

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

LAURA NAISA UCHÔA TEIXEIRA

**DIAGNÓSTICO DE DRENAGEM URBANA: UMA ANÁLISE DO BAIRRO PERPÉTUO
SOCORRO EM MACAPÁ-AP**

Macapá – AP
2026

LAURA NAISA UCHÔA TEIXEIRA

**DIAGNÓSTICO DE DRENAGEM URBANA: UMA ANÁLISE DO BAIRRO PERPÉTUO
SOCORRO EM MACAPÁ-AP**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Amapá, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador(a): Prof.(a) M.Sc. Regis Brito Nunes

Macapá – AP

2026

II

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central/UNIFAP-Macapá-AP
Elaborado por Cristina Fernandes – CRB-2 / 1569

Teixeira, Laura Naisa Uchoa.
T266d Diagnóstico de drenagem urbana: uma análise do bairro Perpétuo Socorro em Macapá-AP / Laura Naisa Uchoa Teixeira. - Macapá, 2026.
1 recurso eletrônico.
68 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Bacharelado em Engenharia Civil) -
Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2026.
Orientador: Regis Brito Nunes.

Modo de acesso: World Wide Web.
Formato de arquivo: Portable Document Format (PDF).

1. Drenagem urbana. 2. Escoamento superficial. 3. Urbanização. I. Nunes, Regis Brito, orientador. II. UNIFAP. III. Título.

CDD 23. ed. – 627.4

TEIXEIRA, Laura Naisa Uchoa. **Diagnóstico de drenagem urbana**: uma análise do bairro Perpétuo Socorro em Macapá-AP. Orientador: Regis Brito Nunes. 68 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Engenharia Civil. UNIFAP, Macapá, 2026.

FOLHA DE APROVAÇÃO
LAURA NAISA UCHÔA TEIXEIRA

**DIAGNÓSTICO DE DRENAGEM URBANA: UMA ANÁLISE DO BAIRRO PERPÉTUO
SOCORRO EM MACAPÁ-AP**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Amapá como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

PROFESSOR M.Sc. REGIS BRITO NUNES

EXAMINADOR 1

EXAMINADOR 2

Macapá – AP
2026

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por me conceder sabedoria e perseverança para superar todos os desafios encontrados ao longo desta caminhada acadêmica. Sua presença constante foi fundamental para que eu chegasse até aqui.

Aos meus pais, Anderson e Keliane, expresso minha mais profunda gratidão por todo amor, apoio, dedicação e incentivo ao longo da minha vida. Obrigada por acreditarem nos meus sonhos, por cada esforço realizado em prol da minha educação e por serem meu alicerce em todos os momentos. Esta conquista também é de vocês.

Aos meus avós, Benedito e Zenita, agradeço pelo carinho, pelos ensinamentos, pelas orações e pelo exemplo de vida que sempre me inspiraram.

Ao meu amor, Luiz Eduardo, deixo meu agradecimento especial por estar ao meu lado em cada etapa desta jornada. Obrigada pela paciência, compreensão, incentivo e por acreditar em mim mesmo nos momentos em que eu duvidei das minhas próprias capacidades.

Às minhas melhores amigas, Jullianna e Julia, agradeço por compartilharem comigo os desafios, as conquistas, os aprendizados e os momentos inesquecíveis vividos durante a graduação. A amizade, a parceria e o apoio de vocês tornaram essa caminhada mais leve, alegre e significativa.

A todos os professores que contribuíram para minha formação acadêmica e profissional, compartilhando conhecimentos e experiências que foram fundamentais para meu crescimento, deixo minha sincera gratidão.

Encerrar este ciclo representa a concretização de anos de dedicação, aprendizado e superação. E, de fato, cada desafio enfrentado, cada noite de estudo e cada esforço dedicado valeram a pena para alcançar esta conquista.

RESUMO

O processo de urbanização tem provocado alterações significativas no comportamento hidrológico das cidades, principalmente devido à impermeabilização do solo, que reduz a infiltração e intensifica o escoamento superficial. Esse fenômeno contribui para a sobrecarga dos sistemas de drenagem urbana, favorecendo a ocorrência de alagamentos, degradação ambiental e impactos à saúde pública. A deficiência ou ausência de infraestrutura adequada, associada ao crescimento urbano desordenado, à ocupação de áreas suscetíveis a inundações e à falta de manutenção dos dispositivos de drenagem, agrava ainda mais esse cenário. Acrescenta-se que, a alteração do regime hidrológico das bacias urbanas resulta no aumento das vazões de pico e na redução do tempo de resposta, intensificando a frequência e a magnitude dos eventos de inundação. Os modelos tradicionais de drenagem, baseados na rápida condução das águas pluviais, têm se mostrado insuficientes, uma vez que frequentemente transferem o problema para áreas a jusante. À vista disso, abordagens mais recentes propõem soluções sustentáveis que atuam no controle do escoamento na fonte, promovendo infiltração, retenção e armazenamento das águas pluviais. No município de Macapá, tais problemas são evidentes, especialmente em áreas com elevada densidade urbana, o que reforça a importância da realização de diagnósticos técnicos para subsidiar propostas de intervenção e melhorias no sistema de drenagem urbana.

Palavras-chave: drenagem urbana; urbanização; escoamento superficial; inundações; saneamento.

ABSTRACT

Urbanization has significantly altered the hydrological behavior of cities, mainly due to soil impermeabilization, which reduces infiltration and increases surface runoff. This process contributes to the overloading of urban drainage systems, leading to flooding, environmental degradation, and public health impacts. The lack or inadequacy of drainage infrastructure, combined with uncontrolled urban expansion, occupation of flood-prone areas, and insufficient maintenance, further aggravates this situation. Additionally, changes in urban watershed dynamics result in higher peak flows and shorter response times, increasing the frequency and severity of flood events. Traditional drainage models, based on the rapid conveyance of stormwater, have proven insufficient, as they often transfer the problem downstream without addressing its source. Therefore, more recent approaches emphasize sustainable drainage solutions that focus on source control, promoting infiltration, retention, and storage of stormwater. In the city of Macapá, these issues are particularly evident, especially in densely urbanized areas, highlighting the need for technical assessments to support effective intervention strategies and improvements in urban drainage systems.

Keywords: urban drainage; urbanization; surface runoff; flooding; sanitation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Pavimento permeável.....	12
Figura 2 – Sistema de um jardim de chuva	13
Figura 3 – Exemplo de telhado verde em uma residência.....	13
Figura 4 – Vista aérea de uma bacia de retenção	14
Figura 5 – Sistema de trincheira de infiltração.....	14
Figura 6 - Gráfico de faixa etária.....	31
Figura 7 – Gráfico de zona	31
Figura 8 - Gráfico de tempo de moradia.....	32
Figura 9 – Gráfico de avaliação do sistema de drenagem	32
Figura 10 – Gráfico de frequência de alagamentos	33
Figura 11 - Gráfico de problemas de drenagem urbana no dia a dia.....	33

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 – Mapa da área de estudo	22
Fotografia 2 – área sem pavimento.....	26
Fotografia 3 – área sem pavimento.....	26
Fotografia 4 - ponto de alagamento	26
Fotografia 5 – deformação no pavimento.....	27
Fotografia 6 – sarjeta comprometida.....	27
Fotografia 7 – sarjeta com vegetação	27
Fotografia 8 – vegetação nos pavimentos.....	28
Fotografia 9 – vegetação no canal hidraulico	28
Fotografia 10 – boca de lobo com grelha entupida	28
Fotografia 11 – tampa danificada	28
Fotografia 12 – dispositivo obstruído.....	29
Fotografia 13 – obstrução e dejetos no dispositivo	29
Fotografia 14 – resíduos sólidos no local	30
Fotografia 15 - resíduos sólidos no local.....	30
Fotografia 16 - resíduos sólidos no local.....	30
Fotografia 17 – água com coloração escura	30
Fotografia 18 – ligação clandestina na boca de lobo.....	30
Fotografia 19 - água com coloração escura	30
Fotografia 20 – Isometria do trecho modelado.....	43
Fotografia 21 – Planta Baixa do sistema de drenagem.....	44
Fotografia 22 – Imagem do projeto mostrando os elementos de informação	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tabela de análise de risco	37
Tabela 2 – Tabela de situação existente x proposta abordada	39
Tabela 3 – Coeficientes de Macapá.....	40
Tabela 4 – Tempo de retorno e precipitação	41
Tabela 5 – Intensidade Pluviométrica	41
Tabela 6 – área de contribuição	41
Tabela 7 – Tabela de sarjetas.....	42
Tabela 8 – Tabela de receptores	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

APP – Área de Preservação Permanente

BID – Banco Interamericano de Desenvolvimento

BMPs – Best Management Practices (Melhores Práticas de Gestão)

CEMADEN – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDF – Intensidade, Duração e Frequência das Chuvas

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

IPH – Instituto de Pesquisas Hidráulicas

LID – Low Impact Development (Desenvolvimento de Baixo Impacto)

NBR – Norma Brasileira

OMS – Organização Mundial da Saúde

ONU – Organização das Nações Unidas

PDDU – Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano

PMSB – Plano Municipal de Saneamento Básico

PNRH – Política Nacional de Recursos Hídricos

PVC – Policloreto de Vinila

SIG – Sistema de Informações Geográficas

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SSDU – Sistemas Sustentáveis de Drenagem Urbana

SUDS – Sustainable Urban Drainage Systems (Sistemas Sustentáveis de Drenagem Urbana)

SUS – Sistema Único de Saúde

UFPA – Universidade Federal do Pará

UNIFAP – Universidade Federal do Amapá

ZEE – Zoneamento Ecológico-Econômico

A – Área de contribuição (ha ou m²)

C – Coeficiente de escoamento superficial

i – Intensidade da chuva (mm/h)

Q – Vazão de projeto (m³/s)

t – Tempo (min)

Tc – Tempo de concentração (min)

P – Precipitação (mm)

V – Velocidade do escoamento (m/s)

D – Diâmetro da tubulação (m)

n – Coeficiente de rugosidade de Manning

S – Declividade hidráulica (m/m)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Objetivo Geral.....	2
1.2 Objetivo Específico.....	2
1.3 Abordagem Metodológica.....	3
1.4 Justificativa.....	3
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
2.1 Conceitos Fundamentais	4
2.2 Componentes do sistema de drenagem	4
2.2.1 Microdrenagem.....	5
2.2.2 Macrodrenagem.....	7
2.3 Drenagem urbana e saúde pública	9
2.4 Sistemas sustentáveis de drenagem urbana (SSDU)	11
2.4.1 Pavimentos Permeáveis	12
2.4.2 Jardins de Chuva.....	12
2.4.3 Telhados Verdes	13
2.4.4 Bacias de Detenção e Retenção	14
2.4.5 Valas e Trincheiras de Infiltração	14
2.5 Planejamento e gestão de drenagem urbana	15
2.6 Drenagem urbana em Macapá-AP	17
2.7 Legislação aplicada à drenagem urbana e aos recursos hídricos	19
3 METODOLOGIA.....	21
3.1 Área de estudo	21
3.2 Levantamento bibliográfico	22
3.3 Pesquisa com a população	23
3.4 Levantamento técnico de campo.....	23
3.5 Tratamento e análise dos dados.....	24
3.6 Proposta de intervenção.....	24
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1 Diagnóstico técnico da drenagem urbana – Bairro Perpétuo Socorro.....	25
4.1.1 Condições da via e do escoamento superficial.....	26

4.1.2 Condições da microdrenagem	28
4.1.3 Canais de drenagem e macrodrenagem	29
4.1.4 Aspectos ambientais e sanitários	30
4.1.5 Resultado do questionário	31
4.1.6 Integração entre o diagnóstico de campo e a percepção da população	34
4.1.7 Análise de risco.....	36
5 PROPOSTA DE INTERVENÇÃO	38
5.1 Normas utilizadas.....	39
5.2 Comparação entre a situação existente e a proposta	39
5.3 Dados meteorológicos	40
5.4 Área de contribuição	41
5.5 Dimensionamento	41
5.6 Receptores horizontais	42
5.7 Modelagem BIM.....	43
6 CONCLUSÃO	45
7 REFERÊNCIAS	47
APÊNDICE 1	50
APÊNDICE 2	51

1 INTRODUÇÃO

O processo de urbanização constitui uma das principais transformações promovidas pela ação humana sobre o meio ambiente, modificando significativamente as características naturais das bacias hidrográficas e o comportamento do ciclo hidrológico. O crescimento das cidades, associado à expansão de áreas impermeabilizadas, à redução da cobertura vegetal e à ocupação inadequada de espaços ambientalmente sensíveis, tem contribuído para o aumento do escoamento superficial e para a intensificação de problemas relacionados à drenagem urbana.

A drenagem urbana desempenha papel fundamental no planejamento e funcionamento das cidades, sendo responsável pelo manejo adequado das águas pluviais e pela redução dos impactos causados pelas precipitações. Quando os sistemas de drenagem apresentam deficiências estruturais, operacionais ou de manutenção, tornam-se frequentes problemas como alagamentos, inundações, processos erosivos, degradação ambiental e riscos à saúde pública. Esses problemas afetam diretamente o bem-estar coletivo e geram prejuízos econômicos e sociais significativos.

No Brasil, os desafios relacionados à drenagem urbana têm se intensificado em decorrência do crescimento urbano acelerado e, muitas vezes, desordenado. Em diversas cidades, a infraestrutura existente não acompanhou o ritmo da expansão urbana, resultando em sistemas insuficientes para atender às demandas atuais. Complementarmente, fatores como o descarte inadequado de resíduos sólidos, a ocupação de áreas de preservação permanente e a ausência de planejamento integrado contribuem para o agravamento dos problemas associados ao manejo das águas pluviais.

Na Região Amazônica, essas dificuldades tornam-se ainda mais evidentes devido às características climáticas e ambientais específicas da região. Os elevados índices pluviométricos, a presença de extensas áreas úmidas e a influência dos grandes sistemas hidrográficos exigem soluções de drenagem compatíveis com a dinâmica natural do ambiente. Nesse sentido, o município de Macapá, capital do estado do Amapá, apresenta desafios particulares relacionados à gestão das águas pluviais, especialmente em função da ocupação crescente de áreas de ressaca e da expansão urbana sobre ambientes naturalmente destinados ao armazenamento temporário das águas.

Entre os bairros que enfrentam recorrentes problemas relacionados à drenagem urbana destaca-se o bairro Perpétuo Socorro. Localizado em uma área caracterizada por elevada densidade populacional e proximidade com ambientes úmidos, o bairro apresenta histórico frequente de alagamentos durante os períodos de maior intensidade pluviométrica. A ocorrência desses eventos afeta a mobilidade urbana, compromete as condições sanitárias e gera impactos negativos para os moradores da região.

Diante desse cenário, torna-se fundamental compreender as condições atuais do sistema de drenagem urbana existente no bairro, identificando suas principais limitações e fatores que

contribuem para a ocorrência dos problemas observados. A realização de diagnósticos técnicos permite avaliar o desempenho da infraestrutura instalada, identificar pontos críticos e subsidiar a elaboração de propostas de intervenção voltadas à melhoria das condições de drenagem.

A relevância deste estudo está associada à necessidade de ampliar o conhecimento sobre as condições da infraestrutura urbana local, contribuindo para o planejamento de ações que promovam maior segurança, bem-estar e sustentabilidade ambiental. A esse respeito, os resultados poderão servir como subsídio para futuras intervenções do poder público e para o desenvolvimento de estratégias de gestão mais eficientes para o manejo das águas pluviais na cidade de Macapá.

1.1 Objetivo Geral

Esta pesquisa tem como objetivo realizar o diagnóstico do sistema de drenagem urbana do bairro Perpétuo Socorro, no município de Macapá-AP, identificando os principais problemas relacionados ao manejo das águas pluviais, avaliando as condições da infraestrutura existente e propondo medidas de intervenção capazes de contribuir para a melhoria da eficiência do sistema de drenagem urbana local.

Por meio da análise das condições físicas dos dispositivos de drenagem e da percepção dos moradores acerca dos problemas enfrentados durante os períodos chuvosos, busca-se compreender os fatores que influenciam a ocorrência de alagamentos e demais impactos associados à deficiência da drenagem urbana no bairro.

1.2 Objetivo Específico

Para alcançar o objetivo geral proposto, esta pesquisa buscou caracterizar as condições atuais dos dispositivos de microdrenagem e macrodrenagem existentes no bairro Perpétuo Socorro, identificando seu estado de conservação, funcionamento e capacidade de atendimento às demandas locais. Além disso, foram identificados os principais pontos críticos de alagamento, por meio de levantamentos técnicos em campo e da análise das condições físicas da infraestrutura de drenagem. Também foi avaliada a percepção dos moradores acerca da eficiência do sistema de drenagem urbana e dos impactos provocados pelos eventos de precipitação, permitindo relacionar as informações obtidas junto à população com as observações realizadas durante as inspeções técnicas.

A pesquisa ainda analisou os principais fatores que contribuem para a deficiência do sistema de drenagem urbana, considerando aspectos relacionados à ocupação do solo, às condições da infraestrutura existente, à manutenção dos dispositivos e ao descarte inadequado de resíduos sólidos. Com base no diagnóstico realizado, foi desenvolvida uma proposta técnica de intervenção por meio da elaboração de um projeto de drenagem urbana utilizando a metodologia BIM, com modelagem desenvolvida no software Revit 2026. Por fim, foram correlacionados os problemas de drenagem identificados na área de estudo com aspectos relacionados ao saneamento básico e à

saúde pública, evidenciando os impactos da deficiência da infraestrutura de drenagem sobre a qualidade de vida da população.

1.3 Abordagem Metodológica

A presente pesquisa caracteriza-se como aplicada, exploratória e descritiva, com abordagem quali-quantitativa. O estudo será desenvolvido por meio de levantamento bibliográfico, pesquisa documental, inspeções técnicas em campo e aplicação de questionários junto aos moradores do bairro Perpétuo Socorro.

Inicialmente, será realizada uma revisão da literatura relacionada à drenagem urbana, urbanização, inundações, sistemas sustentáveis de drenagem e gestão das águas pluviais, permitindo a fundamentação teórica da pesquisa. Em seguida, serão efetuadas visitas técnicas para identificação e registro das condições dos dispositivos de drenagem existentes, incluindo bocas de lobo, galerias pluviais, canais e demais estruturas hidráulicas presentes na área de estudo.

Paralelamente, serão aplicados questionários estruturados junto aos moradores do bairro, com o objetivo de coletar informações relacionadas à frequência dos alagamentos, aos impactos causados pelas chuvas e à percepção da população acerca da eficiência do sistema de drenagem urbana local.

Os dados obtidos serão organizados, analisados e interpretados de forma integrada, possibilitando a elaboração de um diagnóstico técnico da área estudada e a proposição de medidas voltadas à melhoria do manejo das águas pluviais.

1.4 Justificativa

A drenagem urbana constitui um dos componentes fundamentais da infraestrutura das cidades, sendo responsável pelo adequado manejo das águas pluviais e pela prevenção de problemas relacionados a alagamentos, inundações, erosões e degradação ambiental. No entanto, o crescimento urbano acelerado e, muitas vezes, desordenado tem contribuído para a sobrecarga dos sistemas de drenagem existentes, aumentando a vulnerabilidade das populações urbanas aos eventos hidrológicos extremos.

Na cidade de Macapá, especialmente em bairros localizados próximos a áreas de ressaca e sujeitos à influência de elevados índices pluviométricos, os problemas relacionados à drenagem urbana representam um desafio constante para a gestão pública e para a qualidade de vida da população. Entre esses bairros destaca-se o Perpétuo Socorro, onde a ocorrência recorrente de alagamentos evidencia a necessidade de estudos específicos voltados à compreensão das causas desses eventos e à busca por soluções adequadas.

A escolha do tema justifica-se pela relevância social, ambiental e técnica da drenagem urbana para o desenvolvimento sustentável das cidades. Da mesma forma, a realização deste estudo contribuirá para ampliar o conhecimento sobre as condições da infraestrutura de drenagem do

bairro Perpétuo Socorro, fornecendo subsídios que poderão auxiliar futuras intervenções do poder público e o planejamento de ações voltadas à redução dos impactos causados pelas inundações urbanas.

Sob o ponto de vista acadêmico, a pesquisa também contribui para o aprofundamento das discussões relacionadas ao planejamento urbano, à gestão dos recursos hídricos e às soluções sustentáveis para o manejo das águas pluviais em cidades amazônicas, ampliando a produção de conhecimento voltada à realidade local do município de Macapá.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Conceitos Fundamentais

A drenagem urbana pode ser definida como o conjunto de obras, dispositivos e medidas destinadas à coleta, transporte, armazenamento e disposição adequada das águas pluviais provenientes das precipitações.

De acordo com a Lei nº 11.445/2007, a drenagem e o manejo das águas pluviais integram os serviços públicos de saneamento básico, constituindo um elemento indispensável para a promoção da saúde pública e da qualidade ambiental.

Os sistemas de drenagem urbana têm como principais objetivos:

- Reduzir os riscos de alagamentos;
- Garantir a segurança da população;
- Preservar a infraestrutura urbana;
- Controlar processos erosivos;
- Minimizar impactos ambientais;
- Melhorar as condições sanitárias da cidade.

A eficiência desses sistemas depende diretamente do correto dimensionamento hidráulico, da manutenção periódica e da compatibilidade com as características físicas e climáticas da região onde estão inseridos.

2.2 Componentes do sistema de drenagem

Os sistemas de drenagem urbana são normalmente divididos em microdrenagem e macrodrenagem.

2.2.1 Microdrenagem

A microdrenagem urbana corresponde ao conjunto de dispositivos e estruturas hidráulicas responsáveis pela coleta, captação e condução inicial das águas pluviais geradas em áreas urbanizadas. Trata-se do primeiro nível dos sistemas de drenagem urbana, sendo fundamental para o adequado funcionamento de toda a rede de manejo das águas pluviais. Sua principal função é interceptar o escoamento superficial logo após a ocorrência das precipitações, transportando-o de forma segura até os sistemas de macrodrenagem ou diretamente aos corpos receptores.

Na perspectiva de Tucci (2007), a microdrenagem é constituída por elementos projetados para atender precipitações com períodos de retorno relativamente baixos, geralmente entre 2 e 10 anos, uma vez que seu objetivo principal é garantir o escoamento das chuvas frequentes que ocorrem no ambiente urbano. Quando corretamente dimensionada e mantida, a microdrenagem reduz significativamente os riscos de alagamentos localizados, danos à infraestrutura urbana e prejuízos à mobilidade da população.

A implantação dos sistemas de microdrenagem tornou-se uma necessidade crescente em função do processo de urbanização. À medida que áreas naturais são substituídas por superfícies impermeáveis, ocorre o aumento do volume e da velocidade do escoamento superficial, exigindo estruturas capazes de captar e conduzir adequadamente as águas pluviais. Sem esses dispositivos, a água tende a se acumular nas vias públicas, causando transtornos à circulação de veículos e pedestres, além de favorecer processos erosivos e deterioração do pavimento.

Os sistemas de microdrenagem são compostos por diversos elementos hidráulicos interligados, cada um desempenhando funções específicas dentro da rede de drenagem urbana.

Entre os principais componentes destacam-se as sarjetas, estruturas localizadas ao longo do meio-fio destinadas à coleta das águas superficiais provenientes das ruas. As sarjetas conduzem a água até os pontos de captação, permitindo o direcionamento do fluxo para dispositivos subterrâneos. Seu dimensionamento deve considerar a declividade das vias, a intensidade das chuvas e a capacidade de transporte necessária para evitar transbordamentos.

Outro elemento essencial são as bocas de lobo, também conhecidas como caixas coletoras ou dispositivos de captação superficial. Essas estruturas têm a função de interceptar as águas conduzidas pelas sarjetas e encaminhá-las para as galerias pluviais subterrâneas. As bocas de lobo podem ser classificadas em simples, duplas ou múltiplas, dependendo da demanda hidráulica da área atendida.

A eficiência das bocas de lobo está diretamente relacionada às suas condições de conservação e limpeza. A presença de resíduos sólidos, folhas, sedimentos e outros materiais pode reduzir significativamente sua capacidade de captação, contribuindo para a ocorrência de alagamentos mesmo em eventos de chuva de baixa intensidade. Assim, a manutenção periódica desses dispositivos constitui uma etapa indispensável para o funcionamento adequado do sistema.

As galerias pluviais representam outro componente fundamental da microdrenagem. Essas estruturas consistem em tubulações subterrâneas destinadas ao transporte das águas coletadas pelas bocas de lobo até os sistemas de macrodrenagem. Geralmente são construídas em concreto armado, tubos de PVC de grande diâmetro ou materiais equivalentes, devendo ser dimensionadas de acordo com critérios hidráulicos que considerem vazões de projeto, declividades e características da bacia contribuinte.

Além das galerias, os sistemas de microdrenagem incluem poços de visita, estruturas utilizadas para permitir acesso às tubulações para inspeção, manutenção e limpeza. Os poços de visita são instalados em pontos estratégicos da rede, como mudanças de direção, alterações de declividade ou junções entre diferentes ramais. Sua presença facilita a identificação de problemas operacionais e reduz os custos associados à manutenção preventiva e corretiva.

Em alguns sistemas, também são utilizadas caixas de ligação e caixas de passagem, responsáveis pela interconexão entre diferentes trechos da rede hidráulica. Essas estruturas auxiliam no direcionamento dos fluxos e contribuem para a eficiência operacional do sistema.

O dimensionamento da microdrenagem deve considerar diversos parâmetros hidrológicos e hidráulicos. Entre os principais destacam-se a intensidade da precipitação, a área de contribuição, o coeficiente de escoamento superficial e o tempo de concentração da bacia. Esses parâmetros são utilizados na estimativa das vazões de projeto, normalmente calculadas por meio do Método Racional, amplamente empregado em projetos de drenagem urbana no Brasil.

O Método Racional é expresso pela equação:

$$Q = C \cdot i \cdot A$$

Onde:

- Q = vazão máxima de projeto (m^3/s);
- C = coeficiente de escoamento superficial;
- i = intensidade da chuva (mm/h);
- A = área de contribuição (ha).

A correta determinação desses parâmetros é fundamental para garantir que o sistema possua capacidade suficiente para transportar os volumes de água gerados durante os eventos de precipitação previstos em projeto.

Entretanto, mesmo sistemas adequadamente dimensionados podem apresentar falhas quando submetidos a condições de manutenção inadequadas. Um dos problemas mais recorrentes nas cidades brasileiras está relacionado ao descarte irregular de resíduos sólidos. Sacolas plásticas,

garrafas PET, restos de construção civil e outros materiais frequentemente obstruem bocas de lobo e galerias pluviais, reduzindo sua eficiência hidráulica.

Conforme Silva et al. (2013), a obstrução dos dispositivos de microdrenagem constitui uma das principais causas dos alagamentos urbanos observados em municípios de médio e grande porte. Além de comprometer o funcionamento do sistema, o acúmulo de resíduos favorece a proliferação de vetores de doenças e contribui para a degradação ambiental.

Na capital amapaense, os problemas relacionados à microdrenagem apresentam características particulares em razão das condições climáticas e geográficas da região. A elevada intensidade das chuvas, associada à baixa declividade de diversos setores urbanos, exige sistemas de drenagem eficientes e constantemente monitorados. Contudo, diversos bairros da cidade apresentam deficiência na infraestrutura existente, seja pela insuficiência de dispositivos de captação, seja pela falta de manutenção periódica.

No bairro Perpétuo Socorro, objeto deste estudo, a análise da microdrenagem torna-se especialmente relevante devido à recorrência de alagamentos observados durante o período chuvoso. A presença de dispositivos obstruídos, galerias subdimensionadas ou deterioradas e ocupações urbanas inadequadas pode comprometer significativamente o desempenho do sistema, contribuindo para a ocorrência de transtornos à população.

Além das soluções convencionais, a literatura técnica tem recomendado a incorporação de dispositivos complementares de drenagem sustentável à microdrenagem tradicional. Estruturas como pavimentos permeáveis, jardins de chuva, trincheiras de infiltração e reservatórios de retenção podem atuar de forma integrada ao sistema convencional, reduzindo o volume de escoamento superficial e aumentando sua eficiência hidráulica.

2.2.2 Macrodrenagem

A macrodrenagem urbana corresponde ao conjunto de estruturas hidráulicas responsáveis pelo transporte, armazenamento temporário e destinação final dos grandes volumes de águas pluviais provenientes dos sistemas de microdrenagem. Trata-se da etapa de maior escala dos sistemas de drenagem urbana, destinada a controlar os fluxos gerados em extensas áreas das bacias hidrográficas urbanas e minimizar os riscos associados às inundações.

Enquanto a microdrenagem atua na coleta inicial das águas precipitadas nas vias públicas e lotes urbanos, a macrodrenagem é responsável por receber esses volumes e conduzi-los de forma segura até os corpos receptores naturais, como rios, igarapés, lagos e áreas alagáveis. Seguindo essa lógica, ambos os sistemas funcionam de maneira integrada, sendo indispensáveis para o adequado manejo das águas pluviais nas cidades.

Para Tucci (2007), a macrodrenagem pode ser definida como o conjunto de obras hidráulicas destinadas ao controle dos escoamentos em bacias urbanas de maior porte, envolvendo

estruturas projetadas para suportar eventos hidrológicos mais significativos, geralmente associados a períodos de retorno superiores aos utilizados nos projetos de microdrenagem. Essas estruturas possuem capacidade hidráulica elevada e desempenham papel fundamental na prevenção de enchentes urbanas.

O crescimento acelerado das cidades tem aumentado significativamente a importância dos sistemas de macrodrenagem. A expansão urbana, associada à impermeabilização do solo e à ocupação inadequada das bacias hidrográficas, provoca o aumento das vazões de pico, exigindo infraestruturas capazes de transportar grandes volumes de água em curtos intervalos de tempo. Quando essas estruturas são insuficientes ou inadequadamente mantidas, ocorre a elevação dos níveis d'água nos canais e corpos receptores, favorecendo a ocorrência de inundações em áreas urbanizadas.

Entre os principais componentes da macrodrenagem destacam-se os canais de drenagem, os reservatórios de detenção, os reservatórios de retenção, os rios urbanos, os igarapés e as estruturas de controle hidráulico.

Os canais de drenagem constituem uma das obras mais comuns nos sistemas de macrodrenagem. Essas estruturas podem ser naturais ou artificiais e possuem a função de transportar os grandes volumes de escoamento superficial gerados pelas chuvas. Em muitos municípios brasileiros, os canais são construídos em concreto armado ou revestidos com materiais que minimizam processos erosivos e facilitam a manutenção.

Embora a canalização seja frequentemente adotada como solução para problemas de drenagem urbana, diversos estudos apontam limitações dessa abordagem. A aceleração excessiva do fluxo pode transferir os problemas de inundação para áreas localizadas a jusante da bacia, aumentando os riscos em regiões que anteriormente não apresentavam histórico de alagamentos. Por essa razão, o planejamento moderno da drenagem urbana busca integrar medidas estruturais e não estruturais para reduzir os impactos negativos da canalização convencional.

Outro elemento fundamental da macrodrenagem são os reservatórios de detenção. Essas estruturas têm como principal função armazenar temporariamente as águas pluviais durante eventos de chuva intensa, liberando-as gradualmente para o sistema receptor. Esse mecanismo permite reduzir os picos de vazão e evitar sobrecargas nos canais e rios urbanos.

Os reservatórios de detenção podem ser implantados em áreas públicas, parques urbanos ou espaços livres dentro das bacias hidrográficas. Durante períodos sem chuva, muitos desses reservatórios permanecem secos, podendo ser utilizados para atividades recreativas e de lazer, caracterizando soluções multifuncionais para o ambiente urbano.

Os reservatórios de retenção possuem função semelhante, porém diferem por manterem permanentemente uma lâmina d'água em seu interior. Além do controle hidráulico, essas estruturas

contribuem para a melhoria da qualidade da água, promovendo a sedimentação de partículas e reduzindo a carga de poluentes transportados pelo escoamento superficial.

Os rios urbanos e igarapés também desempenham papel essencial na macrodrenagem. Esses corpos hídricos representam os receptores naturais das águas pluviais e exercem funções importantes no equilíbrio hidrológico das bacias urbanas. Entretanto, a urbanização frequentemente provoca alterações significativas nesses ambientes, incluindo retificações, canalizações, aterramentos e ocupações irregulares de suas margens.

Para Leopold (1968), a modificação dos cursos naturais reduz a capacidade de amortecimento das cheias, aumentando a velocidade do escoamento e intensificando os processos de inundação. A esse respeito, a degradação dos corpos hídricos urbanos compromete sua capacidade hidráulica e reduz sua eficiência como componentes da macrodrenagem.

Outro aspecto relevante refere-se à ocupação das planícies de inundação. Essas áreas funcionam naturalmente como espaços de armazenamento temporário durante eventos de cheia. Contudo, o crescimento urbano frequentemente avança sobre essas regiões, reduzindo sua capacidade de absorção e aumentando a vulnerabilidade da população aos eventos extremos.

Os períodos de retorno adotados para obras de macrodrenagem costumam variar entre 25 e 100 anos, dependendo da importância da infraestrutura e do nível de proteção desejado. Essa abordagem busca garantir que o sistema seja capaz de suportar eventos de maior magnitude, reduzindo os riscos de colapso durante chuvas intensas.

Além das estruturas físicas, a gestão eficiente da macrodrenagem depende de ações contínuas de manutenção e monitoramento. O assoreamento de canais, o crescimento excessivo da vegetação, o lançamento irregular de resíduos sólidos e a ocupação indevida das faixas marginais podem comprometer significativamente a capacidade hidráulica do sistema.

Na visão de Silva et al. (2013), a falta de manutenção caracteriza-se como um dos principais fatores responsáveis pela perda de eficiência dos sistemas de macrodrenagem em cidades brasileiras. A redução da seção hidráulica dos canais e a obstrução dos fluxos favorecem o extravasamento das águas durante períodos de chuva intensa, aumentando os prejuízos econômicos e sociais associados às inundações.

2.3 Drenagem urbana e saúde pública

No contexto do saneamento básico, a drenagem urbana é reconhecida como um dos quatro pilares fundamentais, juntamente com o abastecimento de água potável, o esgotamento sanitário e a gestão de resíduos sólidos. Conforme estabelecido pela Lei nº 11.445/2007, os serviços de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas são essenciais para a promoção da saúde pública e para a proteção do meio ambiente.

Sob a ótica de Soares (2002), a drenagem urbana eficiente não se limita à remoção das águas pluviais, mas desempenha papel fundamental na prevenção de agravos à saúde coletiva, reduzindo situações de exposição da população a ambientes contaminados e minimizando a proliferação de agentes patogênicos.

A deficiência dos sistemas de drenagem favorece o acúmulo de água em vias públicas, terrenos baldios, áreas residenciais e espaços urbanos diversos. Esses ambientes tornam-se locais propícios para a proliferação de microrganismos, vetores e agentes transmissores de doenças. Aliado a isso, durante eventos de inundação, as águas frequentemente entram em contato com resíduos sólidos, esgoto doméstico e outros contaminantes presentes no ambiente urbano, ampliando os riscos sanitários.

De acordo com o Ministério da Saúde, os surtos de leptospirose apresentam forte relação com eventos de inundação, especialmente em áreas urbanas com deficiência de saneamento básico e acúmulo de resíduos sólidos. Os sintomas incluem febre alta, dores musculares, cefaleia, vômitos e, nos casos mais graves, comprometimento renal e hepático.

Outra enfermidade frequentemente relacionada à drenagem deficiente é a hepatite A. Essa doença viral é transmitida principalmente pela ingestão de água ou alimentos contaminados por material fecal. Em situações de enchentes, a mistura entre águas pluviais e esgoto sanitário aumenta significativamente o risco de disseminação do vírus, especialmente em comunidades com infraestrutura precária.

Além das doenças de veiculação hídrica, os problemas de drenagem urbana favorecem a proliferação de vetores responsáveis pela transmissão de arboviroses. O acúmulo de água parada em recipientes, depressões do terreno e estruturas urbanas cria condições ideais para a reprodução do mosquito *Aedes aegypti*, vetor da dengue, zika e chikungunya.

A dengue é considerada uma das principais arboviroses urbanas do Brasil. Sua incidência apresenta forte relação com as condições ambientais e sanitárias das cidades. Áreas que apresentam deficiência na drenagem, descarte inadequado de resíduos sólidos e presença frequente de água acumulada tendem a registrar maiores índices de infestação do mosquito transmissor.

De igual modo, os impactos diretos relacionados às doenças infecciosas, as inundações urbanas também produzem consequências indiretas sobre a saúde da população. A destruição de residências, a interrupção de serviços essenciais e o deslocamento temporário de famílias afetam significativamente o bem-estar físico e psicológico dos indivíduos.

Estudos realizados pela Organização Mundial da Saúde (OMS) demonstram que eventos extremos, como enchentes e inundações, estão associados ao aumento de transtornos mentais, incluindo ansiedade, depressão, estresse pós-traumático e outras alterações psicológicas. A perda de bens materiais, a insegurança habitacional e a exposição frequente a situações de risco contribuem para o agravamento desses problemas.

De acordo com Abreu, Silva e Thomas (2018), as deficiências observadas nos serviços de saneamento básico em Macapá refletem diretamente nas condições ambientais e sanitárias da população, evidenciando a necessidade de investimentos em infraestrutura urbana e planejamento territorial.

2.4 Sistemas sustentáveis de drenagem urbana (SSDU)

O crescimento acelerado das cidades e os impactos decorrentes da urbanização intensificaram a necessidade de novas abordagens para o manejo das águas pluviais. Os modelos convencionais de drenagem urbana, fundamentados na rápida coleta e condução da água por meio de galerias, canais e tubulações, demonstraram limitações ao longo do tempo, especialmente diante do aumento da impermeabilização do solo e da frequência dos eventos extremos de precipitação. Nessa conjuntura, surgem os Sistemas Sustentáveis de Drenagem Urbana (SSDU), também conhecidos internacionalmente como Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS), Low Impact Development (LID) ou Best Management Practices (BMPs).

De acordo com Tucci (2007), a drenagem urbana sustentável baseia-se no conceito de que a água da chuva não deve ser tratada como um problema a ser eliminado rapidamente, mas como um recurso ambiental que pode ser gerenciado de forma integrada ao planejamento urbano. Essa abordagem permite reduzir significativamente os impactos causados pelas enchentes e contribui para a conservação dos recursos hídricos.

Uma das principais vantagens dos SSDU é a redução do volume de escoamento superficial gerado durante os eventos de chuva. Em áreas urbanizadas, grande parte da precipitação transforma-se rapidamente em escoamento devido à impermeabilização do solo. Os sistemas sustentáveis atuam reduzindo essa transformação, permitindo que parte da água se infiltre no solo ou seja armazenada temporariamente antes de atingir a rede de drenagem.

Além da redução dos volumes escoados, os SSDU contribuem para a diminuição das vazões de pico. Esse aspecto é particularmente importante porque os alagamentos urbanos frequentemente ocorrem quando os sistemas de drenagem recebem grandes volumes de água em curtos períodos de tempo. Ao retardar o escoamento, as técnicas sustentáveis reduzem a sobrecarga sobre galerias, canais e corpos receptores.

Outro benefício relevante refere-se à melhoria da qualidade das águas pluviais. Durante seu deslocamento pelas superfícies urbanas, a água da chuva transporta diversos poluentes, incluindo sedimentos, resíduos sólidos, metais pesados, hidrocarbonetos e nutrientes. Muitos dispositivos sustentáveis funcionam como filtros naturais, promovendo processos de sedimentação, retenção e absorção desses contaminantes antes que alcancem os corpos hídricos.

Os SSDU fundamentam-se em alguns princípios básicos que orientam sua concepção e implementação.

O primeiro princípio consiste no controle do escoamento na fonte. Em vez de concentrar a água em grandes estruturas de drenagem, busca-se reduzir o volume gerado diretamente nos locais onde a precipitação ocorre.

O segundo princípio refere-se à preservação dos processos naturais do ciclo hidrológico. Sempre que possível, procura-se manter condições próximas às existentes antes da urbanização, promovendo infiltração, evapotranspiração e armazenamento natural.

Outro princípio importante é a descentralização do sistema de drenagem. Diferentemente das abordagens convencionais, que concentram o controle em grandes estruturas, os SSDU distribuem diversos dispositivos ao longo da bacia urbana, aumentando a eficiência global do sistema.

Também se destaca a integração entre drenagem, paisagismo, planejamento urbano e preservação ambiental. Muitos dispositivos sustentáveis desempenham simultaneamente funções hidráulicas, ecológicas e recreativas.

2.4.1 Pavimentos Permeáveis

Os pavimentos permeáveis constituem uma das técnicas mais difundidas dos SSDU. Esses sistemas permitem a infiltração da água através de sua estrutura, reduzindo significativamente o escoamento superficial.

Podem ser construídos utilizando blocos intertravados permeáveis, concreto poroso ou revestimentos especiais capazes de permitir a passagem da água. Além de contribuir para a drenagem urbana, esses pavimentos auxiliam na recarga dos aquíferos e reduzem a temperatura superficial das áreas urbanizadas.

São particularmente indicados para estacionamentos, calçadas, ciclovias, praças e áreas de baixo tráfego.

Figura 1 – Pavimento permeável



Fonte: AECweb (2026).

2.4.2 Jardins de Chuva

Os jardins de chuva são áreas vegetadas projetadas para receber temporariamente o escoamento superficial proveniente de telhados, ruas e áreas pavimentadas.

Essas estruturas funcionam como pequenas depressões no terreno preenchidas com solo preparado e vegetação específica. Durante os eventos de chuva, armazenam temporariamente a água e promovem sua infiltração gradual no solo.

Além dos benefícios hidráulicos, os jardins de chuva contribuem para a valorização paisagística dos espaços urbanos, aumento da biodiversidade e melhoria da qualidade ambiental.

Figura 2 – Sistema de um jardim de chuva



Fonte: biblus.accasoftware.com

2.4.3 Telhados Verdes

Os telhados verdes consistem na instalação de camadas de vegetação sobre coberturas de edificações. Essa solução permite a retenção de parte significativa da água precipitada, reduzindo o volume que alcança o sistema de drenagem.

Além do controle do escoamento, os telhados verdes proporcionam isolamento térmico, redução das ilhas de calor urbanas, melhoria da qualidade do ar e aumento da eficiência energética das edificações.

Diversos estudos demonstram que um telhado verde pode reter entre 40% e 80% da precipitação incidente, dependendo de suas características construtivas e das condições climáticas locais.

Figura 3 – Exemplo de telhado verde em uma residência



Fonte: O Globo (2026).

2.4.4 Bacias de Detenção e Retenção

As bacias de detenção e retenção são estruturas destinadas ao armazenamento temporário ou permanente das águas pluviais.

As bacias de detenção permanecem secas na maior parte do tempo, armazenando água apenas durante eventos de chuva. Já as bacias de retenção mantêm uma lâmina d'água permanente.

Essas estruturas reduzem significativamente os picos de vazão, minimizando os riscos de enchentes e contribuindo para a melhoria da qualidade da água por meio da sedimentação de partículas.

Figura 4 – Vista aérea de uma bacia de retenção



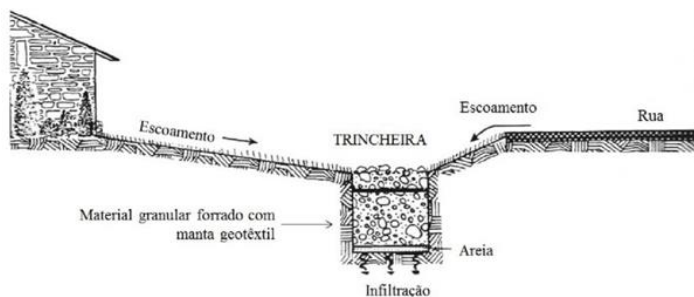
Fonte: Mathidro (2026).

2.4.5 Valas e Trincheiras de Infiltração

As valas de infiltração são escavações preenchidas com materiais granulares que permitem o armazenamento temporário e a infiltração gradual das águas pluviais.

Esses dispositivos são amplamente utilizados em áreas urbanas devido à sua simplicidade construtiva e elevada eficiência hidráulica. Quando corretamente dimensionados, podem reduzir significativamente o volume de escoamento superficial gerado durante os eventos de precipitação.

Figura 5 – Sistema de trincheira de infiltração



Fonte: Centrais de Abastecimento de Goiás CEASA-GO

2.5 Planejamento e gestão de drenagem urbana

O planejamento e a gestão da drenagem urbana constituem elementos fundamentais para o desenvolvimento sustentável das cidades, especialmente diante dos desafios impostos pelo crescimento populacional, pela expansão das áreas urbanizadas e pelas mudanças climáticas. Mais do que a simples implantação de obras hidráulicas, a drenagem urbana moderna exige uma abordagem integrada que considere aspectos técnicos, ambientais, sociais, econômicos e institucionais, buscando promover o equilíbrio entre o desenvolvimento urbano e a preservação dos recursos naturais.

Frente a esse cenário, surgiu a necessidade de incorporar o planejamento da drenagem urbana ao processo mais amplo de gestão territorial e ambiental. Para Tucci (2007), a drenagem urbana deve ser planejada em escala de bacia hidrográfica, considerando não apenas os dispositivos de drenagem, mas também os processos naturais relacionados ao ciclo hidrológico, ao uso do solo e à ocupação urbana.

Para que esse planejamento seja eficiente, torna-se necessário realizar diagnósticos detalhados das condições existentes. Esses diagnósticos devem contemplar informações sobre relevo, hidrografia, uso e ocupação do solo, características geológicas, cobertura vegetal, regime pluviométrico e condições da infraestrutura de drenagem. A integração dessas informações permite compreender o funcionamento da bacia urbana e identificar os principais fatores responsáveis pelos problemas observados.

Convém observar que, o planejamento preventivo, em muitos municípios, a ocorrer apenas após a ocorrência de enchentes ou alagamentos significativos. Essa abordagem corretiva geralmente resulta em maiores custos financeiros e menor eficiência operacional. Por outro lado, o planejamento preventivo busca antecipar problemas futuros, permitindo a adoção de medidas estruturais e não estruturais capazes de reduzir os riscos antes que eles se manifestem.

Entretanto, a literatura especializada tem destacado que a solução dos problemas de drenagem não depende exclusivamente de obras de engenharia. As chamadas medidas não estruturais vêm ganhando cada vez mais importância no contexto da gestão urbana. Essas medidas incluem instrumentos de planejamento territorial, regulamentação do uso do solo, educação ambiental, monitoramento hidrológico, sistemas de alerta e programas de manutenção preventiva.

A integração entre drenagem urbana e planejamento urbano é reforçada pelo Estatuto da Cidade (Lei nº 10.257/2001), que estabelece diretrizes para o desenvolvimento sustentável dos municípios brasileiros. Essa legislação determina que os instrumentos de planejamento urbano devem considerar a prevenção de riscos ambientais e a promoção do uso adequado do solo urbano.

Outro instrumento fundamental para a gestão da drenagem urbana é o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB). Previsto pela Lei nº 11.445/2007, esse documento deve estabelecer

diagnósticos, metas, programas e ações relacionadas aos serviços de saneamento, incluindo a drenagem e o manejo das águas pluviais urbanas.

O PMSB representa uma importante ferramenta de gestão porque permite que os municípios identifiquem suas principais demandas, definam prioridades de investimento e estabeleçam estratégias de longo prazo para a melhoria da infraestrutura urbana. Outro aspecto relevante é que, sua elaboração é requisito para o acesso a diversos programas de financiamento voltados ao setor de saneamento.

A gestão eficiente da drenagem urbana também depende da manutenção adequada das estruturas existentes. Em muitos municípios brasileiros, a falta de manutenção periódica compromete significativamente o desempenho dos sistemas de drenagem. A obstrução de bocas de lobo, o assoreamento de canais e o acúmulo de resíduos sólidos reduzem a capacidade hidráulica das estruturas e favorecem a ocorrência de alagamentos.

Na concepção de Silva et al. (2013), a manutenção preventiva apresenta custos significativamente inferiores aos associados às intervenções corretivas realizadas após a ocorrência de danos. Nesse cenário, programas permanentes de limpeza, inspeção e monitoramento constituem componentes indispensáveis da gestão da drenagem urbana.

Outro aspecto cada vez mais relevante refere-se ao uso de tecnologias de monitoramento e modelagem hidrológica. O avanço das ferramentas computacionais permite simular diferentes cenários de precipitação, avaliar o desempenho dos sistemas de drenagem e identificar áreas vulneráveis a inundações. Essas informações auxiliam os gestores públicos na tomada de decisões e na definição de estratégias de intervenção mais eficientes.

A participação social também desempenha papel importante na gestão das águas pluviais urbanas. A população pode contribuir por meio da adoção de práticas ambientalmente responsáveis, como o descarte adequado de resíduos sólidos, a preservação de áreas verdes e a manutenção de dispositivos de drenagem localizados em propriedades particulares. Cumpre salientar que, a participação comunitária fortalece os processos de planejamento e aumenta a legitimidade das políticas públicas implementadas.

Nas cidades amazônicas, os desafios relacionados ao planejamento e à gestão da drenagem urbana são particularmente complexos. A combinação de elevados índices pluviométricos, crescimento urbano acelerado, baixa declividade do relevo e ocupação de áreas ambientalmente sensíveis exige soluções integradas e de longo prazo.

No município em estudo, a presença de áreas de ressaca, igarapés urbanos e ambientes úmidos torna indispensável a adoção de estratégias que conciliem infraestrutura urbana e preservação ambiental. A ocupação inadequada dessas áreas compromete funções hidrológicas essenciais, aumentando os riscos de alagamentos e reduzindo a eficiência dos sistemas de drenagem.

No bairro Perpétuo Socorro, objeto deste estudo, a gestão eficiente da drenagem urbana depende da integração entre manutenção da infraestrutura existente, ampliação dos dispositivos hidráulicos, preservação dos ambientes naturais e participação da comunidade local. A realização de diagnósticos técnicos detalhados constitui etapa fundamental para subsidiar futuras intervenções e orientar políticas públicas voltadas à melhoria das condições urbanas.

2.6 Drenagem urbana em Macapá-AP

O município de Macapá, capital do estado do Amapá, apresenta características ambientais, hidrológicas e urbanísticas que tornam a drenagem urbana um dos principais desafios para a gestão da infraestrutura urbana. Localizada na margem esquerda do Rio Amazonas e inserida em uma região de clima equatorial úmido, a cidade está sujeita a elevados índices pluviométricos ao longo do ano, o que exige sistemas de drenagem eficientes e adequadamente planejados para garantir o escoamento seguro das águas pluviais.

O crescimento urbano acelerado observado nas últimas décadas tem provocado alterações significativas no comportamento hidrológico do município. A expansão das áreas urbanizadas, associada à impermeabilização do solo e à ocupação de áreas ambientalmente sensíveis, reduziu a capacidade natural de infiltração e armazenamento das águas da chuva, aumentando os volumes de escoamento superficial e a ocorrência de alagamentos em diversos bairros da cidade.

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Macapá concentra mais de 60% da população do estado do Amapá, apresentando contínuo crescimento populacional e expansão territorial. Esse processo tem exercido pressão crescente sobre a infraestrutura urbana, especialmente sobre os sistemas de saneamento básico e drenagem pluvial.

O clima predominante na região é classificado como equatorial úmido, caracterizado por elevadas temperaturas médias anuais e altos índices de precipitação. De acordo com dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a precipitação média anual em Macapá varia entre 2.500 mm e 3.500 mm, concentrando-se principalmente entre os meses de janeiro e junho, período conhecido regionalmente como inverno amazônico.

Durante esse período, episódios de chuvas intensas e prolongadas tornam-se frequentes, aumentando significativamente a demanda sobre os sistemas de drenagem urbana. Em diversas situações, a infraestrutura existente mostra-se insuficiente para suportar os volumes gerados pelas precipitações, resultando em alagamentos temporários, interrupção da mobilidade urbana e prejuízos à população.

Além das características climáticas, a geomorfologia local exerce influência direta sobre o comportamento da drenagem urbana. Grande parte do território de Macapá apresenta relevo plano ou suavemente ondulado, com baixas declividades naturais. Essa condição dificulta o escoamento gravitacional das águas pluviais, favorecendo o acúmulo de água em determinados pontos da cidade durante eventos de chuva intensa.

Outro aspecto que diferencia Macapá de outras cidades brasileiras é a presença das chamadas áreas de ressaca. As ressacas são ambientes úmidos característicos da região amazônica, formados por áreas periodicamente inundadas que estabelecem conexão entre os cursos d'água e os ecossistemas urbanos. Esses ambientes desempenham funções hidrológicas fundamentais, atuando como reservatórios naturais capazes de armazenar temporariamente grandes volumes de água durante os períodos chuvosos.

Em conformidade com Spíndola e Drach (2023), as áreas de ressaca exercem papel essencial no equilíbrio hidrológico urbano de Macapá, contribuindo para a redução dos picos de vazão e para o amortecimento dos eventos de inundação. Entretanto, o crescimento urbano desordenado tem provocado a ocupação progressiva dessas áreas, reduzindo sua capacidade de armazenamento e comprometendo suas funções ambientais.

A ocupação irregular das ressacas destaca-se como um dos principais fatores associados aos problemas de drenagem urbana observados no município. Em muitos casos, esses ambientes são aterrados para implantação de moradias, estabelecimentos comerciais e infraestrutura urbana, alterando significativamente a dinâmica natural do escoamento das águas pluviais.

Além da ocupação das áreas de ressaca, outros fatores contribuem para a ocorrência de problemas de drenagem em Macapá. Entre eles destacam-se a insuficiência da infraestrutura hidráulica existente, a falta de manutenção periódica dos dispositivos de drenagem, o descarte inadequado de resíduos sólidos e a ocupação de áreas naturalmente sujeitas a inundações.

Apesar da pouca existência de infraestrutura, diversos estudos apontam limitações relacionadas à sua capacidade operacional. Em muitos bairros, as galerias pluviais apresentam dimensões insuficientes para atender às demandas atuais, especialmente em áreas que passaram por intenso processo de urbanização nas últimas décadas. Em outros casos, dispositivos de captação encontram-se parcialmente obstruídos devido ao acúmulo de resíduos sólidos e sedimentos.

Como propõe Abreu, Silva e Thomas (2018), os problemas de drenagem observados em Macapá estão diretamente relacionados à deficiência histórica dos investimentos em saneamento básico e à ausência de planejamento integrado entre expansão urbana e infraestrutura hidráulica. Essa situação resulta em recorrentes episódios de alagamentos, principalmente durante o período de maior intensidade pluviométrica.

Entre os bairros mais suscetíveis a problemas de drenagem encontram-se Perpétuo Socorro, Beírol, Muca, Buritizal, Congós, Jardim Marco Zero e áreas próximas aos canais urbanos existentes. Nessas regiões, a combinação entre elevada impermeabilização do solo, ocupação de áreas úmidas e deficiência da infraestrutura contribui para a ocorrência frequente de pontos críticos de inundação.

Os canais urbanos desempenham papel fundamental na macrodrenagem do município. Entre os principais destacam-se os canais localizados nas bacias hidrográficas que atravessam a

área urbana de Macapá. Entretanto, muitos desses canais apresentam problemas relacionados ao assoreamento, deposição de resíduos sólidos, ocupação irregular de suas margens e redução da capacidade hidráulica.

O descarte inadequado de resíduos sólidos é apontado como um dos principais desafios para a manutenção da eficiência dos sistemas de drenagem. Garrafas plásticas, sacolas, restos de construção civil e outros materiais frequentemente obstruem bocas de lobo, galerias e canais, reduzindo sua capacidade de escoamento e favorecendo a ocorrência de alagamentos.

Outro fator relevante refere-se à influência do Rio Amazonas sobre o comportamento hidrológico do município. Durante períodos de marés elevadas e aumento do nível do rio, o escoamento das águas pluviais pode ser dificultado, especialmente em áreas localizadas próximas aos corpos receptores. Esse fenômeno pode contribuir para o prolongamento dos períodos de inundação e aumentar a vulnerabilidade de determinadas regiões da cidade.

Nos últimos anos, o debate sobre drenagem urbana em Macapá tem incorporado conceitos relacionados à sustentabilidade e à adaptação às mudanças climáticas. Diversos pesquisadores defendem a adoção de Sistemas Sustentáveis de Drenagem Urbana (SSDU) como complemento às soluções convencionais atualmente utilizadas no município.

Entre as medidas recomendadas destacam-se a preservação das áreas de ressaca, implantação de pavimentos permeáveis, construção de reservatórios de retenção, ampliação das áreas verdes urbanas e recuperação dos canais naturais. Essas intervenções possuem potencial para aumentar a capacidade de armazenamento das águas pluviais e reduzir a sobrecarga sobre os sistemas de drenagem existentes.

Além das soluções estruturais, destaca-se a importância do fortalecimento das ações de planejamento urbano e educação ambiental. A conscientização da população sobre o descarte adequado de resíduos sólidos e a preservação das áreas ambientalmente sensíveis representa um componente essencial para a melhoria das condições de drenagem urbana no município.

Considerando esse panorama, o desenvolvimento de diagnósticos técnicos específicos para bairros com histórico de alagamentos torna-se fundamental para subsidiar a elaboração de políticas públicas e intervenções mais eficientes. O bairro Perpétuo Socorro, objeto desta pesquisa, insere-se nesse cenário por apresentar características urbanas e ambientais que o tornam particularmente vulnerável aos problemas supracitados.

2.7 Legislação aplicada à drenagem urbana e aos recursos hídricos

A gestão da drenagem urbana no Brasil está fundamentada em um conjunto de instrumentos legais que estabelecem diretrizes para o planejamento urbano, o saneamento básico e a proteção dos recursos hídricos. A Constituição Federal de 1988 estabelece, em seu artigo 225, que todos têm

direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, cabendo ao poder público e à coletividade o dever de protegê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

Um dos principais marcos legais da área é a Lei nº 11.445/2007, atualizada pela Lei nº 14.026/2020, que institui as diretrizes nacionais para o saneamento básico. A legislação define o saneamento básico como o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais relacionadas ao abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas.

A referida legislação estabelece que os municípios são responsáveis pelo planejamento e execução dos serviços de drenagem urbana, devendo elaborar instrumentos de gestão capazes de garantir sua eficiência e sustentabilidade.

Outro instrumento fundamental é a Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei nº 9.433/1997. Essa legislação introduziu importantes conceitos relacionados à gestão integrada das águas, estabelecendo a bacia hidrográfica como unidade territorial para o planejamento dos recursos hídricos.

A Política Nacional de Recursos Hídricos fundamenta-se em princípios como:

- Gestão descentralizada;
- Participação da sociedade;
- Uso múltiplo das águas;
- Integração entre planejamento ambiental e urbano.

Esses princípios possuem relação direta com a drenagem urbana, uma vez que os sistemas de manejo das águas pluviais influenciam o comportamento hidrológico das bacias hidrográficas.

No âmbito ambiental, destaca-se também a Lei nº 12.651/2012, conhecida como Código Florestal. Essa legislação estabelece regras para proteção das Áreas de Preservação Permanente (APPs), incluindo margens de rios, igarapés, nascentes e áreas úmidas.

Outro instrumento importante para o planejamento urbano é o Estatuto da Cidade, instituído pela Lei nº 10.257/2001. Essa legislação estabelece diretrizes para o desenvolvimento urbano sustentável, promovendo a integração entre planejamento territorial, infraestrutura urbana e preservação ambiental.

O Estatuto da Cidade determina que os municípios devem elaborar seus Planos Diretores considerando aspectos relacionados à drenagem urbana, ocupação do solo e redução de riscos ambientais.

No contexto da engenharia, destacam-se ainda as normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), especialmente aquelas relacionadas ao projeto e dimensionamento de sistemas de drenagem urbana.

Entre as principais normas aplicáveis destacam-se:

- ABNT NBR 9649 – Projeto de redes coletoras;
- ABNT NBR 12266 – Projeto de valas para assentamento de tubulações;
- ABNT NBR 10844 – Instalações prediais de águas pluviais;
- Manuais de drenagem urbana do DNIT e do Ministério das Cidades.

Esses documentos fornecem critérios técnicos fundamentais para o correto dimensionamento das estruturas hidráulicas.

No âmbito municipal, o Plano Diretor de Macapá e o Plano Municipal de Saneamento Básico constituem instrumentos estratégicos para orientar as ações relacionadas à drenagem urbana. Tais documentos devem contemplar diagnósticos, metas, programas e investimentos voltados à melhoria da infraestrutura urbana e à redução dos impactos causados pelas inundações.

A integração entre legislação ambiental, recursos hídricos, saneamento básico e planejamento urbano é indispensável para garantir a efetividade das ações voltadas ao manejo das águas pluviais. Consequentemente, a observância dos instrumentos legais vigentes contribui para a construção de cidades mais resilientes, sustentáveis e adaptadas aos desafios impostos pelo crescimento urbano e pelas mudanças climáticas.

3 METODOLOGIA

3.1 Área de estudo

A presente pesquisa caracteriza-se como aplicada, exploratória e descritiva, com abordagem quali-quantitativa. O estudo teve como objetivo analisar as condições da drenagem urbana no município de Macapá-AP, com foco específico no bairro Perpétuo Socorro, buscando compreender os impactos causados pelos problemas relacionados ao manejo das águas pluviais e identificar possíveis medidas de intervenção.

Fotografia 1 – Mapa da área de estudo



Fonte: Acervo da autora (2026).

3.2 Levantamento bibliográfico

O levantamento bibliográfico constituiu a etapa inicial da pesquisa, tendo como finalidade fornecer embasamento teórico e científico para a compreensão dos conceitos relacionados à drenagem urbana, aos processos hidrológicos em áreas urbanizadas, às causas das inundações urbanas, aos impactos decorrentes da impermeabilização do solo e às técnicas empregadas no planejamento e dimensionamento de sistemas de drenagem pluvial.

Essa etapa permitiu identificar os principais fundamentos técnicos necessários para subsidiar tanto o diagnóstico da área de estudo quanto a elaboração da proposta de intervenção apresentada neste trabalho. Adicionalmente, possibilitou a comparação entre os problemas observados durante o levantamento de campo e o conhecimento consolidado na literatura especializada, contribuindo para uma análise crítica da realidade encontrada.

Para a realização da pesquisa bibliográfica foram consultadas publicações científicas nacionais e internacionais, livros técnicos, dissertações, teses, artigos publicados em periódicos indexados, anais de congressos, normas técnicas e documentos oficiais relacionados ao manejo das águas pluviais urbanas. Também foram utilizados documentos elaborados por órgãos públicos, legislações vigentes e manuais técnicos voltados ao planejamento urbano e à infraestrutura de drenagem.

As buscas foram realizadas em bases de dados científicas amplamente reconhecidas, como Google Acadêmico, Scientific Electronic Library Online (SciELO), Portal de Periódicos da CAPES e bibliotecas digitais de instituições de ensino superior. Os principais descritores utilizados incluíram: drenagem urbana, microdrenagem, macrodrenagem, manejo de águas pluviais, inundações urbanas, impermeabilização do solo, planejamento urbano, infraestrutura verde, sistemas sustentáveis de drenagem urbana (SSDU), bacias hidrográficas urbanas, mudanças climáticas e drenagem urbana em Macapá.

3.3 Pesquisa com a população

A coleta de dados foi realizada por meio da aplicação de questionários estruturados pelo Google Forms, compostos predominantemente por perguntas objetivas, permitindo a obtenção de informações padronizadas e facilitando o tratamento estatístico dos resultados. A elaboração do instrumento de pesquisa buscou contemplar aspectos relacionados à ocorrência de alagamentos, frequência dos eventos, eficiência do sistema de drenagem urbana, impactos sobre a mobilidade, saúde pública, infraestrutura urbana e percepção da atuação do poder público na manutenção da rede de drenagem.

Durante a aplicação dos questionários, foram observados os princípios éticos da pesquisa, assegurando o caráter voluntário da participação, o anonimato dos respondentes e a confidencialidade das informações fornecidas. Nenhum dado pessoal que permitisse a identificação dos participantes foi coletado, garantindo que as respostas fossem utilizadas exclusivamente para fins acadêmicos e científicos.

Após o encerramento da coleta de dados, as respostas obtidas por meio do Google Forms foram automaticamente organizadas pela plataforma, possibilitando a geração de gráficos estatísticos e tabelas de frequência. Posteriormente, essas informações foram exportadas e analisadas por meio de estatística descritiva, utilizando frequências absolutas e relativas para interpretação dos resultados.

Os dados provenientes dos questionários foram analisados de forma integrada às informações obtidas durante o levantamento de campo e ao referencial teórico desenvolvido na pesquisa. Essa estratégia permitiu comparar a percepção da população com as condições efetivamente observadas na infraestrutura de drenagem urbana, possibilitando validar os problemas identificados e compreender de maneira mais abrangente os impactos decorrentes da deficiência do sistema.

3.4 Levantamento técnico de campo

As atividades de campo foram realizadas por meio de inspeções visuais sistemáticas em diferentes trechos do bairro, contemplando a via Ana Nery e ruas transversais a ela, áreas sujeitas à ocorrência de alagamentos e locais previamente indicados pelos moradores durante a aplicação dos questionários. Foram realizadas 7 visitas técnicas entre os meses de abril e junho de 2026, totalizando 21 horas de trabalho de campo. O reconhecimento da área permitiu observar diretamente o comportamento da infraestrutura de drenagem, possibilitando a identificação de problemas que não poderiam ser avaliados apenas por meio da revisão bibliográfica ou das respostas obtidas na pesquisa com a população.

Durante as visitas foram percorridas as vias públicas da área de estudo, realizando-se a inspeção dos dispositivos pertencentes aos sistemas de microdrenagem e macrodrenagem. Foram avaliadas as condições das bocas de lobo, sarjetas, meios-fios, galerias pluviais aparentes, canais

de drenagem, áreas de escoamento superficial e demais estruturas relacionadas ao manejo das águas pluviais.

Todas as informações observadas foram registradas por meio de anotações de campo e documentação fotográfica, permitindo a construção de um banco de dados visual das condições encontradas na área estudada. Os registros fotográficos foram utilizados tanto para documentar a situação da infraestrutura quanto para subsidiar a análise técnica apresentada no capítulo de resultados.

A utilização do levantamento fotográfico mostrou-se particularmente importante, pois permitiu registrar detalhes construtivos, patologias existentes e condições operacionais dos dispositivos de drenagem, fornecendo evidências objetivas que reforçam o diagnóstico realizado durante a pesquisa.

As inspeções também possibilitaram reconhecer as características topográficas da área, o comportamento do escoamento superficial, a interação entre o sistema viário e a rede de drenagem, bem como identificar pontos críticos que posteriormente foram considerados no desenvolvimento da proposta de projeto de drenagem.

3.5 Tratamento e análise dos dados

Inicialmente, as respostas obtidas por meio dos formulários eletrônicos aplicados na plataforma Google Forms foram automaticamente compiladas pelo sistema, permitindo a organização das informações em planilhas, tabelas e gráficos estatísticos. Posteriormente, esses dados foram analisados por meio de estatística descritiva, utilizando frequências absolutas e relativas para identificar tendências, padrões de resposta e o nível de percepção da população acerca dos problemas relacionados à drenagem urbana no município de Macapá e, especificamente, no bairro Perpétuo Socorro.

Após a organização dos dados, realizou-se a integração entre as diferentes fontes de informação utilizadas na pesquisa. Os resultados obtidos por meio da revisão bibliográfica forneceram o embasamento teórico necessário para interpretar os fenômenos observados em campo. As informações coletadas junto à população permitiram compreender os impactos da deficiência da drenagem sob a perspectiva dos usuários, enquanto o levantamento técnico possibilitou verificar, de maneira objetiva, as condições físicas da infraestrutura existente.

Os resultados obtidos também subsidiaram a definição dos critérios técnicos utilizados no desenvolvimento da proposta de intervenção apresentada nesta pesquisa.

3.6 Proposta de intervenção

A elaboração dessa proposta teve como objetivo apresentar uma solução técnica capaz de minimizar os problemas identificados, promovendo maior eficiência no escoamento das águas pluviais e contribuindo para a redução da ocorrência de alagamentos no trecho analisado.

A proposta consistiu no desenvolvimento de um projeto de drenagem urbana utilizando a plataforma Autodesk Revit 2026, empregando recursos da Modelagem da Informação da Construção (Building Information Modeling – BIM). A utilização dessa metodologia permitiu integrar informações geométricas e técnicas da infraestrutura projetada, proporcionando maior precisão na modelagem dos dispositivos de drenagem e facilitando a visualização do sistema proposto.

Durante a elaboração do projeto foram considerados critérios técnicos relacionados ao comportamento do escoamento superficial, às características da área contribuinte, às condições topográficas e às necessidades identificadas durante o diagnóstico. A disposição dos dispositivos de drenagem foi definida buscando proporcionar maior eficiência hidráulica ao sistema, reduzindo o tempo de permanência da água sobre a superfície das vias e favorecendo sua condução até o sistema coletor.

A utilização da plataforma Revit 2026 possibilitou a compatibilização entre os diferentes elementos do projeto, permitindo verificar interferências, ajustar posicionamentos e representar de forma integrada toda a infraestrutura proposta. Além disso, o ambiente BIM favoreceu a extração automática de quantitativos, a geração de vistas, cortes, perfis e detalhamentos técnicos, contribuindo para a organização das informações do projeto e facilitando futuras atualizações ou ampliações da proposta.

Embora o projeto tenha sido desenvolvido para um trecho específico da área de estudo, os critérios técnicos adotados podem servir como referência para futuras intervenções em outros pontos do bairro Perpétuo Socorro e em regiões do município de Macapá que apresentem problemas semelhantes de drenagem urbana.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Diagnóstico técnico da drenagem urbana – Bairro Perpétuo Socorro

O levantamento de campo permitiu identificar que o sistema de drenagem urbana da área de estudo apresenta elevado grau de degradação física e operacional, evidenciando deficiência tanto na infraestrutura de microdrenagem quanto na gestão urbana relacionada à manutenção, limpeza e disposição adequada de resíduos sólidos.

As observações in loco demonstram que os problemas identificados não são pontuais, mas recorrentes em praticamente toda a área estudada, caracterizando um sistema de drenagem incapaz de atender às demandas hidráulicas locais, mesmo durante períodos sem ocorrência de chuvas intensas.

Além dos aspectos hidráulicos, foram constatados impactos ambientais, sanitários e estruturais, comprometendo significativamente a qualidade do espaço urbano e aumentando a

vulnerabilidade da população frente aos eventos pluviométricos característicos da cidade de Macapá.

4.1.1 Condições da via e do escoamento superficial

O levantamento evidenciou grande heterogeneidade nas condições de pavimentação da área estudada. Foram identificadas vias asfaltadas em estado regular a precário, ruas parcialmente pavimentadas e diversos trechos totalmente sem pavimentação.

Nas vias não pavimentadas, o escoamento ocorre diretamente sobre o solo natural, favorecendo processos de erosão superficial, transporte de sedimentos e formação de sulcos. Esse material é carreado para os canais de drenagem durante os eventos chuvosos, contribuindo significativamente para o assoreamento da rede.

Fotografia 2 – área sem pavimento



Fonte: Acervo da autora (2026).

Fotografia 3 – área sem pavimento



Fonte: Acervo da autora (2026).

Fotografia 4 - ponto de alagamento



Fonte: Acervo da autora (2026)

Nas vias pavimentadas observou-se deterioração do revestimento, presença de depressões longitudinais e transversais, recalques localizados e deformações do pavimento, fatores que alteram o direcionamento natural do escoamento superficial e favorecem o acúmulo de água em diversos pontos.

Fotografia 5 – deformação no pavimento



Fonte: Acervo da autora (2026).

Outro aspecto recorrente refere-se à ausência ou degradação das sarjetas. Em vários trechos, as guias encontram-se rompidas, desniveladas ou completamente inexistentes, impedindo que o escoamento superficial seja conduzido adequadamente até os dispositivos de captação.

Fotografia 6 – sarjeta comprometida



Fonte: Acervo da autora (2026).

Fotografia 7 – sarjeta com vegetação



Fonte: Acervo da autora (2026).

Também foi observada intensa ocupação das bordas das vias por vegetação espontânea, sedimentos e resíduos sólidos, reduzindo a seção hidráulica disponível para o escoamento e dificultando o direcionamento das águas pluviais.

Fotografia 8 – vegetação nos pavimentos



Fonte: Acervo da autora (2026).

Fotografia 9 – vegetação no canal hidráulico



Fonte: Acervo da autora (2026).

4.1.2 Condições da microdrenagem

Durante o levantamento foram identificadas bocas de lobo abertas, sem grelhas de proteção, oferecendo risco à segurança dos pedestres e veículos. Em alguns casos, estruturas improvisadas com tábuas de madeira foram utilizadas para permitir a travessia, evidenciando ausência de manutenção por parte do poder público.

Fotografia 10 – boca de lobo com grelha entupida



Fonte: Acervo da autora (2026).

Fotografia 11 – tampa danificada



Fonte: Acervo da autora (2026).

Fotografia 12 – dispositivo obstruído



Fonte: Acervo da autora (2026).

Fotografia 13 – obstrução e dejetos no dispositivo



Fonte: Acervo da autora (2026).

Observou-se também elevado grau de obstrução dos dispositivos de drenagem, ocasionado principalmente pelo acúmulo de resíduos sólidos urbanos, sedimentos, vegetação e matéria orgânica.

Esse processo reduz significativamente a capacidade hidráulica das estruturas de captação, provocando retenção da água superficial e aumentando o tempo necessário para o escoamento após os eventos pluviométricos.

Em diversos trechos verificou-se a inexistência completa de bocas de lobo, fazendo com que toda a drenagem ocorra de maneira superficial até alcançar áreas de menor cota, onde ocorre acúmulo permanente de água.

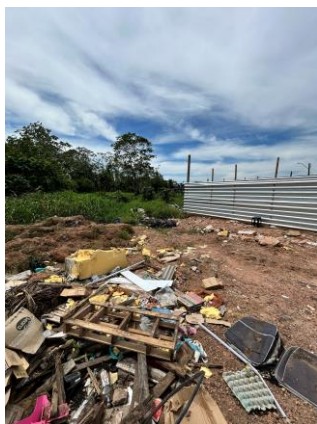
4.1.3 Canais de drenagem e macrodrenagem

Grande parte encontra-se parcialmente assoreada, com elevada deposição de sedimentos e intensa colonização por vegetação espontânea, reduzindo significativamente sua seção hidráulica útil.

Também se verificou que diversos trechos funcionam praticamente como depósitos de resíduos sólidos, recebendo continuamente lixo doméstico, restos de construção civil, materiais plásticos, madeira, papelão, embalagens, móveis descartados e outros materiais de grande porte.

Esses resíduos provocam obstruções localizadas, reduzem a velocidade de escoamento e favorecem o represamento da água, aumentando a probabilidade de transbordamentos durante eventos de chuva intensa.

Fotografia 14 – resíduos sólidos no local



Fonte: Acervo da autora (2026).

Fotografia 15 - resíduos sólidos no local



Fonte: Acervo da autora (2026).

Fotografia 16 - resíduos sólidos no local



Fonte: Acervo da autora (2026).

4.1.4 Aspectos ambientais e sanitários

As fotografias de campo evidenciam diversos pontos com água estagnada ao longo das vias e nos canais de drenagem.

Em alguns trechos foi observado escoamento permanente de águas com coloração escura, odor característico e crescimento excessivo de algas em alguns trechos, indicando possível mistura entre águas pluviais e águas servidas provenientes de ligações clandestinas ou falhas na infraestrutura de esgotamento sanitário. A permanência dessas lâminas d'água favorece a proliferação de mosquitos, insetos e outros vetores de doenças, além de comprometer as condições de salubridade da área urbana.

Fotografia 17 – água com coloração escura



Fonte: Acervo da autora (2026).

Fotografia 18 – ligação clandestina na boca de lobo



Fonte: Acervo da autora (2026).

Fotografia 19 - água com coloração escura

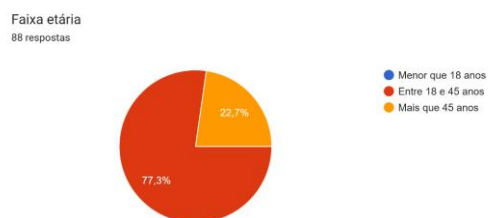


Fonte: Acervo da autora (2026).

4.1.5 Resultado do questionário

A pesquisa contou com a participação de 88 moradores do município de Macapá, distribuídos entre diferentes regiões da cidade. A maioria dos participantes possui idade entre 18 e 45 anos (77,3%), enquanto 22,7% possuem idade superior a 45 anos. Observa-se que os resultados refletem predominantemente a percepção da população economicamente ativa, grupo que utiliza diariamente a infraestrutura urbana e que tende a ser diretamente impactado pelos problemas relacionados à drenagem urbana.

Figura 6 - Gráfico de faixa etária



Fonte: Acervo da autora (2026).

Em relação à distribuição geográfica dos participantes, verificou-se representatividade das diferentes zonas urbanas do município, sendo 30,7% residentes da Zona Norte, 28,4% da Zona Sul, 26,1% da Zona Oeste e 14,8% da região Central. Essa distribuição permite compreender os problemas de drenagem sob uma perspectiva abrangente, contemplando diferentes realidades urbanas existentes em Macapá.

Figura 7 – Gráfico de zona



Fonte: Acervo da autora (2026).

Outro aspecto importante refere-se ao tempo de residência dos entrevistados. A maioria dos participantes (63,6%) reside há mais de dez anos em suas respectivas localidades, demonstrando amplo conhecimento sobre a dinâmica das chuvas e dos problemas de alagamento observados ao longo do tempo. Esse fator confere maior confiabilidade às respostas obtidas, uma vez que os participantes possuem experiência suficiente para avaliar a evolução da infraestrutura urbana e seus impactos sobre o cotidiano da população.

Figura 8 - Gráfico de tempo de moradia



Fonte: Acervo da autora (2026).

Os resultados evidenciaram um cenário preocupante em relação à percepção da população sobre a qualidade da drenagem urbana em Macapá. Verificou-se que 59,1% dos entrevistados classificam o sistema de drenagem de sua rua ou bairro como muito ruim, enquanto 30,7% consideram o sistema regular. Apenas 10,2% avaliaram a drenagem urbana como muito boa.

Figura 9 – Gráfico de avaliação do sistema de drenagem



Fonte: Acervo da autora (2026).

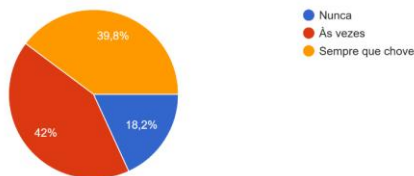
Esses resultados indicam que aproximadamente nove em cada dez participantes percebem algum grau de deficiência no sistema de drenagem urbana da cidade. Tal percepção pode estar associada à recorrência de alagamentos observados durante os períodos chuvosos, bem como à insuficiência da infraestrutura existente para atender às demandas geradas pela expansão urbana.

Tucci (2007) propõe que a urbanização promove alterações significativas no comportamento hidrológico das bacias urbanas, aumentando o volume de escoamento superficial e reduzindo a infiltração da água no solo. Quando esse processo não é acompanhado por investimentos compatíveis em infraestrutura de drenagem, ocorre o agravamento dos problemas de inundação e alagamento, situação observada em diversos municípios brasileiros, incluindo Macapá.

A frequência dos alagamentos representa um dos principais indicadores da eficiência dos sistemas de drenagem urbana. Quando questionados sobre a ocorrência de acúmulo de água ou alagamentos em suas ruas ou proximidades, apenas 18,2% dos entrevistados afirmaram nunca enfrentar esse problema. Por outro lado, 42,0% relataram que os alagamentos ocorrem ocasionalmente e 39,8% afirmaram que os eventos acontecem sempre que chove.

Figura 10 – Gráfico de frequência de alagamentos

Com que frequência ocorrem alagamentos ou acúmulo de água na sua rua ou proximidades?
88 respostas



Fonte: Acervo da autora (2026).

Como demonstrado no gráfico, mais de 80% dos participantes convivem frequentemente com problemas relacionados ao acúmulo de água, evidenciando que os alagamentos constituem uma realidade presente em grande parte da cidade.

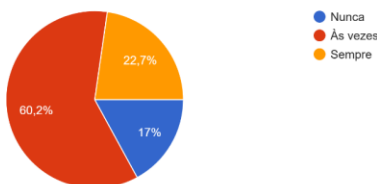
A elevada frequência desses eventos pode ser explicada pelas características ambientais de Macapá, que apresenta altos índices pluviométricos anuais, relevo predominantemente plano e influência de áreas de ressaca, fatores que dificultam o escoamento das águas pluviais. Somado a isso, a expansão urbana e a impermeabilização crescente do solo contribuem para o aumento das vazões superficiais durante os eventos de chuva intensa.

Os problemas de drenagem urbana não afetam apenas a infraestrutura física das cidades, mas também interferem diretamente na mobilidade da população. Os resultados da pesquisa demonstraram que 82,9% dos entrevistados afirmam que os problemas de drenagem afetam sua locomoção diária de forma ocasional ou frequente. Convém ressaltar que, 83% consideram que os alagamentos dificultam o trânsito de veículos e pedestres.

Observa-se que 39,8% dos entrevistados relatam alagamentos sempre que chove. Quando cruzados com a zona de residência, verifica-se que 53,8% dos moradores da Zona Norte enfrentam alagamentos frequentes, contra 32,1% da Zona Sul e 27,3% da Zona Oeste, evidenciando que a Zona Norte concentra a maior criticidade em relação à drenagem urbana.

Figura 11 - Gráfico de problemas de drenagem urbana no dia a dia

Os problemas de drenagem urbana afetam sua locomoção no dia a dia?
88 respostas



Fonte: Acervo da autora (2026).

Esses dados apresentam os impactos das falhas na drenagem urbana ultrapassam a esfera ambiental e passam a interferir diretamente na dinâmica socioeconômica da cidade. Ruas alagadas dificultam o deslocamento da população para o trabalho, escolas, unidades de saúde e demais serviços essenciais.

4.1.6 Integração entre o diagnóstico de campo e a percepção da população

A análise integrada das informações provenientes do levantamento de campo, dos questionários aplicados aos moradores e do referencial teórico permitiu uma compreensão mais consistente das condições da infraestrutura de drenagem existente no bairro Perpétuo Socorro. A adoção dessa abordagem possibilitou confrontar a percepção da população com as evidências técnicas identificadas durante as inspeções, reduzindo a subjetividade das análises e fortalecendo a confiabilidade do diagnóstico desenvolvido.

De maneira geral, verificou-se elevada convergência entre as manifestações dos moradores e as condições físicas identificadas na área de estudo. As situações relatadas pela população mostraram-se compatíveis com o estado da infraestrutura registrado durante as visitas técnicas, evidenciando que os impactos percebidos no cotidiano refletem diretamente as limitações operacionais da rede de drenagem.

Essa correspondência reforça as discussões apresentadas por Tucci (2007), segundo o qual o desempenho dos sistemas de drenagem urbana depende não apenas do dimensionamento hidráulico, mas também da integração entre planejamento territorial, conservação da infraestrutura e gestão contínua da rede. Sob essa perspectiva, as deficiências verificadas na área estudada indicam que a baixa eficiência do sistema não está relacionada exclusivamente à capacidade hidráulica instalada, mas também às condições de operação e manutenção observadas ao longo do tempo.

As evidências obtidas também corroboram os estudos de Leopold (1968), que demonstram que o processo de urbanização altera significativamente a dinâmica hidrológica das bacias, promovendo redução da infiltração, aumento do escoamento superficial e elevação das vazões de pico. Essas alterações tornam-se ainda mais expressivas em ambientes urbanos caracterizados por elevada impermeabilização e ocupação intensiva do solo, como verificado na área analisada.

No contexto específico de Macapá, essa dinâmica assume maior relevância em função das características ambientais do município, discutidas anteriormente no referencial teórico. A reduzida declividade do terreno, os elevados índices pluviométricos e a presença das áreas de ressaca condicionam naturalmente o comportamento hidrológico da região, exigindo que o planejamento da drenagem urbana considere tais particularidades durante a concepção, implantação e manutenção da infraestrutura hidráulica.

Outro aspecto evidenciado durante a pesquisa refere-se às limitações relacionadas à gestão das informações técnicas da rede de drenagem. Ao longo do desenvolvimento do trabalho,

verificou-se dificuldade de acesso a cadastros atualizados da infraestrutura existente, projetos executivos, registros de manutenção e demais informações técnicas que pudessem subsidiar uma caracterização mais detalhada do sistema implantado. Essa limitação demonstra a importância da existência de bancos de dados georreferenciados e cadastros técnicos permanentemente atualizados, capazes de fornecer suporte às atividades de planejamento, operação e manutenção da infraestrutura urbana.

Conforme discutido no capítulo referente ao planejamento e à gestão da drenagem urbana, a eficiência dos sistemas depende diretamente da disponibilidade de informações confiáveis que subsidiem a tomada de decisão pelos órgãos responsáveis. A inexistência ou desatualização desses registros dificulta a identificação de pontos críticos, compromete o planejamento de intervenções e reduz a eficiência das ações preventivas, fazendo com que as medidas adotadas sejam predominantemente corretivas.

A interpretação conjunta das informações obtidas também evidencia que as limitações verificadas na área de estudo extrapolam questões exclusivamente estruturais. A recorrência dos problemas observados resulta da interação entre o crescimento urbano, a alteração das condições naturais de escoamento, a deficiência da manutenção periódica, a gestão inadequada dos resíduos sólidos e a insuficiência de instrumentos técnicos voltados ao gerenciamento da infraestrutura de drenagem. Dessa forma, o enfrentamento dessa problemática exige uma abordagem integrada, envolvendo soluções de engenharia associadas ao planejamento urbano, à gestão ambiental e ao fortalecimento institucional.

Nesse sentido, os achados da pesquisa reforçam a importância das estratégias apresentadas anteriormente no tópico referente aos Sistemas Sustentáveis de Drenagem Urbana (SSDU). A adoção de medidas destinadas ao controle do escoamento na fonte, ao aumento da infiltração e à retenção temporária das águas pluviais representa uma alternativa complementar às soluções convencionais, contribuindo para reduzir a sobrecarga da rede existente e aumentar sua eficiência operacional.

A integração entre as diferentes etapas metodológicas também desempenhou papel fundamental na definição dos critérios utilizados para o desenvolvimento da proposta de intervenção. O cruzamento entre os dados obtidos junto à população, as evidências registradas durante o levantamento técnico e os fundamentos apresentados na literatura permitiu identificar os trechos prioritários para intervenção e estabelecer parâmetros para a elaboração do projeto de drenagem urbana desenvolvido para o segmento compreendido entre a Avenida Ana Nery e a Avenida José dos Santos Furtado.

Dessa forma, a utilização de múltiplas fontes de informação proporcionou uma visão mais abrangente da realidade estudada, permitindo que a proposta elaborada não se limitasse à resolução pontual dos problemas identificados, mas fosse fundamentada em critérios técnicos, nas características hidrológicas da área e nas necessidades apontadas pela própria população. Essa

integração conferiu maior robustez científica ao diagnóstico e assegurou que as soluções propostas estivessem alinhadas às condições efetivamente verificadas no local de estudo.

4.1.7 Análise de risco

A análise de risco da área de estudo foi realizada com base na integração entre as informações obtidas durante o levantamento de campo, os resultados do questionário aplicado à população e a caracterização da infraestrutura existente. Essa etapa permitiu avaliar não apenas as deficiências físicas do sistema de drenagem urbana, mas também os impactos potenciais associados à permanência das condições atualmente observadas.

As inspeções técnicas evidenciaram que o trecho localizado entre a Avenida Ana Nery e a Avenida José dos Santos Furtado apresenta elevada suscetibilidade à ocorrência de alagamentos durante eventos de precipitação intensa. Entre os principais fatores condicionantes destacam-se a inexistência de uma rede contínua de microdrenagem, a insuficiência de dispositivos de captação superficial, a obstrução parcial dos canais por resíduos sólidos e vegetação, além da reduzida capacidade hidráulica dos elementos existentes. Essas condições comprometem o escoamento das águas pluviais, favorecendo o acúmulo superficial e aumentando significativamente o risco de transbordamentos.

Sob a perspectiva hidrológica, observa-se que a elevada impermeabilização do solo urbano, associada à baixa capacidade de infiltração e às características topográficas da área, contribui para o rápido aumento das vazões de pico durante os eventos chuvosos. Conforme discutido por Leopold (1968) e Tucci (2007), o processo de urbanização modifica o comportamento natural das bacias hidrográficas, reduzindo o tempo de concentração e intensificando o escoamento superficial. Essas alterações tornam os sistemas de drenagem convencionais mais suscetíveis à sobrecarga hidráulica quando não são adequadamente dimensionados ou mantidos.

A análise também permitiu identificar riscos associados à mobilidade urbana. Durante os períodos chuvosos, o acúmulo de água sobre a pista reduz as condições de trafegabilidade, dificulta o deslocamento de veículos e pedestres e aumenta a probabilidade de acidentes. Em diversos pontos do trecho estudado foram observados processos erosivos, deterioração do pavimento e formação de lâminas d'água que comprometem a segurança viária e aceleram o desgaste da infraestrutura urbana.

Do ponto de vista sanitário, as condições verificadas representam um fator de risco para a saúde pública. A permanência de água estagnada, associada ao descarte inadequado de resíduos sólidos e ao lançamento irregular de efluentes, favorece a proliferação de vetores transmissores de doenças, além de contribuir para a contaminação ambiental. Conforme discutido por Nuvolari (2011) e Soares (2002), a deficiência dos sistemas de drenagem e saneamento influencia diretamente as condições de salubridade urbana, sobretudo em áreas sujeitas a inundações frequentes.

Os resultados obtidos por meio da pesquisa com a população reforçam essa avaliação técnica. A elevada proporção de moradores que relatou a ocorrência recorrente de alagamentos, dificuldades de mobilidade e impactos sobre a qualidade de vida demonstra que os riscos identificados durante o levantamento de campo são percebidos de forma consistente pela comunidade local. Essa convergência entre as evidências técnicas e a percepção dos usuários aumenta a confiabilidade do diagnóstico e evidencia que os problemas observados possuem repercussões diretas no cotidiano da população.

Outro aspecto relevante refere-se ao risco de agravamento dessas condições em decorrência das mudanças climáticas. Estudos recentes indicam que a Amazônia tem apresentado maior variabilidade nos regimes de precipitação, com aumento da frequência de eventos extremos (MARENGO et al., 2021; IPCC, 2023). Considerando que a infraestrutura existente já opera próxima ao seu limite funcional, episódios de chuva mais intensa tendem a ampliar a frequência e a magnitude dos alagamentos, aumentando os prejuízos sociais, econômicos e ambientais.

A ausência de informações cadastrais atualizadas sobre a rede de drenagem também representa um fator de risco para a gestão da infraestrutura urbana. Durante o desenvolvimento da pesquisa verificou-se a dificuldade de obtenção de dados técnicos junto aos órgãos responsáveis, incluindo informações sobre localização das galerias, características construtivas, histórico de manutenção e capacidade hidráulica dos dispositivos existentes. Essa limitação dificulta o planejamento de intervenções, compromete a elaboração de projetos e reduz a eficiência das ações preventivas e corretivas.

Com base nas evidências levantadas, a área de estudo pode ser classificada como de alto risco hidrológico, considerando a elevada probabilidade de ocorrência de alagamentos associada aos impactos significativos sobre a mobilidade urbana, a infraestrutura pública, a saúde da população e a qualidade ambiental. Dessa forma, torna-se tecnicamente justificável a implantação de medidas estruturais capazes de aumentar a eficiência do sistema de drenagem existente, complementadas por ações permanentes de manutenção, monitoramento e planejamento urbano.

Tabela 1 – Tabela de análise de risco

Aspecto avaliado	Situação observada	Nível de risco
Capacidade da microdrenagem	Insuficiente	Alto
Captação superficial	Deficiente	Alto
Obstrução por resíduos	Frequente	Alto
Alagamentos	Recorrentes	Alto

Mobilidade urbana	Comprometida em períodos chuvosos	Alto
Saúde pública	Presença de água estagnada e vetores	Alto
Integridade do pavimento	Processos erosivos e deterioração	Médio/Alto
Gestão e manutenção	Ausência de dados cadastrais e manutenção insuficiente	Alto

Fonte: acervo da autora (2026)

5 PROPOSTA DE INTERVENÇÃO

A proposta foi concebida com base nos critérios estabelecidos pelas normas técnicas brasileiras aplicáveis aos sistemas de drenagem urbana, considerando os parâmetros hidrológicos obtidos para o município de Macapá, as características topográficas do terreno, a ocupação da área e as contribuições superficiais provenientes da bacia de drenagem delimitada.

O projeto contemplou:

- implantação de galerias pluviais subterrâneas;
- implantação de bocas de lobo estrategicamente distribuídas;
- implantação de poços de visita;
- definição das declividades hidráulicas;
- dimensionamento hidráulico conforme vazões de projeto;
- modelagem completa dos dispositivos;
- compatibilização espacial entre os componentes da rede;
- georreferenciamento do trecho utilizando imagens do Google Earth.

O projeto foi integralmente desenvolvido utilizando a plataforma Autodesk Revit 2026, empregando metodologia BIM (Building Information Modeling), permitindo a modelagem tridimensional da infraestrutura proposta, a compatibilização entre os diferentes elementos do sistema e a extração automática de quantitativos, perfis longitudinais e documentação técnica necessária para futura execução da obra.

A concepção da rede buscou priorizar o rápido escoamento das águas superficiais sem comprometer a capacidade hidráulica dos trechos a jusante, respeitando os princípios apresentados no referencial teórico acerca do planejamento sustentável da drenagem urbana. Dessa forma,

evitou-se simplesmente ampliar a capacidade de transporte das águas pluviais, procurando distribuir adequadamente as contribuições ao longo da rede projetada.

A proposta contempla a implantação de uma nova rede de microdrenagem composta por dispositivos de captação superficial, poços de visita e galerias pluviais dimensionadas de acordo com as vazões de projeto obtidas por meio do Método Racional. O dimensionamento hidráulico considerou as intensidades pluviométricas determinadas a partir da equação IDF oficial do município de Macapá, adotando tempo de retorno compatível com sistemas urbanos de drenagem e coeficientes de escoamento definidos conforme as características de uso e ocupação do solo.

5.1 Normas utilizadas

- DNIT 018/2023 – ES – Drenagem: Sarjetas e Valetas;
- DNIT 019/2023 – ES – Drenagem: Descidas d'Água;
- DNIT 020/2023 – ES – Drenagem: Saídas d'Água;
- DNIT 021/2023 – ES – Drenagem: Bueiros;
- DNIT 022/2023 – ES – Drenagem: Dissipadores de Energia.
- NBR 5688:2018 – Tubos e conexões de PVC-U para sistemas prediais de água pluvial, esgoto sanitário e ventilação - Requisitos
- NBR 5674:2012 - Manutenção de edificações — Requisitos para o sistema de gestão de manutenção
- Normas da concessionária de águas local e/ou do poder municipal

5.2 Comparação entre a situação existente e a proposta

A principal vantagem da solução desenvolvida consiste na substituição de um sistema descontínuo e insuficiente por uma rede de drenagem dimensionada para atender às condições hidrológicas da área estudada.

Tabela 2 – Tabela de situação existente x proposta abordada

Situação existente	Situação proposta
Ausência de galerias pluviais	Implantação de rede subterrânea dimensionada
Poucas bocas de lobo	Distribuição adequada dos dispositivos de captação
Sarjetas descontínuas	Condução organizada do escoamento superficial
Água escoando sobre a pista	Captação rápida da precipitação

Alagamentos frequentes	Redução significativa da lâmina d'água superficial
Acúmulo de resíduos nas valas	Direcionamento adequado do fluxo até a rede
Pontos de erosão	Controle das velocidades do escoamento
Água parada	Maior eficiência hidráulica da drenagem

Fonte: acervo da autora (2026)

5.3 Dados meteorológicos

Para certa intensidade de chuva, constante e igualmente distribuída sobre uma bacia hidrográfica, a máxima vazão a ser verificada em uma seção, corresponde a uma duração de chuva igual ao “tempo de concentração da bacia”, a partir da qual a vazão é constante. Assim, o dimensionamento das obras hidráulicas exige o conhecimento da relação entre a intensidade, a duração e a frequência da precipitação

Tabela 3 – Coeficientes de Macapá

Estado	Cidade	K	a	b	c
Amapá	Macapá	558	0,0988	8,56	0,6456

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Os coeficientes apresentados na Tabela 3 foram obtidos a partir do estudo de chuvas intensas para o município de Macapá, desenvolvido pela Universidade Federal do Pará (UFPA, 2015). O período de retorno adotado para o dimensionamento da microdrenagem foi de 5 anos, conforme recomendação da NBR 10844 para sistemas de drenagem urbana.

Para tanto, a equação IDF segue o seguinte modelo:

$$i = \frac{K * T^a}{(t + b)^c}$$

i = Intensidade média da precipitação, em $\frac{mm}{h}$

t = Duração da precipitação, min

T = período de retorno, anos

k, a, b, c = variáveis de ajuste

Tabela 4 – Tempo de retorno e precipitação

Duração de Precipitação (minutos)	Tempo de retorno (anos)
5	10

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 5 – Intensidade Pluviométrica

Intensidade Pluviométrica (L/min)
130,15

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Para a vazão de projeto a seguinte fórmula deverá ser aplicada:

$$Q = \frac{i * A}{60}$$

$i =$ Intensidade média da precipitação, em $\frac{mm}{h}$

$A =$ Área de contribuição, m^2

$Q =$ Vazão de Projeto, L/min

5.4 Área de contribuição

As áreas de contribuição foram determinadas de acordo com os critérios da NBR 10844/1989 e é possível ver o resumo abaixo

Tabela 6 – área de contribuição

Número	Nome	Tipo	Área(m ²)	Vazão(L/min)
A1	SETOR 1	Plana Horizontal	1323,0964	2.870,04
A2	SETOR 2	Plana Horizontal	1420,1089	3.080,48
A3	SETOR 3	Plana Horizontal	1508,7317	3.272,71
A4	SETOR 4	Plana Horizontal	676,9504	1.468,43
A5	SETOR 5	Plana Horizontal	538,7175	1.168,58

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

5.5 Dimensionamento

As sarjetas são dimensionadas de acordo com a equação de Manning-Strickler

$$Q = K * \frac{S}{n} * R_H^{\frac{2}{3}} * i^{1/2}$$

$Q = \text{Vazão máxima}, \frac{L}{\text{min}}$

$S = \text{Área da seção máxima}, m^2$

$n = \text{Coeficiente de rugosidade}$

$R = \text{Raio Hidraulico}$

$k = 60000$

$i = \text{Declividade da calha}, m/m$

Tabela 7 – Tabela de sarjetas

Número	Nome	Tipo	Vazão Solicitada (L/min)	Vazão Suportada(L/min)
S1	SARJETA 1	Trapezoidal	2.870,04	6.475,43
S2	SARJETA 2	Trapezoidal	3.080,48	6.475,43
S3	SARJETA 3	Trapezoidal	3.272,71	6.540,11
S4	SARJETA 4	Trapezoidal	1.468,43	3.284,86
S5	SARJETA 5	Trapezoidal	1.168,58	3.284,86

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

5.6 Receptores horizontais

Os condutores horizontais estão listados abaixo

Tabela 8 – Tabela de receptores

Número	Nome	Área de contribuição (m²)	Número de tubos	DN (mm)	Inclinação (%)	Vazão Solicitada (l/min)	Vazão Admissível (l/min)
CH1	RECEPTORES - SETOR 1	2646,19	3	250	1	5.740,08	9.930,00
CH2	RECEPTORES - SETOR 2	4163,31	4	250	1	9.031,00	13.240,00
CH3	RECEPTORES - SETOR 3	4251,94	4	250	1	9.223,23	13.240,00
CH4	RECEPTORES - SETOR 4	4928,89	5	250	1	10.691,66	16.550,00
CH5	RECEPTORES - SETOR 5	5467,6	5	250	1	11.860,24	16.550,00

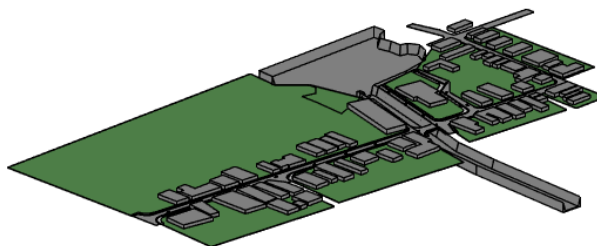
Fonte: Elaborado pela autora (2026).

5.7 Modelagem BIM

Inicialmente, foi realizado o georreferenciamento da área de estudo por meio das imagens de satélite disponibilizadas pelo Google Earth Pro, permitindo a correta localização do trecho compreendido entre a Avenida Ana Nery e a Avenida José dos Santos Furtado. A partir desse procedimento, foi possível reproduzir no ambiente BIM a geometria real da área analisada, preservando o posicionamento das vias, quadras, edificações, áreas livres e demais elementos urbanos que interferem no comportamento do escoamento superficial.

Após o georreferenciamento, procedeu-se ao levantamento das dimensões da área de intervenção, considerando as larguras das vias, extensão dos quarteirões, alinhamentos prediais, áreas impermeabilizadas e demais características físicas necessárias ao desenvolvimento do projeto hidráulico. Essas informações constituíram a base para a elaboração do modelo tridimensional e para a delimitação da bacia de contribuição responsável pelo escoamento superficial direcionado à rede projetada.

Fotografia 20 – Isometria do trecho modelado



Fonte: Acervo da autora (2026).

No ambiente BIM foram modelados todos os elementos necessários ao desenvolvimento da proposta de intervenção, incluindo o sistema viário, meio-fio, sarjetas, bocas de lobo, poços de visita, galerias pluviais, conexões hidráulicas e demais componentes da infraestrutura de drenagem. A representação tridimensional permitiu verificar interferências entre os dispositivos projetados e os elementos urbanos existentes, reduzindo incompatibilidades e aumentando a confiabilidade do projeto executivo.

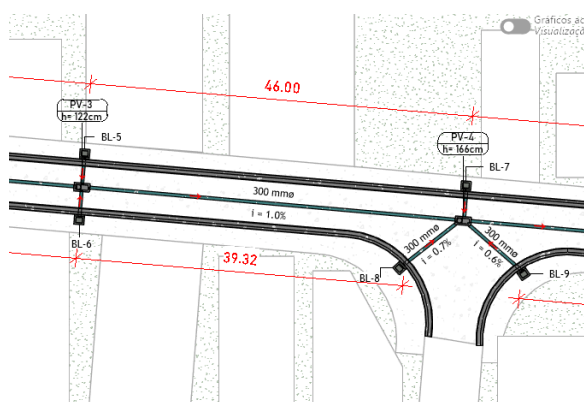
Fotografia 21 – Planta Baixa do sistema de drenagem



Fonte: Acervo da autora (2026).

Além da representação geométrica, o modelo BIM possibilitou a inserção de informações técnicas associadas aos componentes da rede, como diâmetros das tubulações, declividades, cotas de implantação, materiais empregados, comprimentos dos trechos, quantitativos e especificações construtivas. Dessa forma, o modelo desenvolvido passou a funcionar como uma base integrada de informações, permitindo maior controle durante as etapas de dimensionamento, compatibilização e documentação do projeto.

Fotografia 22 – Imagem do projeto mostrando os elementos de informação



Fonte: Acervo da autora (2026).

Por fim, a modelagem georreferenciada desenvolvida no Autodesk Revit 2026 constituiu uma ferramenta essencial para a elaboração da proposta de drenagem urbana apresentada neste trabalho, permitindo que as soluções projetadas fossem compatibilizadas com a configuração física da área de estudo e fundamentadas em informações espaciais consistentes, aumentando a qualidade técnica do projeto e sua aplicabilidade em futuras intervenções executivas.

6 CONCLUSÃO

O presente trabalho possibilitou a realização de um diagnóstico técnico do sistema de drenagem urbana no bairro Perpétuo Socorro, em Macapá-AP, evidenciando que os recorrentes episódios de alagamento observados na área de estudo decorrem da atuação simultânea de fatores estruturais, hidrológicos e antrópicos. A integração entre levantamento bibliográfico, inspeções de campo, percepção da população e desenvolvimento de um projeto de intervenção permitiu compreender o funcionamento da bacia urbana sob uma perspectiva sistêmica, superando análises restritas apenas à infraestrutura existente.

A pesquisa apresenta algumas limitações que devem ser consideradas. A primeira refere-se ao recorte espacial: o estudo concentrou-se em um trecho específico do bairro Perpétuo Socorro, não abrangendo toda a sua extensão. A segunda limitação diz respeito à indisponibilidade de dados hidrológicos de longo prazo para a bacia em estudo, o que exigiu o uso de equações IDF e coeficientes da literatura técnica. Recomenda-se que estudos futuros ampliem a área de análise e incluam monitoramento hidrológico em tempo real.

A análise integrada entre os levantamentos de campo e os questionários aplicados demonstrou elevada convergência entre as condições físicas observadas e a percepção dos moradores. A recorrência dos relatos sobre alagamentos, dificuldades de mobilidade, transtornos cotidianos e deficiência da rede de drenagem foi corroborada pelas inspeções técnicas, que identificaram dispositivos de captação insuficientes, pontos de acúmulo superficial, necessidade de ampliação da rede de microdrenagem e ausência de intervenções compatíveis com a dinâmica hidrológica local. Essa compatibilidade entre evidências técnicas e percepção social reforça a confiabilidade do diagnóstico desenvolvido e demonstra a importância da utilização de metodologias integradas em estudos de infraestrutura urbana.

Outro aspecto evidenciado durante a pesquisa refere-se à necessidade de fortalecimento da gestão pública da drenagem urbana. Constatou-se que a escassez de informações técnicas consolidadas, a inexistência de cadastros completos das redes implantadas e a limitada disponibilidade de dados hidrológicos e operacionais dificultam tanto o planejamento quanto a manutenção dos sistemas existentes. A ausência de bases cartográficas atualizadas, inventários das estruturas hidráulicas e programas permanentes de monitoramento reduz a capacidade dos órgãos responsáveis em definir prioridades de investimento, elaborar projetos preventivos e realizar intervenções fundamentadas em critérios técnicos. Dessa forma, o aperfeiçoamento da gestão da informação deve ser compreendido como parte integrante da própria infraestrutura de drenagem.

A proposta de intervenção elaborada representa um dos principais produtos técnicos desta pesquisa. Diferentemente de estudos limitados ao diagnóstico, este trabalho avançou para a concepção de uma solução de engenharia fundamentada em critérios hidrológicos, hidráulicos e normativos. O projeto contemplou o dimensionamento de uma nova rede de microdrenagem para o trecho compreendido entre a Avenida Ana Nery e a Avenida José dos Santos Furtado, utilizando parâmetros obtidos por meio da equação IDF oficial do município, aplicação do Método Racional

e critérios estabelecidos pelas normas técnicas brasileiras aplicáveis ao manejo das águas pluviais. Essa abordagem permitiu transformar os resultados do diagnóstico em uma proposta executável, compatível com as características físicas da área estudada.

Como principal contribuição, esta pesquisa disponibiliza um diagnóstico técnico integrado a uma proposta de intervenção modelada em ambiente BIM, capaz de subsidiar futuras ações do poder público voltadas à melhoria da drenagem urbana no bairro Perpétuo Socorro e servir como referência metodológica para estudos semelhantes em outras áreas do município. Cabe destacar que o ambiente BIM constitui uma ferramenta estratégica para futuras etapas de implantação, fiscalização, operação e manutenção da rede, demonstrando o potencial dessa tecnologia para aplicações em projetos de infraestrutura urbana.

Os resultados também reforçam que intervenções exclusivamente voltadas ao aumento da capacidade de transporte das galerias não são suficientes para solucionar, de forma permanente, os problemas relacionados às inundações urbanas. Conforme discutido por Tucci (2007), Leopold (1968) e demais autores abordados nesta pesquisa, a eficiência dos sistemas de drenagem depende da integração entre medidas estruturais, planejamento territorial, preservação das funções hidrológicas naturais e incorporação de estratégias sustentáveis capazes de atuar sobre a geração do escoamento superficial. Nesse contexto, soluções como pavimentos permeáveis, jardins de chuva, áreas de infiltração e reservatórios de amortecimento constituem alternativas relevantes para complementar os sistemas convencionais, especialmente em cidades amazônicas sujeitas a elevados índices pluviométricos.

No contexto específico de Macapá, a preservação das áreas de ressaca assume importância estratégica para a manutenção do equilíbrio hidrológico urbano. Conforme destacado por Spindola e Drach (2023), esses ambientes exercem função essencial no armazenamento temporário das águas pluviais e na redução dos picos de vazão. Assim, políticas públicas voltadas ao controle da ocupação dessas áreas, associadas à modernização da infraestrutura existente, representam medidas indispensáveis para aumentar a resiliência urbana frente aos eventos hidrológicos extremos, cuja tendência de intensificação vem sendo discutida por Marengo (2021) e pelo IPCC (2023).

Por fim, espera-se que os resultados obtidos possam subsidiar futuras ações do poder público municipal, tanto na execução de obras quanto na formulação de políticas voltadas ao manejo das águas pluviais. Da mesma forma, recomenda-se que pesquisas futuras ampliem a área de abrangência do diagnóstico, incorporem modelagens hidrológicas e hidráulicas mais abrangentes, análises econômicas de viabilidade e simulações computacionais de diferentes cenários de precipitação, fortalecendo o planejamento urbano sustentável e contribuindo para a construção de cidades mais resilientes às mudanças climáticas e aos desafios decorrentes da expansão urbana.

7 REFERÊNCIAS

ABREU, J. R.; SILVA, M. F.; THOMAS, A. L. Diagnóstico do saneamento básico no município de Macapá – AP. *Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades*, Tupã, v. 6, n. 38, p. 1–15, 2018.

ABREU, J. R. Drenagem de águas pluviais e uso de técnicas de geoprocessamento para análise do sistema de drenagem urbana em Macapá – AP. In: *Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade – CONGESTAS. Anais [...]. Ecogestão Brasil*, v. 6, 2018.

AECWEB. Portal AECweb: arquitetura, engenharia e construção. São Paulo, [s.d.]. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br>. Acesso em: 28 jun. 2026.

AUTODESK. Autodesk Revit 2026. San Rafael, CA, 2026.

BIBLUS. Blog técnico sobre arquitetura, engenharia e construção. ACCA Software, [s.d.]. Disponível em: <https://biblus.accasoftware.com/ptb/>. Acesso em: 28 jun. 2026.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Brasília: Presidência da República, 2007.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997.

BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Manual de drenagem de rodovias. 2. ed. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR), 2006. 333 p. (Publicação IPR-724). Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/724_manual_drenagem_rodovias.pdf. Acesso em: 28 jun. 2026.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Álbum de projetos-tipo de dispositivos de drenagem. 5. ed. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR), 2018.

(Publicação IPR-736). Disponível em: IPR 736 – Álbum de projetos-tipo de dispositivos de drenagem. Acesso em: 28 jun. 2026.

CENTRAIS DE ABASTECIMENTO DE GOIÁS S.A. (CEASA-GO). Portal institucional. Goiânia, [s.d.]. Disponível em: <https://www.ceasa.go.gov.br>. Acesso em: 28 jun. 2026.

GOOGLE. Google Earth Pro. Disponível em: <https://earth.google.com/>. Acesso em: 20 de junho de 2026.

GOOGLE. Google Forms. Disponível em: <https://forms.google.com>. Acesso em: 15 de junho de 2026.

IPCC. Climate Change 2023: Synthesis Report. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023.

LEOPOLD, L. B. Hydrology for Urban Land Planning: A Guidebook on the Hydrologic Effects of Urban Land Use. Washington, D.C.: U.S. Geological Survey, 1968. (USGS Circular 554).

MARENGO, José Antonio; SOUZA JÚNIOR, Carlos; THONICKE, Kirsten et al. Mudanças climáticas e eventos extremos na Amazônia. In: NOBRE, Carlos; MARENGO, José Antonio; SOARES, Wagner (org.). Amazônia e as mudanças climáticas. São Paulo: Instituto de Estudos Avançados da USP, 2021.

MATHIDRO. Mathidro – Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos. Lisboa, [s.d.]. Disponível em: <https://www.mathidro.pt>. Acesso em: 28 jun. 2026.

O GLOBO. Portal de notícias O Globo. Rio de Janeiro: Editora Globo, [s.d.]. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/>. Acesso em: 28 jun. 2026.

SANTOS, R. S. Patrimônio líquido ambiental e saneamento básico no município de Macapá – AP. Macapá: Universidade Federal do Amapá, 2012.

SILVA, R. F. et al. A componente drenagem de águas pluviais no saneamento básico urbano. Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v. 18, n. 2, p. 145–154, 2013.

SPÍNDOLA, R. O.; DRACH, P. R. C. Patrimônio líquido de Macapá, Amapá: mapeamento das áreas de ressaca. Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades, v. 19, n. 6, 2023.

SOARES, Sérgio R. A.; BERNARDES, Ricardo S.; CORDEIRO NETTO, Oscar de M. Relações entre saneamento, saúde pública e meio ambiente: elementos para formulação de um modelo de planejamento em saneamento. Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 18, n. 6, p. 1713-1724, 2002.

SPÍNDOLA, Raysa Oliveira; DRACH, Patricia R. C. Análise da morfologia urbana das áreas de ressaca (wetlands) de Macapá: o caso do bairro do Congós. Fórum Ambiental da Alta Paulista, Tupã, v. 19, n. 5, p. 191–208, 2023.

TUCCI, C. E. M. Inundações urbanas. Porto Alegre: ABRH / Editora da UFRGS, 2007.

AVALIAÇÃO DA DRENAGEM URBANA PELA POPULAÇÃO LOCAL

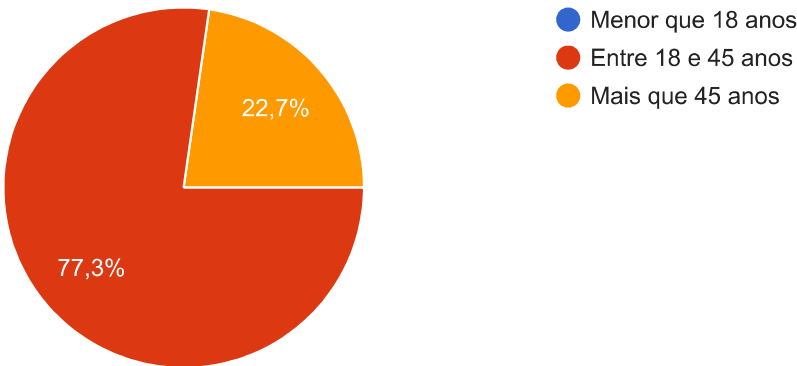
88 respostas

[Publicar análise](#)

Faixa etária

88 respostas

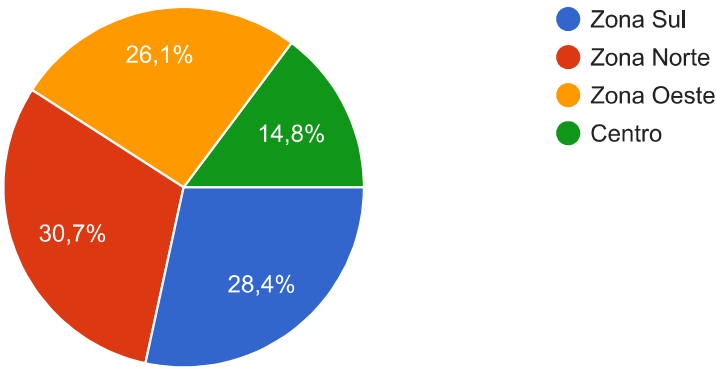
 [Copiar gráfico](#)



Em que zona da cidade você reside?

88 respostas

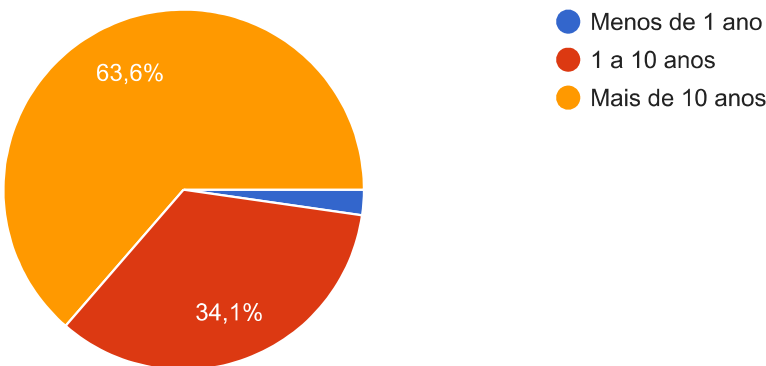
 [Copiar gráfico](#)



Há quanto tempo você mora nesta localidade?

88 respostas

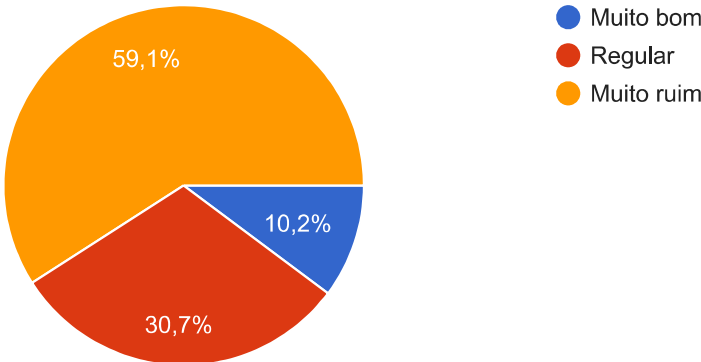
 [Copiar gráfico](#)



Na sua percepção, como você avalia o sistema de drenagem urbana da sua rua/bairro?

 Copiar gráfico

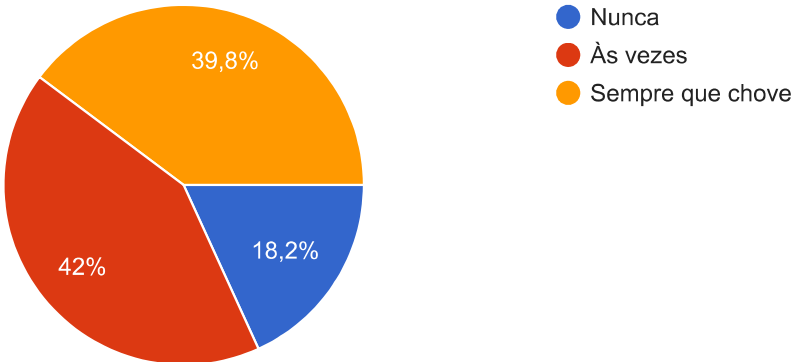
88 respostas



Com que frequência ocorrem alagamentos ou acúmulo de água na sua rua ou proximidades?

 Copiar gráfico

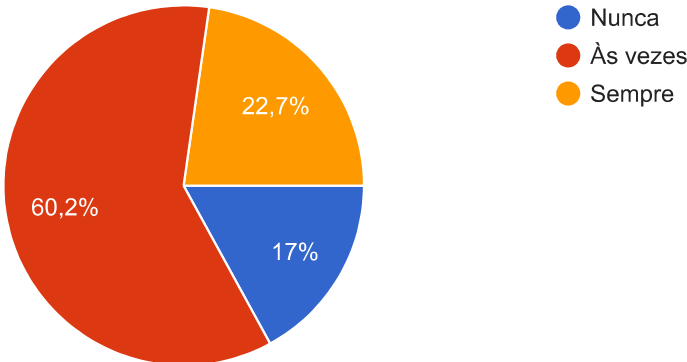
88 respostas



Os problemas de drenagem urbana afetam sua locomoção no dia a dia?

 Copiar gráfico

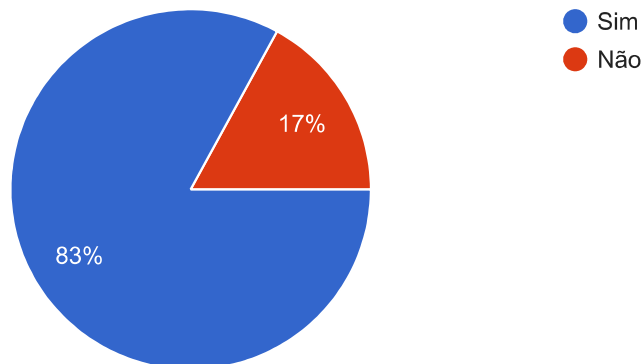
88 respostas



Os problemas de drenagem dificultam o trânsito de pedestres e veículos na área?

 Copiar gráfico

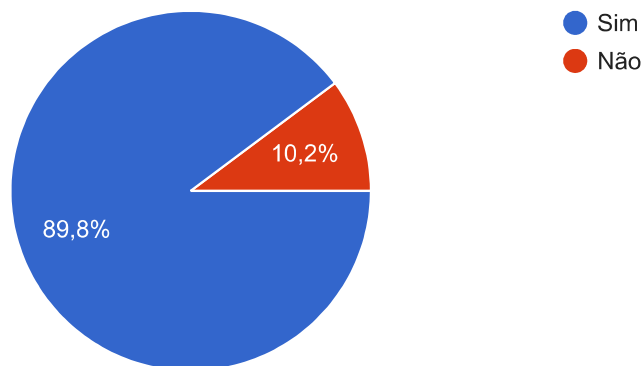
88 respostas



Você observa acúmulo de lixo em vias, valas, sarjetas ou canais de drenagem?

 Copiar gráfico

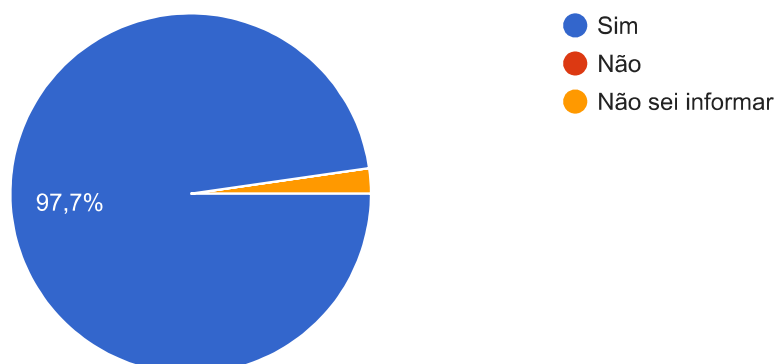
88 respostas



Na sua percepção, os problemas de drenagem urbana favorecem a presença de insetos ou animais transmissores de doenças (mosquitos, ratos, etc.)?

 Copiar gráfico

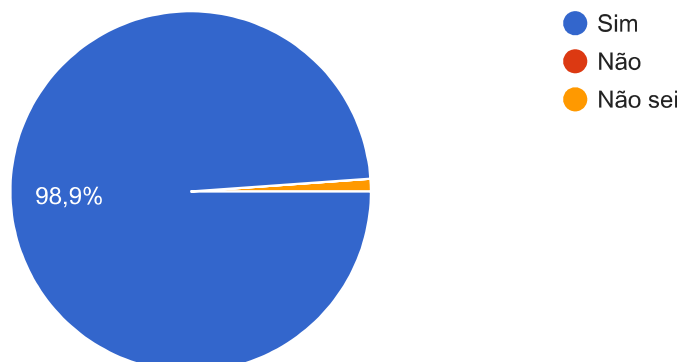
88 respostas



Você acredita que os problemas de drenagem urbana podem afetar a saúde da população local?

 Copiar gráfico

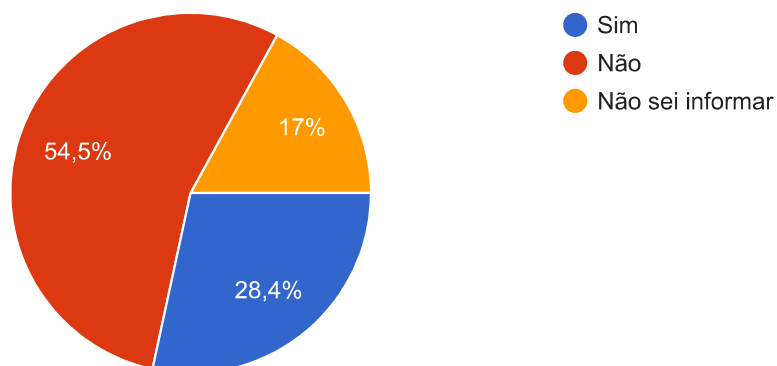
88 respostas



Você ou alguém da sua residência já teve algum problema de saúde que você acredita estar relacionado ao acúmulo de água, lama ou esgoto exposto?

 Copiar gráfico

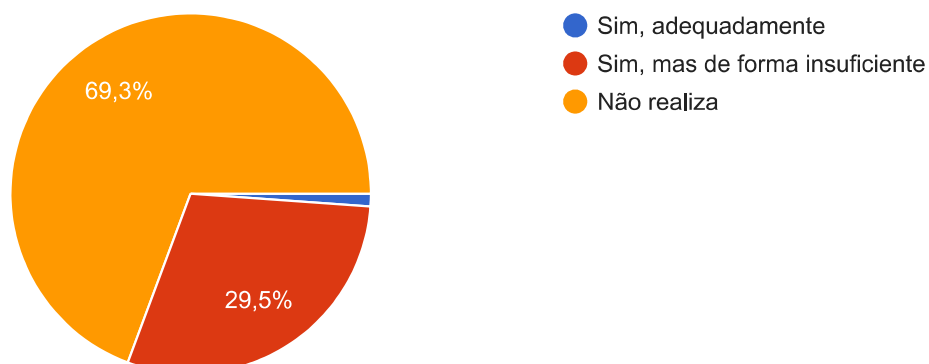
88 respostas



Na sua opinião, o poder público realiza manutenção adequada no sistema de drenagem da área?

 Copiar gráfico

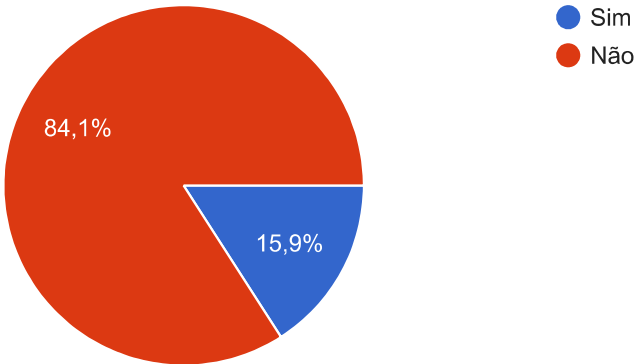
88 respostas



Você já fez alguma reclamação ou solicitação sobre alagamentos/drenagem urbana?

 Copiar gráfico

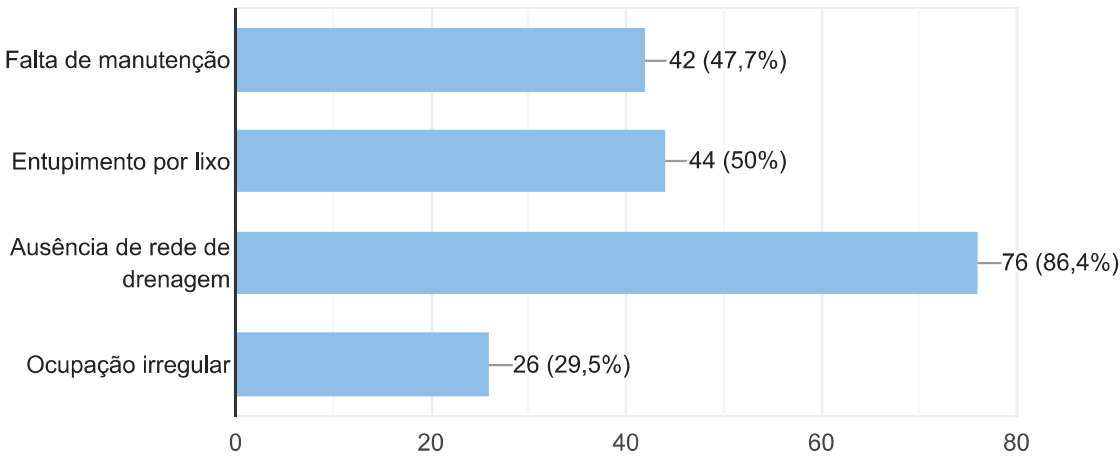
88 respostas



Na sua opinião, quais são as principais causas dos problemas de drenagem urbana na área?

 Copiar gráfico

88 respostas



Quais medidas você considera mais importantes para melhorar a drenagem urbana local?

 Copiar gráfico

88 respostas

