais eficiente. Essa perspectiva converge com os resultados obtidos em Lajedo, onde a percepção da população evidencia a necessidade de intervenções estruturais orientadas por critérios técnicos e territoriais.

Sob a ótica da gestão pública, Chagas *et al.* (2022) argumentam que o desempenho dos municípios pernambucanos depende não apenas da disponibilidade de recursos financeiros, mas, sobretudo, da capacidade administrativa de planejar, executar e monitorar políticas públicas voltadas à infraestrutura urbana. Os autores demonstram que municípios com melhores indicadores de gestão apresentam maior eficiência na implementação de serviços públicos essenciais, evidenciando que a qualidade da governança influencia diretamente a percepção da população sobre a atuação do poder público. Essa interpretação reforça os resultados desta pesquisa, uma vez que a predominância de avaliações insatisfatórias pode refletir limitações na execução e manutenção das políticas municipais de infraestrutura.

Além disso, Oliveira *et al.* (2024) destacaram que a deficiência da infraestrutura de drenagem urbana está frequentemente associada à baixa integração entre planejamento urbano, manutenção dos sistemas existentes e gestão das águas pluviais. Embora o estudo tenha sido desenvolvido em outro município do Nordeste,

os autores demonstram que a ausência de políticas públicas contínuas e preventivas resulta em degradação da infraestrutura, recorrência de alagamentos e insatisfação da população com a administração pública, evidenciando um padrão semelhante ao observado na Rua João Alexandre.

Os resultados obtidos nesta pesquisa também podem ser interpretados de forma integrada com os gráficos anteriormente analisados. A elevada percepção de problemas como danos ao calçamento, proliferação de insetos, mau cheiro e impactos negativos sobre a qualidade de vida demonstra que a avaliação desfavorável da atuação do poder público não ocorre de maneira isolada, mas está fundamentada na vivência cotidiana dos moradores diante de deficiências persistentes na infraestrutura urbana. Nesse sentido, a percepção social apresentada nesta figura representa uma consequência direta das condições ambientais e de saneamento identificadas ao longo do estudo.

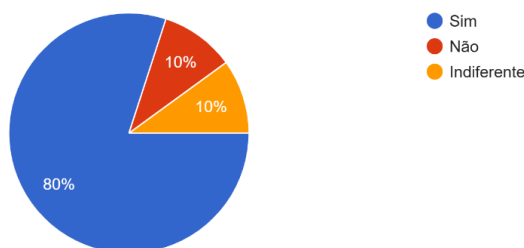
De forma geral, os resultados evidenciam que a infraestrutura urbana da Rua João Alexandre demanda ações mais efetivas por parte da administração municipal, especialmente no planejamento, implantação e manutenção dos sistemas de drenagem urbana e demais componentes do saneamento básico. A elevada insatisfação da população reforça a necessidade de políticas públicas baseadas em planejamento territorial, gestão integrada das águas pluviais e investimentos contínuos em infraestrutura, elementos considerados essenciais para a redução das vulnerabilidades socioambientais e para a promoção de cidades mais resilientes, sustentáveis e alinhadas aos princípios estabelecidos pelo Novo Marco Legal do Saneamento Básico e pela Política Nacional de Desenvolvimento Urbano.

A Figura 18 apresenta a percepção dos moradores da Rua João Alexandre acerca da necessidade de implantação de dispositivos de drenagem urbana, tais como sarjetas, canaletas e bocas de lobo. Os resultados evidenciam que 80% dos entrevistados consideram necessária a implantação de um sistema de drenagem, enquanto 10% responderam que essa intervenção não seria necessária e 10% declararam-se indiferentes. Esses resultados demonstram que a maioria da população reconhece a drenagem urbana como uma infraestrutura essencial para minimizar os impactos ambientais e urbanos observados na área de estudo.

Figura 18 – Percepção dos moradores da Rua João Alexandre sobre a necessidade de implantação de um sistema de drenagem urbana, município de Lajedo–PE.

9. Você considera necessária a implantação de sistema de drenagem (sarjetas, canaletas ou bocas de lobo) na sua rua?

10 respostas



Fonte: Pesquisa de campo (Google Forms, 2026).

A elevada proporção de respostas favoráveis deve ser interpretada de forma integrada aos resultados apresentados nas figuras anteriores. Os moradores identificaram, de maneira predominante, problemas como danos ao calçamento, erosão da via, invasão de águas pluviais nas residências, proliferação de insetos, mau cheiro e comprometimento da qualidade de vida, além de manifestarem insatisfação com a atuação do poder público. Nesse contexto, a solicitação pela implantação de dispositivos de drenagem não representa apenas uma expectativa por novas obras públicas, mas constitui uma resposta da população às vulnerabilidades ambientais acumuladas ao longo do processo de urbanização da Rua João Alexandre.

Silva *et al.* (2025) corroboram os resultados desta pesquisa ao verificarem, na comunidade de Jardim Uchôa, em Recife–PE, que moradores residentes em áreas com infraestrutura deficiente atribuem elevada prioridade à implantação de sistemas de drenagem urbana, por reconhecerem que esses dispositivos contribuem diretamente para a redução de alagamentos, melhoria das condições sanitárias e valorização do espaço urbano. Os autores destacam que a percepção da população representa um importante instrumento para subsidiar o planejamento municipal, sobretudo em localidades onde os impactos ambientais são recorrentes.

De forma semelhante, Silva Júnior *et al.* (2020) demonstram que a deficiência dos sistemas de drenagem em Recife decorre da combinação entre urbanização acelerada, impermeabilização do solo e insuficiência histórica de investimentos em infraestrutura. Segundo os autores, municípios que deixam de ampliar e modernizar

seus sistemas de drenagem tendem a apresentar maior frequência de alagamentos, degradação do pavimento e aumento da vulnerabilidade socioambiental. Embora Recife possua características urbanas distintas de Lajedo, ambos os municípios compartilham um aspecto fundamental: a necessidade de incorporar o manejo das águas pluviais ao planejamento territorial como estratégia permanente de adaptação às mudanças climáticas e de redução dos riscos urbanos.

No Agreste pernambucano, Silva, Vasconcelos e Cirilo (2022) ressaltam que municípios inseridos no semiárido enfrentam desafios específicos relacionados à gestão integrada do saneamento. Os autores demonstram que a deficiência da drenagem potencializa processos erosivos, acelera a degradação da infraestrutura urbana e aumenta a exposição da população aos riscos ambientais, defendendo que a priorização de investimentos deve considerar critérios técnicos, espaciais e socioeconômicos obtidos por meio de ferramentas de geoprocessamento. Essa abordagem apresenta elevada aplicabilidade para o município de Lajedo, uma vez que os resultados deste estudo evidenciam áreas onde a implantação de dispositivos de drenagem pode reduzir significativamente os impactos identificados pelos moradores.

Os resultados obtidos também são coerentes com os dados nacionais disponibilizados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), que evidenciam que grande parte dos municípios brasileiros ainda apresenta limitações na infraestrutura destinada ao manejo das águas pluviais urbanas, especialmente municípios de pequeno e médio porte, nos quais os investimentos concentram-se prioritariamente nos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário, relegando a drenagem urbana a um plano secundário. Essa realidade contribui para a recorrência de alagamentos, deterioração das vias públicas e aumento dos custos de manutenção da infraestrutura urbana, aspectos igualmente percebidos pelos moradores da Rua João Alexandre.

Sob a perspectiva do planejamento urbano, Canholi (2014) afirma que a implantação de dispositivos convencionais, como sarjetas, canaletas e bocas de lobo, constitui apenas uma etapa da gestão das águas pluviais. O autor defende que esses sistemas devem ser concebidos de forma integrada ao planejamento urbano, à ocupação do solo e à manutenção periódica da infraestrutura existente, evitando que novas obras apenas transfiram os problemas para áreas adjacentes. Complementarmente, Tucci (2015) argumentou que as cidades brasileiras devem

evoluir para modelos de drenagem sustentável, incorporando soluções baseadas na natureza, como pavimentos permeáveis, jardins de chuva, trincheiras de infiltração e reservatórios de amortecimento, capazes de reduzir o escoamento superficial e aumentar a infiltração das águas pluviais.

No caso específico da Rua João Alexandre, os resultados sugerem que a implantação de dispositivos convencionais de drenagem deve ser acompanhada por medidas complementares de infraestrutura verde, manutenção preventiva, limpeza periódica das estruturas hidráulicas e ações de educação ambiental voltadas ao descarte adequado de resíduos sólidos. Essa estratégia integrada tende a proporcionar maior eficiência hidráulica, reduzir custos de manutenção e ampliar a vida útil da infraestrutura urbana.

Sob a ótica das políticas públicas, a elevada demanda da população por sistemas de drenagem encontra respaldo na Lei nº 11.445/2007, atualizada pela Lei nº 14.026/2020, que reconhece o manejo das águas pluviais como um dos quatro componentes do saneamento básico. Da mesma forma, os resultados dialogam diretamente com os objetivos estabelecidos na Agenda 2030 das Nações Unidas, especialmente o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6 (Água Potável e Saneamento), ao defender a universalização dos serviços de saneamento, e o ODS 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis), que estabelece como meta tornar os assentamentos humanos mais seguros, resilientes e sustentáveis mediante investimentos em infraestrutura urbana.

8.5 Percepção dos moradores sobre as principais melhorias necessárias na Rua João Alexandre

As respostas obtidas na questão aberta evidenciaram elevada convergência entre os moradores quanto às principais intervenções necessárias para melhorar as condições urbanas da Rua João Alexandre. De forma geral, os entrevistados apontaram como prioridade a reestruturação completa do sistema de esgotamento sanitário, incluindo a substituição das tubulações existentes, a identificação das causas dos recorrentes entupimentos da rede coletora, a remoção dos afloramentos rochosos (lajeiros) que dificultam a implantação da infraestrutura subterrânea, a reconstrução do calçamento e, posteriormente, a pavimentação da via. Além disso, foi recorrente o relato da existência de pontos específicos onde ocorre acúmulo frequente

de esgoto, situação que, segundo os moradores, intensifica problemas como alagamentos, proliferação de insetos e odores desagradáveis.

A recorrência dessas manifestações demonstra que a população percebe os problemas da rua como resultado de deficiências estruturais acumuladas ao longo dos anos, e não como falhas pontuais passíveis de solução por meio de intervenções corretivas isoladas. Esse aspecto revela um importante nível de conhecimento empírico da comunidade sobre o funcionamento da infraestrutura urbana, uma vez que os moradores associam diretamente os problemas observados à necessidade de requalificação integral do sistema de saneamento. Sob essa perspectiva, a percepção social torna-se uma importante ferramenta de diagnóstico territorial, permitindo identificar aspectos que nem sempre são evidenciados apenas por levantamentos técnicos ou inspeções de campo.

Os relatos apresentados também reforçam os resultados quantitativos obtidos nesta pesquisa. Nas seções anteriores, verificou-se elevada frequência de respostas relacionadas à ocorrência de alagamentos, danos ao calçamento, proliferação de insetos, odores desagradáveis, comprometimento da qualidade de vida e insatisfação com a atuação do poder público. Quando analisados de forma integrada, esses resultados indicam que tais problemas não ocorrem de maneira independente, mas constituem diferentes manifestações de um mesmo processo de degradação da infraestrutura urbana e do saneamento básico.

Rezende e Heller (2008) afirmaram que os componentes do saneamento básico são interdependentes e devem ser planejados de forma integrada, uma vez que deficiências em um sistema tendem a comprometer o desempenho dos demais. Segundo os autores, intervenções fragmentadas dificilmente solucionam problemas estruturais persistentes, tornando necessária a adoção de estratégias que contemplem simultaneamente esgotamento sanitário, drenagem urbana, abastecimento de água e manejo de resíduos sólidos. Essa perspectiva converge diretamente com as respostas dos moradores, que não reivindicam apenas a substituição de tubulações, mas a reestruturação completa da infraestrutura da rua.

No mesmo sentido, Rodrigues, Rodrigues e Rodrigues (2022) destacam que a deficiência dos sistemas de drenagem urbana continua sendo uma realidade em grande parte dos municípios brasileiros, principalmente nas cidades de pequeno e médio porte. Os autores demonstram que a ausência de planejamento integrado favorece a ocorrência de alagamentos, degradação do pavimento, deterioração das

redes subterrâneas e aumento dos custos de manutenção da infraestrutura pública. Esses aspectos corroboram os relatos apresentados pelos moradores da Rua João Alexandre, que identificam a necessidade de reconstrução do sistema de esgotamento sanitário antes da execução de novas obras de pavimentação.

A influência das características físicas do terreno também merece atenção. Diversos moradores mencionaram que a presença de lajeiros ao longo da rua dificulta a implantação adequada das tubulações e compromete o escoamento do esgoto. Essa percepção encontra respaldo em Silva, Vasconcelos e Cirilo (2022), que, ao avaliarem sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário em um município do semiárido brasileiro, demonstraram que fatores geológicos e geomorfológicos exercem influência significativa sobre o desempenho da infraestrutura subterrânea. Os autores ressaltam que áreas com limitações físicas exigem projetos executivos compatíveis com as características locais, incorporando estudos geotécnicos, levantamento topográfico detalhado e modelagem espacial para reduzir riscos operacionais e aumentar a eficiência dos sistemas de saneamento.

Outro aspecto relevante identificado pelos moradores refere-se à necessidade de investigar tecnicamente os pontos onde ocorrem entupimentos recorrentes da rede coletora. Essa observação evidencia que a população reconhece a existência de falhas hidráulicas localizadas e compreende que sua solução depende de diagnósticos técnicos específicos. Nesse contexto, Tsutiya (2020) destaca que extravasamentos frequentes em sistemas de esgotamento sanitário geralmente estão associados ao subdimensionamento das tubulações, declividades inadequadas, interferências construtivas, deposição de sedimentos e ausência de manutenção preventiva, fatores que comprometem a eficiência operacional das redes coletoras e favorecem a ocorrência de refluxos e obstruções.

Sob a perspectiva do planejamento urbano, as reivindicações dos moradores também refletem desafios recorrentes das cidades brasileiras. Maricato (2015) argumenta que a expansão urbana historicamente ocorreu de forma desigual, resultando em áreas onde a infraestrutura básica foi implantada de maneira incompleta ou sem planejamento adequado. Como consequência, problemas relacionados ao saneamento básico passam a comprometer não apenas as condições ambientais, mas também a saúde pública, a mobilidade urbana, a valorização imobiliária e o exercício do direito à cidade. Essa interpretação dialoga diretamente com as manifestações dos entrevistados, que associam a precariedade do

saneamento à perda da qualidade de vida e à necessidade de maior atuação do poder público.

Resultados semelhantes foram observados por Santos e Alves (2023), que identificaram forte associação entre precariedade da infraestrutura urbana e limitações no acesso aos serviços de água e saneamento em assentamentos urbanos brasileiros. As autoras demonstram que localidades caracterizadas por infraestrutura insuficiente apresentam maior vulnerabilidade socioambiental e maior exposição da população aos riscos decorrentes da deficiência dos serviços públicos, reforçando que os investimentos em saneamento representam importante estratégia para redução das desigualdades urbanas.

No contexto do semiárido brasileiro, Rodrigues *et al.* (2022) ressaltam que políticas públicas voltadas ao saneamento devem considerar as especificidades ambientais e socioeconômicas da região, priorizando soluções adaptadas às características locais e à capacidade operacional dos municípios. Segundo os autores, investimentos em infraestrutura devem estar associados ao planejamento territorial, à participação social e à gestão integrada dos recursos hídricos, permitindo maior eficiência na prestação dos serviços públicos e redução das vulnerabilidades ambientais.

As demandas apresentadas pelos moradores encontram respaldo no Novo Marco Legal do Saneamento Básico (Lei nº 14.026/2020), que estabelece como diretriz a universalização dos serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem urbana e manejo de resíduos sólidos, incentivando a adoção de soluções tecnicamente adequadas e sustentáveis. De forma complementar, tais reivindicações também se alinham aos princípios estabelecidos pela Agenda 2030 das Nações Unidas, especialmente ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6, que visa assegurar a disponibilidade e a gestão sustentável da água e do saneamento para todos, e ao ODS 11, que propõe tornar as cidades mais inclusivas, resilientes, seguras e sustentáveis.

Em síntese, a análise qualitativa das respostas demonstra que os moradores da Rua João Alexandre possuem percepção consistente sobre as causas estruturais dos problemas enfrentados na localidade. As manifestações evidenciam que a comunidade reconhece a necessidade de intervenções integradas, contemplando estudos geotécnicos, substituição das redes de esgotamento sanitário, adequação das declividades, implantação de dispositivos eficientes de drenagem, reconstrução

do pavimento e manutenção contínua da infraestrutura urbana. Esses resultados reforçam a importância da participação social como instrumento de apoio ao planejamento urbano e evidenciam que a incorporação do conhecimento local pode contribuir significativamente para a elaboração de políticas públicas mais eficientes e compatíveis com a realidade do município de Lajedo-PE.

8.6 Integração dos Dados e Identificação de Áreas Críticas

A integração dos dados altimétricos, da análise espacial e das observações de campo permitiu identificar uma área suscetível ao acúmulo de águas pluviais ao final da Terceira Travessa da Rua João Alexandre, localizada no Bairro Abraão Veloso. A interpretação do perfil longitudinal gerado no Google Earth evidenciou que a configuração topográfica da via exerceu influência direta sobre a dinâmica do escoamento superficial, favorecendo a convergência dos fluxos para uma região de menor cota altimétrica (Figura 19).

Figura 19 – Localização do ponto crítico de drenagem urbana no Bairro Abraão Veloso, em Lajedo-PE.



Fonte: Google Earth, 2026

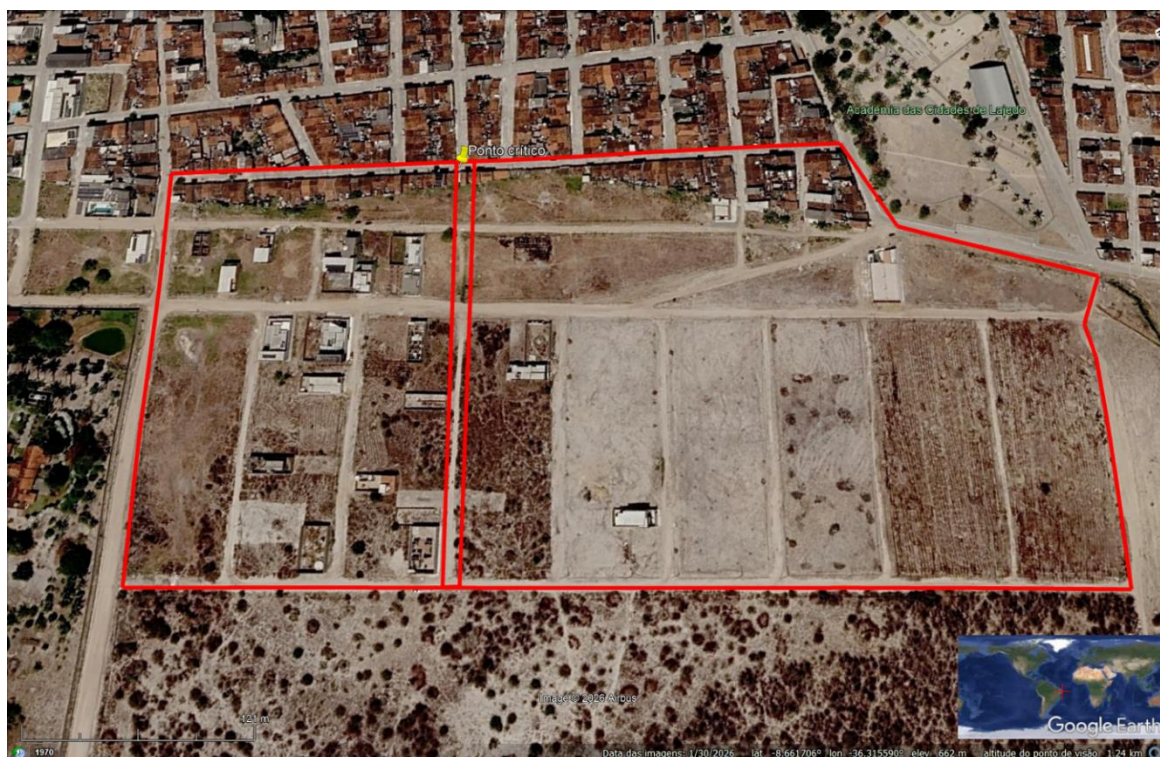
O trecho analisado apresentou extensão aproximada de 874 m, com altitudes variando entre 662 m e 667 m, resultando em amplitude altimétrica de aproximadamente 5 m. Ao longo do percurso, foram observadas sucessivas variações de relevo, com ganhos e perdas acumuladas de elevação da ordem de $\pm 9,58$ m, indicando um perfil topográfico irregular e propício à concentração dos fluxos superficiais em determinados segmentos da via.

A análise do perfil revelou que a área mais suscetível à retenção hídrica se encontrava a aproximadamente 191 m do ponto inicial do levantamento, em uma cota próxima de 663 m. Nesse setor, a presença de uma declividade convergente de aproximadamente -3,5% direcionou o escoamento proveniente dos trechos mais elevados para uma depressão topográfica localizada na parte central da via. Consequentemente, durante eventos pluviométricos mais intensos, a tendência foi de concentração do volume escoado nesse local, aumentando a probabilidade de formação de alagamentos temporários.

Embora a inclinação média observada ao longo do perfil tenha sido de aproximadamente $\pm 1,8\%$, com valores máximos próximos de $\pm 4,5\%$, considerados compatíveis com o direcionamento natural das águas superficiais, a presença da concavidade no relevo alterou a dinâmica hidráulica local. Dessa forma, parte do volume precipitado tendeu a permanecer temporariamente armazenada na depressão antes de ser conduzida para jusante, sobretudo em situações em que a capacidade de captação e transporte do sistema de drenagem se mostrou insuficiente.

Além dos condicionantes topográficos, a análise espacial evidenciou elevado grau de impermeabilização da superfície urbana adjacente (Figura 19). A predominância de edificações, pavimentação e áreas com reduzida cobertura vegetal limitou a infiltração da água no solo e favoreceu o aumento do coeficiente de escoamento superficial. Como resultado, verificou-se maior concentração dos volumes gerados durante os eventos de chuva, intensificando a suscetibilidade da área à ocorrência de alagamentos.

Figura 20 – Localização da área de solução do ponto crítico de drenagem urbana no Bairro Abraão Veloso, em Lajedo-PE.



Fonte: Google Earth, 2026.

Os registros obtidos em campo corroboraram essa interpretação, uma vez que o local identificado correspondeu ao mesmo trecho onde foram observadas intervenções municipais voltadas à implantação de estruturas de microdrenagem urbana (Figura 20). Tal situação sugere o reconhecimento prévio, por parte do poder público, da necessidade de adequação da infraestrutura existente para minimizar os impactos decorrentes da concentração de águas pluviais.

Figura 21 – Loteamento Eldorado, Lajedo-PE.



Fonte: Autor, 2026.

Sob a perspectiva da engenharia de drenagem urbana, os resultados indicaram que a vulnerabilidade observada decorreu da interação entre fatores naturais e antrópicos. Enquanto a configuração topográfica favoreceu a convergência dos fluxos superficiais, a intensa impermeabilização da área urbana ampliou os volumes escoados, potencializando os riscos de inundação localizada. Nesse contexto, a eficiência das obras em execução dependerá não apenas da capacidade hidráulica das estruturas implantadas, mas também de sua integração com o restante do sistema de micro e macrodrenagem do município.

Portanto, a área situada ao final da Terceira Travessa da Rua João Alexandre foi caracterizada como um setor prioritário para o planejamento da drenagem urbana em Lajedo-PE, uma vez que apresentou condições favoráveis ao acúmulo temporário de águas pluviais em decorrência da combinação entre relevo côncavo, direcionamento convergente dos fluxos superficiais, elevada impermeabilização do solo e limitações da infraestrutura de drenagem existente. Esses fatores justificaram sua classificação como área crítica de vulnerabilidade hidrológica no Bairro Abraão Veloso.

8.7 Síntese do Diagnóstico e Recomendações para o Planejamento Municipal

A integração das análises topográficas, espaciais e das observações realizadas em campo permitiu identificar que a área localizada ao final da Terceira Travessa da Rua João Alexandre constitui um setor prioritário para intervenções voltadas ao manejo das águas pluviais urbanas. Conforme discutido anteriormente, a combinação entre relevo côncavo, convergência do escoamento superficial e elevado grau de impermeabilização do solo favoreceu a concentração de vazões durante eventos pluviométricos, aumentando a suscetibilidade à ocorrência de alagamentos localizados.

A partir da avaliação das características físicas da área e da infraestrutura existente em seu entorno, verificou-se que o ponto de acumulação se encontra próximo ao Loteamento Eldorado, local que dispõe de sistema de drenagem previamente implantado. Essa condição indicou a possibilidade de aproveitamento da infraestrutura existente como alternativa para o direcionamento das vazões excedentes provenientes da área crítica identificada.

Nesse contexto, a análise espacial sugere como alternativa potencial a interligação do sistema de microdrenagem da Rua João Alexandre à rede existente no Loteamento Eldorado. Essa estratégia apresenta potencial para otimizar o escoamento das águas pluviais, reduzindo a necessidade de implantação de extensas galerias em novos trechos urbanos e, conseqüentemente, minimizando custos de implantação e manutenção da infraestrutura.

Para viabilizar essa conexão, observou-se a necessidade de prolongamento da Terceira Travessa da Rua Antônio Cosme até a Rua João Alexandre, criando um corredor técnico para implantação das estruturas hidráulicas necessárias ao transporte das vazões captadas. Entretanto, a execução dessa intervenção dependeria da avaliação da ocupação existente na área de ligação, podendo demandar procedimentos administrativos relacionados à desapropriação ou indenização de imóveis eventualmente afetados.

Sob o ponto de vista da engenharia de drenagem urbana, a alternativa identificada deverá ser precedida por estudos complementares capazes de avaliar sua viabilidade técnica, econômica e ambiental. Nesse sentido, recomenda-se a realização de levantamento planialtimétrico detalhado, modelagem hidráulica da área de contribuição e verificação da capacidade de transporte da rede receptora existente no Loteamento Eldorado. Adicionalmente, torna-se necessária a análise das condições de funcionamento dos dispositivos de drenagem já implantados, de modo a evitar a transferência do problema para outras áreas da malha urbana.

Além disso, recomenda-se a implantação de dispositivos de captação superficial, tais como bocas de lobo, sarjetas e poços de visita, dimensionados de acordo com as características hidrológicas locais e integrados ao sistema de condução projetado. A adoção dessas estruturas poderá contribuir para o aumento da eficiência do sistema de microdrenagem e para a redução dos volumes acumulados durante eventos de precipitação mais intensos.

De forma geral, os resultados obtidos evidenciaram que a vulnerabilidade observada no Bairro Abraão Veloso não esteve associada exclusivamente à deficiência da infraestrutura existente, mas também à configuração topográfica da área e ao processo de urbanização caracterizado pela elevada impermeabilização das superfícies. Dessa forma, o enfrentamento do problema requer uma abordagem integrada, contemplando não apenas intervenções estruturais de drenagem, mas

também medidas de planejamento urbano voltadas ao controle do escoamento superficial e à ampliação da capacidade de infiltração das águas pluviais.

Por fim, caso os estudos complementares confirmem sua viabilidade, a interligação da área crítica à infraestrutura existente no Loteamento Eldorado poderá representar uma alternativa tecnicamente adequada para mitigação dos alagamentos observados, contribuindo para a melhoria das condições de drenagem urbana e para o aumento da resiliência da infraestrutura municipal frente aos eventos hidrológicos extremos.

9 CONCLUSÕES

A presente pesquisa atingiu o objetivo proposto ao realizar uma análise integrada das condições ambientais, urbanas e de saneamento do município de Lajedo–PE, tendo como área de estudo a Rua João Alexandre. A utilização de uma abordagem multidisciplinar, fundamentada na integração entre técnicas de geoprocessamento, análise espacial, levantamento de dados secundários e pesquisa de campo, permitiu compreender as interações existentes entre o ambiente físico, a infraestrutura urbana e os serviços de saneamento básico, evidenciando fatores que influenciam diretamente a qualidade ambiental e a qualidade de vida da população local.

A caracterização ambiental e territorial demonstrou que o município apresenta um processo de urbanização associado à redução da cobertura vegetal, ao aumento das áreas impermeabilizadas e à intensificação do escoamento superficial, condições que favorecem a ocorrência de processos erosivos, alagamentos e sobrecarga dos sistemas de drenagem. A análise do uso e cobertura da terra evidenciou modificações na paisagem urbana que, quando associadas à ocupação do solo sem adequado planejamento, contribuem para o aumento da vulnerabilidade ambiental e da degradação dos espaços urbanos.

Em relação ao diagnóstico do saneamento básico, os resultados evidenciaram que, embora o município apresente avanços em alguns indicadores, ainda persistem limitações relacionadas ao esgotamento sanitário, à drenagem urbana e à infraestrutura das vias públicas, especialmente na área de estudo. As inspeções realizadas em campo permitiram identificar problemas relacionados ao extravasamento de esgoto, acúmulo de águas pluviais, deterioração do pavimento,

deficiência na drenagem superficial e recorrência de processos erosivos, demonstrando que esses fatores atuam de forma integrada e comprometem a funcionalidade da infraestrutura urbana.

A pesquisa de percepção ambiental revelou que os moradores possuem amplo conhecimento sobre os problemas existentes na Rua João Alexandre e reconhecem que as principais dificuldades enfrentadas decorrem de deficiências estruturais do sistema de saneamento. As respostas obtidas evidenciaram consenso quanto à necessidade de reconstrução da rede de esgotamento sanitário, substituição das tubulações, adequação da drenagem urbana, correção das declividades da via, remoção dos afloramentos rochosos que dificultam a implantação da infraestrutura subterrânea e posterior recuperação do calçamento e pavimentação. Essa percepção demonstra que a população identifica corretamente a relação entre infraestrutura deficiente, degradação ambiental, riscos sanitários e redução da qualidade de vida, reforçando a importância da participação social como instrumento de apoio ao planejamento urbano.

A análise integrada dos resultados permitiu identificar uma relação de causa e efeito entre os diferentes componentes avaliados. Verificou-se que as limitações geológicas da área, associadas à deficiência da infraestrutura de saneamento, favorecem o acúmulo de esgoto, o comprometimento da drenagem urbana, a ocorrência de alagamentos, a proliferação de vetores, a emissão de odores desagradáveis, a degradação do pavimento e o aumento da vulnerabilidade socioambiental da população residente. Dessa forma, os problemas observados não podem ser compreendidos de maneira isolada, mas como consequência da interação entre fatores ambientais, urbanísticos e de gestão da infraestrutura pública.

Além do diagnóstico local, esta pesquisa demonstra a importância da utilização de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e de indicadores ambientais e urbanos como ferramentas de apoio à gestão municipal. Os produtos gerados, incluindo mapas temáticos, banco de dados geoespaciais e diagnóstico integrado das condições ambientais e de saneamento, constituem instrumentos que podem subsidiar a elaboração e atualização do Plano Municipal de Saneamento Básico, do Plano Diretor Municipal e de outras políticas públicas voltadas ao ordenamento territorial e à melhoria da infraestrutura urbana.

Os resultados também reforçam a necessidade de adoção de políticas públicas fundamentadas nos princípios estabelecidos pela Lei nº 11.445/2007, atualizada pela

Lei nº 14.026/2020, que estabelece a universalização dos serviços de saneamento básico, bem como nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030, especialmente o ODS 6 (Água Potável e Saneamento) e o ODS 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis). Nesse contexto, recomenda-se que futuras intervenções na Rua João Alexandre sejam precedidas por estudos geotécnicos e topográficos detalhados, considerando as limitações impostas pelos afloramentos rochosos e priorizando soluções integradas que contemplem esgotamento sanitário, drenagem urbana, pavimentação e manejo adequado das águas pluviais.

Como limitações da pesquisa, destacam-se a realização do estudo em uma única via urbana e a utilização de dados primários obtidos junto aos moradores dessa localidade, o que restringe a extrapolação dos resultados para todo o município. Entretanto, a metodologia empregada apresenta potencial de replicação em outras áreas urbanas de Lajedo e de municípios com características semelhantes, permitindo comparações espaciais e temporais que contribuam para o aprimoramento da gestão pública.

Por fim, conclui-se que a integração entre informações ambientais, urbanas, sanitárias e sociais possibilitou uma compreensão mais abrangente da realidade da Rua João Alexandre, evidenciando que a melhoria das condições de saneamento depende não apenas da execução de obras de infraestrutura, mas também do planejamento urbano integrado, da manutenção contínua dos sistemas implantados, da participação da comunidade e da utilização de ferramentas técnico-científicas capazes de subsidiar a tomada de decisão. Assim, espera-se que os resultados desta pesquisa contribuam para o fortalecimento das políticas públicas municipais, auxiliem na priorização de investimentos em infraestrutura urbana e sirvam como referência para estudos futuros voltados ao planejamento ambiental e ao saneamento básico em municípios do Agreste pernambucano e do semiárido brasileiro.

10 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Juscidalva Rodrigues de. **Gestão de áreas verdes e sustentabilidade**: estudo de caso a partir dos indicadores de qualidade ambiental urbana. Paisagem e Ambiente, 2021. Disponível em: <https://revistas.usp.br/paam/article/view/183164>. Acesso em: 21/05/2026.
- ALMEIDA, Rejane Freitas Benevides; CARDOSO, Maria Marielly Araújo. **Degradação ambiental e qualidade da água de rios urbanos**: o caso dos corpos d'água de Paraíso do Tocantins, TO, Brasil. Revista Sítio Novo, v. 6, n. 3, 2022. Disponível em: <https://sitionovo.iftto.edu.br/index.php/sitionovo/article/view/1135>. Acesso em: 22/05/2026.
- ALMEIDA, Juscidalva Rodrigues de. **Gestão de áreas verdes e sustentabilidade**: estudo de caso a partir dos indicadores de qualidade ambiental urbana. Paisagem e Ambiente, v. 32, n. 48, 2021. Disponível em: <https://revistas.usp.br/paam/article/view/183164>. Acesso em: 22/05/2026.
- ALVES, Priscila Barros Ramalho; DJORDJEVIĆ, Slobodan; JAVADI, Akbar A. An integrated socio-environmental framework for mapping hazard-specific vulnerability and exposure in urban areas. **Urban Water Journal**, v. 18, n. 7, 2021. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1573062X.2021.1913505>. Acesso em: 22/05/2026.
- ALVES, Amanda Fonseca. **Saúde Planetária, Desastres e Doenças de Veiculação Hídrica no Brasil (2019–2021)**. Revista Educação em Saúde, v. 11, n. 2, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.37951/2358-9868.2023v11i2.p37-46>. Acesso: 18/05/2026.
- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2023**: informe anual. Brasília: ANA, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/ana>. Acesso: 20/05/2025.
- ARAÚJO, Andréa Nazaré Barata de; VALE, Maria das Graças Ferraz Bezerra. O desenvolvimento sustentável urbano e o ranqueamento da sustentabilidade brasileira através do IDSC-Br. **Scientific Journal ANAP**, 2023. Disponível em: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/anap/pt_BR/article/view/6325. Acesso em: 21/05/2026.
- BARROS, Ana Paula *et al.* Indicadores ambientais aplicados à análise da qualidade ambiental urbana. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 16, n. 2, 2022. Disponível em: DOI: [10.54899/dcs.v22i83.3392](https://doi.org/10.54899/dcs.v22i83.3392). Acesso: 18/05/2026.
- BASTOS, Letícia Ribeiro; BELOTTI, Fernanda Maria. Contaminação do solo e água subterrânea em áreas de disposição dos resíduos sólidos urbanos no estado de Minas Gerais. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 8, p. 259–273, 2021. DOI: <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.008.0024>. Acesso: 18/05/2026.
- BEZERRA, Josué Alencar. **Rede urbana interiorizada**: novas conformações do território no Nordeste Brasileiro. Sociedade & Natureza, v. 32, p. 392–403, 2020. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/43437>. Acesso em: 22/05/2026.

BRASIL. Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022. **Regulamenta a Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2019-2022/2022/decreto/d10936.htm. Acesso em: 22/05/2026.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente**. Brasília, DF, 1981. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acesso: 18/05/2026.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 8 jan. 2007. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Acesso: 15/05/2026.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso: 15/05/2026.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 16 jul. 2020. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm. Acesso: 15/05/2026.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento**: diagnóstico dos serviços de água e esgoto – 2024. Brasília: SNSA, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/sinisa>. Acesso: 15/05/2026.

BRAATZ, Kelly Vanessa *et al.* **O hiato entre a universalização do esgotamento sanitário e o potencial de aproveitamento dos subprodutos do tratamento de esgoto de forma sustentável no Brasil**. Forum Internacional de Resíduos Sólidos, 2023. Disponível em: <https://institutoventuri.org/ojs/index.php/FIRS/article/view/266>. Acesso em: 22/05/2026.

BRITO, Luiza Teixeira de Lima; SILVA, Ailton Alves da; PORTO, Everaldo Rocha. Clima e água de chuva no Semi-Árido. **Petrolina**: Embrapa Semiárido, 2014. 89 p. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/721723/1/MeioAmbienteSustentabilidade.pdf>. Acesso em: 20/05/2026.

CAMPOS, Aline Marra. **Setorização de redes de abastecimento de água**: uma revisão sistemática e um estudo de caso. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, 2024. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-13092024-113737/publico/DissertCamposAlineMarraCorrig.pdf>. Acesso em: 20/05/2026.

CANHOLI, Aluísio Pardo. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014. Disponível em: https://pergamum.ufms.br/pesquisa_geral?q=Canholi,%20Alu%C3%ADsio%20Pardo

&for=AUTORCOSTA, Maria Vitória da Silva; OLIVEIRA, Ruan Victor Amaral. Acesso em: 21/05/2026.

NASCIMENTO, Juliana Carla do; TORRES, Simone Carnaúba. **Morfologia urbana e qualidade ambiental**: avaliação do potencial de adequação climática de tecidos urbanos no semiárido do Nordeste brasileiro. *Engenharia Urbana em Debate*, v. 2, n. 1, 2021. Disponível em: <https://www.engurbdebate.ufscar.br/index.php/engurbdebate/article/view/16>. Acesso em: 22/05/2026.

COSTA, Marco Aurélio; MARGUTI, Bárbara Oliveira. **Planejamento urbano no Brasil contemporâneo: desafios da governança territorial e desenvolvimento urbano**. Texto para Discussão IPEA, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/desenvolvimento-urbano-e-metropolitano/politica-nacional-de-desenvolvimento-urbano/arquivos/p1-sumario-executivo-o-novo-pacto-urbano-brasileiro.pdf>. Acesso em: 21/05/2026.

CLAUDINO, Cinthia Maria de Abreu *et al.* Avaliação das perdas em sistemas de abastecimento de água de pequeno porte no semiárido brasileiro por aspectos multicriteriais. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 18, 2021. Disponível em: <https://www.abrh.org.br/OJS/index.php/REGA/article/view/573>. Acesso em: 22/05/2026.

CLAUDINO, Cinthia Maria de Abreu *et al.* Análise multicritério para avaliar a qualidade de sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário nos municípios do Curimataú Oriental Paraibano, Brasil. **Revista DAE**, v. 69, n. 233, p. 68–85, 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/356110776_Analise_multicriterio_para_avaliar_a_qualidade_de_sistemas_de_abastecimento_de_agua_e_esgotamento_sanitario_nos_municipios_do_Curimatau_Oriental_Paraibano_Brasil. Acesso: 21/05/2026.

COSTA, Maria Eduarda *et al.* Gestão e destinação final de resíduos sólidos urbanos no Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, 2022. Disponível em: https://www2.cprh.pe.gov.br/wp-content/uploads/2023/12/01-Livro_RS_Teoria_e_Pratica_Cap_9_pg_227-1.pdf. Acesso em: 21/05/2026.

DANELON, André Felipe; SPOLADOR, Humberto Francisco Silva; KUMBHAKAR, Subal C. **Weather and population size effects on water and sewer treatment costs**: evidence from Brazil. *Journal of Development Economics*, v. 153, 2021. Acesso em: <https://ideas.repec.org/a/eee/ecolect/v188y2021ics0921800921001920.html>. Acesso em: 23/05/2026.

ELIAS, Denise; PEQUENO, Renato. Faces contemporâneas da urbanização e do urbano no Brasil: um caso do semiárido. **Revista Cidades**, 2023. Disponível em: <https://periodicos.uffs.edu.br/index.php/cidades/article/view/13642>. Acesso em: 22/05/2026.

Estatuto da Cidade. Brasil. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/LEIS_2001/L10257.htm. Acesso em: 21/05/2026.

FARIAS, Heitor Soares; SILVA, **Fernanda Karla Bezerra da. Espaços de risco**: um olhar sobre a vulnerabilidade socioespacial. *Revista Humboldt*, 2021. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/humboldt/article/view/57379>. Acesso em: 22/05/2026.

FENZL, Norbert. A relação dialética da humanidade com a natureza e a construção social do meio ambiente. **Universidade e Meio Ambiente**, 2023. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/reumam/article/view/15331>. Acesso em: 21/05/2026.

FIGUEIREDO, Amanda Almeida de Oliveira *et al.* Avaliação e potencial de redução de perdas de água em cidades do Estado de Pernambuco com escassez hídrica e abastecimento intermitente. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 8, n. 3, 2023. Disponível em: <https://www.journals.ufrpe.br/index.php/JEAP/article/view/5465>. Acesso em: 22/05/2026.

FIX, Mariana; ARANTES, Pedro Fiori. **On urban studies in Brazil: the favela, uneven urbanisation and beyond**. *Urban Studies*, v. 59, n. 5, 2021. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0042098021993360>. Acesso em: 22/05/2026.

GABOARDI, Shaiane Carla; NUNES, Lauren De Cesaro. **Antropoceno, capitaloceno e lixoceno: diferentes abordagens sobre as relações sociedade-natureza**. *Revista Geomae*, v. 12, n. 1, 2021. Disponível em: <https://periodicos.unespar.edu.br/geomae/article/view/5838>. Acesso em: 21/05/2026.

GARCIA, Joice Machado; SILVA, Jocimara Camargo da; LONGO, Regina Márcia. Relação entre uso e ocupação do solo e potenciais serviços ambientais em microbacia hidrográfica urbana. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 10, n. 1, 2021. Disponível em: <https://periodicos.uninove.br/geas/article/view/17012>. Acesso em: 22/05/2026.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2022: panorama do saneamento no Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/saude/22827-censo-demografico-2022.html>. Acesso em: 23/05/2023.

INSTITUTO TRATA BRASIL. Ranking do saneamento 2024. **São Paulo: Instituto Trata Brasil**, 2024. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2024/04/Release-Ranking-do-Saneamento-de-2024-TRATA-BRASIL-GO-ASSOCIADOS-V2.pdf>. Acesso em: 26/05/2026.

Instituto Água e Saneamento. **Lajedo (PE): municípios e saneamento**. São Paulo, 2025. Acesso em: 28 maio 2026. Disponível em: https://srhs.pe.gov.br/images/MRAE-II-consulta-publica/PLANO_REGIONAL_DE_SANEAMENTO-RMR-PAJEU.pdf. Acesso em: 26/05/2026.

JACOBI, Pedro Roberto. Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade. **Cadernos de Pesquisa**, São Paulo, n. 118, p. 189–205, 2003. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001323527>. Acesso em: 28/05/2026.

JEPSON, Wendy; TOMAZ, Paula; SANTOS, Jader Oliveira; BAEK, Juha. A comparative analysis of urban and rural household water insecurity experiences during the 2011–17 drought in Ceará, Brazil. **Water International**, v. 46, n. 5, p. 697–722, 2021. Disponível em: <https://ideas.repec.org/a/taf/rwinxx/v46y2021i5p697-722.html>. Acesso: 28/05/2026.

Brasil, Lei nº 11.445/2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Acesso em 28/05/2026.

Brasil, Lei nº 14.026/2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/assuntos/saneamento/marco-legal-do-saneamento#:~:text=A%20Pol%C3%ADtica%20Federal%20de%20Saneamento,15%20de%20julho%20de%202020>. Acesso em: 28/05/2026.

LIMA, Maria Luciene da Silva *et al.* **Vulnerabilidade e riscos socioecológicos:** uma perspectiva integrada dos riscos na Região de Guaratiba (Rio de Janeiro – Brasil). *Sociedade & Natureza*, v. 33, 2021. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/58841>. Acesso em: 22 maio 2026.

LEVES, Aline Michele Pedron; CAVALHEIRO, Larissa Nunes; STOLL, Sabrina Lehen. **Cidades sustentáveis e planejamento urbano:** a necessidade de instrumentos de adaptação climática e de resiliência. *Revista Movimentos Sociais e Dinâmicas Espaciais*, 2024. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/revistamseu/article/view/260568>. Acesso em: 21 maio 2026.

MARTINS, Maria Lucia Refinetti; OLIVEIRA, Paula Custódio. Meio ambiente urbano como questão. Pós – **Revista do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP**, v. 27, n. 51, 2021. Disponível em: https://revistas.usp.br/posfau/pt_BR/article/view/168292. Acesso em: 21/05/2026.

MARTINS, Maria de Fátima; RODRIGUES, Amanda de Araújo. Sustentabilidade urbana de Lagoa Seca-PB. **Revista Brasileira de Desenvolvimento Regional**, v. 9, n. 1, 2021. Disponível em: <https://ojsrevista.furb.br/ojs/index.php/rbdr/article/view/7802>. Acesso em: 21 maio 2026.

MARQUES, Luís Otávio do Amaral. Plataforma digital de benchmarking para controle de perdas em sistemas de abastecimento de água. **Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo**, 2021. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/003045748>. Acesso em: 21/05/2026.

MARQUES, Andresa Ledo; ALVIM, Angélica Tanus Benatti. **Construction of Sustainable Territories and the Multiple Dimensions of Sustainability:** An Assessment of Urban and Environmental Instruments in the Juqueri-Cantareira Sub-basin of the São Paulo Metropolitan Region. *Frontiers in Sustainable Cities*, v. 3, 2021. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/sustainable-cities/articles/10.3389/frsc.2021.670985/full>. Acesso em: 21/05/2026.

MARICATO, Ermínia. **Para entender a crise urbana. São Paulo:** Expressão Popular, 2015. Disponível em: https://territoriosinsurgentes.com/wp-content/uploads/2021/03/MARICATO_Para-entender-a-crise-urbana-Cap-1.pdf. Acesso em: 21/05/2026.

MAPBIOMAS. Projeto MapBiomas – **Coleção 9 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil**. São Paulo: MapBiomas, 2024. Disponível em: [https://brasil.mapbiomas.org/map/colecao-9/MapBiomas Brasil](https://brasil.mapbiomas.org/map/colecao-9/MapBiomas%20Brasil). Projeto de mapeamento anual da cobertura e uso do solo do Brasil. São Paulo, 2025. Acesso em: 21/05/2026.

MALTA, Fernanda Siqueira; COSTA, Eduarda Marques da. **Socio-Environmental Vulnerability Index: An Application to Rio de Janeiro-Brazil**. International Journal of Public Health, v. 66, 2021. Disponível em: <https://www.ssph-journal.org/articles/10.3389/ijph.2021.584308/full>. Acesso em: 22 maio 2026.

MENEZES, Rebecca Borja Gonçalves Gomes de *et al.* Relação entre a variabilidade da expansão urbana, temperatura do ar e área superficial de corpos hídricos na cidade de Salgueiro – PE. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, v. 13, n. 3, p. 458–470, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/68729/1/TCC-AnaKarolinaDeAndradeSilva.pdf>. Acesso em: 21/05/2026.

MENDES, Gilmar Ferreira. **Saneamento básico: repartição de competências para garantir a segurança sanitária e o direito à saúde**. Cadernos Ibero-Americanos de Direito Sanitário, v. 12, n. 3, 2023. Disponível em: <https://www.cadernos.prodisa.fiocruz.br/index.php/cadernos/article/view/1213>. Acesso em: 22 maio 2026.

MEDEIROS, Amanda Nogueira; NAVONI, Julio Alejandro. Análise da relação entre a qualidade da água de mananciais superficiais e a ocorrência de doenças de veiculação hídrica no estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 62, 2023. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/made/article/view/81830>. Acesso em: 22 maio 2026.

MIYAZAKI, Vitor Koiti; SILVA, Maryana Rodrigues da. **Desigualdades socioespaciais em cidades médias: evidências a partir dos dados dos censos demográficos do IBGE**. Brazilian Geographical Journal, v. 14, n. 2, 2023. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/braziliangeojournal/article/view/76590>. Acesso em: 22 maio 2026.

MOTA, Suetônio. **Urbanização e meio ambiente**. 4. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2016. Disponível em: <https://site.conpedi.org.br/publicacoes/02q8agmu/80s6f8i8/eNfS7L6j9Nqo87Jy.pdf>. Acesso em: 02/06/2026.

MOTA, S. **Urbanização e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: ABES, 2014. CHAGAS, E. J. M. et al. Public management and fiscal indicators: a performance analysis of the municipalities of Pernambuco. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 15, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i15.37441>. Acesso em: 22 maio 2026.

NASCIMENTO, Carlos Eduardo Pereira do; MACEDO, Fernando César de. Dinâmica urbano-regional do Semiárido Nordeste no século XXI. **Revista de Economia Regional, Urbana e do Trabalho**, v. 14, n. 1, p. 36–58, 2025. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/rerut/article/view/40708>. Acesso em: 22 maio 2026.

OLIVEIRA, Giselle Ribeiro de. **Saúde e meio ambiente urbano: direito à infraestrutura urbana como pressuposto do direito à saúde.** Revista do CNMP, n. 9, 2021. Disponível em: <https://ojs.cnmp.mp.br/index.php/revistacnmp/issue/view/14>. Acesso em 02/06/2026.

OLIVEIRA, A. V. *et al.* **Análise da eficiência da drenagem urbana no Município de Patos-PB: uma avaliação da infraestrutura e gestão das águas pluviais.** Contribuciones a las Ciencias Sociales, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.55905/revconv.18n.9-034>. Acesso em: 19 maio 2026.

PAIVA, Roberta Fernanda da Paz de Souza *et al.* **Internações por doenças de veiculação hídrica: distribuição espacial e correlação no estado do Rio de Janeiro, 2008–2018.** Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, v. 12, n. 7, 2021. Disponível em: <https://sustenere.inf.br/index.php/rica/article/download/5917/3031/14026>. Acesso em: 02/05/2026.

PEREIRA, Ana Cláudia *et al.* **Mobilidade urbana, infraestrutura e habitação social: desafios do planejamento urbano sustentável.** Cadernos Metrôpole, v. 23, n. 52, 2021. Disponível em: https://www.observatoriodasmetropoles.net.br/wp-content/uploads/2022/10/Reforma-Urbana-e-Direito-a-Cidade_NACIONAL_Digital_PDF-1.pdf. Acesso em: 05/06/2026.

PEIXOTO, Filipe da Silva; OLIVEIRA, Jionaldo Pereira de; SANTOS, Herick Daniel Carvalho dos. O esgotamento sanitário e expansão urbana em Mossoró-RN. **Sociedade e Território**, v. 33, n. 2, p. 189–211, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/sociedadeeterritorio/article/view/23413>. Acesso em: 22 maio 2026.

PINTANEL, Suelen Ramires; CECCONELLO, Samanta Tolentino; CENTENO, Luana Nunes. Análise da correlação entre os indicadores de saneamento básico e as doenças de veiculação hídrica em municípios do sul do Rio Grande do Sul. **Revista Ambientale**, v. 13, n. 2, 2021. Disponível em: <https://periodicosuneal.emnuvens.com.br/ambientale/issue/view/33>. Acesso em: 03/06/2026.

Política Nacional de Resíduos Sólidos – **Ministério do Meio Ambiente.** Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/emissoes-e-residuos/residuos/politica-nacional-de-residuos-solidos-pnrs>. Acesso em: 05/06/2026.

REZENDE, Sonaly Cristina; HELLER, Léo. **O saneamento no Brasil: políticas e interfaces.** 2. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2008. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/431929799/O-Saneamento-No-Brasil-Politicas-e-Interface>. Acesso em: 05/06/2026.

ROSA, Roberto. Geotecnologias na geografia aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 16, p. 81–90, 2013. Disponível em: <https://revistas.usp.br/rdg/article/viewFile/47288/51024>. Acesso em: 06/05/2026.

RODRIGUES, Nathalia Moreira; RODRIGUES, Carlos Eduardo Ferreira; RODRIGUES, Camila Ribeiro. The lack of urban drainage in Brazilian cities. **Research, Society and Development**, São Paulo, v. 11, n. 6, e54911629652, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i6.29652. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i6.29652>. Acesso em: 08/06/2026.

RODRIGUES, Antonio Felipe Oliveira; RAUPP, Fabiano Maury. Saneamento no Brasil: marco regulatório, política pública e níveis de atendimento. **Boletim de Conjuntura (BOCA)**, 2023. Disponível em: <https://revista.ioles.com.br/boca/index.php/revista/article/view/2359>. Acesso em: 22/05/2026.

SÁ, Maycon Moraes de; ROBERTO, José Carlos Alves; SOUTO, Sistina Pereira. Análise dos impactos do novo marco legal do saneamento na prestação de serviços de saneamento básico no Brasil. **Observatório de la Economía Latinoamericana**, 2023. Disponível: <https://ojs.observatoriolatinoamericano.com/ojs/index.php/olel/article/view/670>. Acesso em: 08/06/2026.

SANTOS, João Pedro et al. Drenagem urbana sustentável e gestão de enchentes em cidades brasileiras. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 12, n. 1, 2023. Disponível em: https://w2files.solucaoatrio.net.br/atrio/upe-ecivil/upl//THESIS/228/dissertao_final_rejane_set_2023_ok_20231004135505756.pdf. Acesso em: 08/06/2026.

SANTOS, Milton. **A urbanização brasileira**. 5. ed. São Paulo: EdUSP, 2018. Disponível em: https://professor.ufrgs.br/dagnino/files/santos_milton_a_urbanizacao_brasileira_1993.pdf. Acesso em 23/05/2026.

SANTOS, Solange Laurentino dos; SANTOS, Marcelo Olímpio dos. **O processo de urbanização e desigualdades**: padrões socioespaciais e perspectivas para o desenvolvimento sustentável no Recife. Estudos Universitários, 2023. Disponível em: https://periodicos.ufpe.br/revistas/estudosuniversitarios/article/view/260417?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 22 maio 2026.

SANTOS, Ricardo Pereira dos; RANIERI, Victor Eduardo Lima. **Planejamento urbano e instrumentos do Plano Diretor**: desafios contemporâneos da gestão municipal. Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades, v. 9, n. 73, 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/400768818_GESTAO_DO_TERRITORIO_EM_TEMPOS_DE_MUDANCAS_CLIMATICAS_PLANOS_DIRETORES_E_ZONEAMENTO_AMBIENTAL. Acesso em: 06/05/2026.

SANTOS, Maria Fernanda Nóbrega dos; ENOKIBARA, Marta. **Green infrastructure**: concepts, typologies, and terminology in Brazil. Paisagem e Ambiente, v. 32, n. 47, 2021. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstreams/819cdeb7-e4df-4c74-91fe-a2b1a7520bdd/download>. Acesso em: 26/05/2026.

SANTANA, Alessandro Donaire de; NUNES, João Osvaldo Rodrigues. **Relação sociedade-natureza e degradação ambiental no modo de produção capitalista**: um esforço de síntese. Geoambiente On-line, n. 39, 2021. Disponível em: <https://revistas.ufj.edu.br/geoambiente/article/view/65414>. Acesso em: 21 maio 2026.

Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). **Diagnóstico Temático**: Serviços de Água e Esgoto – Visão Geral 2024. Brasília: Ministério das Cidades, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/produtos-do-snis/diagnosticos-snis>. Acesso em: 23/05/2026

SILVA, Bruno das Mercês; MARTINES, Marcos Roberto; BURGOS, Rosalina.

Planejamento urbano e segregação socioespacial: estudo sobre os efeitos da expansão de condomínios fechados na produção do espaço urbano. *Revista do Departamento de Geografia*, v. 42, 2022. Disponível em:

https://revistas.usp.br/rdg/pt_BR/article/view/191575?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 22 maio 2026.

SILVA, Francisco das Chagas; GOMES, Edson Leite. **A degradação ambiental nas cidades:** elementos para uma aproximação entre produção urbana e ecologia política.

Revista GeoUECE, v. 10, n. 19, 2021. Disponível em:

<https://revistas.uece.br/index.php/GeoUECE/article/view/7243>. Acesso em: 22 maio 2026.

SILVA, Mariana de Souza; LIMA, Rafael Gomes. Uso e ocupação do solo urbano e planejamento territorial sustentável. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 14, 2022.

Disponível em:

<https://biblioteca.ibdu.org.br/index.php/direitourbanistico/issue/download/rbdu14/rbdu14integral>. Acesso em: 23/05/2026

SILVA, M. C. O.; VASCONCELOS, R. S.; CIRILO, J. A. Risk Mapping of Water Supply and Sanitary Sewage Systems in a City in the Brazilian Semi-Arid Region Using GIS-MCDA.

Water, v. 14, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/w14203251>. Acesso em: 21/05/2023

SILVA, Maria Clara; TRAVASSOS, Luciana Rodrigues Fagnoni Costa. **Qualidade**

ambiental urbana e planejamento territorial: indicadores aplicados às cidades brasileiras.

Revista Brasileira de Gestão Urbana, v. 13, 2021. Disponível em:

<https://www.scielo.br/i/urbe/i/2021.v13/>. Acesso em: 21/05/2026

SILVA, Jesly Samara Rodrigues da *et al.* Qualidade da água para o abastecimento. **Revista Sistemática**, v. 7, n. 1, 2021. Disponível em:

<https://sevenpubl.com.br/RCS/article/view/7641>. Acesso em: 22 maio 2026.

SILVA, João Paulo; SOUSA, André Luiz. **Coleta urbana e manejo de resíduos sólidos:** desafios da gestão municipal. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, 2021. Disponível em:

<https://dspace.sti.ufcg.edu.br/bitstream/riufcg/33806/1/GEST%C3%83O%20INTEGRADA%20DE%20RES%C3%84DUOS%20UNIVERSIDADE%20E%20COMUNIDADE%20V.1%20-%208%C2%BA%20ISRMU%20E-BOOK%202018.pdf>. Acesso em: 22/05/2026.

SILVA, Mariana Costa; OLIVEIRA, Rafael Gomes. Planejamento da drenagem urbana e infraestrutura verde como estratégia de mitigação de alagamentos. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 10, n. 78, 2022. Disponível em:

https://www.academia.edu/107866449/Paisagem_e_drenagem_urbana_estrat%C3%A9gias_de_infraestrutura_verde_para_a_revitaliza%C3%A7%C3%A3o_do_centro_hist%C3%B3rico_tombado_de_Laguna_SC. Acesso em: 23/05/2026.

SILVA, S. R. et al. Soluções para o Saneamento Básico na Comunidade de Jardim Uchôa em Recife/PE. **Revista Gestão & Sustentabilidade**, 2025. Disponível em:

<https://doi.org/10.36661/2596-142X.2025v7n1.15030>. Acesso em: 22 maio 2026.

SOUSA, Isabel Cristina Nunes de; MENZORI, Ivan Damasco; BRAGA, Roberto.

Urbanização sustentável: métricas espaciais e tipologias de crescimento. Caminhos de Geografia, 2021. Disponível em:

<https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/56557>. Acesso em: 21 maio 2026.

SOUSA FILHO, José Firmino de; SANTOS, Gervásio F.; ANDRADE, Roberto F. Silva *et al.* Inequality and income segregation in Brazilian cities: a nationwide analysis. SN Social Sciences, v. 2, 2022. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s43545-022-00491-9>. Acesso em: 22 maio 2026.

SOUZA, Felipe Henrique; LIMA, Rafael Gomes. Indicadores urbanos e sustentabilidade ambiental no planejamento das cidades brasileiras. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 11, n. 84, 2023. Disponível em:

https://portalantigo.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/boletim_regional/220118_brua_25.pdf. Acesso em: 23/05/2026.

SOUZA, Renata Alves; PEREIRA, Lucas Henrique. Política Nacional de Resíduos Sólidos e os desafios da implementação municipal. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, 2023. Disponível em:

<https://periodicos.ufmg.br/index.php/edrevista/article/view/54644/51629>. Acesso em: 21/06/2026.

SUQUISAQUI, Ana Beatriz Valim; HANAI, Frederico Yuri. **Indicadores de sustentabilidade de planejamento e gestão ambiental de cidades aplicados ao contexto de metabolismo urbano:** procedimento de identificação, seleção, análise e definição.

Desenvolvimento e Meio Ambiente, v. 61, 2022. Disponível em:

<https://revistas.ufpr.br/made/article/view/79050>. Acesso em: 21 maio 2026.

TEIXEIRA, Rylanneive Leonardo Pontes *et al.* **Mudanças climáticas, capacidade adaptativa e sustentabilidade:** reflexões a partir das cidades da região semiárida brasileira. Revista Geotemas, v. 11, 2021. Disponível em:

<https://periodicos.apps.uern.br/index.php/GEOTemas/article/view/3175>. Acesso em: 23/05/2026.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki. **Sistema de esgotos sanitários**. 2. ed. São Paulo:

Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2020. Disponível em:

https://docs.ufpr.br/~rtkishi.dhs/TH028/TH028_00_Disciplina.pdf. Acesso em: 16/06/2026.

TUCCI, Carlos E. M. **Águas urbanas. Porto Alegre:** ABRH, 2008. Disponível em:

<https://www.scielo.br/ea/a/SfqYWrhrtvKxybFsJYQt7v/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 16/06/2026.

TUCCI, Carlos E. M. **Gestão da drenagem urbana. Brasília:** CEPAL/IPEA, 2012.

Disponível em:

https://portalantigo.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/TDs_Ipea_Cepal/tdcepal_048.pdf. Acesso em: 16/06/2026.

TUCCI, C. E. M. **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: ABRH, 2015. Disponível em: https://files.abrhidro.org.br/Sumarios/264/d7ff2fd9b996d37d0936cb3b105e00e3_5544c4c6a03ac262fa7b475f84927d91.pdf. Acesso em: 18/06/2026.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Gestão da drenagem urbana**. Revista Brasileira de Climatologia, Curitiba, v. 18, p. 55-74, 2016. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/559629139/Regulamentacao-Da-Drenagem-Urbana-No-Brasil-Tucci-2016>. Acesso em: 18/05/2026.

TUCCI, Carlos E. M. **Águas urbanas**. Porto Alegre: ABRHidro, 2021. Disponível em: https://files.abrhidro.org.br/Sumarios/264/d7ff2fd9b996d37d0936cb3b105e00e3_5544c4c6a03ac262fa7b475f84927d91.pdf. Acesso em: 15/06/2026.

TUNDISI, José Galizia; MATSUMURA-TUNDISI, Takako. **Recursos hídricos no século XXI**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/359509969/Recursos-Hidricos-No-Seculo-XXI>. Acesso em: 17/06/2026.

VARELA, Andrew Wallace Palheta; PESSOA, Francisco Carlos Lira. Inter-relações entre variáveis ambientais e doenças de veiculação hídrica no município de Belém-PA. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 33, 2023. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/rbclima/article/view/16914>. Acesso em: 21/05/2026.

VASCONCELOS, Anaí Floriano; BARBASSA, Ademir Paceli; DOS SANTOS, Maria Fernanda Nóbrega; IMANI, Maryam Astaraie. **Barriers to sustainable urban stormwater management in developing countries: The case of Brazil**. Land Use Policy, Amsterdam, v. 112, p. 105821, 2022. DOI 10.1016/j.landusepol.2021.105821. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105821>. Acesso em: 21/06/2026.

ZANOLLO NETO, Antonio; ATTANASIO JUNIOR, Mario Roberto. **Aspectos legais do saneamento no Brasil**. Periódico Técnico e Científico Cidades Verdes, v. 10, n. 28, 2022. Disponível em: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/cidades_verdes/pt_BR/article/view/3371. Acesso em: 21/06/2026.

APÊNDICE A – Questionário

Questionário – Avaliação da Infraestrutura Urbana e Drenagem

Identificação (opcional):

Idade: ____ | Sexo: ____ | Tempo de residência na localidade: ____ anos

Seção 1 – Percepção sobre o Calçamento

1. Você considera que o calçamento realizado na sua rua melhorou as condições de mobilidade (acesso, circulação de pedestres e veículos)?
☐ Sim
☐ Parcialmente
☐ Não
2. Após a implantação do calçamento, houve mudança na ocorrência de acúmulo de água em frente à sua residência?
☐ Diminuiu
☐ Permaneceu igual
☐ Aumentou

Seção 2 – Drenagem Urbana

3. Sua rua possui algum sistema de drenagem superficial, como sarjetas ou bocas de lobo?
☐ Sim
☐ Não
☐ Não sei informar
4. Em períodos de chuva, ocorre acúmulo de água (alagamento) na via?
☐ Nunca
☐ Raramente
☐ Frequentemente
5. Caso ocorra acúmulo de água, qual a intensidade percebida?
☐ Baixa (escoa rapidamente)
☐ Moderada (permanece por algumas horas)
☐ Alta (permanece por longo período ou invade residências)

Seção 3 – Impactos e Problemas Associados

6. Você já identificou problemas decorrentes da ausência de drenagem adequada? (pode marcar mais de uma opção)

- ☐ Erosão da via
- ☐ Danos ao calçamento
- ☐ Mau cheiro
- ☐ Proliferação de insetos
- ☐ Invasão de água nas residências
- ☐ Outros: _____

7. A ausência de drenagem afeta sua qualidade de vida?

- ☐ Sim
- ☐ Não
- ☐ Parcialmente

Seção 4 – Saneamento e Gestão Urbana

8. Como você avalia a atuação do poder público em relação à infraestrutura da sua rua?

- ☐ Satisfatória
- ☐ Regular
- ☐ Insatisfatória

9. Você considera necessária a implantação de sistema de drenagem (sarjetas, canaletas ou bocas de lobo) na sua rua?

- ☐ Sim
- ☐ Não
- ☐ Indiferente

Seção 5 – Percepção Geral

10. Na sua opinião, qual seria a principal melhoria necessária para sua rua atualmente?