



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA TECNOLOGIA DO AMAPÁ
IFAP
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

DAVI WILLIAM PEREIRA CHAVES
JULIO CESAR FERREIRA SOARES

**ANÁLISE DOS VAZAMENTOS NA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA NO
MUNICÍPIO DE SANTANA-AP E SEUS IMPACTOS**

MACAPÁ-AP
2026

DAVI WILLIAM PEREIRA CHAVES
JULIO CESAR FERREIRA SOARES

**ANÁLISE DOS VAZAMENTOS NA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA NO
MUNICÍPIO DE SANTANA-AP E SEUS IMPACTOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Me. Sandro Ferreira Barreto.

MACAPÁ-AP

2026

Biblioteca Institucional - IFAP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

- 676a Chaves, Davi Willian Pereira
 Análise dos vazamentos na rede de distribuição de água no município de Santana-AP e seus impactos / Davi Willian Pereira Chaves, Julio Cesar Ferreira Soares. - Macapá, 2026.
 85 f.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá, Campus Macapá, Bacharelado em Engenharia Civil, 2026.
- Orientador: Me. Sandro Ferreira Barreto.
1. Análise de Vazamentos. 2. Rede de Água. I. Soares, Julio Cesar Ferreira. I. Barreto, Me. Sandro Ferreira, orient. II. Título.
-


DAVI WILLIAM PEREIRA CHAVES
JULIO CESAR FERREIRA SOARES

ANÁLISE DOS VAZAMENTOS NA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA NO MUNICÍPIO DE SANTANA-AP E SEUS IMPACTOS


Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Me. Sandro Ferreira Barreto.


BANCA EXAMINADORA:

Documento assinado digitalmente
 SANDRO FERREIRA BARRETO
Data: 03/02/2026 16:15:54-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Prof. Me. Sandro Ferreira Barreto, Presidente da banca - Orientador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá

Documento assinado digitalmente
 ORIVALDO DE AZEVEDO SOUZA JUNIOR
Data: 03/02/2026 16:10:14-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Orivaldo de Azevedo Souza Junior, Membro da banca - Examinador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá

Documento assinado digitalmente
 VALDEMIR COLARES PINTO
Data: 03/02/2026 15:59:58-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Me. Valdemir Colares Pinto, Membro da banca - Examinador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá

Documento assinado digitalmente
 NEILSON OLIVEIRA DA SILVA
Data: 03/02/2026 14:24:30-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Me. Neilson Oliveira da Silva, Membro da banca - Examinador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá

Apresentado em: 22/01/2026

Conceito/Nota: 97,5

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha esposa, Vitória Mastop Chaves, que vem me apoiando em todos os momentos desde o fim do ensino médio até o presente. Obrigado por me escutar, por ser meu porto seguro e por trazer alegria para a minha vida.

Agradeço aos meus pais, Silvio e Janise Chaves, pelos anos de apoio e dedicação para que eu tivesse uma boa educação e pudesse alcançar meus sonhos.

Agradeço à minha avó Jandira Pereira que me ensinou sobre a simplicidade da vida e também me apoiou em todos os momentos durante a sua vida.

Agradeço ao meu tio, Sérgio Ribamar, que junto de minha avó me ensinou sobre a simplicidade da vida.

Agradeço aos meus tios e tias que me apoiaram durante esta jornada, especialmente às minhas tias Josyane, Josyvane, Janny e Renata e aos meus tios Jones e Vilson.

Agradeço à família da minha esposa, Maitê, Gorette e Milenne pelo acolhimento e carinho, além do apoio durante o decorrer do curso.

Agradeço à minha prima Julia que me acompanhou nessa jornada.

Agradeço ao professor orientador, Sandro Ferreira Barreto, pela dedicação e pelo compartilhamento de experiências.

Agradeço à instituição de ensino.

“A ciência é muito mais que um corpo de conhecimento. É uma maneira de pensar”.

Carl Sagan

RESUMO

O presente Trabalho de Conclusão de Curso tem como objetivo identificar e analisar as principais causas de vazamentos na rede de distribuição de água do município de Santana-AP, com foco nos bairros Remédios, Provedor e Hospitalidade. O estudo fundamenta-se em normas técnicas como a NBR 12218:2017 e a NBR 5626:2020, bem como em referenciais teóricos aplicados ao saneamento básico.

A pesquisa foi realizada como estudo de campo, com abordagem quantitativa, incluindo visitas técnicas entre maio e dezembro de 2025, registros fotográficos com geolocalização e medição de pressões com a utilização de um manômetro. As manifestações patológicas foram classificadas segundo critérios estabelecidos pela SABESP (2003), que distinguem vazamentos visíveis, não visíveis detectáveis e não visíveis não detectáveis. Os resultados foram organizados em planilhas e gráficos, permitindo avaliar a frequência e os tipos de falhas encontradas.

Entre as causas predominantes de vazamentos observam-se incompatibilidades entre ramais prediais e redes públicas, assentamento inadequado de tubulações, uso de materiais de baixa qualidade, falta de manutenção preventiva, fatores externos e dificuldades relacionadas ao solo argiloso e de alta umidade característico da região amazônica. Os achados reforçam a necessidade de melhorias estruturais, capacitação técnica e ampliação das ações de monitoramento. O estudo contribui para a compreensão dos fatores que influenciam o desempenho do sistema de distribuição de água em Santana e poderá apoiar planos de intervenção da concessionária, além de fomentar futuras pesquisas sobre eficiência hidráulica em municípios amazônicos.

Palavras-chave: vazamentos; redes de distribuição; saneamento básico; perdas de água; Santana-AP.

ABSTRACT

This Undergraduate Thesis aims to identify and analyze the main causes of leaks in the water distribution network of the municipality of Santana, Amapá State, Brazil, with a focus on the neighborhoods of Remédios, Provedor, and Hospitalidade. The study is based on technical standards such as NBR 12218:2017 and NBR 5626:2020, as well as theoretical references applied to basic sanitation.

The research was conducted as a field study with a quantitative approach, including technical inspections carried out between May and December 2025, photographic records with geolocation, and pressure measurements using a manometer. The pathological manifestations were classified according to criteria established by SABESP (2003), which distinguish visible leaks, detectable non-visible leaks, and non-detectable non-visible leaks. The results were organized into spreadsheets and graphs, allowing the evaluation of the frequency and types of failures identified.

Among the predominant causes of leaks are incompatibilities between building service connections and public distribution networks, inadequate pipe installation, use of low-quality materials, lack of preventive maintenance, external factors, and difficulties related to the clayey soil and high moisture conditions characteristic of the Amazon region. The findings reinforce the need for structural improvements, technical training, and the expansion of monitoring actions.

The study contributes to the understanding of the factors influencing the performance of the water distribution system in Santana and may support intervention planning by the service provider, as well as encourage future research on hydraulic efficiency in Amazonian municipalities.

Keywords: leaks; distribution networks; basic sanitation; water losses; Santana-AP.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Representação gráfica da população que é atendida pelos serviços de abastecimento de água.	20
Figura 2 - Referência geográfica do bairro Provedor.	22
Figura 3 - Referência geográfica bairro Hospitalidade.	22
Figura 4 - Referência geográfica bairro Remédios.	23
Figura 5 - Zoneamento urbano de Santana.	24
Figura 6 - Unidades de um sistema de abastecimento de água.	27
Figura 7 - Adutora por gravidade através de conduto livre.	30
Figura 8 - Adutora por gravidade através de conduto forçado.	30
Figura 9 - Adutora por gravidade através de conduto livre e forçado.	31
Figura 10 - Adutora por recalque simples.	31
Figura 11 - Adutora por recalque duplo.	32
Figura 12 - Adutora mista.	32
Figura 13 - Visão aérea da ETA de Santana localizada no bairro Nova Brasília.	34
Figura 14 - Elementos constituintes de um ramal predial.	35
Figura 15 - Tipos de vazamentos em uma rede urbana.	42
Figura 16 - Pontos de vazamentos no bairro Hospitalidade.	46
Figura 17 - Pressões no bairro Hospitalidade.	57
Figura 18 - Ponto de vazamento no bairro Provedor.	57
Figura 19 - Pressões no bairro Provedor.	60
Figura 20 - Pontos de vazamentos no bairro Remédios.	63
Figura 21 - Pressões no bairro Remédios.	71

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Causa dos vazamentos nos bairros analisados de Santana-AP.	72
Gráfico 2 - Vazamentos do bairro Hospitalidade.	74
Gráfico 3 - Pressões do bairro Hospitalidade.	75
Gráfico 4 - Pressões do bairro Provedor.	77
Gráfico 5 - Vazamentos do bairro Remédios.	78
Gráfico 6 - Pressões bairro Remédios.	79

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Etimologia dos termos do 1º nível categórico do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos encontrados no Amapá.	19
Quadro 2 - Lista dos principais equipamentos utilizados em redes de distribuição.	37
Quadro 3 - Profundidade mínima por tipo de pavimento.	38
Quadro 4 - Vazamentos do bairro Hospitalidade.	46
Quadro 5 - Relatório fotográfico do bairro Hospitalidade.	48
Quadro 6 - Pressões do bairro Hospitalidade.	54
Quadro 7 - Relatório fotográfico das pressões do bairro Hospitalidade.	55
Quadro 8 - Vazamentos no bairro Provedor.	58
Quadro 9 - Relatório fotográfico do bairro Provedor.	58
Quadro 10 - Pressões do bairro Provedor.	59
Quadro 11 - Relatório fotográfico das pressões do bairro Provedor.	61
Quadro 12 - Vazamentos no bairro Remédios.	64
Quadro 13 - Relatório fotográfico do bairro Remédios.	65
Quadro 14 - Pressões do bairro Remédios.	69
Quadro 15 - Relatório fotográfico das pressões do bairro Remédios.	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Representação da análise de eficiência.....	26
Tabela 2 - Identificação das causas de vazamentos e suas ocorrências.....	72
Tabela 3 - Identificação das causas de vazamentos e suas ocorrências no Bairro Hospitalidade.....	73
Tabela 4 - Pressão do bairro Hospitalidade x pressão recomendada.....	75
Tabela 5 - Identificação das causas de vazamentos e suas ocorrências no bairro Provedor.....	76
Tabela 6 - Pressão do bairro Hospitalidade x pressão recomendada.....	76
Tabela 7 - Identificação das causas de vazamentos e suas ocorrências no bairro Remédios.....	77
Tabela 8 - Pressão do bairro Remédios x pressão recomendada.....	78

LISTA DE ABREVIações E SIGLAS

ABAR	Agência Brasileira de Agências Reguladoras
ABNT	Agência Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
CAESA	Companhia de Água e Esgoto do Amapá
CPATU	Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido
CSA	Companhia de Saneamento do Amapá
DMC	Distritos de Medição e Controle
DN	Diâmetro Nominal
EEAB	Estação Elevatória de Água Bruta
EEAT	Estação Elevatória de Água Tratada
ETA	Estação de Tratamento de Água
FUNASA	Fundação Nacional da Saúde
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFAP	Instituto Federal do Amapá
IWA	International Water Association
MCA	Metros de Coluna d'Água
NBR	Norma Brasileira Registrada
PBA	Ponta-Bolsa-Anel
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PVC	Policloreto de Vinila
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SINISA	Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	Breve histórico do município de santana e suas características geográficas	18
2.2	Empresa atuante no tratamento de água do município de santana	20
2.3	Breve descrição dos bairros analisados para o estudo	21
2.4	Contexto histórico das instalações hidráulicas no brasil e no município de santana	24
2.5	Análise de eficiência por meio do índice de hidrometração	25
2.6	Sistema de abastecimento de água e sua constituição.	27
2.6.1	Manancial	28
2.6.2	Captação da água	28
2.6.3	Estação Elevatória de Água Bruta	28
2.6.4	Adução da água	29
2.6.4.1	Adução por gravidade	29
2.6.4.2	Adução por recalque	31
2.6.4.3	Adução mista	32
2.6.5	Tratamento da água	33
2.6.6	Estação Elevatória de Água Tratada	34
2.6.7	Reservatórios	34
2.6.8	Redes de distribuição de água	35
2.6.9	Ramais domiciliares	35
2.6.9.1	Sistemas de distribuição direta	36
2.6.9.2	Sistemas de distribuição indireta	36
2.6.9.3	Sistemas de distribuição mista	36
2.7	Equipamentos hidráulicos comumente encontrados em redes de distribuição	36
2.8	Profundidade para tubulações da rede de distribuição	38
2.9	Pressões mínimas e máximas nas redes de distribuição	39
2.10	Desafios específicos nas instalações hidráulicas da rede urbana em Santana	39
2.10.2	Mão de obra qualificada	40
2.10.3	Interrupção temporária das vias públicas para manutenção	41
2.10.4	Singularidades devido a natureza do solo da região	41
2.11	Tipos de vazamentos em instalações hidráulicas de redes urbanas e as principais causas	41
2.11.1	Vazamentos não visíveis, não detectáveis	42
2.11.2	Vazamentos não visíveis, detectáveis	42
2.11.3	Vazamentos visíveis	43

2.12	Métodos para identificação de vazamentos em redes de distribuição	43
2.12.1	Métodos visuais e inspeção em campo	43
2.12.2	Detecção de vazamentos através de sensores de detecção acústica	44
2.12.3	Medidores de vazão e pressão	44
3	PLANEJAMENTO DA PESQUISA	45
3.1	Caracterização do objeto de estudo	45
3.2	Método da pesquisa	45
3.2.1	Vazamentos identificados no bairro Hospitalidade	46
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	72
4.1	Vazamentos do bairro Hospitalidade	73
4.2	Vazamentos do bairro Provedor	76
4.3	Vazamentos bairro Remédios	77
4.4	Relação entre pressões abaixo da norma, perdas de água e proposta de intervenção	79
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	82
	REFERÊNCIAS	83

1 INTRODUÇÃO

O presente estudo foi desenvolvido com o objetivo de identificar, analisar e classificar as principais causas de vazamentos encontrados nas redes de distribuição de água tratada do município de Santana-AP, considerando aspectos técnicos, operacionais e sociais relacionados ao saneamento básico.

O abastecimento de água tratada é um dos fatores fundamentais para o desenvolvimento urbano, a saúde pública e a sustentabilidade ambiental. No contexto amazônico, esse desafio assume proporções ainda mais complexas devido às particularidades geográficas, hidrológicas e socioeconômicas da região. O município de Santana, segunda maior cidade do estado, caracteriza-se por um crescimento populacional constante desde sua emancipação em 1987, influenciado pela atividade portuária, pela expansão industrial e pela proximidade com o rio Amazonas. Apesar de sua relevância econômica e estratégica, o município ainda apresenta limitações estruturais no sistema de saneamento básico, especialmente no que se refere ao abastecimento de água tratada e à manutenção das redes de distribuição.

Os vazamentos na rede de distribuição de água constituem um dos principais problemas para a eficiência hidráulica, a estabilidade da oferta e a sustentabilidade econômica da concessionária, especialmente em áreas com infraestrutura antiga, solos instáveis e crescimento urbano despadronizado. No município de Santana, três bairros foram analisados na presente pesquisa, sendo então os bairros Provedor, Hospitalidade e Remédios. Essas regiões apresentam alta densidade populacional, intensa circulação de veículos e regiões portuárias, além de apresentar solos compostos majoritariamente por argilas e siltes, o que favorece recalques, deslocamentos de tubulações e desconexões mecânicas. Além disso, situações como ramais prediais incompatíveis, mão de obra pouco qualificada e ausência de manutenção preventiva contribuem significativamente para o surgimento dos vazamentos.

Diante desse contexto, busca-se identificar, analisar e classificar as principais causas de vazamentos nas redes de distribuição de água dos bairros supracitados, correlacionando fatores técnicos, operacionais e ambientais. Busca-se compreender os mecanismos que levam à ocorrência das patologias, caracterizar os tipos de vazamentos e propor soluções que contribuam para a redução das perdas reais no

município.

O método de pesquisa adotado consiste em uma investigação de campo com abordagem quantitativa. Foram realizadas visitas técnicas entre maio e dezembro de 2025, registrando-se fotografias georreferenciadas dos pontos de vazamento. As patologias foram analisadas com base em referenciais normativos e classificadas quanto à natureza, frequência e os fatores que acarretaram na ocorrência. Ao decorrer da pesquisa também foram analisadas as pressões das tubulações da rede de distribuição de água. Os dados foram sistematizados em planilhas e representações gráficas, possibilitando a quantificação das ocorrências e a elaboração de um diagnóstico da situação.

A relevância desta pesquisa se manifesta em três dimensões. Para o estudante e futuro engenheiro, a investigação proporciona aprofundamento técnico em hidráulica, saneamento e análise patológica, fortalecendo competências essenciais para o exercício profissional. Para a sociedade e para a concessionária de saneamento, o estudo oferece subsídios para a melhoria da gestão operacional e redução das perdas. Para o Instituto Federal do Amapá (IFAP), contribui para o registro científico de um problema recorrente nos municípios amazônicos.

A estrutura do trabalho compreende: a seção 1 apresenta a introdução, contextualizando o problema e detalhando os objetivos, justificativa e metodologia. A seção 2 desenvolve o referencial teórico, abordando aspectos históricos do município, características geográficas, funcionamento do sistema de abastecimento, equipamentos hidráulicos e tipos de vazamentos. A seção 3 descreve o planejamento metodológico da pesquisa e os procedimentos de coleta e análise dos dados. A seção 4 apresenta e discute os resultados obtidos nas áreas estudadas. Por fim, a seção 5 reúne as considerações finais, destacando os principais achados, limitações e possibilidades de estudos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O município de Santana detém certas peculiaridades em seu desenvolvimento urbano, tais como um crescimento populacional constante desde a sua emancipação em 1987 por meio de trabalhadores que, atraídos pelo desenvolvimento industrial da cidade, migraram para Santana, e também por ser banhada pelo rio Amazonas, rio Matapi e o igarapé da Fortaleza que afetam diretamente no desenvolvimento econômico e social o município (VALENTE; OLIVEIRA; RODRIGUES; SANTOS; CARDOSO, 1998).

Ao longo do referencial teórico será apresentado brevemente a história do município, as principais características geográficas, além de contextualizar sobre a região através de um breve histórico das instalações em redes hidráulicas no Brasil. Também será dissertado sobre a análise de consumo e preço referente aos serviços de abastecimento de água e o índice de hidrometração do município.

Para que a água chegue até as residências ela precisa passar por um processo de tratamento de água (FUNASA, 4ª ed, 2007). Será dissertado então sobre os processos de captação da água, adução até uma estação elevatória de água bruta, deslocamento até uma estação de tratamento de água, adução até uma estação elevatória de água tratada, deslocamento até os reservatórios e, por fim, a distribuição para as redes urbanas que será recepcionada pelos ramais domiciliares (FUNASA, 4ª ed, 2007). Para que esse processo ocorra, deve haver componentes específicos para cada processo, o qual também será abordado.

Tal como qualquer região, o município de Santana possui certos desafios específicos de seu contexto histórico e geográfico que afetam diretamente os sistemas de abastecimento da rede de distribuição. Um dos muitos problemas são os vazamentos nas tubulações que distribuem água até as residências e setores comerciais. De acordo com SABESP (2003) há três tipos de vazamentos, os quais são os vazamentos inerentes, vazamentos não visíveis e vazamentos visíveis. Para que seja identificado esses vazamentos são utilizados métodos já desenvolvidos, que auxiliam na identificação da referida patologia.

Ademais, esse trabalho visa apresentar propostas de solução e busca informar ao leitor sobre as causas dos recorrentes casos de vazamentos em redes de distribuição pública e as suas consequências tanto sociais quanto econômicas para o município, contribuindo para o avanço de pesquisas científicas.

2.1 Breve histórico do município de Santana e suas características geográficas

O município de Santana está localizado na região sudeste do estado do Amapá, na margem esquerda do rio Amazonas, a aproximadamente 17 quilômetros da capital, Macapá. Com uma área territorial de cerca de 1.541,22 km², Santana é o segundo município mais populoso do estado, abrigando uma população estimada em mais de 120 mil habitantes, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022).

O município de Santana teve seu início com o agrupamento populacional iniciado na Ilha de Santana, que fica situada em frente à margem esquerda do Rio Amazonas, em 1553. Naquela época, os primeiros habitantes eram formados por portugueses e mestiços que tinham vindo da região do Pará, e ainda por indígenas Tucuju que habitavam em aldeamentos originários do Rio Negro (GOVERNO DO ESTADO DO AMAPÁ, 2025).

A origem de Santana, de acordo com o Governo do Estado do Amapá (2025), está relacionada à expansão populacional de Macapá e à instalação de atividades industriais e portuárias ao longo da década de 1950. O local, inicialmente conhecido como Vila de Santana, surgiu como um núcleo urbano formado por trabalhadores atraídos pelas oportunidades econômicas geradas pelo porto natural e pela exploração de madeira e minérios. A emancipação política ocorreu em 17 de dezembro de 1987, quando Santana foi oficialmente desmembrado de Macapá e elevado à categoria de município através do Decreto-lei nº 7639 do mesmo ano.

Atualmente, o município de Santana desempenha papel estratégico no desenvolvimento econômico do Amapá, destacando-se pela presença do Porto de Santana, um dos mais importantes da região Norte que é responsável pelo escoamento de minérios e produtos diversos, além de ser uma das principais rotas logísticas do estado. Ademais, o município integra a Região Metropolitana de Macapá, funcionando como área de expansão urbana e de ligação entre a capital e outras localidades do estado (GOVERNO DO ESTADO DO AMAPÁ, 2025).

O clima de Santana é equatorial úmido, caracterizado por temperaturas elevadas e altos índices pluviométricos durante a maior parte do ano. A vegetação predominante é de floresta amazônica, com presença de áreas de várzea e campos alagáveis, típicos da região (IBGE, 2017). O município é banhado por diversos

cursos d'água, como o rio Amazonas, o rio Matapi e o igarapé da Fortaleza, que exercem papel fundamental na economia e na vida cotidiana da população. De acordo com a divisão do IBGE (2017), o município de Santana pertencia às regiões Geográficas Intermediária e Imediata de Macapá.

De acordo com IBGE (2019, p. 122 - 125), o Amapá é composto pelos solos argissolo (5,9%), gleissolo (13,9%), latossolo (74,7%), neossolo (0,2%) e plintossolo (2,8%). No quadro 1 a seguir é possível discernir e identificar a etimologia dos termos categóricos do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos encontrados no Amapá.

Quadro 1 – Etimologia dos termos do 1º nível categórico do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos encontrados no Amapá.

Termos do 1º nível categórico do SiBCS	Etimologia
Argissolos	Do latim <i>argilla</i> , conotando solos com processo de acumulação de argila.
Gleissolo	Do russo <i>gley</i> , massa de solo pastosa; conotativo de excesso de água.
Latossolo	Do latim <i>lat</i> , material altamente alterado (tijolo); conotativo de elevado conteúdo de sesquióxidos.
Neossolo	Do grego <i>néos</i> , novo, moderno; conotativo de solos jovens em início de formação.
Plintossolo	Do grego <i>plinthos</i> , ladrilho; conotativo de materiais argilosos, coloridos, que endurecem quando expostos.

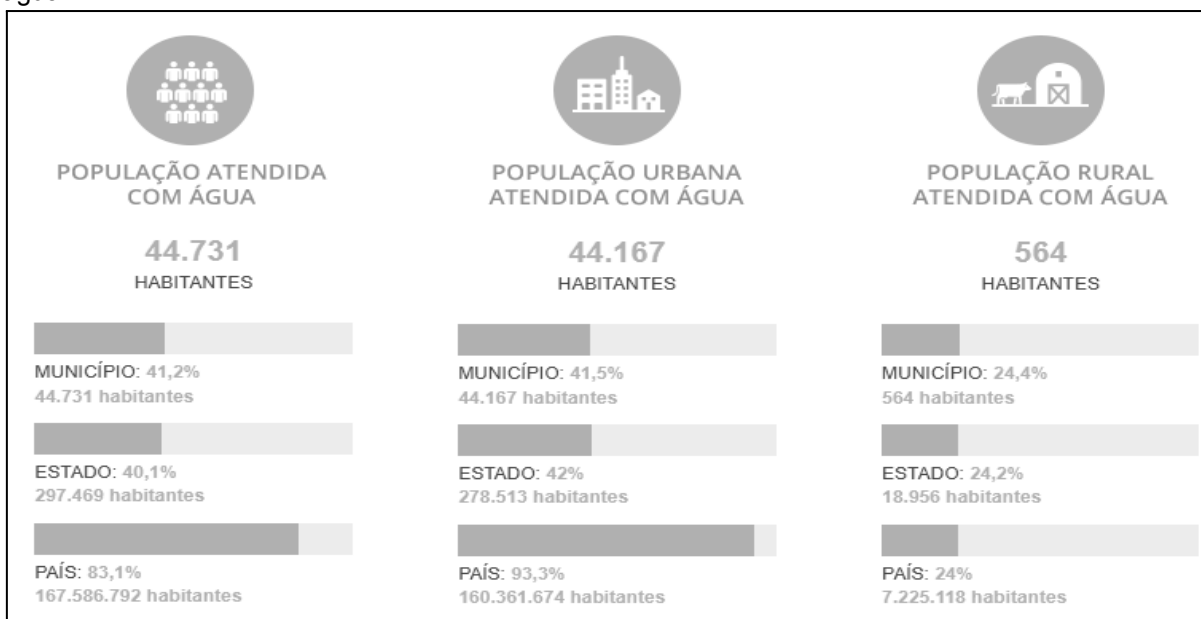
Fonte: Adaptado de IBGE (2019, p. 114).

Apesar de seu potencial logístico e econômico, o município de Santana enfrenta desafios relacionados à infraestrutura urbana, saneamento básico e gestão ambiental. O crescimento urbano acelerado, somado à limitação dos serviços públicos, tem gerado problemas como vazamentos nas redes hidráulicas e de esgoto, que comprometem a qualidade de vida dos habitantes e exigem investimentos em planejamento e manutenção das redes de abastecimento. Devido ao crescimento da demanda de água e a crise hídrica em muitos países, este assunto se revela demasiado relevante no contexto, exigindo uma modernização dos sistemas para redução das perdas (ANA, 2017, p. 14).

Além disso, de acordo com o censo de 2022 feito pelo IBGE e apresentado

na figura 1 a seguir, apenas 41,2% da população possui acesso aos serviços de abastecimento de água pela concessionária, ou seja, 63.969 habitantes não possuem acesso à água tratada pelas estações, sendo que da população urbana são 41,5% dos habitantes e a na população rural são apenas 24,4% (SINISA, 2023).

Figura 1 – Representação gráfica da população que é atendida pelos serviços de abastecimento de água.



Fonte: SINISA (2023).

2.2 Empresa atuante no tratamento de água do município de Santana

Hodiernamente, a empresa atuante na região é a Companhia de Saneamento do Amapá (CSA), empresa do Grupo Equatorial, que atende os serviços de saneamento básico do estado. Nas zonas rurais, nos distritos e comunidades quilombolas do município de Santana, o serviço é de responsabilidade da Companhia de Água e Esgoto do Amapá (CAESA), empresa pública do governo do estado. Recentemente, a companhia entregou uma nova estação de tratamento de água, com investimento de R\$25 milhões (CSA, 2025) visando a universalização do serviço na cidade (SINISA, 2023).

Com a entrega da nova estação, os dados que a própria empresa disponibilizou para a entrega de água são de 370 litros de água por segundo produzidos, sendo anteriormente de 120 litros de água por segundo (CSA, 2025).

Pela Estação de Tratamento de Água (ETA), 15 bairros de Santana são

abastecidos, sendo ele Nova União, Nova Brasília, Central, Provedor 1, Provedor 2, Igarapé da Fortaleza, Monte das Oliveiras, Vila Amazonas, Daniel, Novo Horizonte, Remédios 1, Remédios 2, Hospitalidade, Comercial e Ambrósio, sendo que alguns desses bairros anteriormente não eram abastecidos pela companhia. Atualmente, 91% do município de Santana é abastecido pela companhia (CSA, 2025).

Dentre os bairros abastecidos pela ETA da CSA, estão o bairro Remédios, Provedor e o bairro Hospitalidade, que são objetos de estudo deste trabalho devido à incidência recorrente de problemas hidráulicos na rede de distribuição. Conforme descrito nos tópicos subseqüentes, esses problemas podem estar relacionados à tubulações de má qualidade, mão de obra desqualificada que pode gerar retrabalho, mal dimensionamento das tubulações para a rede de distribuição de água, mal dimensionamento das tubulações dos ramais prediais que podem afetar também os sistemas públicos de distribuição e falta de manutenção regular, além de outros fatores que podem corroborar para o surgimento de vazamentos nas redes de distribuição.

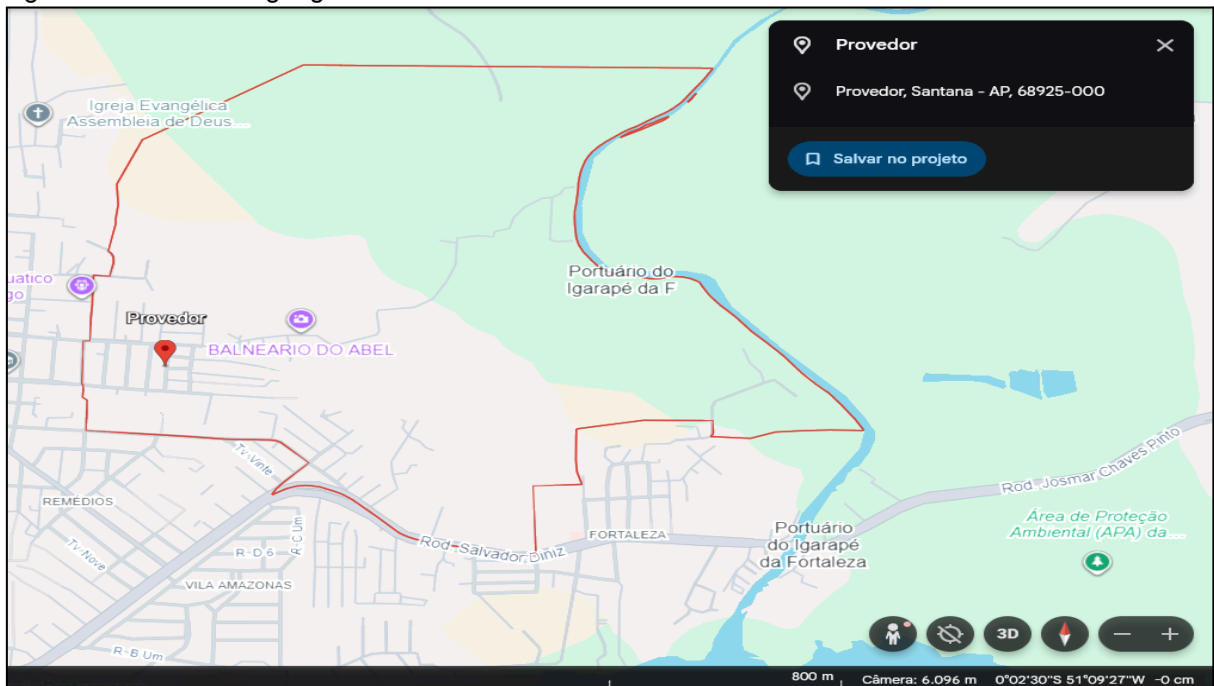
2.3 Breve descrição dos bairros analisados para o estudo

Os bairros analisados nesta pesquisa foram os bairros Remédios, Provedor e Hospitalidade. Conforme apresentado na figura 5 por Costa, Souza e Neto (2017), estes bairros estão localizados próximo à região central de Santana, que possui uma grande densidade populacional além do comércio e a região portuária que diariamente desembarcam e embarcam mercadorias e passageiros vindos de outras regiões do país através do zoneamento urbano. Nesse contexto, é possível inferir que os bairros possuem um alto nível de circulação de veículos leves e pesados diariamente.

No entanto, o bairro Provedor está localizado em uma área residencial de baixa densidade, sendo servido por transporte público que conecta Santana e Macapá. Em comparação com os outros bairros analisados possui uma quantidade de vias menor e ainda grande parte de sua área está coberta por vegetação (COSTA; SOUZA; NETO, 2017).

Na figura 2 a seguir é mostrado a localização do bairro Provedor e sua extensão que acompanha o Igarapé da Fortaleza localizado na divisa do lado direito do bairro que divide também Santana de Macapá.

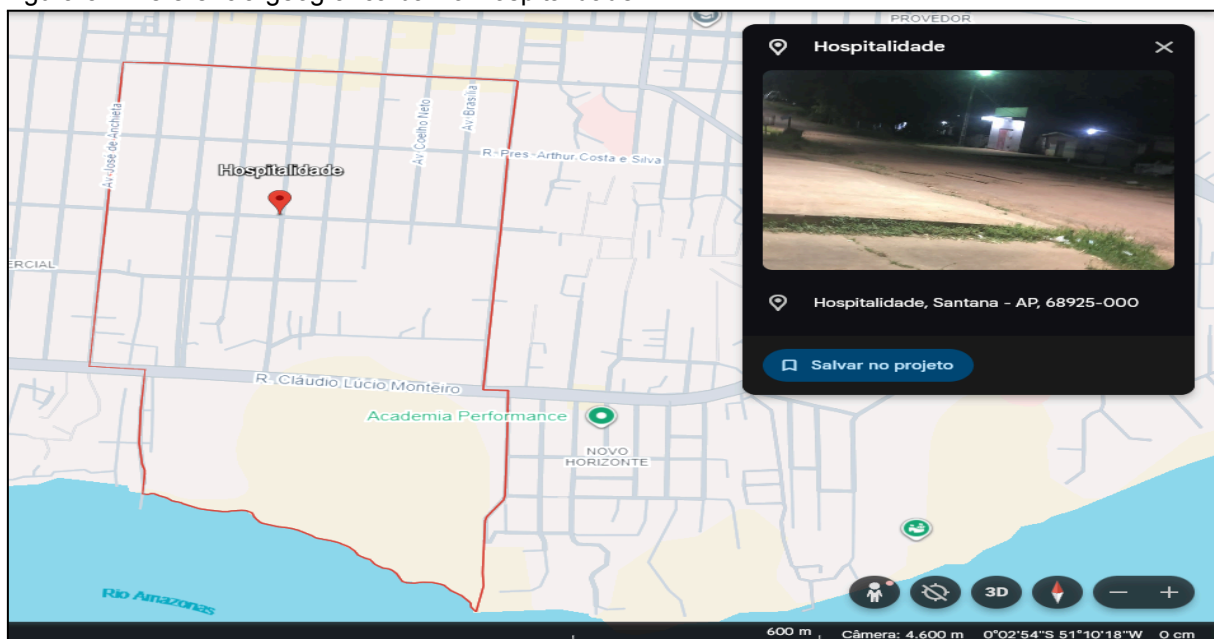
Figura 2 – Referência geográfica do bairro Provedor.



Fonte: Google Earth (2025).

O bairro Hospitalidade possui zonas mistas (urbanas e comerciais) de alta e média densidade, além de zonas de interesse portuário (COSTA; SOUZA; NETO, 2017). Sua delimitação e referência geográfica é apresentada na figura 3.

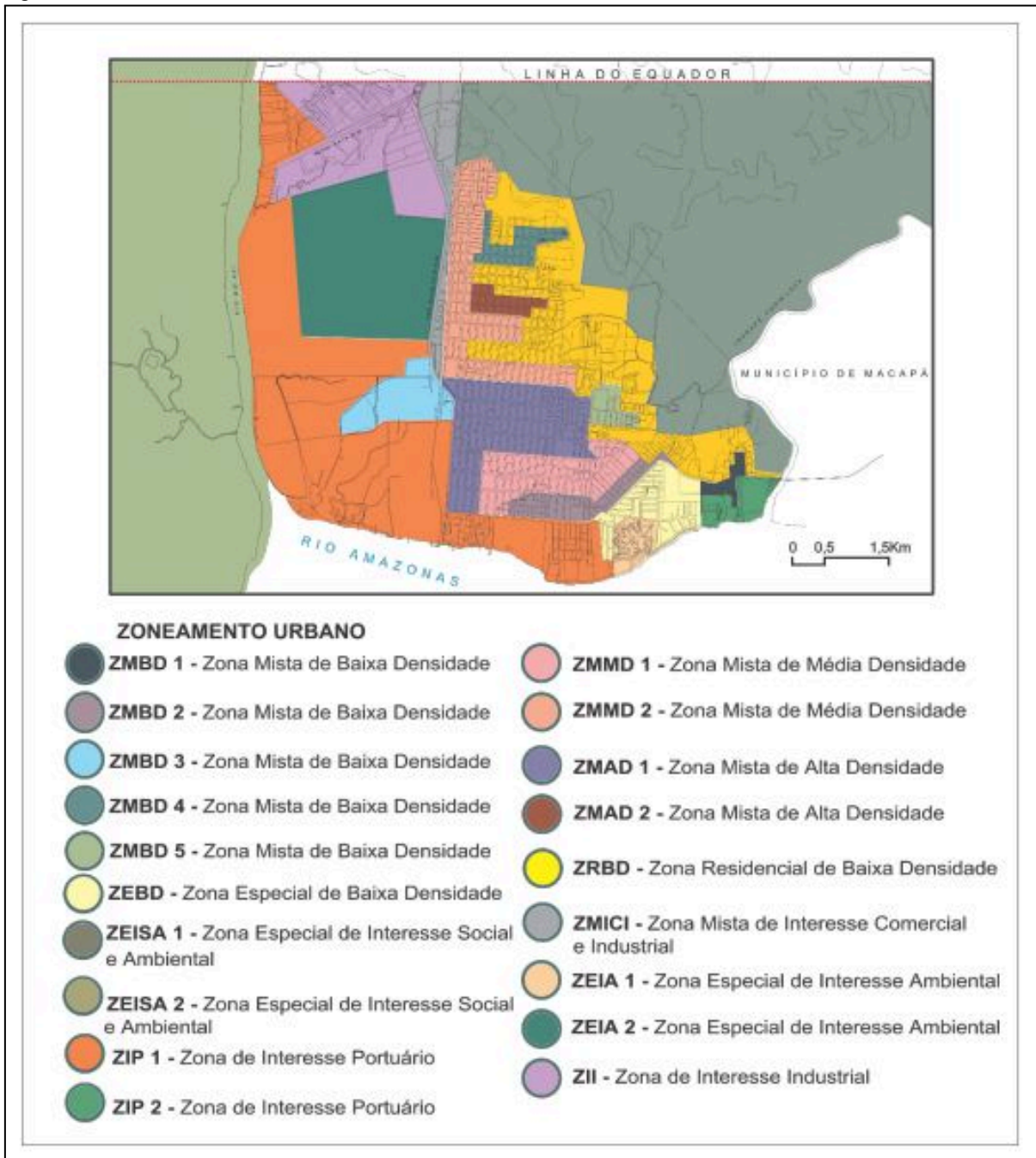
Figura 3 – Referência geográfica bairro Hospitalidade.



Fonte: Google Earth (2025).

O bairro Remédios está localizado em uma zona mista (comercial e residencial) de baixa e média densidade (COSTA; SOUZA; NETO, 2017). A

Figura 5 – Zoneamento urbano de Santana.



Fonte: Costa; Souza; Neto (2017).

2.4 Contexto histórico das instalações hidráulicas no Brasil e no município de Santana

No Brasil, a modernização dos sistemas de abastecimento e esgotamento sanitário iniciou-se nos maiores centros urbanos no final do século XIX e início do século XX (HELLER; PÁDUA, 2010, p. 699). Neste período já se apresentavam obras de barragens e redes de abastecimento para atender as necessidades da

população. Na segunda metade do século passado, os sistemas prediais começaram a adotar materiais mais adequados para escoamento de água, como Policloreto de Vinila (PVC) (HELLER; PÁDUA, 2010, p. 713), além de adotar uma maior preocupação quanto às instalações sanitárias.

No Brasil colonizado as grandes obras hidráulicas como os açudes, barragens e redes de abastecimento também serviram à industrialização e urbanização rápida, formando o arcabouço da infraestrutura hídrica pública. Por exemplo, menciona-se que “durante o longo período colonial as principais obras hidráulicas realizadas destinavam-se a suprir as cidades com água através de aquedutos e chafarizes públicos” (NETTO, 1986, p. 39).

No âmbito das instalações prediais, as instalações hidráulicas (água fria, água quente, esgoto sanitário, águas pluviais) evoluíram conforme novos materiais, normas técnicas e exigências sanitárias foram sendo desenvolvidas. Ainda, a Fundação Nacional da Saúde (FUNASA, 2007, p. 59) aponta que o “serviço de abastecimento de água por rede geral é caracterizado pela retirada da água bruta do meio natural (...) e sua distribuição através de rede geral de distribuição”.

No município de Santana, grande parte da população utilizava poços artesianos ou, como habitantes em situações ribeirinhas, utilizavam da água advinda do rio. Só em 1969 que foi criada a CAESA através do Decreto Lei nº 490 de Março de 1969, constituída na Assembleia Geral realizada em 24 de Abril de 1973 com constituição em 1973, com a finalidade de planejar e executar os serviços de abastecimento de água potável e esgotamento sanitário no estado.

2.5 Análise de eficiência por meio do índice de hidrometração

O município de Santana, assim como o restante do estado, possui um índice de hidrometração muito abaixo da média do restante do país, sendo de apenas 30,2% (SINISA, 2023), ou seja, apesar do consumo médio ser alto, muito desse consumo não está sendo monitorado. Além disso, “55,7% da água captada é perdida em vazamentos na rede de distribuição, assim como em ligações clandestinas e outros erros de medição” (SINISA, 2023). Assim, a baixa taxa de hidrometração pode comprometer a gestão eficiente dos sistemas de abastecimento, pois impede o controle real das perdas e dificulta o planejamento econômico das companhias de saneamento, o que pode resultar em desequilíbrio entre a água

produzida e a efetivamente faturada (TARDELLI FILHO; J & HELLER, 2008).

O índice de hidrometração se trata da quantidade de ligações ativas de água micromedidas dividido pela quantidade de ligações ativas de água expresso em percentual, ou seja, um número adimensional (ABAR, 2014). Este índice serve não somente para medir a utilização da água por parte de seus usuários, mas também serve para criar uma cultura de consumo racional de água, conforme prevê a Lei 11.445/07 em seu art. 2º, inciso XIII (ABAR, 2014).

Na tabela 1 é representado de maneira analítica e comparativa entre o município de Santana, o estado do Amapá e uma média do restante do país sobre os índices de hidrometração e o índice de perdas na distribuição de água.

Tabela 1 – Representação da análise de eficiência.

	MUNICÍPIO	ESTADO	PAÍS
Índice de hidrometração	30,2%	23,3%	91,4%
Índice de perdas na distribuição	55,7%	71,1%	36,2%

Fonte: Adaptado de SINISA (2023).

O serviço de micromedição (hidrômetros dos usuários) por parte da prestadora de serviço de água deve ser regular para manter uma tarifa progressiva, a fim de estimular o consumo consciente. Entretanto, se não houver micromedição não é possível indicar o que está sendo utilizado de fato. A inadimplência também pode ter relação com a hidrometração, “pois há menor sensibilização ao faturamento quando este é feito a partir de volumes presumidos” (ABAR, 2014). Com a ausência da micromedição, não é possível medir o que está sendo de fato utilizado e o que está sendo perdido ou desviado para outras redes.

Em suma, o índice de hidrometração está diretamente relacionado ao índice de perdas na distribuição de água. Pode-se analisar também que mesmo sendo no âmbito de um mesmo país o serviço não é padronizado, devido ao índice de perdas no restante do país ser menor. Fatores como padronização de precisão dos hidrômetros, padronização da vida útil dos hidrômetros e tempo para a sua aferição ou substituição influenciam diretamente nesse índice (ABAR, 2014).

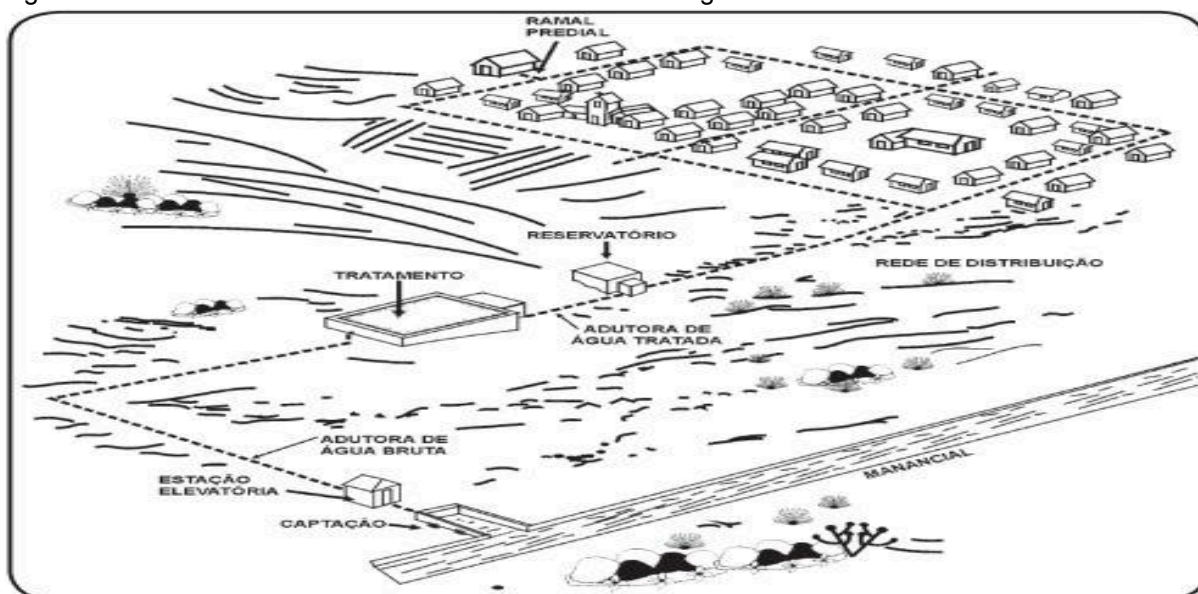
[...] ainda que haja iniciativas para uniformizar as terminologias relacionadas às perdas de água, como aquelas desenvolvidas pela *International Water Association* (IWA), é possível perceber que ainda não se logrou uma linguagem técnica absolutamente comum, seja entre os diversos países, seja entre os diversos prestadores de um mesmo país. Essas iniciativas abrem espaço para ações de *benchmarking*, ou seja, a comparação entre diversos prestadores que atuam em realidades diferentes (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2015, p. 38).

2.6 Sistema de abastecimento de água e sua constituição.

Para que uma sociedade se desenvolva é necessário ter à disposição primordialmente os recursos básicos. Um dos recursos essenciais para esse desenvolvimento é a água tratada, que no âmbito de uma civilização deve ser disponibilizada através de um sistema de abastecimento de água. Para que esse sistema funcione da maneira correta, ou seja, desde a sua coleta até de fato a água chegar ao consumidor final, ela deve passar pelas seguintes etapas: manancial, captação, adução, tratamento, estação elevatória, reservatório, redes de distribuição e os ramais domiciliares (FUNASA, 4ª ed, 2007, p. 81-82). Cada etapa possui uma particularidade, e estas serão apresentadas nesta pesquisa através de tópicos.

Na figura 6 a seguir as unidades de um sistema de abastecimento de água estão representadas seguindo a ordem das etapas.

Figura 6 – Unidades de um sistema de abastecimento de água.



Fonte: FUNASA (2007, p. 81).

2.6.1 Manancial

O manancial se trata do local onde será realizado a captação da água, a qual pode ser águas superficiais, ou seja, através de cursos d'água, mar ou albufeiras, ou através de águas subterrâneas. Essa fonte de água deve ter condições sanitárias favoráveis e vazão suficiente para a demanda do sistema de abastecimento (FUNASA, 4ª ed., 2007, p. 81). No caso da pesquisa em questão, o manancial da cidade de Santana é o Rio Amazonas, o qual é também o principal ponto logístico para o desenvolvimento da cidade através do transporte fluvial.

2.6.2 Captação da água

Nesta etapa primordial é realizado um estudo sobre o manancial que será utilizado para a distribuição de água para o sistema, tendo em vista que ele deve estar em pleno funcionamento em todos os períodos do ano. Para isso, deve ser considerada a sua topografia, a sua vazão, sua localização, o volume do manancial, entre outros fatores. A captação de água pode ser feita de maneira superficial, através de gravidade ou bombeamento, ou através de poços artesianos para a captação de águas subterrâneas, com o objetivo de lançá-la no sistema de abastecimento (FUNASA, 4ª ed., 2007, p. 82).

2.6.3 Estação Elevatória de Água Bruta

Para Recesa (2008) uma Estação Elevatória de Água Bruta (EEAB) (ou estação de bombeamento) pode ser definida como um conjunto de bombas e acessórios que possibilitam a elevação da cota piezométrica da água transportada nos serviços de abastecimento público, ou seja, têm a função de transportar água de um ponto de menor cota para outro de cota mais elevada, seja para aumentar a pressão da rede de distribuição, encaminhar para reservatórios ou para estações de tratamento.

2.6.4 Adução da água

A adução de água é a quarta etapa do sistema de abastecimento público e corresponde ao transporte da água captada em um manancial até a ETA ou, em alguns sistemas, diretamente até reservatórios de distribuição. Trata-se de um conjunto de obras de arte, equipamentos e tubulações (FUNASA, 4ª ed., 2007, p. 83) projetados para garantir que a água captada chegue ao ponto de tratamento de forma segura, contínua e com vazão adequada às demandas da população atendida.

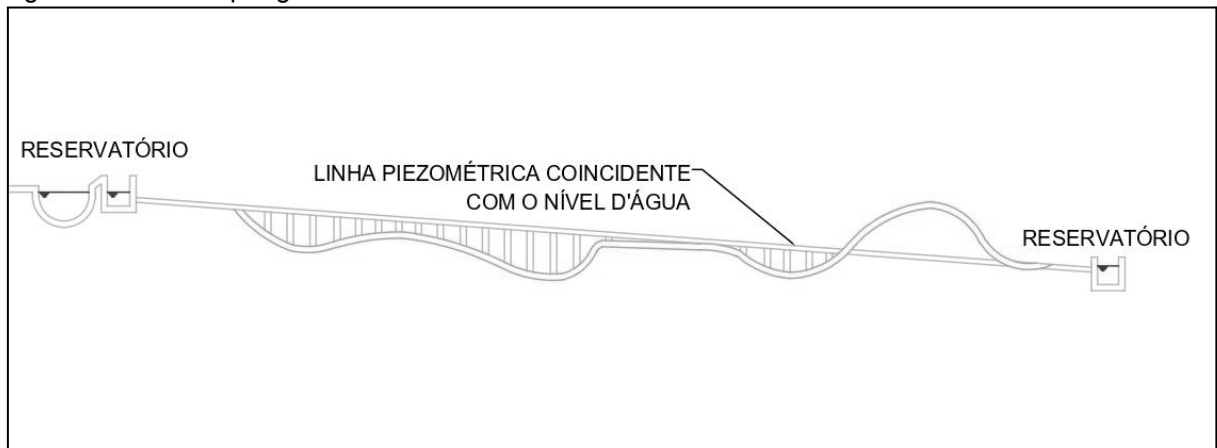
Segundo Von Sperling (2005), o dimensionamento da adução deve considerar critérios como vazão, pressões admissíveis, risco de rupturas, velocidades do escoamento e variações de carga hidráulica, buscando sempre garantir a segurança operacional do sistema. Um projeto de adução bem executado evita desperdícios, minimiza perdas, reduz custos de operação e assegura que a água bruta chegue às unidades de tratamento dentro dos parâmetros de qualidade exigidos. A adução compreende o conjunto de instalações responsáveis por conduzir a água bruta após a captação, assegurando eficiência hidráulica e perdas mínimas ao longo do transporte (TSUTIYA, 1999, p. 147).

Na etapa da adução deve se considerar alguns elementos para o seu bom funcionamento, isso inclui tubulações, canalizações, estações elevatórias, válvulas, dispositivos de proteção contra golpes de aríete e estruturas auxiliares. Dependendo das características topográficas e da localização do manancial em relação ao sistema de tratamento, a adução pode ocorrer por gravidade ou por recalque.

2.6.4.1 Adução por gravidade

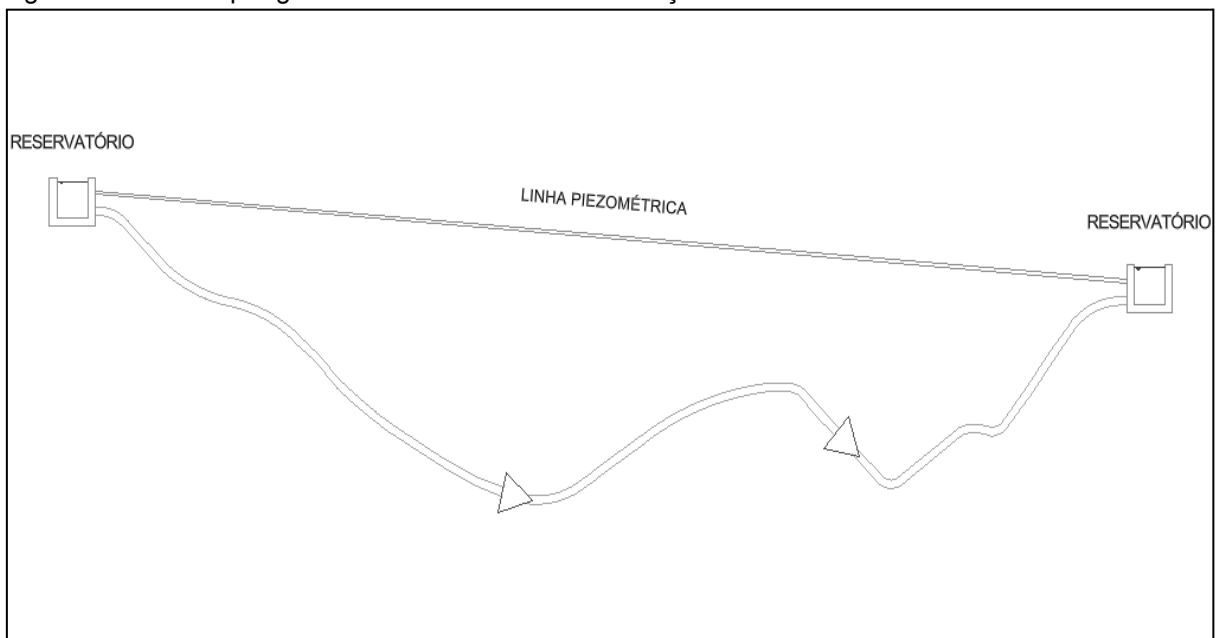
Quando o desnível natural do terreno permite que a água escoe espontaneamente sem o uso de bombas, sendo a forma mais econômica e estável operacionalmente. O sistema se baseia na diferença de altura entre os pontos de captação e de destino. Ela pode ser feita através de condutos livres, onde a água corre por um canal aberto, como uma vala, tal como representado na figura 7, ou pode ser feita por conduto forçado, através de pressurização de tubulações fechadas, como exemplificado na figura 8 (FUNASA, 4ª ed., 2007, p. 83).

Figura 7 – Adutora por gravidade através de conduto livre.



Fonte: Adaptado de Sobrinho; Contrera (2016).

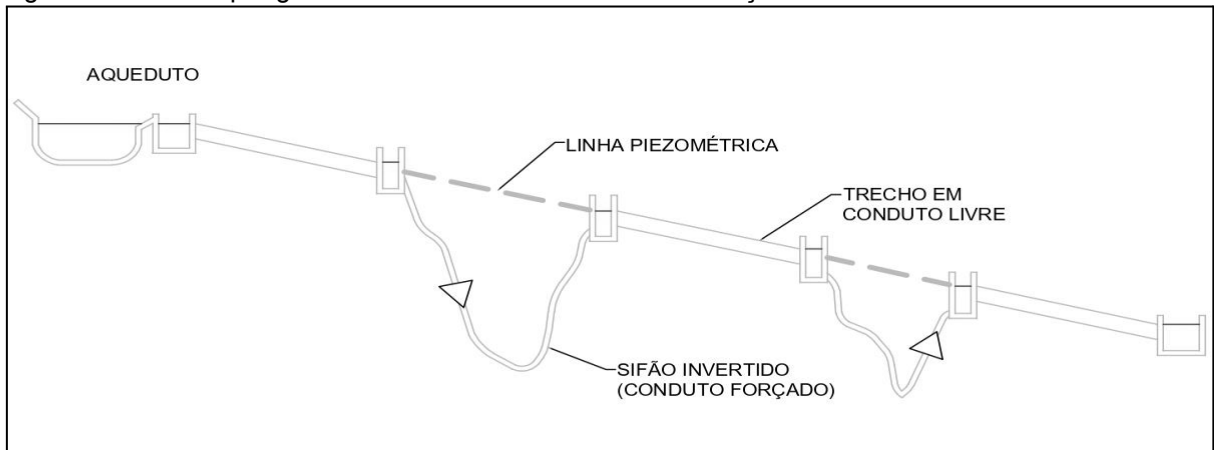
Figura 8 – Adutora por gravidade através de conduto forçado.



Fonte: Adaptado de Sobrinho; Contrera (2016).

Ela também pode se apresentar através de condutos mistos, ou seja, condutos livres e forçados em uma mesma adutora, como mostrado na figura 9.

Figura 9 – Adutora por gravidade através de conduto livre e forçado.



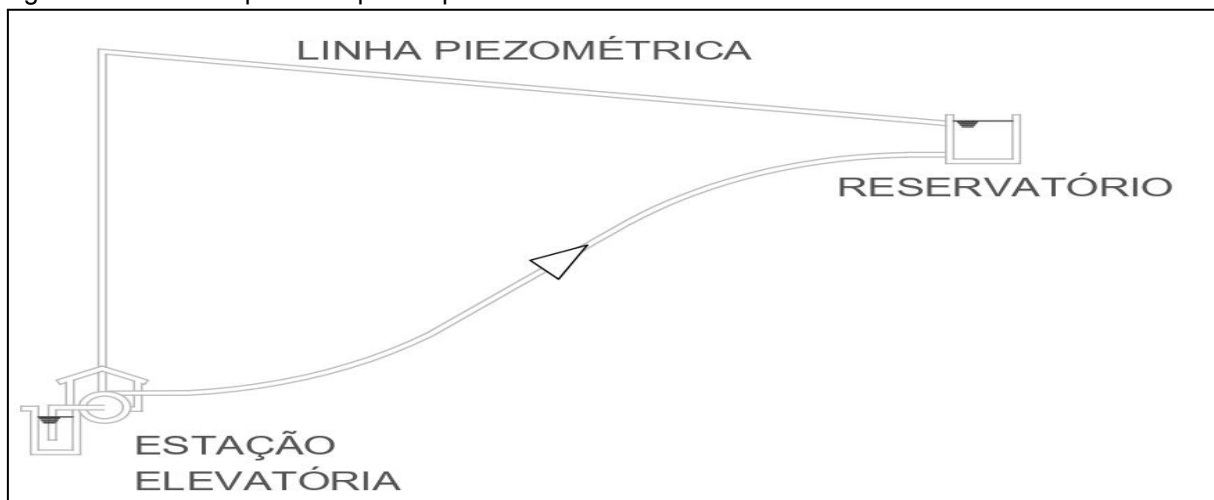
Fonte: Adaptado de Sobrinho; Contrera (2016).

2.6.4.2 Adução por recalque

Quando é necessário utilizar bombas ou sistemas de pressurização para vencer desníveis ou longas distâncias, comum em regiões de baixa altitude ou terrenos planos. Ela pode compor uma ou mais sistemas de recalque, dependendo da topografia e do destino final da água captada (FUNASA, 4ª ed., 2007, p. 83).

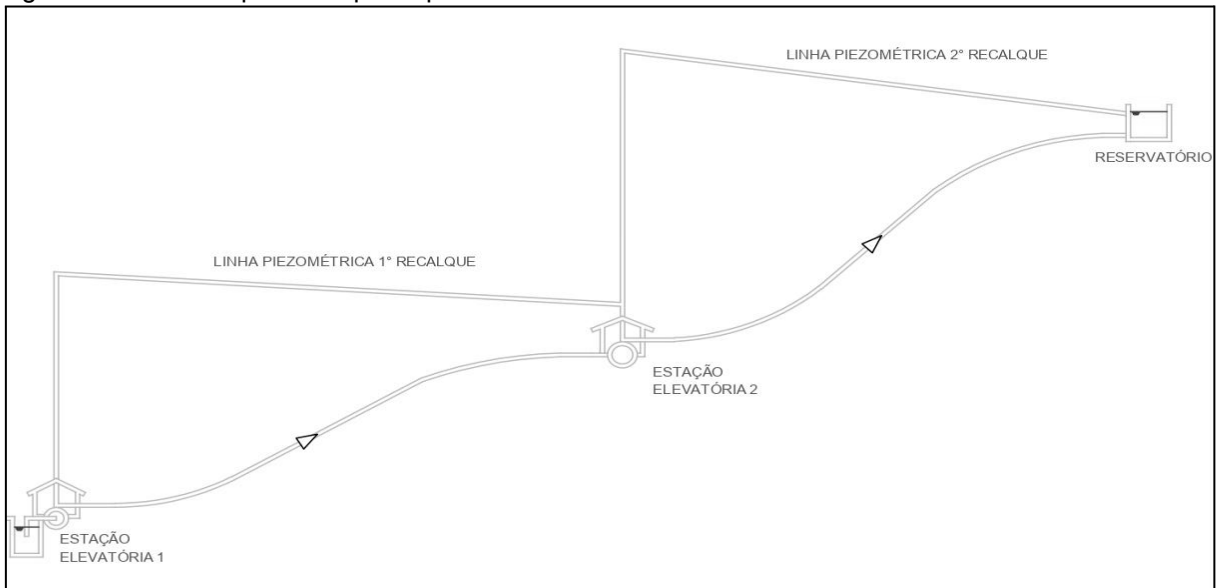
A seguir são apresentados na figura 10 um exemplo de adutora por recalque simples e na figura 11 será exemplificado uma adutora por recalque duplo.

Figura 10 – Adutora por recalque simples.



Fonte: Adaptado de Sobrinho; Contrera (2016).

Figura 11 – Adução por recalque duplo.

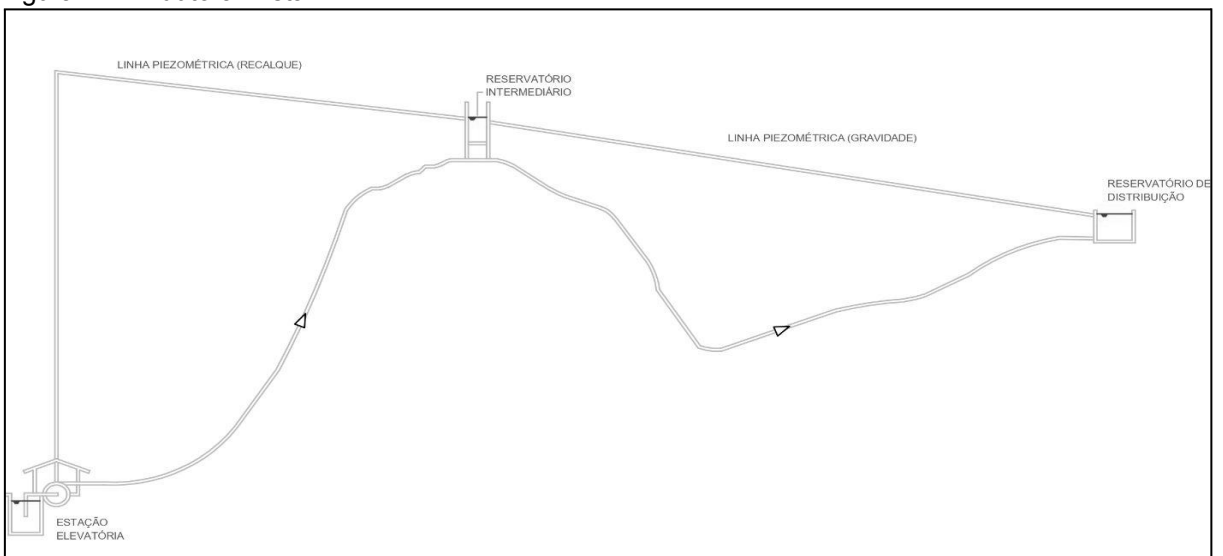


Fonte: Adaptado de Sobrinho; Contrera (2016).

2.6.4.3 Adução mista

Dependendo da região topográfica se vê necessário a utilização de adutoras por recalque e por gravidade em um mesmo trecho, separados por um reservatório intermediário que irá garantir a devida pressão até o destino final, como exemplificado na figura 12 (FUNASA, 4ª ed., 2007, p. 83).

Figura 12 – Adução mista.



Fonte: Adaptado de Sobrinho; Contrera (2016).

2.6.5 Tratamento da água

Para que a água seja devidamente tratada, ela deve passar por processos físicos, químicos e biológicos. Esses processos são realizados na ETA. O funcionamento de uma ETA envolve uma série de etapas que variam conforme as características do manancial e o nível de impurezas presentes. As ETAs seguem um fluxo operacional composto por unidades como coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção, podendo incluir correção de pH, fluoretação e outras fases complementares. Von Sperling (2005, p. 21), descreve os processos de tratamento com o objetivo de remover sólidos em suspensão, matéria orgânica, microrganismos patogênicos e substâncias químicas que possam comprometer a qualidade da água.

A primeira etapa do processo ocorre após a captação, quando a água bruta é direcionada para a coagulação, onde são adicionados coagulantes químicos capazes de neutralizar as partículas coloidais. Em seguida, na floculação, essas partículas se agregam formando flocos maiores, que são removidos na etapa de decantação por sedimentação gravitacional. “A sedimentação pode ser conseguida em canais, se lhe aumentar a seção sem aumentar o volume de água” (FUNASA, 4ª ed., 2007, p. 87). Após a remoção dos flocos sedimentados, a água segue para a filtração, etapa em que passa por leitos filtrantes, geralmente compostos por areia e carvão antracitoso, que retêm impurezas menores. Por fim, ocorre a desinfecção, normalmente com cloro ou derivados, eliminando microrganismos que possam causar doenças de veiculação hídrica.

Dependendo do tipo de manancial ou da complexidade local, outras unidades podem ser incorporadas, como floto-filtração, ozonização, carbonatação ou filtração em membranas. De acordo com Tsutiya (1999, p. 245), a escolha do modelo de ETA e de suas operações deve considerar fatores como qualidade da água bruta, demanda populacional, localização da estação, eficiência operacional e custo energético. Na figura 13 é apresentado a ETA do município de Santana, localizado em um bairro cujo a localização está próxima a região central da cidade.

Figura 13 – Visão aérea da ETA de Santana localizada no bairro Nova Brasília.



Fonte: Grupo Equatorial (2025).

2.6.6 Estação Elevatória de Água Tratada

Após o tratamento da água, ela é transportada através da Estação Elevatória de Água Tratada (EEAT) que tem o funcionamento similar ao da EEAB, com a diferença de que uma transporta água bruta e outra transporta água tratada. Esse transporte é feito através de um conjunto de bombas e equipamentos que são destinados a pressurizar a água, que será encaminhada até um local de armazenamento (FUNASA, 4^a ed., 2007, p. 119).

2.6.7 Reservatórios

De acordo com Neves (2007), os reservatórios garantem o fornecimento de água sem interrupção, prevenindo possíveis avarias nos sistemas de alimentação através do equilíbrio das pressões existentes na rede de distribuição, além de garantir também a eficiência das estações elevatórias de água tratada.

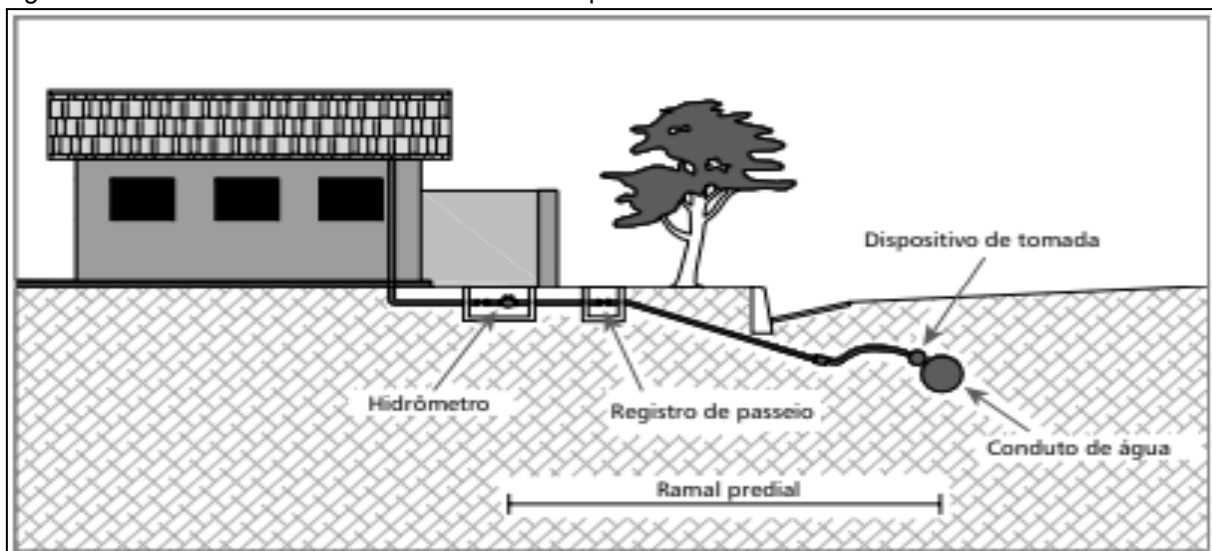
2.6.8 Redes de distribuição de água

De acordo com a NBR 12218 (ABNT, 2017), a rede de distribuição se trata de “parte do sistema de abastecimento formada de tubulações e órgãos acessórios, destinada a colocar água potável à disposição dos consumidores, de forma contínua, em quantidade e pressão recomendadas”

2.6.9 Ramais domiciliares

Um ramal domiciliar, ou ramal predial, pode ser conceituado como o trecho de tubulação hidráulica que liga a rede pública de distribuição até o ponto de medição ou entrada da edificação. Segundo o Ministério da Saúde (2006, p. 73), ramal predial é a tubulação compreendida entre o colar de tomada e o cavalete, este último corresponde ao conjunto de tubos, conexões e registro onde se instala o hidrômetro para medição do consumo domiciliar, como representado na figura 14 a seguir.

Figura 14 – Elementos constituintes de um ramal predial.



Fonte: Barros (1995).

No Brasil, segundo o ministério da saúde, os tipos de instalações prediais mais utilizados são os sistemas de distribuição, sistemas de distribuição indireta, e sistema de distribuição mistos.

2.6.9.1 Sistemas de distribuição direta

Em sistemas de distribuição direta, “a instalação predial é diretamente abastecida pela rede de distribuição de água da rua” (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006, p.73).

2.6.9.2 Sistemas de distribuição indireta

Nos sistemas de distribuição indireta, “a rede de distribuição de água abastece os reservatórios prediais (caixas d’água) e esses, por sua vez, o sistema predial de água” (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006, p.73). A adução até o reservatório residencial pode ser feita através da própria pressão da rede ou através de bombas.

2.6.9.3 Sistemas de distribuição mista

Em sistemas de distribuição mista, alguns pontos de utilização do prédio podem ser abastecidos diretamente da rede de distribuição, tais como as torneiras da garagem ou da cozinha, ou podem ser abastecidos pelo reservatório do próprio prédio, como chuveiros, torneiras ou vaso sanitário (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006, p.73).

2.7 Equipamentos hidráulicos comumente encontrados em redes de distribuição

Para projeto da rede de distribuição “deve ser previsto a instalação de registros de manobra, registros de descarga, ventosas, hidrantes e válvulas redutoras de pressão” (FUNASA, 4ª ed., 2007, p. 81). A seguir será apresentado no Quadro 2 os principais equipamentos hidráulicos utilizados em redes de distribuição e suas funções.

Quadro 2 – Lista dos principais equipamentos utilizados em redes de distribuição.

ITEM	DESCRIÇÃO	FUNÇÃO
1	Registros de manobra	Bloqueia ou libera o fluxo de água para realizar manutenção, inspeção ou substituição de componentes em tubulações. (Ex.: Registro de gaveta).
2	Registros de descarga	Mantêm a vazão estável e controlada em trechos estratégicos.
3	Ventosas	Removem ar acumulado na rede e evitam vácuo, garantindo estabilidade hidráulica.
4	Hidrantes	Utilizados principalmente para combate a incêndios e descargas na rede.
5	Válvulas redutoras de pressão	Controlam e reduzem a pressão em zonas específicas na rede.
6	Válvulas de retenção	Evitam o fluxo da água, protegendo bombas e tubulações.
8	Caixas de inspeção e poços de visita	Permitem o acesso à rede para manutenção.
9	Medidores de vazão	Monitoram o fluxo de água em adutoras e redes principais.
10	Hidrômetros domiciliares e industriais	Medem o consumo de água dos usuários.
11	Conexões	Permitem mudanças de direção, mudança no diâmetro e ligação entre tubulações.
12	Descargas de fundo e válvulas de limpeza	Usadas para esvaziar trechos da tubulação e remover sedimentos.
13	Bombas	Elevam a pressão em regiões altas ou distantes do reservatório.
14	Tubulações	Abastecem pontos de consumo. Se dividem em: conduto principal, que são tubulações que possuem maior diâmetro e abastecem os condutos secundários e; conduto secundário que abastecem os pontos de consumo.

Fontes: FUNASA (2007, p.81) / SANEAGO (2023, p. 8)

Dentre os materiais das tubulações e conexões estão o PVC linha soldável, PVC linha Ponta-Bolsa-Anel (PBA) e vinilfer (DEFoFo), ferro fundido dúctil revestido internamente com argamassa de cimento e areia, aço, Polietileno de Alta Densidade (PEAD) e fibra de vidro. No município de Santana, de acordo com informações de funcionários da própria concessionária, as tubulações que abastecem o município são de PVC, com exceção do bairro Vila Amazonas que ainda possui instalações de ferro fundido, comumente utilizado no Brasil no início dos serviços de abastecimento de água.

2.8 Profundidade para tubulações da rede de distribuição

A profundidade de assentamento das tubulações de redes de distribuição de água é um fator essencial para a segurança, durabilidade e desempenho hidráulico do sistema. De acordo com a ABNT NBR 12218:2017, a profundidade deve ser suficiente para proteger as tubulações contra cargas externas, variações térmicas, ações mecânicas e interferências superficiais, como tráfego de veículos e obras urbanas. Para isso, ela deve obedecer os seguintes valores apresentados no quadro 3 para profundidade mínima de acordo com a NBR 17015/2023 (ABNT, 2023).

Quadro 3 - Profundidade mínima por tipo de pavimento.

TIPO DE REDE	PROFUNDIDADE MÍNIMA
Rede pública sob passeio	0,70m
Rede pública sob via pavimentada ou com greide definido por meio-fio e sarjeta	1,00m
Rede pública sob via de terra ou com greide indefinido	1,20m

Fontes: Adaptado de ABNT (2023).

A ABNT NBR 12218:2017 não fixa um valor único de profundidade máxima, porém recomenda que profundidades excessivas sejam evitadas, uma vez que dificultam a manutenção, aumentam os custos de implantação e podem elevar os esforços sobre as tubulações. Em práticas correntes de engenharia, profundidades superiores a 2,0 m são consideradas desfavoráveis e devem ser adotadas apenas quando justificadas por interferências urbanas, topografia ou exigências específicas

do projeto (TSUTIYA, 1999). Além disso, a norma também alerta sobre a profundidade em relação às tubulações de esgoto, no qual a tubulação da rede deve sempre estar a um nível superior à tubulações de esgoto.

Em regiões com solos argilosos, saturados ou sujeitos a recalques diferenciais (como ocorre em grande parte da região amazônica), a profundidade deve ser cuidadosamente analisada. Conforme destaca a FUNASA (4ª ed., 2007), solos de baixa capacidade de suporte exigem atenção especial quanto ao berço de assentamento e à profundidade, de modo a evitar deslocamentos, deformações e rompimentos das tubulações.

2.9 Pressões mínimas e máximas nas redes de distribuição

O controle das pressões hidráulicas é determinante para o bom funcionamento da rede. A ABNT NBR 12218:2017 estabelece que a pressão dinâmica mínima nos pontos de consumo deve ser de 100 kPa que equivale a aproximadamente 10,19 metros de coluna d'água (m.c.a.), valor necessário para garantir o abastecimento adequado das edificações.

Quanto às pressões máximas, a norma recomenda que não ultrapassem 500 kPa que equivale aproximadamente 50,96 m.c.a., a fim de evitar sobrepressões que possam causar rompimentos, vazamentos e redução da vida útil dos materiais. Pressões excessivas estão diretamente associadas ao aumento de perdas reais, especialmente em redes antigas ou com materiais de menor resistência (TSUTIYA, 1999).

2.10 Desafios específicos nas instalações hidráulicas da rede urbana em Santana

Dado o contexto de cobertura reduzida do abastecimento público, assim como da infraestrutura de esgotamento sanitário ainda incipiente, os projetistas em Santana enfrentam desafios distintos como visto nos grandes centros urbanos. Dessa maneira, se vê importante considerar as seguintes situações.

2.10.1 Incompatibilidade entre os ramais prediais e os sistemas externos

Devido ao contexto social e de desenvolvimento urbano de Santana, por vezes há incompatibilidade com os sistemas externos, ou seja, entre a rede de distribuição da concessionária e os ramais prediais. Nesses casos pode haver baixa pressão ou variabilidade de fornecimento devido a falhas na obra de assentamento, má qualidade dos materiais utilizados, falta de treinamento dos operadores ou devido à idade da rede, resultando em vazamentos no ramal predial ou danificando as tubulações, levando à transtornos para o consumidor e para a concessionária.

No projeto do alimentador predial deve-se considerar o valor máximo e o valor mínimo da pressão da água proveniente da fonte de abastecimento. O alimentador predial deve possuir resistência mecânica adequada para suportar a pressão máxima e deve possuir capacidade de vazão suficiente para abastecer o reservatório de consumo [...] considerando a pressão mínima. Os componentes do alimentador predial devem apresentar funcionamento adequado quando submetidos a essas pressões mínima e máxima, particularmente no tocante à geração de ruídos e vibrações. As pressões mínimas e máximas, quando provenientes da rede pública de abastecimento de água, são informadas pela concessionária (ABNT, 2020, p. 13-14).

2.10.2 Mão de obra qualificada

A carência de mão de obra especializada é um dos maiores desafios para a execução adequada de instalações prediais na região. A qualificação técnica dos profissionais envolvidos diretamente nos serviços é determinante para evitar falhas de execução e patologias em sistemas hidráulicos (HELLER; PÁDUA, 2010, p. 577). No município de Santana, essa dificuldade se agrava pela limitada oferta de cursos profissionalizantes voltados especificamente para instalações prediais e pela rotatividade dos trabalhadores, o que compromete a uniformidade dos serviços.

A ausência de capacitação resulta em problemas como conexões mal executadas, escolhas inadequadas de materiais e baixa conformidade com as normas técnicas. “Os operadores precisam ser treinados sobre instrumentação, uso de programas de computadores específicos e calibragem de aparelhos de monitoração, que podem ser sofisticados” (HELLER; PÁDUA, 2010, p. 577).

2.10.3 Interrupção temporária das vias públicas para manutenção

Outro desafio relevante refere-se à necessidade de intervir em vias urbanas para realizar reparos ou manutenções. No município de Santana isso se mostra um problema principalmente nos bairros próximos ao centro comercial, devido ao grande fluxo de veículos, tanto veículos leves quanto veículos de carga que transportam mercadorias descarregadas dos portos (COSTA; SOUZA; NETO, 2017).

De acordo com a NBR 12218 (ABNT, 2017), redes de distribuição mal planejadas tendem a exigir intervenções frequentes, causando transtornos à mobilidade urbana e à operação de serviços públicos. Em bairros de Santana com infraestruturas antigas é comum que a manutenção predial interfira diretamente no trânsito local. Essas interrupções tornam o processo mais lento, oneroso e vulnerável às condições climáticas, típicas da região amazônica, como chuvas intensas que dificultam a recomposição do pavimento.

Devido alguns bairros também estarem localizadas em regiões aterradas, há o desafio de realizar as devidas manutenções em razão da inconsistência do solo, que “são constituídos predominantemente de argilas e silte” (VALENTE; OLIVEIRA; RODRIGUES; SANTOS; CARDOSO, 1998, p. 9).

2.10.4 Singularidades devido a natureza do solo da região

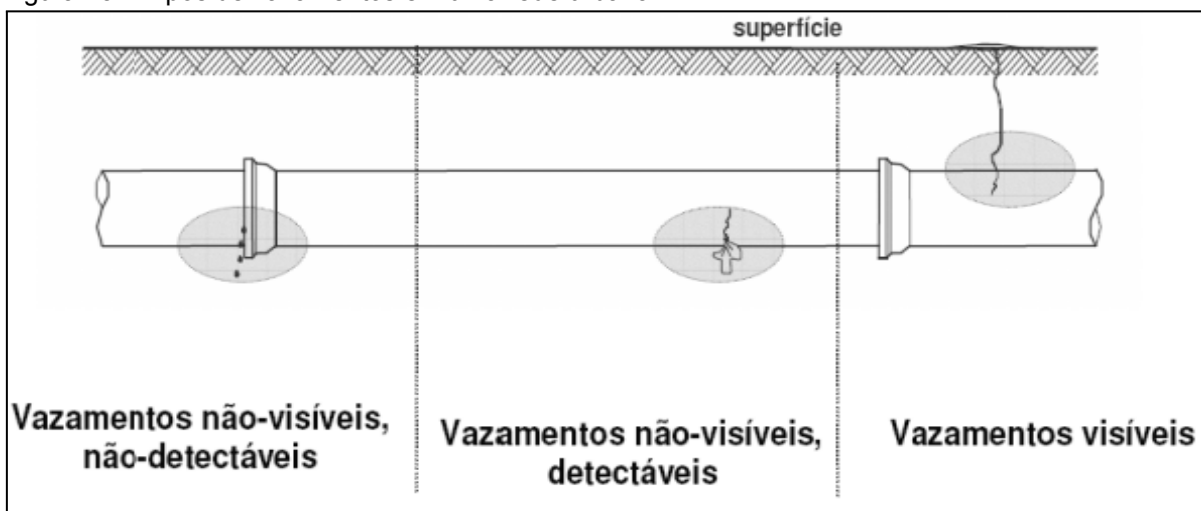
As características geológicas e hidrológicas da região amazônica representam um fator crítico para instalações prediais em Santana. O município apresenta áreas com solos alagadiços, presença de argila orgânica e elevada umidade (IBGE, 2019). Esses solos favorecem recalques diferenciais, deslocamento de tubulações, rompimentos por movimentação do terreno e infiltrações ascendentes.

2.11 Tipos de vazamentos em instalações hidráulicas de redes urbanas e as principais causas

No âmbito urbano, os vazamentos nas tubulações afetam diretamente o cotidiano da população, causando transtornos nas vias de tráfego constante. Os vazamentos que podem ser identificados são classificados em três categorias

posteriormente representadas na figura 15: vazamentos não-visíveis, não detectáveis; vazamentos não-visíveis, detectáveis e; vazamentos visíveis (SABESP, 2003).

Figura 15 – Tipos de vazamentos em uma rede urbana.



Fonte: SABESP (2003).

2.11.1 Vazamentos não visíveis, não detectáveis

Os vazamentos inerentes ou não visíveis são vazamentos que não podem ser detectados por equipamentos de detecção acústica (SABESP, 2003). São uma parcela significativa das perdas reais das redes de distribuição de água. Por não serem detectáveis com aparelhos acústicos, se vê necessário a aplicação de cultura de vistorias regulares nas tubulações e medição dos hidrômetros interligados na rede para identificação de possíveis perdas, além da utilização de aparelhos mais sofisticados para a sua detecção.

2.11.2 Vazamentos não visíveis, detectáveis

Há uma classificação de vazamentos não visíveis, ou seja, que não afloram na superfície, que podem ser identificados por métodos acústicos de pesquisa. Eles podem ocorrer por conta de mão de obra incorreta, baixa qualidade dos materiais, manipulação inadequada dos materiais, pressões excessivas, corrosão das tubulações, vibração e sobrecargas devido ao tráfego, condições ambientais críticas e falta de manutenção (SABESP, 2003).

2.11.3 Vazamentos visíveis

Aflorantes à superfície, ou seja, são facilmente identificados à vista, não necessitando de equipamentos sofisticados para a sua detecção (SABESP, 2003). Geralmente são identificados pela própria população, o qual informa a concessionária sobre o problema.

2.12 Métodos para identificação de vazamentos em redes de distribuição

A identificação de vazamentos em redes de distribuição de água é uma etapa fundamental no gerenciamento eficiente dos sistemas de abastecimento, tanto para reduzir perdas físicas quanto para melhorar a regularidade do fornecimento. De acordo com a NBR 12218 (ABNT, 2017), o monitoramento contínuo das redes e a detecção precoce de falhas estruturais são práticas indispensáveis para garantir o desempenho hidráulico e operacional do sistema. Os métodos utilizados podem ser classificados em métodos visuais e inspeção em campo, detecção de vazamentos através de sensores de detecção acústica e utilização de medidores de vazão e pressão, variando conforme o tipo de rede, materiais das tubulações, profundidade de instalação, solo e pressão de operação.

2.12.1 Métodos visuais e inspeção em campo

Os métodos mais simples e amplamente empregados envolvem a inspeção visual da superfície do solo, pavimentação e estruturas próximas às tubulações. Índícios como umidade constante, erosões, pavimento afundado, presença de vegetação atípica, ruído de escoamento ou jorros de água evidenciam rupturas e vazamentos visíveis.

No caso do município de Santana, conforme observado nas visitas de campo realizadas nos bairros Remédios, Provedor e Hospitalidade, esses métodos foram essenciais para identificar patologias recorrentes nas juntas e conexões de PVC.

2.12.2 Detecção de vazamentos através de sensores de detecção acústica

Para a detecção acústica são utilizados aparelhos, como o geofone e o hidrofone, para a identificação de vazamentos. Esses equipamentos utilizam algoritmos que consideram a velocidade do som no material da tubulação e a distância entre os sensores. O geofone é um dos equipamentos mais utilizados no setor de saneamento. Ao aproximar o sensor do solo, o técnico identifica mudanças na frequência sonora que indicam a presença e a localização aproximada do vazamento, sem necessitar danificar o local para localizar o problema. Para que a detecção não seja afetada por ruídos não relacionados à tubulação, recomenda-se efetuar o serviço em horários de pouco movimento.

2.12.3 Medidores de vazão e pressão

A análise de indicadores como queda abrupta de pressão, vazões atípicas e desbalanceamento entre entrada e saída de setores da rede permite identificar trechos críticos.

A setorização da rede, conforme recomendada pela NBR 12218 (2017), facilita a detecção ao dividir o sistema em Distritos de Medição e Controle (DMC), onde as perdas são monitoradas individualmente para uma gestão mais eficiente. O método consiste em isolar setores da rede e aplicar pressão gradualmente, observando o comportamento do sistema. Quedas acentuadas ou incapacidade de manter pressão indicam a presença de vazamentos. Este método é útil em áreas onde as tubulações estão enterradas profundamente ou onde não é possível realizar escavações imediatas.

Os instrumentos que são utilizados para a realização dos serviços de medição de vazão são os hidrômetros e para os serviços de medição de pressão são os manômetros e transmissores de pressão.

3 PLANEJAMENTO DA PESQUISA

3.1 Caracterização do objeto de estudo

Para o estudo foi escolhido o município de Santana devido à frequência de relatos de vazamentos hidráulicos e à facilidade de obtenção de dados devido a um dos pesquisadores ser colaborador da concessionária de saneamento do estado do Amapá. Assim, busca-se apresentar à CSA e à população local as causas e consequências desses vazamentos encontrados a partir de visitas à região e perfurações no solo realizados pela companhia de saneamento do Amapá

3.2 Método da pesquisa

Esta pesquisa se caracteriza como pesquisa de campo, com abordagem quantitativa, a qual realizar-se-á no município de Santana no estado do Amapá, focada nos vazamentos das redes de distribuição de água dos bairros Hospitalidade, Provedor e Remédios. Este estudo visa identificar e explicar as manifestações patológicas e buscar soluções para os problemas identificados, utilizando referenciais teóricos de livros, artigos e normas brasileiras.

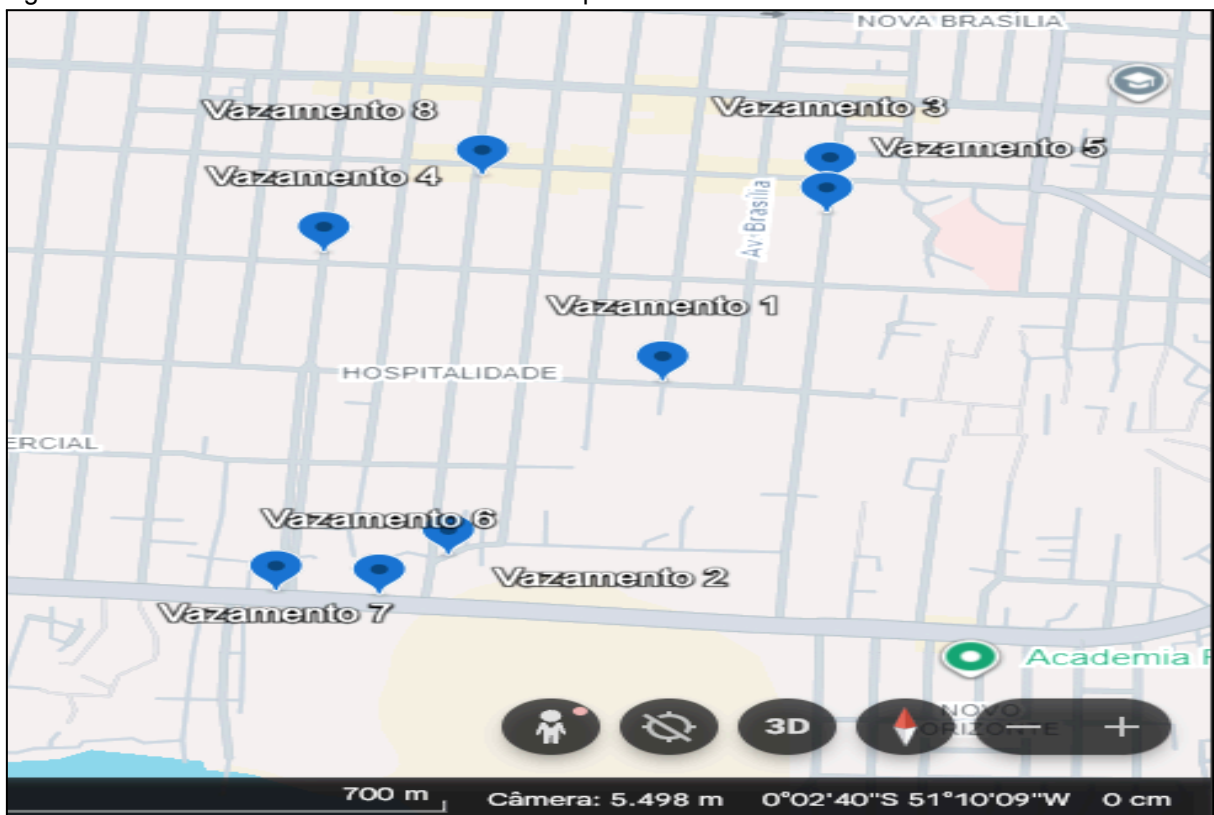
Para o estudo foi escolhido o município de Santana devido à frequência de relatos de vazamentos hidráulicos e à facilidade de obtenção de dados devido a um dos pesquisadores ser um colaborador da CSA. Assim, busca-se apresentar à CSA e à população local as causas e consequências desses vazamentos encontrados a partir de visitas à região e perfurações no solo realizados pela CSA. Fotos foram registradas a partir do aplicativo *Timestamp Camera* para identificar a posição geográfica em tempo real e o horário do registro. Esses registros foram realizados no período de 08 de maio até 16 de dezembro de 2025.

As fotos registradas foram analisadas, sendo então feita a identificação das patologias, utilizando como base o que foi apresentado no referencial teórico. Para a análise dos resultados, foi feita uma planilha descrevendo o problema, o tipo de vazamento encontrado e a principal causa. Além disso, foi feita a medição de pressão próximo aos focos de vazamento para identificar a pressão da tubulação no local. Com as informações em planilha, foi feito um gráfico analítico com a frequência em que cada vazamento era identificado.

3.2.1 Vazamentos identificados no bairro Hospitalidade

No bairro Hospitalidade foi identificado no total 8 focos de vazamentos na rede de distribuição, sendo estas localizadas em zonas de interesse portuário e zonas de média e alta densidade comercial e populacional (COSTA; SOUZA; NETO, 2017) Na figura 16 está representado os pontos de vazamentos no bairro Hospitalidade e suas localizações.

Figura 16 – Pontos de vazamentos no bairro Hospitalidade.



Fonte: Google Earth (2025).

Desta forma obteve-se os seguintes dados apresentados no quadro 4.

Quadro 4 – Vazamentos do bairro Hospitalidade.

VAZAMENTO	DESCRIÇÃO	TIPO DE VAZAMENTO	CAUSA
1	Vazamento em tubo PVC 60mm	Visível	Rede com baixa profundidade <0,70m
2	Vazamento em ramal PVC 20mm	Visível	Ramal com baixa profundidade <0,70m

3	Vazamento na rede 300mm DEFoFo em registro danificado	Visível	Instalação inadequada do registro (falta de ancoragem)
4	Vazamento na rede 200mm DEFoFo	Visível	Rede com baixa profundidade <1,00m
5	Vazamento na rede 300mm DEFoFo	Visível	Rede com reaterro inadequado (falta da "cama de areia" para rede)
6	Vazamento em tubo PVC 85mm	Visível	Empresa de posteamento terceirizada perfurou a rede
7	Vazamento em tubo PVC 85mm	Visível	Empresa de posteamento terceirizada perfurou a rede
8	Vazamento em ramal PVC 20mm	Visível	Ramal com baixa profundidade <0,70m

Fonte: Elaboração própria (2025).

A seguir no quadro 5 será destacado as imagens das ocorrências de vazamentos.

Quadro 5 – Relatório fotográfico do bairro Hospitalidade.



Vazamento 1



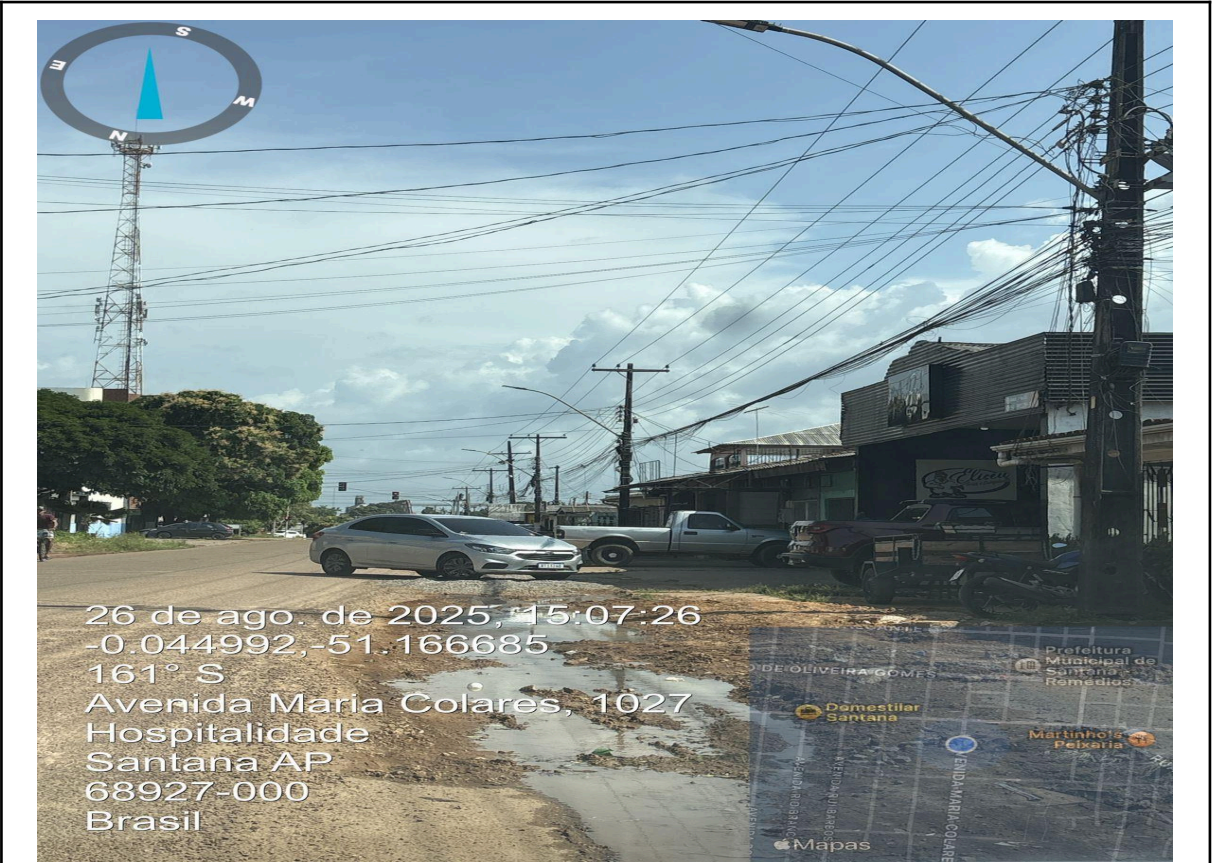
Vazamento 2



Vazamento 3



Vazamento 4



Vazamento 5



Vazamento 6



Vazamento 7



Vazamento 8

Fonte: Elaboração própria (2025).

Para melhor precisão dos resultados, consultou-se a pressão das tubulações através de um manômetro de pressão classe B ABNT para posterior comparação com a recomendação NBR 12218:2017. Através do equipamento obteve-se as seguintes pressões medidas em m.c.a. apresentadas no quadro 6.



Quadro 6 – Pressões do bairro Hospitalidade.



PONTO	PRESSÃO (m.c.a)
1	9,0
2	8,5
3	6,00
4	12,5

Fonte: Elaboração própria (2025).

No quadro 7 estão os registros fotográficos das pressões identificadas.

Quadro 7 – Relatório fotográfico das pressões do bairro Hospitalidade.

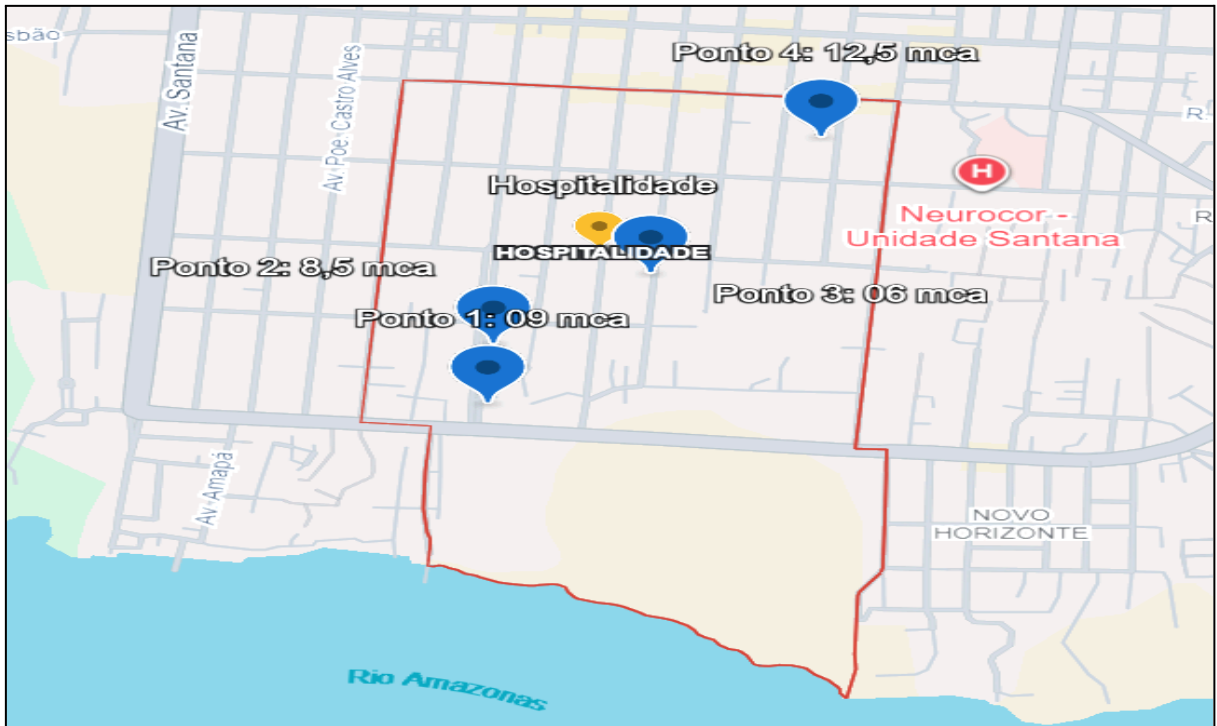
PONTO	REGISTRO FOTOGRÁFICO
1	 <p>11 de dez. de 2025, 10:34:23 -0.053546,-51.173703 53° NE Avenida Princesa Isabel, 70 Hospitalidade Santana AP 68928-006 Brasil</p>
2	 <p>11 de dez. de 2025, 10:56:07 -0.051384,-51.173665 338° N Avenida Princesa Isabel, 290 Hospitalidade Santana AP 68928-006 Brasil</p>

3	 <p>11 de dez. de 2025, 11:02:15 -0.049236,-51.170868 309° NW Avenida Rio Branco, 557 Hospitalidade Santana AP 68925-201 Brasil</p>
4	 <p>11 de dez. de 2025, 11:15:01 -0.045193,-51.167573 105° E Avenida Brasília, 965 Hospitalidade Santana AP 68927-441 Brasil</p>

Fonte: Elaboração própria (2025).

Na figura 17 a seguir é possível visualizar essas pressões encontradas no mapa.

Figura 17 – Pressões no bairro Hospitalidade.

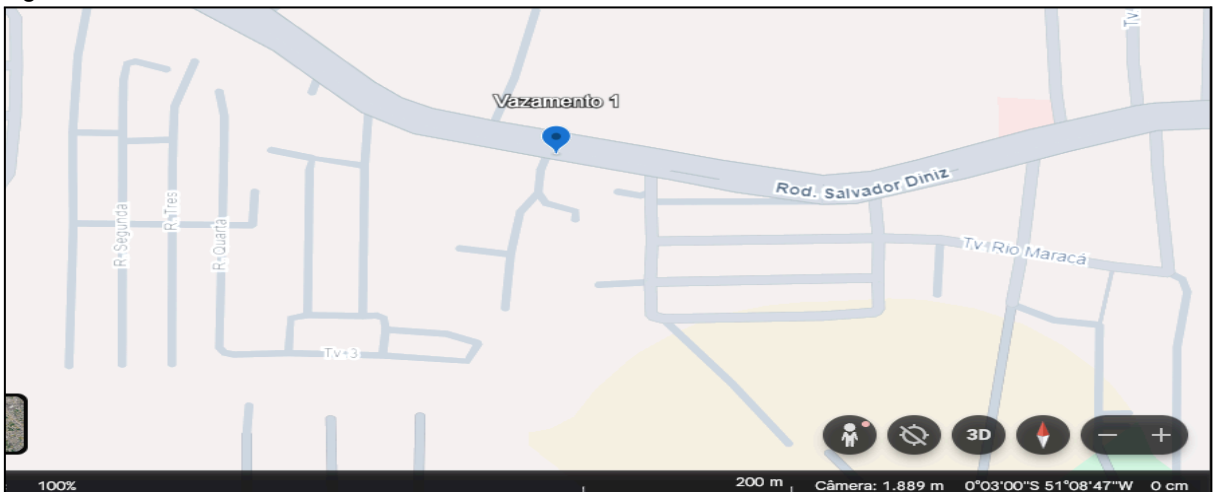


Fonte: Google Earth (2025).

3.2.2 Vazamentos identificados no bairro Provedor

No bairro Provedor foi identificado no total 1 foco de vazamento na rede de distribuição, sendo esta localizada em zona residencial de baixa densidade (COSTA; SOUZA; NETO, 2017). Na figura 18 a seguir é mostrado sua localização e no quadro 8 foi discernido:

Figura 18 – Ponto de vazamento no bairro Provedor.



Fonte: Google earth (2025).

Quadro 8 – Vazamentos no bairro Provedor.

VAZAMENTO	DESCRIÇÃO	TIPO DE VAZAMENTO	CAUSA
1	Vazamento em tubo PEAD 63mm	Visível	Rede com baixa profundidade <0,70m

Fonte: Elaboração própria (2025).

A seguir, no quadro 09, é destacado as imagens das ocorrências de vazamentos.

Quadro 09 – Relatório fotográfico do bairro Provedor.





Fonte: Autoria própria (2025).

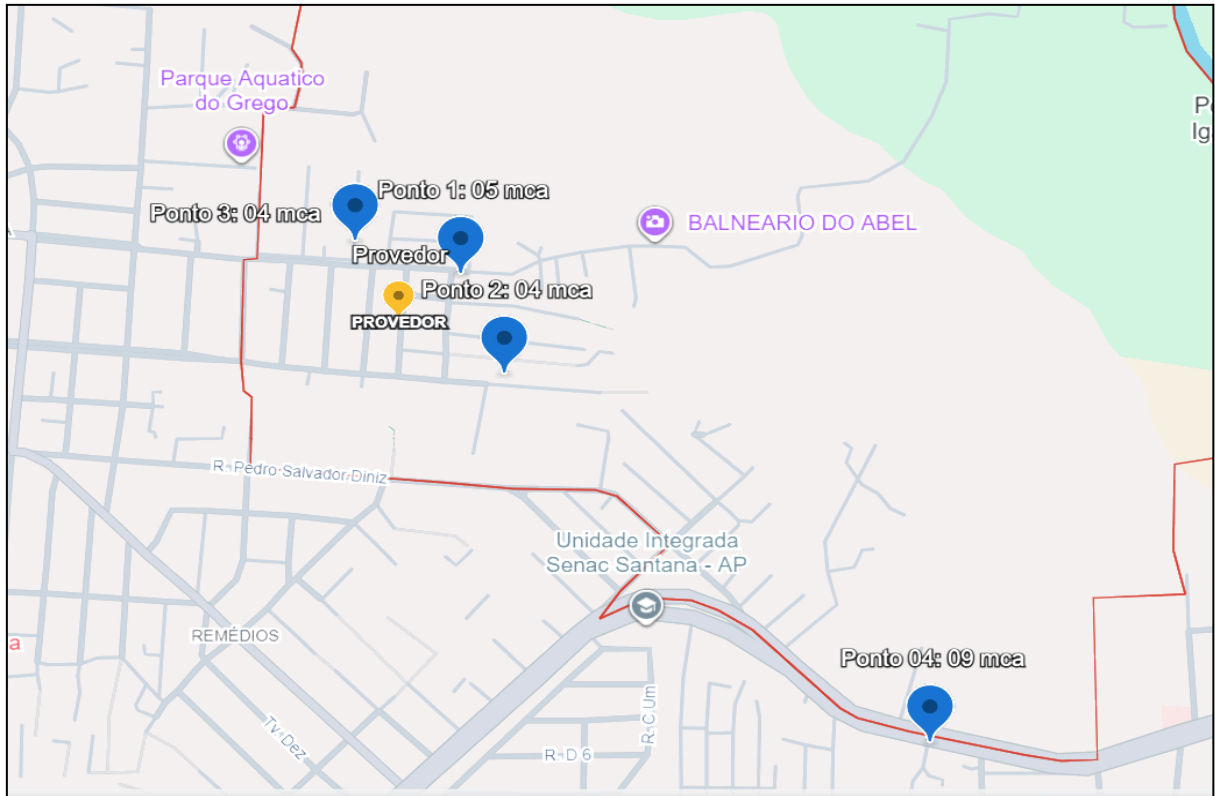
No quadro 09 acima é possível identificar um ponto de vazamento no bairro. E no quadro 10 a seguir obteve-se as pressões do mesmo e, para melhor visualização, tem-se as pressões locadas na figura 19 adiante.

Quadro 10 – Pressões do bairro Provedor.

LOCAL	PRESSÃO (m.c.a)
1	5,0
2	4,0
3	4,0
4	9,0

Fonte: Elaboração própria (2025).



Figura 19 – Pressões no bairro Provedor.





Fonte: Google Earth (2025).

No quadro 11 estão os registros fotográficos das pressões identificadas no bairro Provedor.

Quadro 11 – Relatório fotográfico das pressões do bairro Provedor.

PONTO	REGISTRO FOTOGRÁFICO
1	 <p>15 de dez. de 2025, 15:13:11 -0.041097,-51.156678 198° S Rua Adalvaro Cavalcante, 2256 Provedor Santana AP 68927-290 Brasil</p>
2	 <p>15 de dez. de 2025, 15:38:22 -0.042934,-51.155980 38° NE Rua General Ubaldo Figueira, 2185 Provedor Santana AP 68925-186 Brasil</p>

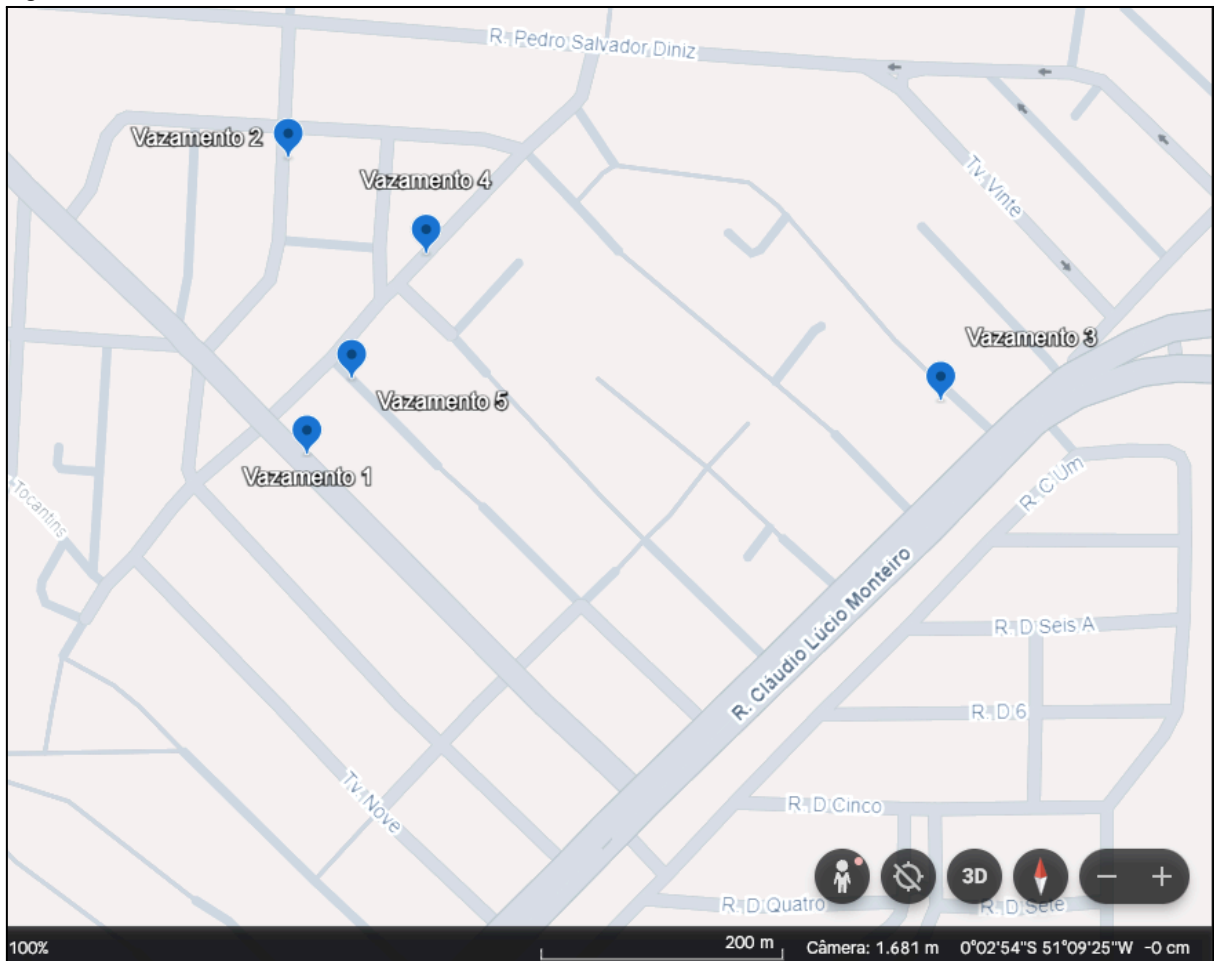
3	 <p>15 de dez. de 2025, 16:05:07 -0.040555,-51.158351 126° SE Travessa L-01, 44 Provedor Santana AP 68927-408 Brasil</p>
4	 <p>16 de dez. de 2025, 09:25:21 -0.049461,-51.149029 190° S Rodovia Salvador Diniz Vila Amazonas Santana AP 68927-027 Brasil</p>

Fonte: Elaboração própria (2025).

3.2.3 Vazamentos identificados no bairro Remédios

No bairro Remédios foi identificado no total 5 focos de vazamentos na rede de distribuição, sendo estas localizadas em zonas mistas (comercial e residencial) de baixa e média densidade (COSTA; SOUZA; NETO, 2017) como identificado na figura 20.

Figura 20 – Pontos de vazamentos no bairro Remédios.



Fonte: Google Earth (2025).

No quadro 12 a seguir é mostrado a coleta desses dados em campo e suas identificações quanto ao tipo e causa do vazamento.

Quadro 12 – Vazamentos no bairro Remédios.

VAZAMENTO	DESCRIÇÃO	TIPO DE VAZAMENTO	CAUSA
1	Vazamento na rede 200mm DEFoFo	Visível	Instalação inadequada do tubo (falta de ancoragem)
2	Vazamento no colar da rede de 60mm PVC	Visível	Movimentação do aterro devido fluxo de veículos
3	Vazamento na rede 63mm PEAD	Visível	Vazamento devido maquinário da prefeitura
4	Vazamento em tubo PVC 60mm	Visível	Colar danificado
5	Vazamento em tubo PVC 60mm	Visível	Colar danificado

Fonte: Elaboração própria (2025).

A seguir, no quadro 13, é destacado as imagens das ocorrências de vazamentos.

Quadro 13 – Relatório fotográfico do bairro Remédios.



Vazamento 1



Vazamento 2



Vazamento 3



Vazamento 4



Vazamento 5

Fonte: Elaboração própria (2025).

Para melhor precisão dos resultados, consultou-se a pressão das tubulações através de um manômetro de pressão classe B ABNT para posterior comparação com a recomendação NBR 12218:2017. Através do equipamento obteve-se as seguintes pressões medidas em m.c.a. apresentadas no quadro 14.

Quadro 14 – Pressões do bairro Remédios.

LOCAL	PRESSÃO (m.c.a)
1	8,00
2	6,00
3	7,00
4	5,00

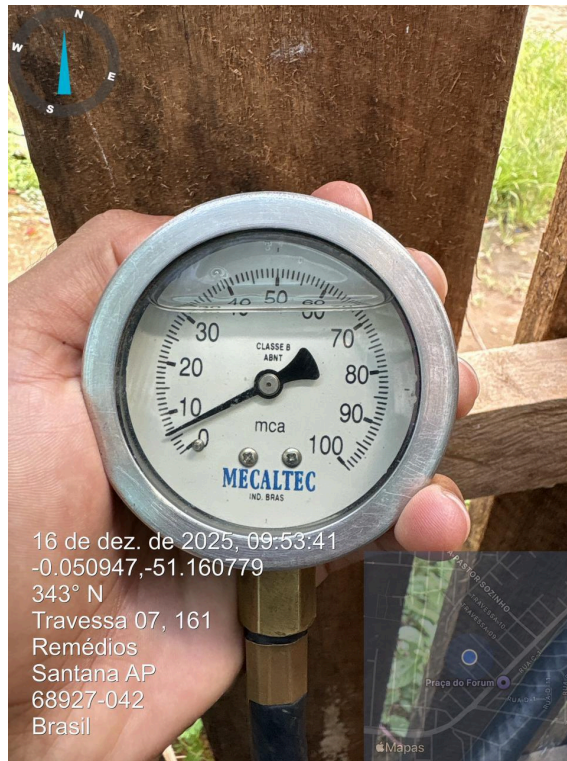
Fonte: Elaboração própria (2025).

No quadro 15 estão os registros fotográficos das pressões identificadas.

Quadro 15 – Relatório fotográfico das pressões do bairro Remédios.

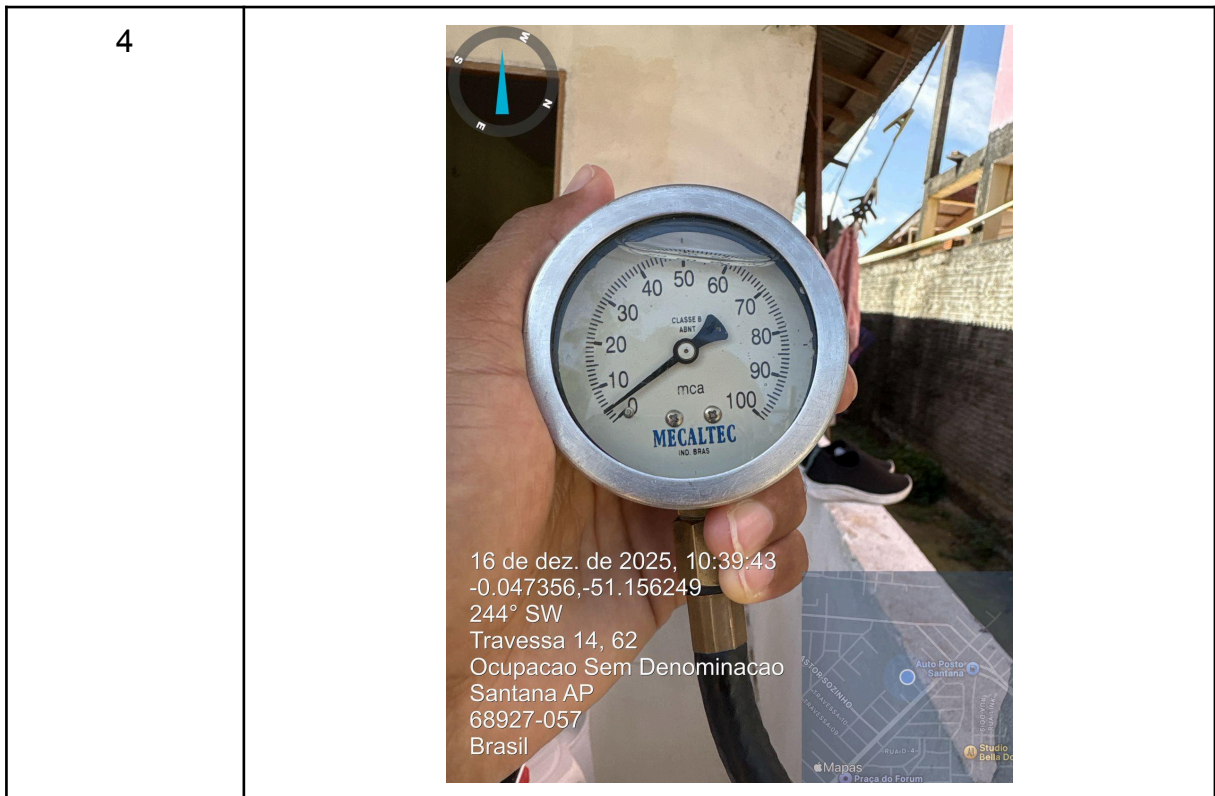
PONTO	REGISTRO FOTOGRÁFICO
1	

2



3

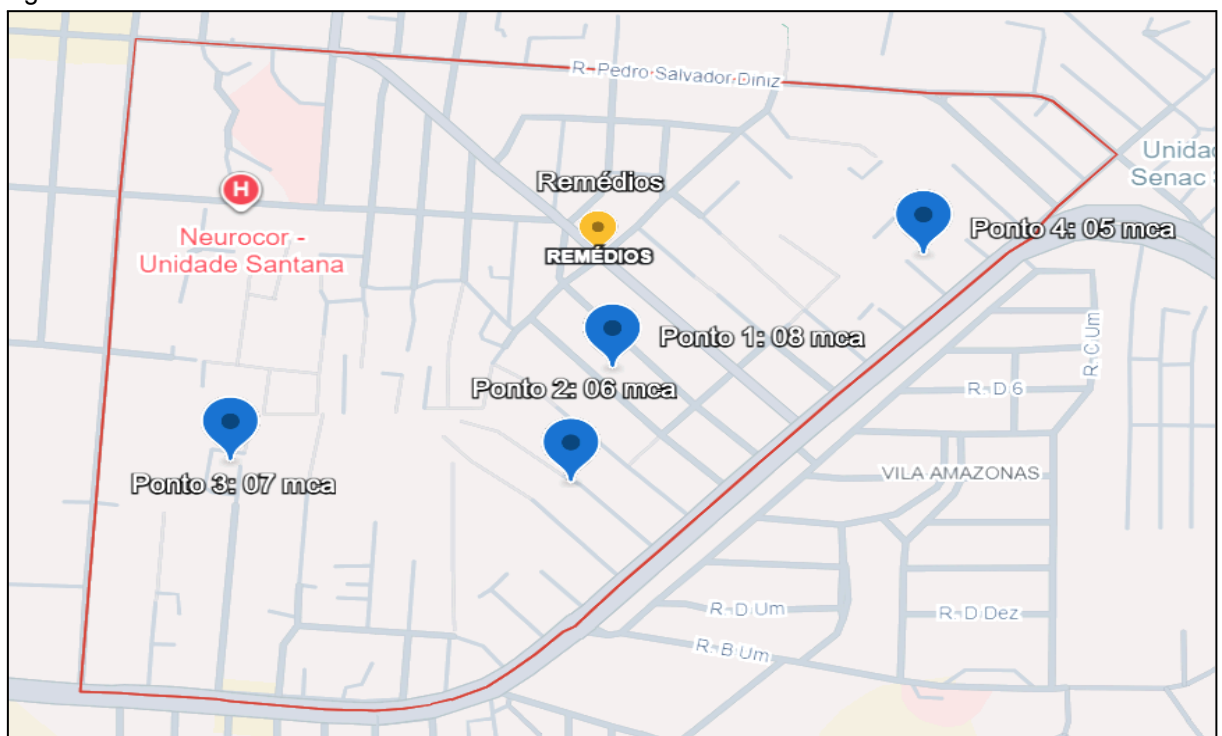




Fonte: Elaboração própria (2025).

Na figura 21 a seguir é possível visualizar essas pressões encontradas no mapa.

Figura 21 – Pressões no bairro Remédios.



Fonte: Google Earth (2025).

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

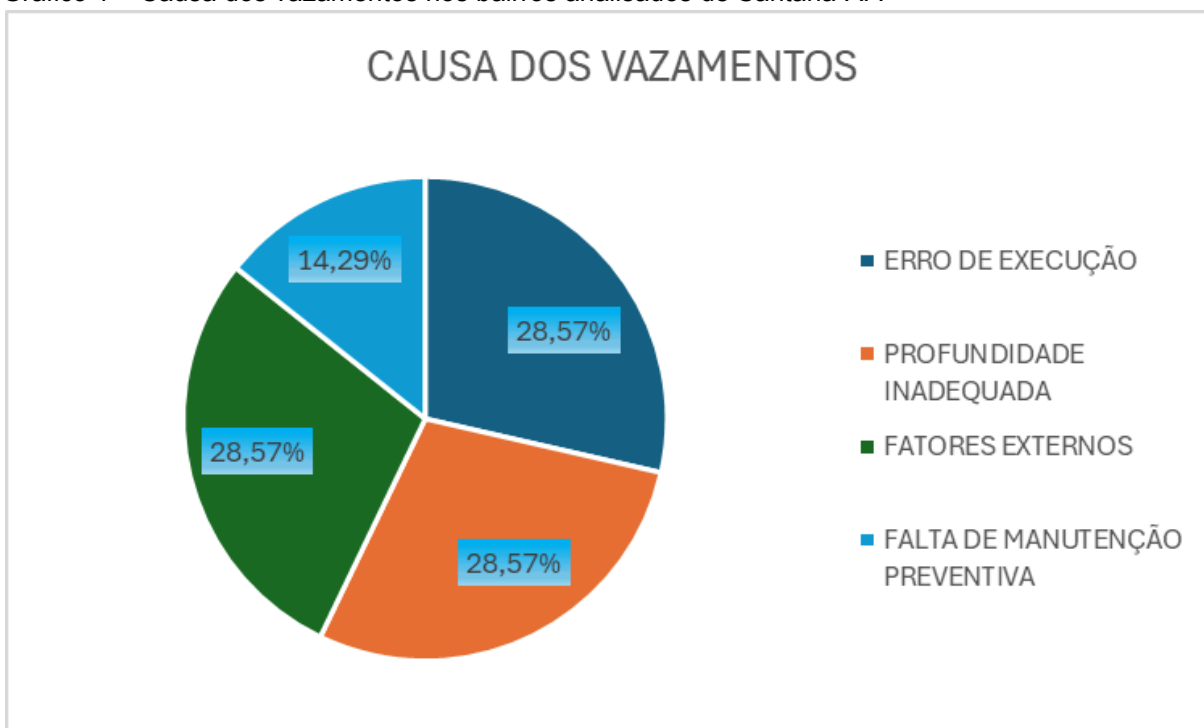
A análise dos resultados permite identificar com clareza as incidências dos vazamentos e seus motivos nos bairros Hospitalidade, Provedor e Remédios escolhidos para esta pesquisa na cidade de Santana-AP. Na tabela 2 a seguir identifica-se as causas encontradas em campo sendo que nos bairros Remédios, Provedor e Hospitalidade foram encontrados uma frequência de 14 vazamentos no total e destes 4 foram erro de execução (28,57%); 4 por profundidade inadequada (28,57%); 4 por fatores externos (28,57%); e 2 por falta de manutenção preventiva (14,29%) (Gráfico 1).

Tabela 2 – Identificação das causas de vazamentos e suas ocorrências.

ITEM	DESCRIÇÃO	FREQUÊNCIA
1	Erro de execução	4
2	Profundidade inadequada	4
3	Fatores externos	4
4	Falta de manutenção preventiva	2

Fonte: Elaboração própria (2025).

Gráfico 1 – Causa dos vazamentos nos bairros analisados de Santana-AP.



Fonte: Elaboração própria (2025).

4.1 Vazamentos do bairro Hospitalidade

No bairro Hospitalidade foi identificado em campo os seguintes dados de vazamentos e suas ocorrências em suas respectivas redes de diâmetros nominais (DN) especificadas e exemplificadas na tabela 3 a seguir.

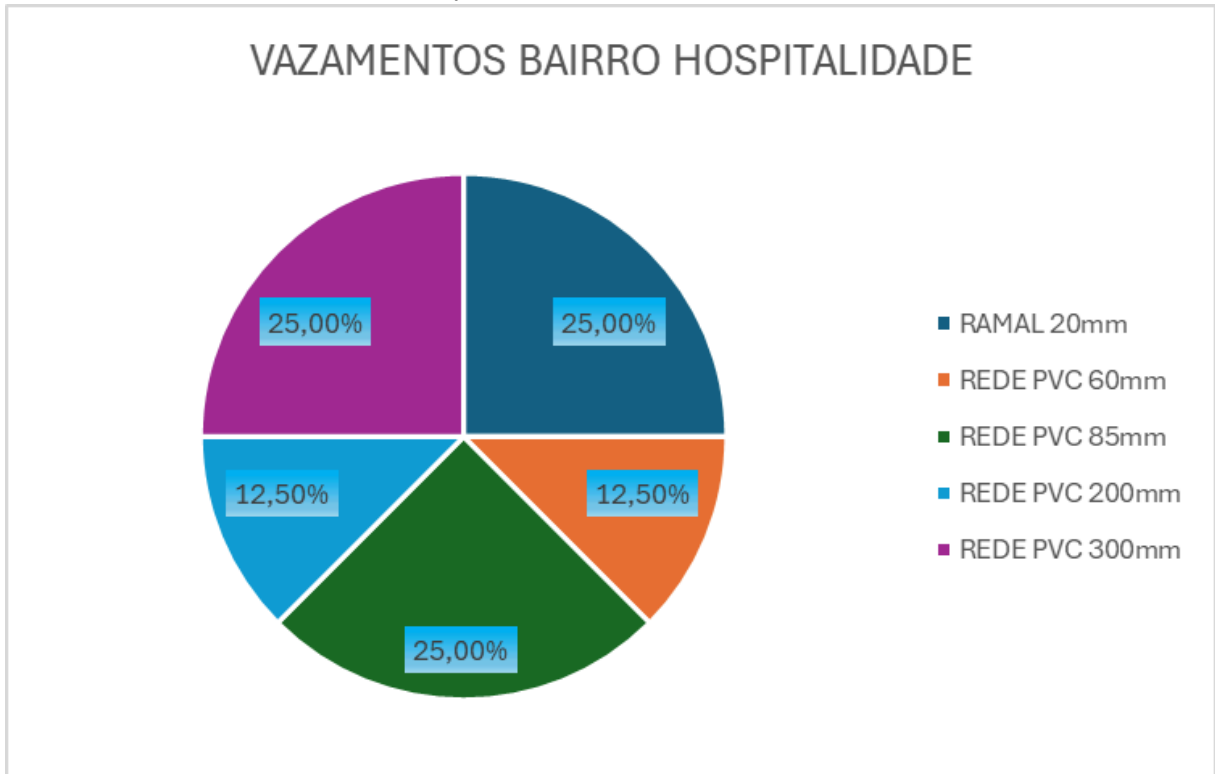
Tabela 3 – Identificação das causas de vazamentos e suas ocorrências no Bairro Hospitalidade.

DN REDE (VAZAMENTO)	FREQUÊNCIA	PORCENTAGEM
Ramal 20mm	2	25%
Rede PVC 60mm	1	12,5%
Rede PVC 85mm	2	25%
Rede PVC 200mm	1	12,5%
Rede PVC 300mm	2	25%
TOTAL	8	100%

Fonte: Elaboração própria (2025).

Observa-se que as maiores ocorrências de vazamentos foram: em redes maiores de 300mm (2 vazamentos); na rede de 85mm (2 vazamentos); e em ramal de 20mm (2 vazamentos). Sendo os valores expressos em porcentagem, 25% cada, podendo ser melhor analisado visualmente no gráfico 2 a seguir. E na rede de PVC 200mm e no ramal 20mm houve somente um vazamento em cada tipo de rede.

Gráfico 2 – Vazamentos do bairro Hospitalidade.



Fonte: Elaboração própria (2025).

Tomando como base a NBR 12218:2017, ela estabelece que a pressão dinâmica mínima nos pontos de consumo deve ser de 100 kPa que equivale a aproximadamente 10,19 m.c.a., valor necessário para garantir o abastecimento adequado das residências. Nesta pesquisa adotou-se o valor de 10 m.c.a.

Em relação às pressões máximas, a norma recomenda que não ultrapassem 500 kPa que equivale aproximadamente a 50,96 m.c.a., a fim de evitar sobrepressões que possam causar rompimentos e danificar os aparelhos e tubulações hidráulicas. Pressões excessivas estão diretamente associadas ao aumento de perdas reais, especialmente em redes antigas ou com materiais de menor resistência (TSUTIYA, 1999). Obteve-se no bairro Hospitalidade as seguintes pressões apresentadas na tabela 4 adiante e seu comparativo com a pressão recomendada por norma.

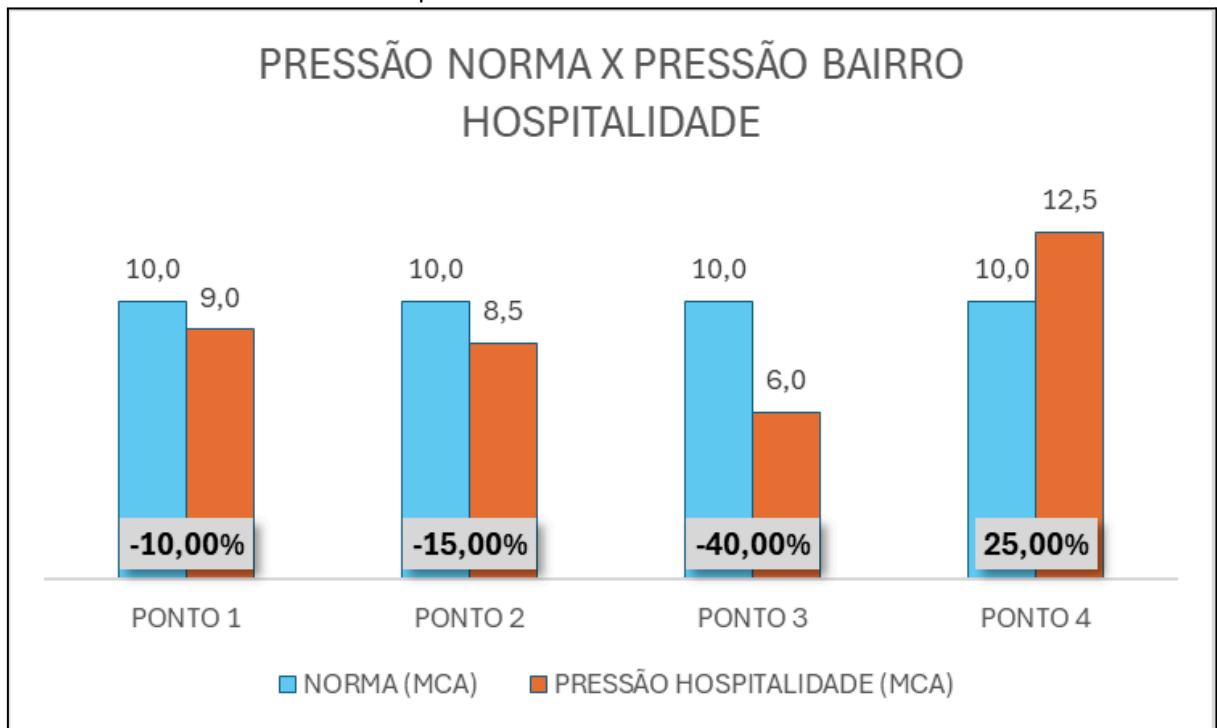
Tabela 4 – Pressão do bairro Hospitalidade x pressão recomendada.

LOCALIZAÇÃO	PRESSÃO (MCA)	PRESSÃO NORMA (MCA)
PONTO 1	9,0	10,00
PONTO 2	8,5	10,00
PONTO 3	6,00	10,00
PONTO 4	12,5	10,00

Fonte: Elaboração própria (2025).

Para análise da tabela obteve-se o gráfico 3 a seguir que mostra que no ponto 1 houve uma variação de -10%; no ponto 2 de -15%; no ponto 3 de -40%; e no ponto 4 uma variação de 25% em relação ao recomendado por norma. Desta forma, fica evidente que somente o ponto 4 atendeu a recomendação da norma de pressão mínima de 10,00 m.c.a, sendo que obteve 12,5 m.c.a. Nenhum ponto ultrapassou o valor máximo de pressão.

Gráfico 3 – Pressões do bairro Hospitalidade.



Fonte: Elaboração própria (2025).

4.2 Vazamentos do bairro Provedor

No bairro Provedor foi identificado em campo os seguintes dados de vazamentos e suas ocorrências exemplificadas na tabela 5 a seguir.

Tabela 5 – Identificação das causas de vazamentos e suas ocorrências no bairro Provedor.

DN REDE (VAZAMENTO)	FREQUÊNCIA	PORCENTAGEM
Rede PEAD 63mm	1	100%
TOTAL	1	100%

Fonte: Elaboração própria (2025).

Percebe-se que houve somente uma ocorrência de vazamento no bairro Provedor.

Será adotado a mesma base da NBR 12218:2017 para a verificação de pressão do bairro Provedor, sendo que pressão dinâmica mínima com valor de 10 m.c.a e máxima de 50 m.c.a. Obteve-se no bairro Provedor as seguintes pressões apresentadas na tabela 6 adiante e seu comparativo com a pressão recomendada por norma.

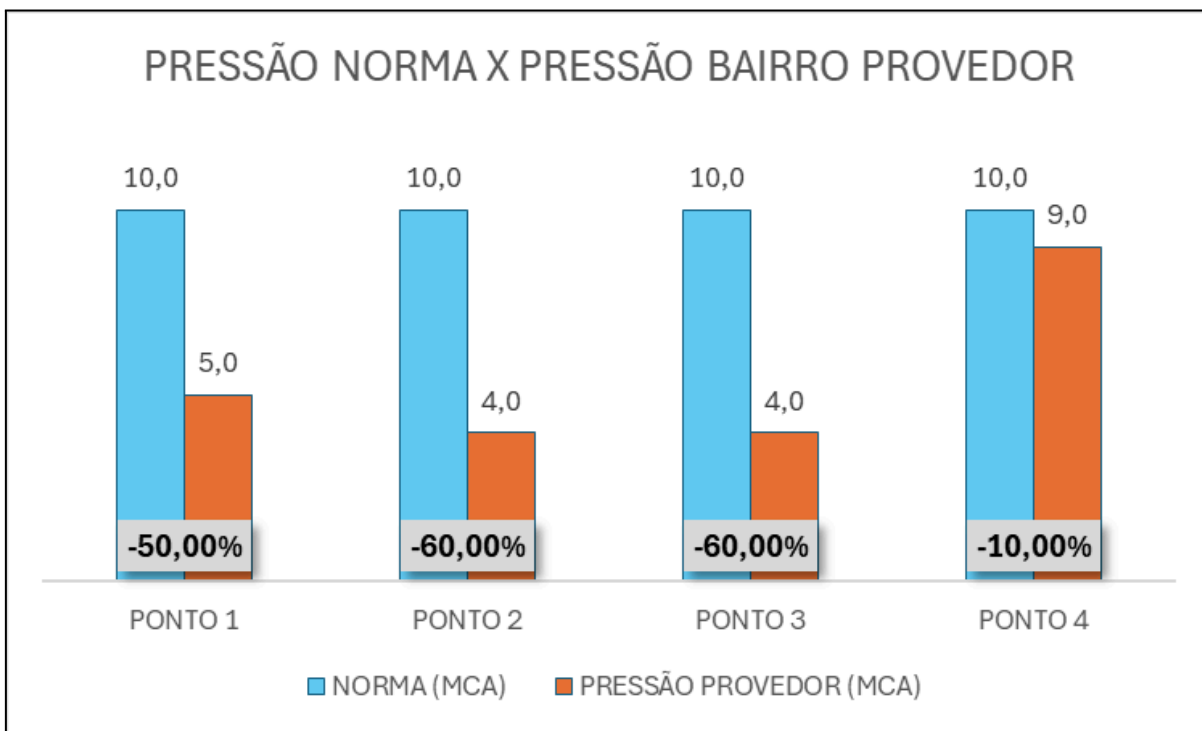
Tabela 6 – Pressão do bairro Provedor x pressão recomendada.

LOCALIZAÇÃO	PRESSÃO (MCA)	PRESSÃO NORMA (MCA)
PONTO 1	5,0	10,00
PONTO 2	4,0	10,00
PONTO 3	4,0	10,00
PONTO 4	9,0	10,00

Fonte: Elaboração própria (2025).

Para análise da tabela obteve-se o gráfico 4 a seguir que mostra que no ponto 1 houve uma variação de -50%; no ponto 2 de -60%; no ponto 3 de -60%; e no ponto 5 uma variação de -10% em relação ao recomendado por norma. Desta forma, fica evidente que nenhum dos pontos chegou à pressão recomendada por norma, e assim todo o bairro Provedor ficou abaixo do recomendado.

Gráfico 4 – Pressões do bairro Provedor.



Fonte: Elaboração própria (2025).

4.3 Vazamentos bairro Remédios

No bairro Remédios foi identificado em campo os seguintes dados de vazamentos e suas ocorrências exemplificadas na tabela 7 a seguir.

Tabela 7 – Identificação das causas de vazamentos e suas ocorrências no bairro Remédios.

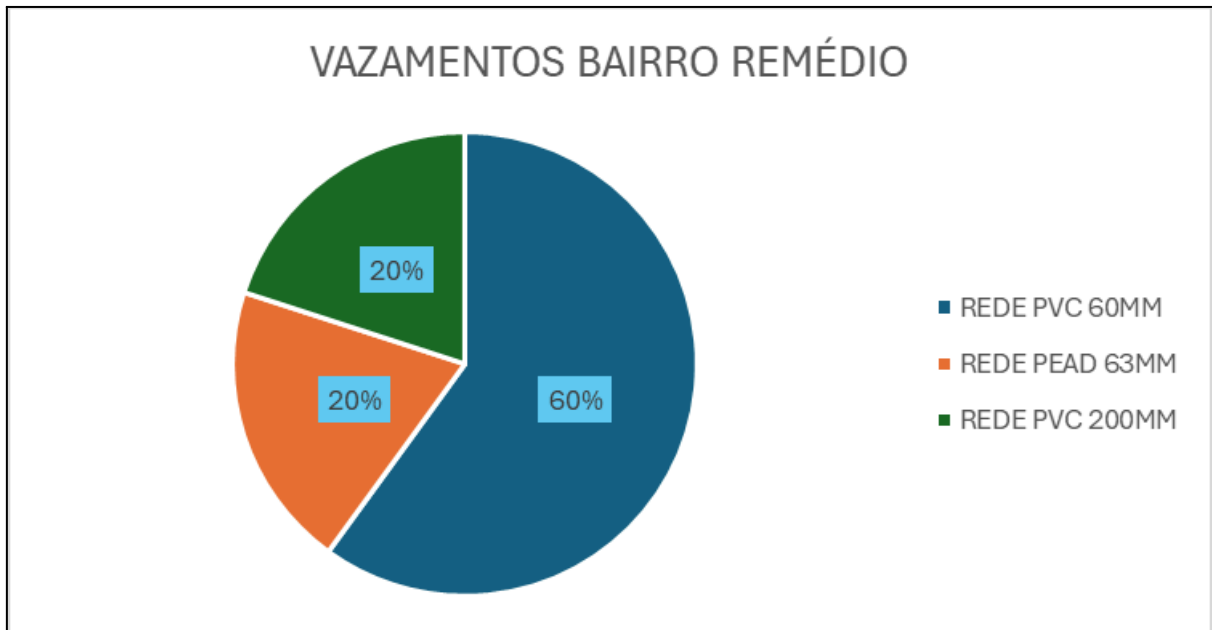
DN REDE (VAZAMENTO)	FREQUÊNCIA	PORCENTAGEM
Rede PVC 60mm	3	60%
Rede PEAD 63mm	1	20%
Rede PVC 200mm	1	20%
TOTAL	5	100%

Fonte: Elaboração própria (2025).

Observa-se que as maiores ocorrências de vazamentos foram em rede PVC 60mm (3 vazamentos); rede PEAD de 63mm (1 vazamentos); rede PVC de 200mm (1 vazamento). Sendo os valores expressos em porcentagem e ordenadamente 60% rede PVC 60mm, e 20% para rede PEAD 63mm e para rede PVC 200mm.

Esses valores podem ser melhor analisados visualmente no gráfico 5 a seguir.

Gráfico 5 – Vazamentos do bairro Remédios.



Fonte: Elaboração própria (2025).

Será adotado a mesma base da NBR 12218:2017 para a verificação de pressão do bairro Remédios, sendo que pressão dinâmica mínima com valor de 10 m.c.a e máxima de 50 m.c.a. Obteve-se no bairro Remédios as seguintes pressões apresentadas na tabela 8 adiante e seu comparativo com a pressão recomendada por norma.

Tabela 8 – Pressão do bairro Remédios x pressão recomendada.

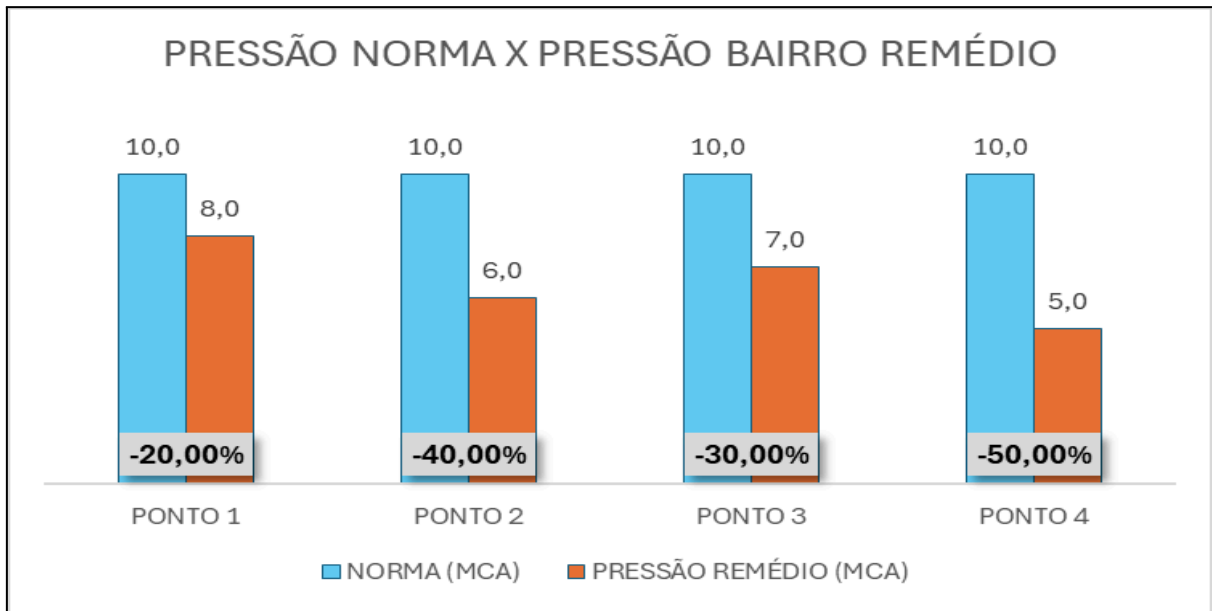
LOCALIZAÇÃO	PRESSÃO (MCA)	PRESSÃO NORMA (MCA)
PONTO 1	8,0	10,00
PONTO 2	6,0	10,00
PONTO 3	7,00	10,00
PONTO 4	5,0	10,00

Fonte: Elaboração própria (2025).

Para análise da tabela obteve-se o gráfico 6 a seguir que mostra que no ponto 1 houve uma variação de -20%; no ponto 2 de -40%; no ponto 3 de -30%; e no ponto 4 uma variação de -50% em relação ao recomendado por norma. Desta forma,

fica evidente que nenhum ponto atendeu a recomendação da norma de pressão mínima de 10,00 m.c.a. Nenhum ponto ultrapassou o valor máximo de pressão.

Gráfico 6 – Pressões bairro Remédios.



Fonte: Elaboração própria (2025).

4.4 Relação entre pressões abaixo da norma, perdas de água e proposta de intervenção

As medições de pressão realizadas nos bairros Remédios, Provedor e Hospitalidade evidenciaram valores inferiores aos limites recomendados pelas normas técnicas vigentes, especialmente em pontos distantes dos reservatórios e em trechos com histórico recorrente de vazamentos. A NBR 12218:17 estabelece que os sistemas de distribuição devem garantir pressões suficientes para o atendimento adequado dos usuários, evitando tanto valores excessivos quanto pressões insuficientes, que comprometem o desempenho hidráulico da rede. A recorrência de manifestações patológicas como os vazamentos visíveis reforça a existência de não conformidades associadas à operação e ao estado físico das tubulações (ABNT, 2017).

Além disso, a repetição de ocorrências nos mesmos setores indica fragilidade estrutural da rede, possivelmente agravada por assentamento inadequado, envelhecimento dos materiais e condições desfavoráveis do solo argiloso e de elevada umidade característico da região amazônica. Redes

implantadas sem critérios adequados de projeto e manutenção tendem a apresentar maior incidência de vazamentos e perdas hidráulicas, refletindo diretamente na queda de pressão ao longo do sistema.

A presença de pressões abaixo do mínimo normativo pode ser interpretada como um indicador indireto de existência de perdas reais na rede de distribuição. Vazamentos, sobretudo os não visíveis, provocam redução da carga disponível, resultando em pressões insuficientes nos pontos mais desfavoráveis do sistema. Pressões reduzidas podem indicar gargalos hidráulicos, como trechos subdimensionados, tubulações incrustadas ou registros com funcionamento inadequado. Dessa maneira, a baixa pressão observada não deve ser analisada isoladamente, mas como parte de um conjunto de fatores estruturais e operacionais que influenciam o desempenho do sistema.

Recomenda-se então, a curto prazo, que seja feita uma intensificação do controle ativo de vazamentos, com foco na detecção de perdas não visíveis, utilizando métodos como geofonamento e varreduras sistemáticas em áreas críticas. Paralelamente, a implantação de uma rotina sistemática de medição de pressões em pontos estratégicos da rede permite identificar variações anormais e orientar ações corretivas.

A médio prazo, a implantação de DMC apresenta-se como estratégia fundamental para o gerenciamento das perdas. A setorização da rede possibilita o monitoramento contínuo de vazões e pressões, facilitando a localização de vazamentos e a avaliação do desempenho hidráulico de cada setor (NBR 12218, 2017). Sistemas setorizados apresentam maior eficiência operacional e maior capacidade de resposta às anomalias hidráulicas.

Ademais, recomenda-se a substituição de trechos críticos da rede, especialmente aqueles com elevada reincidência de vazamentos ou materiais obsoletos. Tsutiya (1999) aponta que a renovação gradual das tubulações é essencial para a redução das perdas físicas e para a estabilização das pressões, contribuindo para a longevidade do sistema e para a melhoria da qualidade do serviço prestado.

A reabilitação e modernização estrutural do sistema de distribuição se mostra como uma intervenção a longo prazo. Este serviço envolve a adoção de materiais mais adequados às condições locais, reforço de trechos hidráulicos estratégicos e padronização dos métodos construtivos. Consequentemente à solicitação de

investimentos contínuos em capacitação técnica da mão de obra e na modernização dos processos operacionais os quais são essenciais para evitar falhas de execução e reduzir a reincidência de patologias hidráulicas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo permitiu compreender de forma aprofundada as principais causas e características dos vazamentos nas redes de distribuição de água do município de Santana, evidenciando a complexidade que envolve o abastecimento público em regiões amazônicas. A revisão teórica demonstrou que fatores como baixa hidrometração, infraestrutura antiga, ausência de padronização construtiva e solos com elevada instabilidade contribuem significativamente para as perdas reais no sistema.

O objetivo geral, identificar, analisar e classificar as manifestações patológicas, foi plenamente alcançado por meio da metodologia adotada, que combinou visitas de campo, registros fotográficos, georreferenciamento e análise quantitativa das ocorrências. O método de pesquisa mostrou-se eficaz, permitindo a obtenção de dados claros, comparáveis e reproduzíveis.

A pesquisa também contribuiu significativamente para o desenvolvimento técnico dos autores, proporcionando contato direto com métodos de diagnóstico em campo, normas de projeto e operação de sistemas hidráulicos, além de reforçar conhecimentos adquiridos ao longo da formação em Engenharia Civil no IFAP.

Entretanto, algumas dificuldades foram identificadas, como acesso limitado a documentações históricas das redes, restrições operacionais para acompanhar intervenções em tempo real e impossibilidade de coletar informações completas sobre materiais e profundidade das tubulações em todos os pontos. Tais limitações não comprometem o diagnóstico, mas indicam oportunidades de aprofundamento.

Como direcionamentos para estudos futuros, recomenda-se: ampliar a pesquisa para outros bairros do município, permitindo comparações regionais; investigar o impacto financeiro das perdas reais para a concessionária; avaliar a eficiência dos métodos de detecção acústica específicos para tubulações de PVC em solos amazônicos; e propor modelos de manutenção preventiva baseados em risco.

Conclui-se que a redução de vazamentos em Santana depende da integração entre planejamento técnico, capacitação profissional, investimentos estruturais e aprimoramento dos mecanismos de medição e controle, assegurando maior eficiência e confiabilidade ao sistema de abastecimento de água.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Atlas do Abastecimento Urbano**, [S. l.: s. n.], 2017, p 14.
- A. NETTO, J. M. Notas sobre a evolução da hidráulica no Brasil. **Revista dae**, v. 4, [S. l.: s. n.], 1986, p. 144.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE AGÊNCIAS DE REGULAÇÃO. **Referências de Qualidade e Desempenho**. Brasília, [s. n.], 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12218: Projeto de Rede de Distribuição de Água para Abastecimento Público**. Rio de Janeiro, [s. n.], 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 17015: Projeto de Execução de obras lineares para transporte de água bruta e tratada, esgoto sanitário e drenagem urbana, utilizando tubos rígidos, semirrígidos e flexíveis**. Rio de Janeiro, [s. n.], 2023. 2. ed.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626: Instalação Predial de Água Fria e Água Quente**. Rio de Janeiro, [s. n.], 2020.
- BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES; SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos**. Brasília, [s. n.], 2017, p. 38, 73.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Inspeção sanitária em abastecimento de água**. [S. l.: s. n.], 2006, p. 73.
- COMPANHIA DE SANEAMENTO DO AMAPÁ. **Relatório Institucional e Dados de Produção de Água**. Santana, [s. n.], 2025.
- COSTA, J. M.; SOUZA, L. R. S.; NETO, J. S. C. **Informalidade no ambiente construído e segregação socioespacial no Platô das Guianas: o caso de Santana no Amapá e de Caiena na Guiana Francesa**. *Confins* [Online], 31 | 2017, Disponível em: <http://journals.openedition.org/confins/11917>. Acesso em: 02 dezembro 2025.
- FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual de Saneamento**. 4. ed. Brasília, DF, [s. n.], 2014. p. 59-87.
- GOVERNO DO ESTADO DO AMAPÁ. **Santana. Portal Cidades — Governo do Estado do Amapá**. Disponível em: <https://cidades.portal.ap.gov.br/conteudo/municipios/santana>. Acesso em: 14 jan. 2026.
- HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. 2. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010. p. 577-713.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades e Estados: Santana (AP)**. Brasília, DF: IBGE, 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Províncias estruturais, compartimentos de relevo, tipos de solos, regiões fitoecológicas e outras áreas**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. p. 122-125.

SANEAMENTO DE GOIÁS S.A. **Manual de projetos da SANEAGO**. Goiás: SANEAGO, 2023, p. 8.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. São Paulo: CETESB, 1999, p. 245.

VALENTE, M. A.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. C. de; RODRIGUES, T. E.; SANTOS, P. L. dos; SILVA, J. M. L. da; CARDOSO JÚNIOR, E. Q. **Solos da ilha de Santana, município da Santana, Estado do Amapá**. Belém: Embrapa CPATU, 1998, p. 34.

VON SPERLING, M. **Princípios do Tratamento de Águas e Esgotos**. Belo Horizonte: DESA/UFMG, v. 1, 2005, p. 21.