



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS E TECNOLOGIA
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

Jéssika Cibelly Moraes de Souza

Diagnóstico da drenagem urbana da cidade de Pau dos Ferros-RN

PAU DOS FERROS

2025

Jéssika Cibelly Moraes de Souza

Diagnóstico da drenagem urbana da cidade de Pau dos Ferros-RN

Monografia apresentada a
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
como requisito para obtenção do título de
Bacharela em Engenharia Civil.

Orientadora: Daniela de Freitas Lima, Prof.^a
Dra.

Coorientadora: Bárbara Barbosa
Tsuyuguchi, Prof.^a Dra.

PAU DOS FERROS

2025

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

S725d Souza, Jéssika Cibelly Moraes de .
Diagnóstico da drenagem urbana da cidade de Pau
dos Ferros-RN / Jéssika Cibelly Moraes de Souza.
- 2025.
64 f. : il.

Orientador: Daniela de Freitas Lima.
Coorientador: Bárbara Barbosa Tsuyuguchi.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2025.

1. Urbanização. 2. Rede de drenagem. 3.
Saneamento básico. I. Lima, Daniela de Freitas,
orient. II. Tsuyuguchi, Bárbara Barbosa, co-
orient. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Pau dos Ferros
Bibliotecária: Erlanda Maria Lopes da Silva
CRB: 15/966

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

Jéssika Cibelly Moraes de Souza

Diagnóstico da drenagem urbana da cidade de Pau Dos Ferros-RN

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
à Universidade Federal Rural do Semi-Árido
como requisito para obtenção do título de
Bacharela em Engenharia Civil.

Defendida em: 31/07/2025.

BANCA EXAMINADORA

Daniela de Freitas Lima, Prof.^a Dra. (UFERSA)
Presidente e Orientadora

Bárbara Barbosa Tsuyuguchi, Prof.^a Dra. (UFERSA)
Coorientadora

Maria Josicleide Felipe Guedes, Prof.^a Dra. (UFERSA)
Membro Examinadora

Maycon Breno Macena da Silva, Dr. (UFCG)
Membro Examinador

"Até aqui nos ajudou o Senhor."

1 Samuel 7:12

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por me conceder forças nos momentos de fraqueza e nos dias mais difíceis. Essa conquista não é apenas resultado do meu esforço, mas também do Teu cuidado constante em minha vida.

Aos meus pais, Maria Aldeiza e Luiz Reginaldo, minha mais profunda gratidão. Obrigada por todo o apoio incondicional, pela compreensão nos momentos mais difíceis e por nunca me cobrarem e permitirem que eu me dedicasse totalmente aos estudos. Obrigada por acreditarem em mim mesmo quando eu mesma duvidava, por serem meu alicerce e por sempre estarem ao meu lado com amor, paciência e confiança. Esta conquista também é de vocês.

Ao meu pai, Luiz Reginaldo, um agradecimento especial, por ter trabalhado sob o sol para que eu pudesse caminhar na sombra. Seu sonho sempre foi ser engenheiro, e hoje, me formando em engenharia, carrego comigo não só esse título, mas também o reflexo do seu esforço e da sua história. Nesta mesma universidade em que você contribuiu com suas mãos como pedreiro, eu conquisto meu diploma.

A minha vó, que me acompanhou desde os primeiros passos dessa trajetória, oferecendo seu apoio constante, desde o momento da matrícula até aqui, pelas orações nas viagens que realizei para apresentação de trabalhos em congressos e demais atividades acadêmicas, gratidão.

Ao meu noivo Marcelo Victor, companheiro de todas as horas, obrigada por estar ao meu lado com paciência, compreensão e palavras de encorajamento, seu apoio emocional foi essencial para que eu chegasse até aqui.

Às minhas amigas Eduarda, Francilene e Cinthia, minha profunda gratidão, pois quando me sentia sozinha, encontrei em vocês apoio e acolhimento, a amizade de vocês foi um abrigo e uma força silenciosa que me ajudou a seguir em frente.

Às minhas orientadoras, Prof.^a Daniela de Freitas e Prof.^a Bárbara Barbosa, agradeço profundamente pelo empenho, dedicação e comprometimento ao longo do desenvolvimento deste trabalho. Sou grata pelas horas de apoio, pela orientação precisa na pesquisa acadêmica e, acima de tudo, pela sabedoria e paciência com que sempre me guiaram e repassaram ensinamentos. Obrigada por acreditarem em mim e por serem verdadeiras fontes de inspiração, tanto no aspecto profissional quanto humano.

Agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho e, sobretudo, para a concretização de um sonho meu, e da minha família.

RESUMO

A rápida e desordenada expansão urbana, aliada à insuficiência das infraestruturas de saneamento, tem tornado cidades brasileiras vulneráveis a desastres ambientais, em especial os alagamentos, agravados por eventos intensos de precipitação e pela ausência de sistemas de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas eficientes. A cidade de Pau dos Ferros - RN consolidou-se como um importante polo regional de serviços nas áreas de educação, saúde, finanças e comércio, que ao longo dos últimos anos tem se desenvolvido significativamente e atraído um número crescente de habitantes, e consequentemente a demanda por infraestrutura. No entanto, a expansão urbana tem ocorrido de forma descontrolada e sem planejamento, o que potencializou desafios relacionados à infraestrutura urbana, mobilidade e saneamento básico, aumentando a vulnerabilidade a problemas ambientais. Assim, este trabalho teve como objetivo realizar um diagnóstico do sistema de drenagem urbana da cidade de Pau dos Ferros – RN. Para isso, foi feita a identificação da rede de drenagem da cidade por meio de *Shapefiles* georreferenciados, realizado mapeamento dos cursos d'água e análise da expansão urbana ao longo de um período de 15 anos (2009 a 2022) por meio da elaboração de mapas no *software QGIS*; concretizadas visitas *in loco* para observar os elementos de drenagem existentes e avaliar suas condições atuais; efetivada revisão de estudos e notícias relacionadas ao histórico de alagamentos na cidade. Os resultados obtidos indicam uma ocupação progressiva da rede de drenagem ao longo do tempo, evidenciada pela presença de edificações construídas às margens dos cursos d'água, aliado à presença de elementos de drenagem ineficientes e em estado inadequado de conservação. Esse processo de ocupação desordenada do solo, junto à ausência de um sistema de drenagem eficiente, contribui significativamente para a ocorrência de alagamentos, evidenciando a necessidade de trabalhar políticas públicas voltadas ao planejamento urbano que contemplem a infraestrutura e uso e ocupação do solo, de forma que promova o desenvolvimento sustentável das áreas urbanas e previna possíveis impactos associados a eventos hidrológicos.

Palavras-chave: urbanização; rede de drenagem; saneamento básico.

ABSTRACT

Rapid and disorderly urban expansion, combined with insufficient sanitation infrastructure, has made Brazilian cities vulnerable to environmental disasters, especially flooding, exacerbated by intense rainfall events and the lack of efficient urban stormwater drainage and management systems. The city of Pau dos Ferros, Rio Grande do Norte, has established itself as an important regional hub for services in the areas of education, healthcare, finance, and commerce. In recent years, it has experienced significant development, attracting a growing population and, consequently, increasing the demand for infrastructure. However, urban expansion has occurred uncontrolled and unplanned, exacerbating challenges related to urban infrastructure, mobility, and basic sanitation, increasing vulnerability to environmental problems. Therefore, this study aimed to diagnose the urban drainage system in the city of Pau dos Ferros, Rio Grande do Norte. To this end, the city's drainage network was identified using georeferenced Shapefiles. Watercourses were mapped and urban expansion was analyzed over a 15-year period (2009 to 2022) using QGIS software. On-site visits were conducted to observe existing drainage elements and assess their current condition. Studies and news related to the city's flooding history were reviewed. The results indicate a progressive occupation of the drainage network over time, evidenced by the presence of buildings built along the banks of watercourses, combined with the presence of inefficient drainage elements in inadequate condition. This process of disorderly land occupation, coupled with the lack of an efficient drainage system, significantly contributes to flooding, highlighting the need for public policies focused on urban planning that address infrastructure and land use and occupation, promoting the sustainable development of urban areas and preventing potential impacts associated with hydrological events.

Keywords: urbanization; drainage network; basic sanitation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação dos fenômenos de alagamento, enchentes e inundação.....	20
Figura 2 - Esquema de funcionamento de um sistema de microdrenagem.	27
Figura 3 - Mapa da localização de Pau dos Ferros/RN.	31
Figura 4 - Fluxograma de processo metodológico.	32
Figura 5 - Mapa de localização da rede de drenagem.	35
Figura 6 - Mapa de localização da rede de drenagem com massas d'água.	36
Figura 7 - Distribuição espacial do uso e ocupação do solo em 2009.....	37
Figura 8 - Distribuição espacial do uso e ocupação do solo em 2022.....	38
Figura 9 - Distribuição espacial do uso e ocupação do solo em 2009 com sobreposição da rede de drenagem.....	39
Figura 10 - Ampliação da área de estudo e evolução da ocupação urbana (2009-2022).....	42
Figura 11 - Mapa de localização dos pontos estudados.	42
Figura 12 - Alagamento em área urbana após episódio de precipitação intensa (a) trecho frente ao supermercado Queiroz, Centro e (b) largo da cultura trecho central.	43
Figura 13 - Acúmulo de água registrado após episódio de precipitação leve.	44
Figura 14 - Acúmulo de água registrado no bairro Carvão.	44
Figura 15 - Passagem molhada no bairro Carvão sujeita a alagamentos.....	45
Figura 16 - Passagem molhada no bairro São Geraldo sujeita a alagamentos.	46
Figura 17 - Casa vítima de alagamento no bairro Carvão.	46
Figura 18 - Passagem de curso d'água próximo a residências.	47
Figura 19 - Galeria com vegetação e acúmulo de esgoto.	48
Figura 20 - Pontos de alagamento no bairro Riacho do Meio.	49
Figura 21 - Edificação próxima ao curso d'água do rio Apodi-Mossoró.....	50
Figura 22 - Localização da edificação.	50
Figura 23 - Ponto de alagamento cruzamento Joaquim Torquato com a 25 de março.....	51
Figura 24 - Galeria de drenagem pluvial localizada sob o supermercado Queiroz: (a) vista frontal e (b) vista posterior.	52
Figura 25 - Galeria de drenagem pluvial em área urbana.....	53
Figura 26 - Galeria de passagem de água com destino ao rio Apodi-Mossoró.	53
Figura 27 - Boca de lobo na rua Desembargador Licurgo Nunes.	54
Figura 28 - Bocas de lobo (a) boca de lobo na Avenida Getúlio Vargas e (b) boca de lobo na	

Avenida Francisco Marçal.....	54
Figura 29 - Elementos de drenagem pluvial da rua 25 de março.	55

LISTA DE TABELAS

Quadro 1 - Coordenadas geográficas dos pontos de alagamentos selecionados.	41
---	----

LISTA DE SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CEMADEN	Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais
DMAP	Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas
EMPARN	Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte
ESA	European Space Agency
GNSS	Global Navigation Satellite System
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IES	Instituição de Ensino Superior
IFRN	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
INSS	Instituto Nacional do Seguro Social
MDE	Modelo Digital de Elevação
NBR	Norma Brasileira
PFSB	Política Federal de Saneamento Básico
PLANSAB	Plano Nacional de Saneamento Básico
PMSB	Plano Municipal de Saneamento Básico
QGIS	Quantum Geographic Information System
RFB	Receita Federal Brasileira
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
SAGA	System for Automated Geoscientific Analyses
UFERSA	Universidade Federal Rural do Semi-Árido
UERN	Universidade do Estado do Rio Grande do Norte
VANT	Veículo Aéreo Não-Tripulado

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	17
2.1 Geral	17
2.2 Específicos	17
3 REVISÃO TEÓRICA	18
3.1 Crescimento desordenado no Brasil	18
3.2 Ocupação urbana de Pau dos Ferros - RN.....	19
3.3 Alagamentos e suas causas.....	20
3.4 Impactos socioambientais	21
3.5 Saneamento básico.....	22
3.5.1 Drenagem urbana.....	24
3.5.2 Microdrenagem.....	25
3.5.3 Elementos de microdrenagem urbana.....	26
3.6 Plano diretor e o uso e ocupação do solo	27
3.7 Estudos correlatos no município	28
4 METODOLOGIA.....	30
4.1 Caracterização da pesquisa	30
4.2 Área de estudo.....	30
4.3 Percurso metodológico	31
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	56
REFERÊNCIAS	58

1 INTRODUÇÃO

De acordo com a Lei nº 9.433/1997, que dispõe sobre a Política Nacional de Recursos Hídricos, a água é compreendida como um recurso natural limitado, dotado de valor econômico e de domínio público, sendo uma substância vital que influencia diretamente na saúde e bem estar da sociedade humana. Os recursos hídricos desempenham um papel essencial nas atividades econômicas, contribuindo de forma permanente para o crescimento do país (Montoya, 2020).

No semiárido nordestino, a água configura-se como um recurso estratégico, principalmente devido às limitações impostas por fatores naturais, como os altos níveis de radiação solar, as elevadas temperaturas e os longos períodos de estiagem, que contribuem para os elevados índices de evapotranspiração e para um acentuado *déficit* hídrico (Zanella, 2014). Nesse cenário, a conscientização dos impactos das ações humanas sobre os recursos hídricos é fundamental diante das incertezas ambientais associadas à escassez de água, especialmente na região Nordeste do Brasil, região marcada por recorrentes problemas hídricos e que demanda atenção especial à conservação da qualidade desse recurso vital.

De acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2012), a degradação dos corpos d'águas vem ocorrendo em intensidades e tempos variados, em grande parte dos centros urbanos do País, devido às atividades antrópicas indiscriminadas tais como: construção de obras civis, uso indiscriminado dos recursos naturais e expansão populacional, o que tem ocasionando profundas modificações que influenciam negativamente o meio ambiente através do desmatamento e a urbanização desgovernada, que afetam o comportamento do ciclo hidrológico. Nesse sentido, a expansão urbana desordenada tem causado graves problemas socioambientais, principalmente, quando se refere ao curso de água localizado nos centros urbanos (Santos; Oliveira; Silva, 2018).

O crescimento populacional junto à urbanização tem se tornado cada vez mais crescente e acelerado, desse modo, as infraestruturas não têm sido capazes de acompanhar e atender esse intenso avanço. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), o Brasil é um país predominantemente urbano, com mais de 87,4% da população vivendo em áreas urbanas. Essas ocupações urbanas vêm acarretando impactos significativos e diretos no meio ambiente, sobretudo, em áreas sensíveis, como as bacias hidrográficas, causando interferências no escoamento natural, que conseqüentemente demandam outros locais para ocupação, o que reforça a importância de compreender e gerir essas áreas de forma sustentável, garantindo o acesso adequado aos serviços básicos essenciais.

A cidade de Pau dos Ferros, localizado no Alto Oeste Potiguar, na região semiárida do Brasil, que possui 30.479 habitantes segundo o IBGE (2022), historicamente passou por um avanço urbano, como consequência de sua localização geográfica estratégica (Cardoso *et al.*, 2023). Segundo Costa *et al.* (2021), é considerada uma cidade polo da microrregião, com economia voltada para o setor terciário de serviços (comércio e serviços públicos e privados), o que tem provocado o crescimento populacional e elevação da taxa de urbanização proveniente do fluxo migratório de cidades circunvizinhas.

A partir dessa necessidade de espaço para suprir esse crescimento contínuo, a cidade começou a expandir com deficiências de planejamento territorial, gerando uma ocupação desordenada em áreas de risco. A junção desses fatores desencadeou impactos negativos relacionados às condições sanitárias, qualidade de vida e locomoção dos moradores do município, sobretudo no período de precipitação, expondo a sociedade a possíveis situações de emergência.

O regime pluviométrico do município possui uma precipitação pluviométrica anual de em média de 700,21 mm considerando dados de 1992 a 2021, de acordo com a Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN, 2023), porém, sofre com alagamentos em determinados setores da cidade em estações chuvosas, prejudicando a infraestrutura pública, comodidade da população e colocando em risco a saúde pública, essa problemática tem proporcionado transtornos como a dificuldade de mobilidade e perda econômica.

A excessividade de impermeabilização do solo nas áreas urbanas, a deficiência na fiscalização de construções inadequadas, a ausência do projeto de sistema de drenagem urbana e a não efetivação plena do plano diretor municipal são fatores que colaboram para o aumento na frequência de inundações e alagamentos (Costa *et al.*, 2021). O centro da cidade, por exemplo, se destaca como uma área de alta declividade e impermeabilização, onde os alagamentos são rapidamente gerados provocando desconfortos no comércio local.

A drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, por sua vez, é uma vertente do saneamento básico, que busca garantir o escoamento das águas pluviais para outras áreas. Segundo a Lei nº 11.445/2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, está preconizado a “disponibilidade, em todas as áreas urbanas, de serviços de drenagem e manejo das águas pluviais, limpeza e fiscalização preventiva das respectivas redes, adequados à saúde pública e à segurança da vida e do patrimônio público e privado” (Brasil, 2007, art. 2º, inciso IV-A).

A ocupação irregular da rede de drenagem ocorre com a presença de construções próximas a cursos d'água, aumentando a vulnerabilidade das comunidades que muitas vezes são de famílias de baixa renda e não possuem outra opção de moradia. Nesse sentido, a ocupação da rede de drenagem pode ser abordada conciliando aspectos ambientais, urbanísticos e sociais, uma vez que esses sistemas não apenas cumprem a função técnica de escoamento das águas pluviais, mas também interferem diretamente na qualidade de vida da população.

Sob essa perspectiva, destaca-se a relevância de estudos voltados às interferências provocadas pela ocupação da rede de drenagem do município, aliadas à ausência de planejamento e gestão adequados nas microbacias hidrográficas. Esses fatores comprometem os recursos naturais e a sustentabilidade das atividades humanas, exigindo do poder público planejamento urbano, sistemas de drenagem adequados e políticas públicas eficazes para prevenir alagamentos e fiscalizar as ocupações e ações no saneamento básico.

Diante desse contexto, o presente estudo está pautado na identificação e caracterização da rede de drenagem urbana do município de Pau dos Ferros - RN, associando a análise dos elementos do sistema existente ao histórico de crescimento urbano, ocupação do solo e a ocorrência de alagamentos, a fim de indicar áreas prioritárias para intervenção e melhoria do sistema atual, necessitando, assim, da realização de estudos que subsidiem ações voltadas ao planejamento da gestão da drenagem urbana.

2 OBJETIVOS

Nesta seção são apresentados os objetivos que foram propostos para a realização da pesquisa, de modo geral e também de modo específico:

2.1 Geral

Realizar um diagnóstico do sistema de drenagem urbana da cidade de Pau dos Ferros - RN.

2.2 Específicos

- Identificar a rede de drenagem da cidade de Pau dos Ferros-RN;
- Avaliar a ocupação urbana histórica ao longo de sua rede de drenagem;
- Levantar dados históricos de alagamentos em Pau dos Ferros-RN;
- Identificação dos elementos de drenagem existentes e suas condições atuais.

3 REVISÃO TEÓRICA

3.1 Crescimento desordenado no Brasil

A urbanização no Brasil teve início no século XIX, com a chegada da corte portuguesa no Rio de Janeiro, e depois do terceiro terço do século XX esse processo se intensificou, impulsionado pelo crescimento econômico e demográfico do país (Nunes *et al.*, 2021).

Segundo Tucci (2008), o crescimento urbano ocorrido nas últimas décadas transformou o Brasil em um país essencialmente urbano. A dinâmica do crescimento desordenado, impulsionado pela migração descontrolada, é uma realidade comum em locais em desenvolvimento, onde a busca por novas oportunidades e melhores condições de vida vem levando uma parcela significativa da população a migrar para os centros urbanos em crescimento, que são percebidos como espaços promissores (Gomes, 2012). No entanto, esse avanço urbano contínuo tem superado a capacidade das cidades de planejar e prover infraestrutura e serviços urbanos adequados.

Tal problemática tende a se agravar nos centros urbanos, onde o crescimento demográfico acaba gerando consequências para a população, principalmente para a sua parcela menos abastada (Silva, *et al.*, 2022).

Historicamente, as cidades do Brasil evoluíram às margens dos rios. Todavia, a ocupação desenvolveu-se de forma desordenada e intensa, fazendo com que a paisagem desses rios se tornasse degradada e, por conseguinte, os rios apresentam poluição devido aos resíduos sólidos e esgoto, modificações, ocupação das margens dos corpos hídricos (Facco, 2021).

A urbanização provoca alterações significativas na dinâmica hídrica das bacias hidrográficas, à medida que a expansão da malha urbana contribui para a descaracterização dos rios e a modificação dos processos naturais de drenagem (Carvalho *et al.*, 2019). Entre essas transformações, destacam-se a impermeabilização do solo e a alteração dos cursos d'água. Em concordância, Pereira *et al.* (2021) destacam em sua pesquisa, que a expansão urbana aliada ao crescimento populacional provoca impactos ambientais relevantes, que influenciam de forma acentuada o ciclo hidrológico.

Os impactos da urbanização envolvem não apenas aspectos quantitativos, mas também qualitativos, especialmente devido à poluição difusa, que promove o transporte de poluentes da superfície para os cursos d'água urbanos durante os períodos chuvosos. Neste panorama, torna-se evidente a necessidade da implementação de medidas mitigadoras, sejam elas estruturais ou

não, com o propósito de refletir sobre o modelo atual de ocupação urbana, a fim de subsidiar a busca soluções viáveis para um meio que já se encontra consolidado e fortemente antropizado.

3.2 Ocupação urbana de Pau dos Ferros - RN

A cidade de Pau dos Ferros - RN historicamente passou por um avanço urbano, como consequência de sua localização geográfica estratégica, sendo considerado o centro/polo habitacional e comercial de pequenos municípios circunvizinhos (Vilaça; Costa, 2022). De acordo com Holanda (2023), o crescimento acelerado da cidade a partir dos anos 2000 foi marcado por fatores significativos como: chegada e a expansão de órgãos e instituições federais, estaduais e privadas, como instituições financeiras, unidade do Instituto Nacional do Seguro Social (INSS) e da Receita Federal do Brasil (RFB), consolidação e ampliação de instituições de ensino superior (IES), destacando-se a Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN) e a Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA).

Nesse cenário, a cidade de Pau dos Ferros se destacou como um importante centro de serviços, especialmente nas áreas de educação, saúde, finanças e comércio, que se expandiram e se consolidaram ao longo das últimas décadas. A partir dessa necessidade de espaço para suprir o crescimento, a cidade começou a expandir com deficiências de planejamento, gerando a ocupação desordenada, o que contribuiu para uma impermeabilização acelerada do solo e para a alteração dos caminhos naturais de escoamento das águas pluviais. Essa dinâmica tem ampliado a frequência e a intensidade dos alagamentos e inundações, especialmente nas áreas mais adensadas e próximas às linhas de drenagem.

A expansão urbana da cidade de Pau dos Ferros ocorreu principalmente nas áreas próximas ao rio Apodi-Mossoró, impulsionada pela crescente demanda por moradias nos últimos anos (Bilac; Alves, 2014), esse processo reflete uma ocupação influenciada pela atratividade de áreas ribeirinhas que são ambientalmente frágeis.

As consequências provocadas por esse crescimento acelerado, tanto no passado quanto no presente, refletiram-se diretamente na infraestrutura urbana, gerando impactos de ordem social, econômica e ambiental. Tais efeitos estão ligados, principalmente, ao uso inadequado do meio físico em que a cidade se estabeleceu (Sathler *et al.*, 2009). Ademais, o crescimento do êxodo rural nas últimas décadas intensificou o processo de urbanização, resultando no surgimento de bairros novos, muitos dos quais foram implantados sem planejamento adequado e em áreas próximas aos leitos dos rios.

3.3 Alagamentos e suas causas

Embora sejam fenômenos naturais, as inundações e alagamentos tornaram-se cada vez mais frequentes nas áreas urbanas, em grande parte devido às transformações decorrentes da ocupação desses espaços. Segundo a Cartilha da Defesa Civil (2006, p. 15), existem vários tipos de inundações, em função do processo de evolução, um deles são os alagamentos, caracterizados como:

Águas acumuladas no leito das ruas e nos perímetros urbanos, por fortes precipitações pluviométricas, em cidades com sistemas de drenagem deficientes. Nos alagamentos, o extravasamento das águas depende muito mais de uma drenagem deficiente, que dificulta a vazão das águas acumuladas, do que das precipitações locais.

A Figura 1 apresenta, de maneira esquemática, as diferenças entre inundação, alagamento e enchente, termos frequentemente usados como sinônimos, mas que possuem características distintas.

Figura 1 - Representação dos fenômenos de alagamento, enchentes e inundação.



Fonte: Marchezini (2020).

De acordo com o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN, 2021):

i) Inundação é o fenômeno caracterizado pela submersão temporária de áreas situadas fora do leito natural de um curso d'água, atingindo regiões que normalmente não se encontram submersas;

ii) Alagamentos ocorrem quando a capacidade dos sistemas de drenagem urbana é excedida, resultando no acúmulo de água sobre vias públicas, calçadas e demais infraestruturas urbanas, geralmente em consequência de chuvas intensas;

Já as enchentes, ou cheias, são definidas como o aumento do nível de um curso d'água em decorrência da elevação da vazão, alcançando a cota máxima da calha do canal, porém sem transbordar suas margens (Defesa Civil de São Bernardo do Campo, 2015).

No ambiente urbano, reconhece-se que tais fenômenos podem ocorrer de forma natural, no entanto, suas manifestações tendem a ser intensificadas ou até mesmo são induzidas por ações antrópicas, em decorrência de alterações na morfologia das vertentes, nas características dos solos ou nas condições de drenagem (Ferraz, 2021). O aumento das áreas impermeáveis contribui de maneira significativa com esses fenômenos através da aceleração do escoamento pluvial, especialmente quando não há a implantação de sistemas de drenagem adequadamente dimensionados e existentes.

Ainda de acordo com (Ferraz, 2021), entre os condicionantes antrópicos pode-se citar:

- (i) uso e ocupação irregular nas planícies e margens de cursos d'água;
- (ii) disposição inadequada de resíduos sólidos nas proximidades dos cursos d'água;
- (iii) alterações nas características da bacia hidrográfica e dos cursos d'água;
- (iv) intenso processo de erosão dos solos e de assoreamento dos cursos d'água.

O modelo de urbanização que se estabelece nessas áreas, marcado pelo uso desordenado e não planejado do espaço, representa uma afronta aos sistemas naturais, cujos impactos resultantes podem, em muitos casos, ser catastróficos, como já ocorrido em algumas regiões do País.

3.4 Impactos socioambientais

Impactos ambientais são definidos como quaisquer mudanças na qualidade do meio ambiente, sejam elas negativas ou positivas, que causem, total ou parcialmente, alterações nos processos naturais, resultantes das atividades, produtos ou serviços de uma organização ou de ações humanas (Sanchez, 2013). De acordo com a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 001/1986, qualquer mudança que afete, direta ou indiretamente, a saúde, a segurança, as atividades sociais e econômicas, a biodiversidade, além das condições

estéticas e sanitárias do ambiente, podem ser consideradas um impacto ambiental. Os impactos ambientais resultam da interferência humana no meio ambiente, que causam desequilíbrios ecológicos, no contexto do crescimento urbano, um dos principais impactos está relacionado ao uso e ocupação das bacias hidrográficas.

No cenário hídrico, a cidade de Pau dos Ferros - RN está inserida na bacia hidrográfica Apodi/Mossoró, que é a maior bacia genuinamente potiguar e possui grande importância para as populações local e regional (Oliveira *et al.*, 2009). Nesse contexto, a urbanização tem provocado impactos expressivos na dinâmica hídrica das bacias hidrográficas, pois a expansão da malha urbana contribui para a alteração natural dos rios e dos processos relacionados à hidrodinâmica das bacias de drenagem (Carvalho *et al.*, 2020). Impactos esses como: a impermeabilização do solo, a modificação dos cursos dos rios e o aumento da concentração de poluentes e sedimentos nos corpos d'água comprometem tanto a qualidade quanto a quantidade da água disponível, impactando negativamente a gestão dos recursos hídricos.

Desse modo, águas superficiais assim como os efluentes domésticos, comerciais e industriais, frequentemente são conduzidos junto às águas pluviais ou lançados diretamente nos corpos hídricos, em decorrência da ausência de sistemas adequados de coleta e tratamento. Essa prática contribui de maneira significativa para a degradação da qualidade da água (Costa *et al.*, 2020). Nesse contexto, evidencia-se uma relação histórica direta entre o avanço da urbanização e o aumento da poluição dos rios urbanos, onde o crescimento urbano sem planejamento não modifica apenas a estrutura espacial do município, mas também provoca mudanças significativas em diversos componentes da paisagem, como o solo, o relevo, a cobertura vegetal, os recursos hídricos.

3.5 Saneamento básico

No Brasil, a Política Federal de Saneamento Básico (PF SB), instituída pela Lei nº 11.445/2007, define os princípios fundamentais para a prestação dos serviços públicos de saneamento básico, com foco na universalização do acesso e na melhoria da qualidade dos serviços. De acordo com essa legislação, o saneamento básico compreende o conjunto de serviços dos quatro componentes:

1. abastecimento de água potável;
2. esgotamento sanitário;
3. limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos;

4. drenagem e manejo de águas pluviais urbanas (Brasil, 2007; 2020).

No País, o serviço de drenagem urbana passou a se tornar cada vez mais necessário a partir da aceleração do processo de urbanização, iniciado na década de 1950, impactando significativamente o funcionamento natural da drenagem e o ciclo da água. Desde então, esforços têm sido feitos para ampliar o acesso a esse serviço (Araújo, 2024). Conforme dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2022), somente 43,6% dos municípios possuem sistemas exclusivos para drenagem de águas pluviais, 19,2% ainda não dispõem de sistemas adequados, 10,9% utilizam sistemas integrados com o esgotamento sanitário, planejados e operados de forma coordenada, mas mantêm redes separadas para cada tipo de água, e 26,3% contam com sistemas combinados, um único para todos os serviços.

O saneamento básico desempenha um papel essencial na promoção da saúde pública, na melhoria da qualidade de vida e no fomento ao desenvolvimento socioeconômico, consolidando-se como um tema prioritário nas agendas globais de desenvolvimento sustentável. A importância sanitária do manejo das águas pluviais, segundo o Ministério da Saúde (Brasil, 2007, p. 287), se dá como uma forma de escoar a água no intuito de combater a propagação de doenças de veiculação hídrica, na qual sua adequação do sistema evita a proliferação de vetores e reduz o risco de contaminação de reservatórios de água potável.

Diversas conferências internacionais têm reforçado a importância da preservação dos recursos naturais como medida fundamental para garantir um ambiente saudável às gerações presentes e futuras (Bayer *et al.*, 2021). Segundo Fuchs *et al.* (2022), o saneamento básico é indispensável para o progresso de um país, impactando positivamente áreas como o meio ambiente, a produtividade, a educação infantil e o turismo, sendo um dos pilares essenciais para o desenvolvimento de um país.

A Lei nº 11.445/2007 e o seu Decreto Regulamentador nº 7.217/2010 estabeleceram os princípios fundamentais que orientam a prestação de serviços públicos de saneamento, redefinindo também a estrutura de gestão de serviços, que passa a ser caracterizada pelos aspectos de planejamento, regulação, prestação, fiscalização e controle social, Britto (2018). No tocante ao planejamento, a Lei Federal nº 11.445/2007 estabeleceu a obrigatoriedade de elaboração dos Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB), que é uma das formas de planejamento da área de saneamento e orienta os investimentos para os serviços públicos (Faria, 2022).

No contexto brasileiro, a Lei Federal nº 14.026/2020 (Brasil, 2020) reconhece a dimensão urbana da Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas (DMAP), caracterizando esses serviços como um conjunto de ações, estruturas físicas e instalações operacionais voltadas ao escoamento, transporte, retenção ou detenção das águas das chuvas, com o objetivo de atenuar picos de cheias. Além disso, se inclui nesse escopo o tratamento, a disposição final das águas pluviais coletadas, bem como a limpeza e a fiscalização preventiva das redes de drenagem.

Essa lei também ainda atribui à ANA a função de instituição reguladora do setor, responsável por estabelecer normas de referência para os serviços de saneamento básico, incluindo a DMAP. Nesse sentido, destaca-se a Resolução ANA nº 245, de 17 de março de 2025, que aprova a Norma de Referência nº 12/2025, dispondo sobre a estruturação dos serviços públicos de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas, com diretrizes que visam aprimorar a eficiência, a sustentabilidade e a padronização dessas ações no território nacional (ANA, 2025).

De acordo com o artigo 19 da Lei nº 11.445/2007 (Brasil, 2007), que os PMSB devem abranger no mínimo os seguintes elementos: I – diagnóstico da situação e de seus impactos nas condições de vida, utilizando sistema de indicadores sanitários, epidemiológicos, ambientais e socioeconômicos e apontando as causas das deficiências detectadas; II – objetivos e metas de curto, médio e longo prazos para a universalização, admitidas soluções graduais e progressivas, observando a compatibilidade com os demais planos setoriais; III – programas, projetos e ações necessárias para atingir os objetivos e as metas, de modo compatível com os respectivos planos plurianuais e com outros planos governamentais correlatos, identificando possíveis fontes de financiamento; IV – ações para emergências e contingências; e V – mecanismos e procedimentos para a avaliação sistemática da eficiência e eficácia das ações programadas.

3.5.1 Drenagem urbana

O sistema de drenagem urbana é tido como um sistema preventivo de inundações, especialmente nas áreas mais baixas (Medau, 2018), é formado por um conjunto de sistemas como: sarjetas, bocas-de-lobo, condutos de ligação, poços de visitas, entre outros (Diniz *et al.*, 2016), visando o manejo das águas pluviais urbanas.

Dentre os serviços vinculados ao saneamento básico, cujo objetivo principal é garantir o bem-estar da população, destaca-se o escoamento como um dos mais relevantes, conforme estabelecido no Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB, 2019). Segundo a Agência

Nacional de Águas (ANA), a drenagem urbana tem como principal objetivo direcionar rapidamente o escoamento da água das chuvas para fora do perímetro urbano, prevenindo danos à cidade e garantindo que os corpos hídricos receptores não sejam impactados negativamente.

Nesse sentido, Barros (2018) afirma que a falha do sistema de drenagem urbana resulta nas inundações e, conseqüentemente, ocasiona danos sociais, econômicos e ambientais, uma vez que aproximadamente 80% da população mundial reside nas cidades e em sua maioria vive com acesso precário aos serviços públicos.

O processo de urbanização exige investimentos em infraestrutura para garantir um crescimento mais justo da cidade, promovendo a criação de empregos, a oferta de moradias de qualidade, o acesso ao saneamento básico e a implantação de sistemas de drenagem adequados. Este último, especialmente, merece destaque, pois é um dos maiores desafios enfrentados pelas grandes cidades, onde a grande quantidade de concreto e asfalto dificulta a absorção da água pelo solo, aumentando o risco de enchentes e alagamentos (Bezerra, 2016).

Além disso, o planejamento urbano voltado ao manejo adequado das águas pluviais torna-se ainda mais relevante diante dos impactos das mudanças climáticas, que tendem a intensificar eventos extremos de precipitação. De acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC, 2023), o aquecimento global intensifica o ciclo hidrológico, elevando tanto a frequência quanto a intensidade das chuvas extremas, o que exige que os sistemas de drenagem urbana sejam mais resilientes e capazes de se adaptar aos cenários climáticos futuros.

Assim, a drenagem urbana desempenha um papel fundamental na infraestrutura das cidades, indo além da função técnica de escoamento da água, estendendo-se à promoção da saúde pública, segurança da população e conservação ambiental, demandando um planejamento integrado e sustentável que possa abranger o uso adequado do solo, a preservação das áreas naturais e a adoção de soluções baseadas na sustentabilidade.

3.5.2 Microdrenagem

De acordo com a Resolução ANA nº 245, de 17 de março de 2025, a microdrenagem é definida como o conjunto de infraestruturas de pequeno porte voltadas à captação e condução inicial das águas pluviais em escala local. Essas estruturas atuam em bacias de contribuição geralmente inferiores a 1,0 km², podendo variar conforme as características urbanas e hidrológicas.

Para Tucci (2005), a microdrenagem é o conjunto de sistemas condutores que atendem a lotes individuais ou de rede primária urbana, responsáveis pela captação e condução das águas pluviais em áreas urbanas, visando evitar alagamentos e reduzir impactos causados pelo escoamento superficial. A microdrenagem é essencial para garantir a circulação segura de veículos e pedestres nas áreas urbanas durante chuvas frequentes, além de prevenir danos às propriedades e minimizar riscos de perdas humanas em caso de tempestades mais intensas.

Segundo Fochesatto (2017), a microdrenagem compreende a captação e o escoamento das águas superficiais ou subterrâneas por meio de pequenas e médias galerias, incluindo, como parte do sistema, todos os elementos previstos no projeto para viabilizar esse processo. O bom desempenho do sistema de microdrenagem depende, fundamentalmente, da execução cuidadosa das obras como pavimentação das vias, instalação de guias, sarjetas e galerias de águas pluviais, além da realização periódica de ações de conservação e manutenção, incluindo a limpeza e desobstrução das bocas de lobo e das galerias antes do período chuvoso.

Na cidade estudada, o sistema de drenagem das águas pluviais conta com elementos de microdrenagem para o direcionamento dos efluentes.

3.5.3 Elementos de microdrenagem urbana

O sistema de microdrenagem é composto de diversos elementos que garantem seu bom funcionamento, sendo eles:

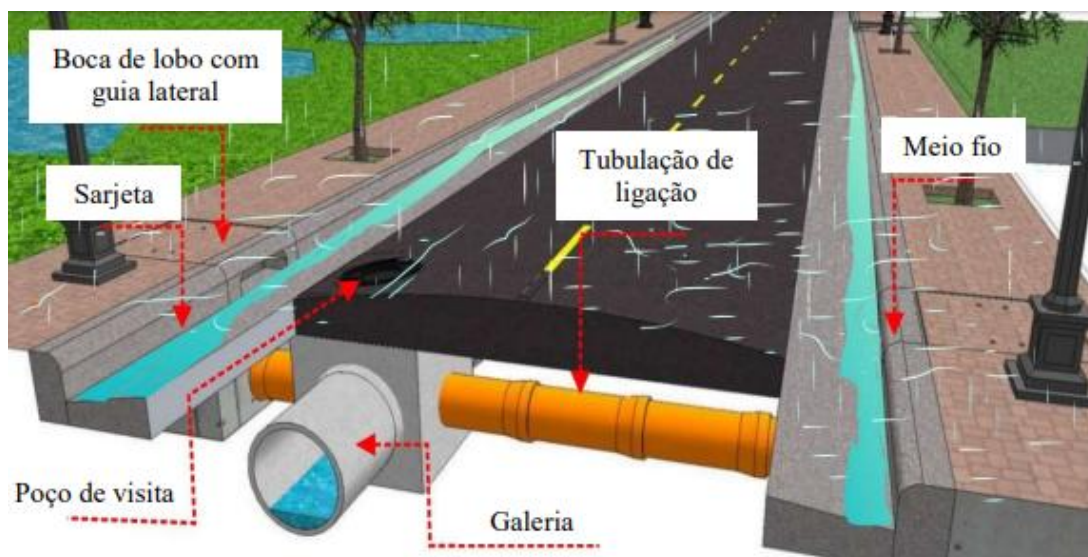
- Guias ou meio fio: são estruturas construídas com blocos de concreto ou pedra, localizadas entre a pista de rolamento da via pública e as calçadas, com a face superior nivelada ao passeio, formando uma faixa paralela ao eixo da via (Lima; Pereira, 2022);
- Sarjetas: são faixas localizadas ao longo do limite da via pública, junto à guia ou meio-fio, e funcionam como calhas destinadas à coleta das águas pluviais provenientes da superfície da via, podem estar integradas ao meio-fio ou ser estruturadas de forma independente, são fundamentais para evitar o acúmulo de água nas vias, prevenindo alagamentos e permitindo o escoamento eficiente da água da chuva. Devem ser projetadas de modo a garantir o encaminhamento adequado das águas pluviais aos demais componentes do sistema de microdrenagem urbana, dimensionados pelos projetistas (Teixeira; Filho, 2020);
- Bocas coletoras: conhecidas por boca de lobo, são dispositivos de captação das águas escoadas pelas sarjetas (Guedes, 2019);
- Galerias: são sistemas de condução projetados para transportar as águas pluviais

provenientes das bocas de lobo e das ligações privadas (Lima, 2024);

- Poços de visita: são dispositivos instalados em locais estratégicos do sistema, com a finalidade de viabilizar inspeção e limpeza das canalizações (Lima; Pereira, 2022);
- Sarjetões: São constituídos pela própria pavimentação nos cruzamentos das vias públicas, conformando calhas que direcionam o fluxo da água pluvial que escoam pelas sarjetas (Cunha, 2017).

A Figura 2 apresenta o esquema de funcionamento de um sistema de microdrenagem, evidenciando os principais elementos responsáveis pela coleta e condução das águas pluviais em áreas urbanas.

Figura 2 - Esquema de funcionamento de um sistema de microdrenagem.



Fonte: Lima; Pereira (2022).

3.6 Plano diretor e uso e ocupação do solo

O Plano Diretor Municipal constitui o principal instrumento da Política de Desenvolvimento Urbano no Brasil, conforme previsto no Estatuto da Cidade, Lei nº 10.257/2001 (Brasil, 2021). Essa legislação estabelece o plano diretor como a base para orientar o crescimento e a organização territorial dos municípios, buscando ordenar o crescimento da cidade de forma sustentável e integrada. Desse modo, esse documento funciona como uma ferramenta de planejamento estratégico que orienta a formulação de políticas públicas, a execução de obras e a adoção de normas para garantir a segurança hídrica, a sustentabilidade ambiental e a qualidade de vida nas cidades.

O Plano Diretor constitui o principal instrumento jurídico da política urbana destinado ao ordenamento dos espaços urbanos, conforme previsto no Estatuto da Cidade, que dispõe no artigo 41, inciso I, que, dentre os critérios estabelecidos, o plano diretor é obrigatório para municípios com população superior a vinte mil habitantes. Esse plano trata-se de uma lei elaborada com base em um processo de análise e compreensão das características da localidade onde será implementada (Reis, 2018).

O planejamento municipal tem como objetivo corrigir distorções administrativas, aprimorar a gestão pública e transformar condições desfavoráveis que afetam a comunidade local (Rezende, 2007), sendo uma das funções clássicas da administração indispensável ao gestor municipal, trazendo reflexos diretos no bem-estar da sociedade.

Em dezembro de 2021, o município de Pau dos Ferros publicou seu Plano Diretor Participativo, elaborado em parceria com a Universidade Federal do Semi-Árido (UFERSA). De acordo com o Artigo 85 da Subseção III – Rede Hídrica e Corredores de Integração Ecológica, esse plano tem como finalidade estabelecer critérios específicos para o parcelamento do solo, além de promover a ordenação do uso e da ocupação do território municipal.

Dessa forma, o documento busca garantir um desenvolvimento urbano sustentável, respeitando as características ambientais e sociais da região. O documento estabelece diversas diretrizes, entre as quais se destaca o incentivo a mudanças estruturais voltadas ao desenvolvimento sustentável e à ampliação de áreas verdes e permeáveis (Cardoso *et al.*, 2023).

3.7 Estudos correlatos do município

No âmbito da literatura científica, encontram-se outros estudos que apresentam abordagens e metodologias voltadas à compreensão de questões semelhantes às tratadas nesta pesquisa.

Gomes *et al.* (2023) em sua pesquisa realizaram uma análise dos alagamentos urbanos no município de Pau dos Ferros-RN por meio de Modelos Digitais de Elevação (MDE), obtidos por meio do processamento fotogramétrico das imagens de veículo aéreo não-tripulado (VANT) e integrados a levantamentos GNSS, que teve como principal objetivo identificar as depressões topográficas mais significativas e avaliar a efetividade das estruturas de drenagem presentes na área analisada em um recorte espacial de 50 hectares de extensão situado na região centro-leste do município.

Outro estudo, realizado por Costa *et al.* (2013), teve como foco a identificação das áreas de risco de inundação na zona urbana do município, por meio da aplicação de ferramentas de geoprocessamento, como o software SIG SPRING 5.1, imagens do satélite CBERS 2B e o Modelo Digital de Elevação (SRTM). A partir desses dados, foram elaborados mapas temáticos que permitiram delimitar as zonas mais suscetíveis às inundações, evidenciando a vulnerabilidade de diversos bairros da cidade diante de eventos pluviais intensos.

Vilaça e Costa (2022) realizaram a identificação e caracterização os principais pontos de alagamento na zona urbana, por meio da elaboração de mapas temáticos, resultando na identificação de 20 áreas críticas cujas causas estão diretamente associadas à falta de planejamento urbano, à ocupação irregular de áreas próximas a corpos d'água e à ineficiência das estruturas de escoamento.

4 METODOLOGIA

Nesta seção, apresenta-se: caracterização da pesquisa, definição da área de estudo e percurso metodológico para cumprimento dos objetivos.

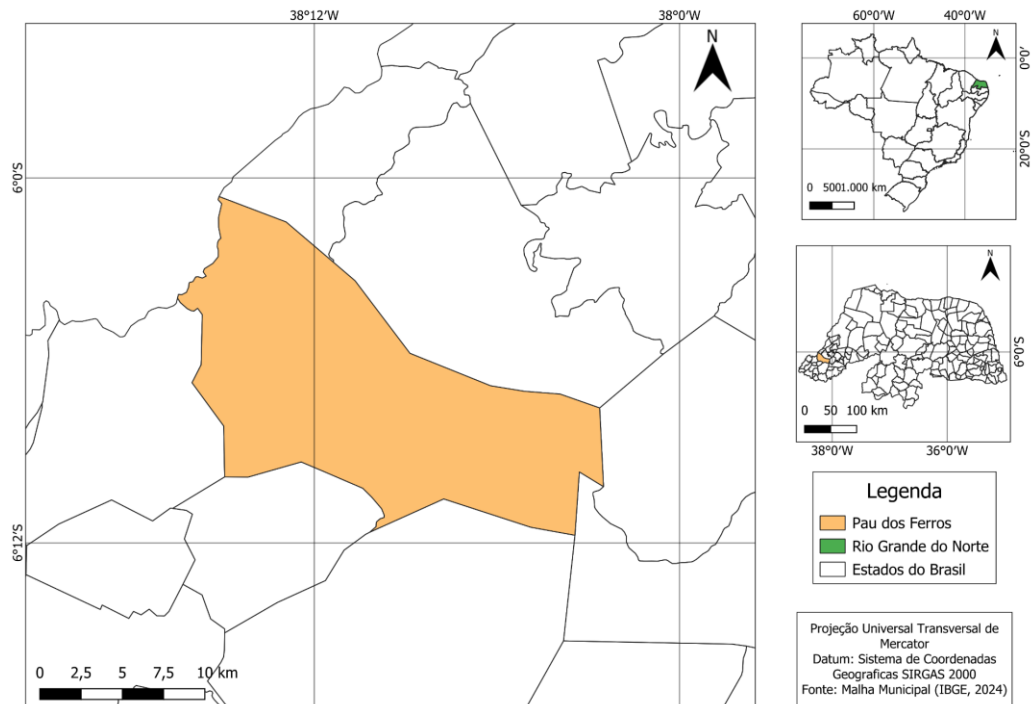
4.1 Caracterização da pesquisa

A presente pesquisa configura-se como um estudo de caso, de abordagem qualitativa e natureza exploratória, com o objetivo de compreender um fenômeno específico a partir de múltiplas fontes de informação. Também apresenta caráter explicativo, na medida em que busca identificar relações de causa e efeito e os fatores que influenciam a problemática em questão. Metodologicamente, a investigação se apoia em diferentes procedimentos, incluindo pesquisa bibliográfica, com levantamento teórico e documental (Gil, 2019). Além disso, inclui a etapa de campo, para obtenção de dados primários, por meio de registros fotográficos realizados *in loco* permitindo uma análise mais aprofundada do objeto de estudo.

4.2 Área de estudo

Compõe a área objeto desta pesquisa a cidade de Pau dos Ferros-RN (Figura 3). A região de estudo foi escolhida considerando o crescente nível de urbanização, polarização das cidades circunvizinhas, localização no semiárido Brasileiro, escassez hídrica, e um histórico de alagamentos.

Figura 3 - Mapa da localização de Pau dos Ferros/RN.



Fonte: Shapefiles IBGE (2024). Elaboração Gráfica de Autoria própria (2025).

O município conta com uma área total de 259,96 km², equivalente a 0,52% da superfície estadual, com uma área urbana de aproximadamente 7,46 km², concentrando cerca de 92,03% da população, de acordo com o IBGE (2022), estando inserido na bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró que atravessa o município na direção S-N. A bacia abrange uma área de 14.276 km², correspondendo a 26,8% da área estimada do estado, Fontes (2023).

No que diz respeito ao regime pluviométrico do município, a distribuição das chuvas ao longo do ano classifica Pau dos Ferros como pertencente ao tipo tropical chuvoso, com verão seco e a estação chuvosa ocorrendo de forma antecipada no outono, conforme a classificação da CPRM (2005), o que permite a distinção clara entre duas estações bem definidas.

4.3 Percurso metodológico

A Figura 4 apresenta as etapas necessárias para a elaboração deste estudo, com o intuito de alcançar o objetivo geral, seguida do melhor detalhamento das atividades que compreendem.

Figura 4 – Fluxograma de processo metodológico.



Fonte: Autoria própria (2025).

Etapa I - Levantamento documental

O estudo se baseou em múltiplas fontes de informação, que permitiram uma compreensão ampla e fundamentada da realidade urbana investigada. Foram utilizados artigos científicos, notícias, mapas da cidade, além de documentos oficiais como o Plano Diretor Participativo Municipal, o Plano Municipal de Saneamento e a lei que dispõe sobre a Política Municipal de Saneamento Básico (Lei nº 1559/16). Esses instrumentos forneceram subsídios importantes para a contextualização da problemática, evidenciando tanto os aspectos estruturais quanto os sociais que envolvem a gestão das águas pluviais do município.

Etapa II - Elaboração de mapas

Foi realizada a elaboração de mapas para identificação da rede de drenagem e distribuição espacial da infraestrutura existente por meio do *software QGIS* utilizando o sistema de coordenadas geográficas SIRGAS 2000, que permitiu o processamento e a visualização espacial dos dados geográficos. Para a construção da rede hidrográfica, foram utilizados dados cartográficos e *Shapefiles* fornecidos pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e malha municipal do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Essa metodologia garantiu maior exatidão e confiabilidade no mapeamento da drenagem, permitindo uma análise detalhada da área de estudo e subsidiando as etapas posteriores da pesquisa. Com o intuito de identificar os fundos de vale, apresentando maior detalhamento para apoiar o estudo, houve o processamento da rede de drenagem a partir de um modelo digital de elevação Topodata, utilizando o módulo hidrológico do SAGA integrado ao *software QGIS*.

As análises espaciais e históricas do uso e ocupação do solo foram conduzidas por *Shapefiles* dos bairros apresentados no Plano Diretor Participativo de Pau dos Ferros cedidos por (Costa; Araújo, 2025) e com auxílio do programa *Google Earth*, que disponibiliza imagens de satélite em alta resolução permitindo obter uma sequência temporal de dados visuais. Essa ferramenta possibilitou monitorar as alterações na cobertura e no uso do solo ao longo do tempo, facilitando a identificação dos processos de expansão urbana. Desse modo, foi realizada uma análise do crescimento urbano ao longo de 15 anos, com análises em intervalos regulares de 5 anos (2009, 2014, 2019 e 2022). Esse recorte temporal permitiu a identificação de dinâmicas espaciais ao longo dos anos, como a ocupação de novas áreas e o processo de expansão sobre zonas ambientalmente sensíveis a exemplo de margens de rios, permitindo a comparação entre as diferentes fases do desenvolvimento urbano nesse período.

A representação espacial possibilitou uma compreensão mais precisa da distribuição dos cursos d'água e das massas hídricas tanto no perímetro urbano quanto em suas áreas adjacentes, fornecendo subsídios importantes para a análise da dinâmica da drenagem superficial e para o diagnóstico das condições hidrológicas do município.

Etapa III - Análise de dados históricos

A coleta de dados históricos de alagamentos na cidade foi orientada pela identificação prévia de áreas com ocorrência de alagamentos, realizada com base na observação de episódios de chuvas intensas no município, junto a levantamento documental em artigos e notícias publicadas, onde foram feitos e identificados registros fotográficos de eventos de inundação ocorridos. Essa etapa foi essencial para compreender a dinâmica e a recorrência desses eventos extremos, bem como para identificar as áreas mais suscetíveis ao longo do tempo.

Para a seleção dos pontos de coleta, foi realizado um recorte espacial dentro do território urbano do município, considerando uma área específica englobando os bairros Riacho do Meio, Carvão, São Judas Tadeu, São Geraldo, São Benedito e Centro, onde foi possível conduzir vistorias de campo de forma mais detalhada. Embora se reconheça a existência de outras regiões com histórico de alagamentos, optou-se por concentrar a análise em um setor representativo, a fim de viabilizar a execução do estudo dentro dos limites operacionais e garantir maior aprofundamento na caracterização dos problemas observados.

Etapa IV - Inspeção em campo

Foram realizadas idas a campo nos dias 6 e 13 de julho de 2025 para uma avaliação da área estudada que permitiu observar diretamente a existência e as condições atuais dos dispositivos que compõem o sistema de drenagem urbana, como bocas de lobo, galerias, bueiros e outros elementos responsáveis pelo escoamento. Durante a última ocorrência de chuva, foi possível registrar alguns pontos de alagamento no município, no entanto, o registro de todos os locais afetados não pôde ser realizado devido às limitações de acesso e deslocamento durante o período de precipitação. Para suprir essa limitação, foram realizadas visitas posteriores para o registro dos pontos e coleta de coordenadas geográficas para identificação dos pontos vulneráveis a alagamentos. A observação direta *in loco* foi fundamental para identificar falhas na infraestrutura, processos de obstrução, degradação física e, sobretudo, interferências provocadas pela ocupação irregular e pelo crescimento urbano desordenado. Essa etapa se tornou essencial para produção de resultados realistas, contribuindo para subsidiar formulação de propostas que dialogassem com a realidade local e promovessem maior eficiência no manejo das águas pluviais.

Etapa V - Análise de dados

Após a realização da coleta dos dados primários e secundários, procedeu-se à sistematização, análise e interpretação detalhada de todas as informações reunidas. Essa etapa se mostrou fundamental para compreender o funcionamento do sistema de drenagem urbana existente, possibilitando a identificação de suas principais deficiências, falhas operacionais, limitações estruturais e suas consequências, visando contribuir para a construção de uma base científica que subsidiasse estudos e propostas de ações voltadas ao controle do crescimento urbano desordenado e da ocupação contínua das áreas que compõem a rede de drenagem.

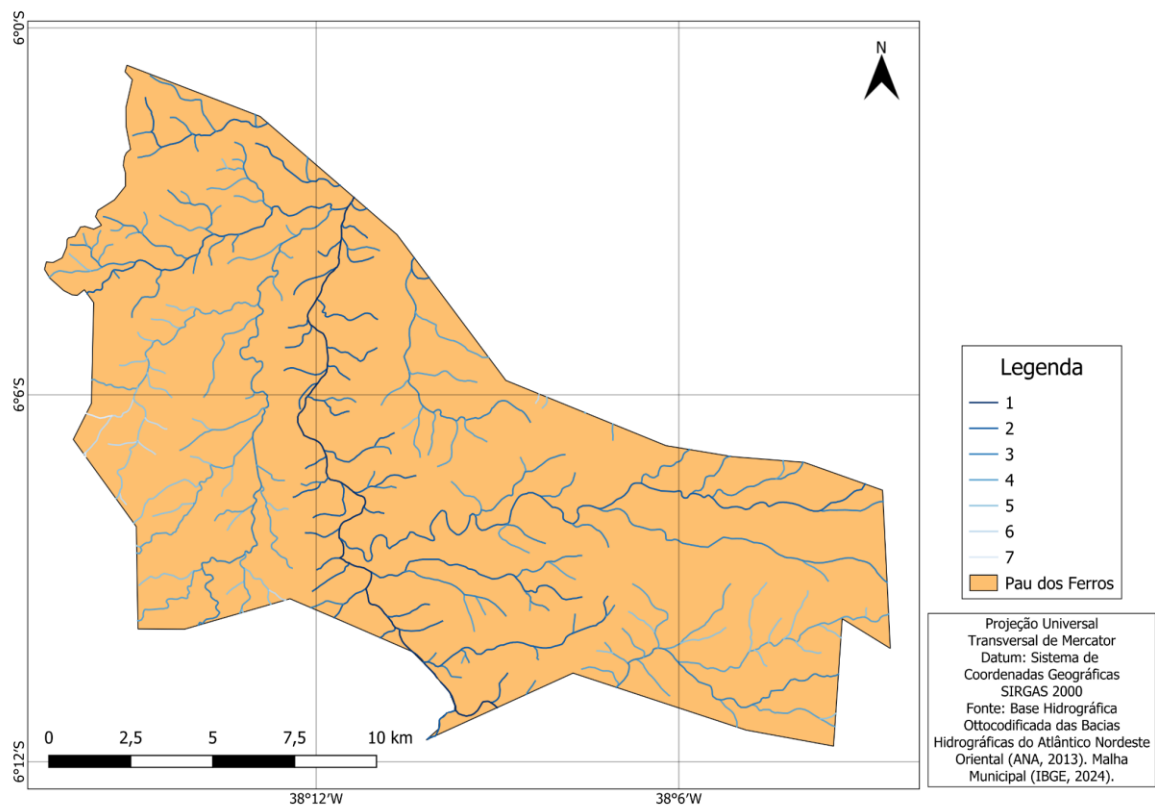
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e a discussão estão organizados em etapas, de forma a atender aos objetivos propostos nesta pesquisa. A primeira etapa apresenta a identificação da rede de drenagem. Após são expostos os mapas da ocupação urbana ao longo do tempo. Em seguida, é demonstrado o levantamento de registros históricos de alagamentos e posteriormente é feita a identificação dos elementos de drenagem existentes e suas condições estruturais e funcionais.

Etapa I - Identificação da rede de drenagem

As Figuras 5 e 6 exibem mapas hidrográficos do município, ressaltando a configuração da sua rede hidrográfica, onde é possível identificar a presença de corpos d’água com lâmina visível.

Figura 5 - Mapa de localização da rede de drenagem.



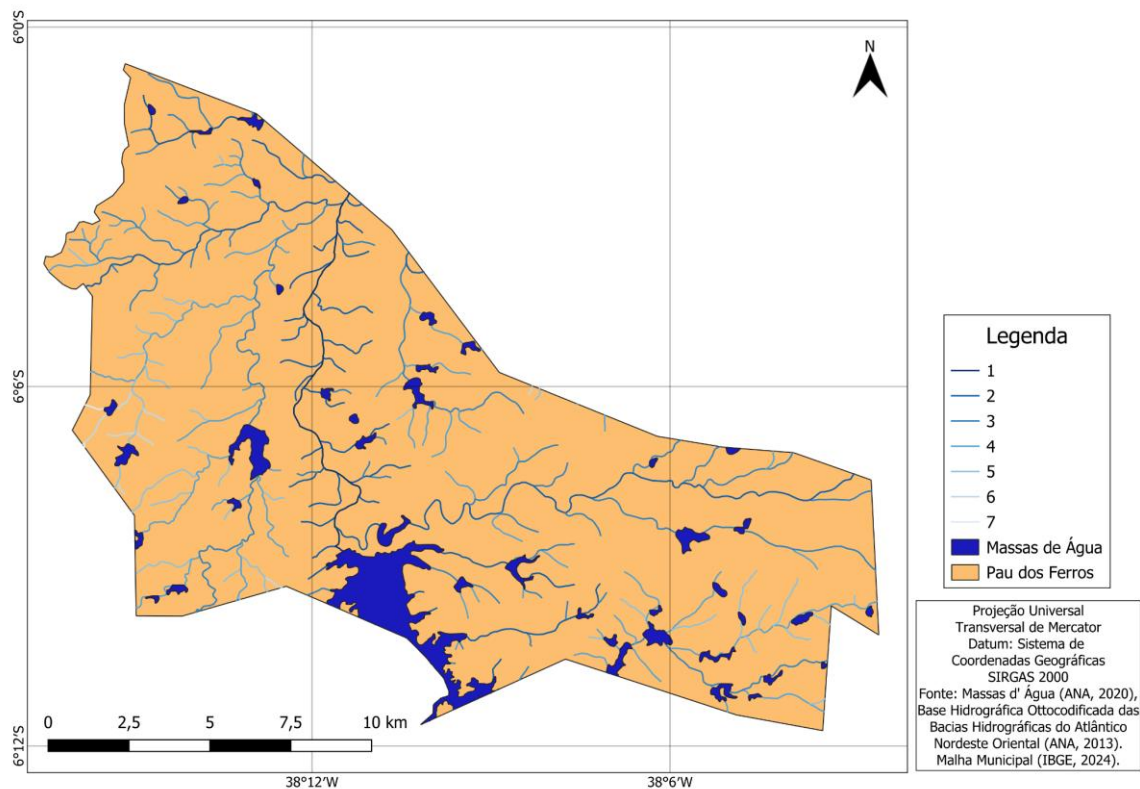
Fonte: Shapefiles IBGE (2024), ESA (2025), ANA (2013; 2020).

Elaboração Gráfica de Autoria própria (2025).

O mapa representa os elementos naturais que compõem a rede hidrográfica, organizando os cursos d'água conforme sua hierarquia, que varia da Ordem 1 até a Ordem 7, conforme indicado na legenda.

A classificação por ordem refere-se ao grau de ramificação dos cursos d'água: os de Ordem 1 correspondem ordens às superiores que são mais complexos, largos e visíveis, enquanto os de ordens superiores são nascentes mais simples, com pequenos cursos d'água e menos visíveis. Essa classificação também permite entender como ocorre o fluxo da água, e é baseada no sistema de ordenação de Strahler (1952), amplamente utilizado na hidrografia. De acordo com o PMSB os cursos d'água possuem regime intermitente e o padrão de drenagem é do tipo dendrítico. As massas de água presentes podem ser observadas na Figura 6.

Figura 6 - Mapa de localização da rede de drenagem com massas d'água.



Fonte: *Shapefiles* IBGE (2024), ANA (2013; 2020).

Elaboração Gráfica de Autoria própria (2025).

As massas de água identificadas destacadas em azul escuro representam açude, barragem e áreas de alagamento, que compõem o sistema natural e artificial de drenagem, influenciando diretamente o escoamento superficial das águas pluviais.

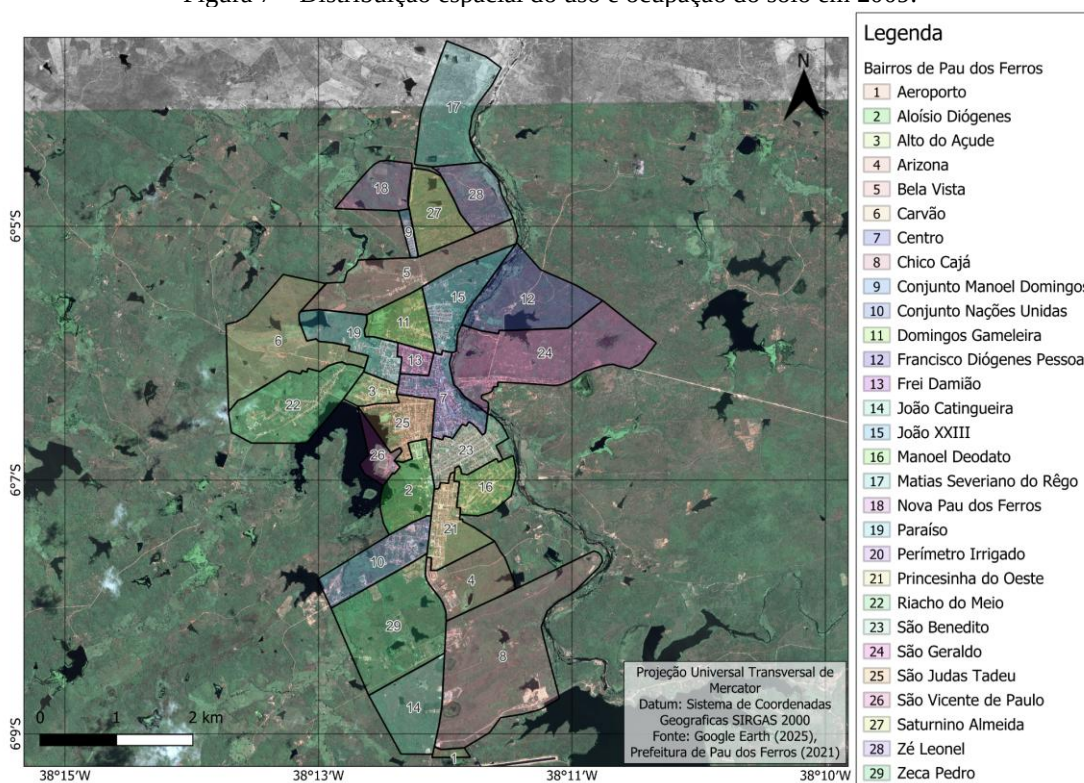
De acordo com o Plano de Saneamento Municipal de Pau dos Ferros-RN, elaborado em 2014, o município não possuía um Plano Diretor de Drenagem Urbana. Atualmente, mesmo após uma década, mantém-se a mesma realidade. O sistema de drenagem urbana é caracterizado por um trajeto preferencial para o escoamento superficial das águas pluviais, cuja dinâmica está diretamente relacionada à topografia local. Dessa forma, o escoamento ocorre de maneira natural em direção aos corpos d'água situados nas proximidades da área urbana.

Etapa II - Ocupação urbana e os impactos sobre o sistema de drenagem

Nessa etapa, foram utilizados mapas temáticos referentes ao período de 2009 a 2022, com o objetivo de identificar a evolução espacial da ocupação urbana nas áreas relacionadas ao sistema de drenagem do município.

A Figura 7 apresenta a primeira imagem de satélite de Pau dos Ferros - RN do ano de 2009, destacando a delimitação dos bairros e a configuração da área urbanizada do referido ano.

Figura 7 – Distribuição espacial do uso e ocupação do solo em 2009.



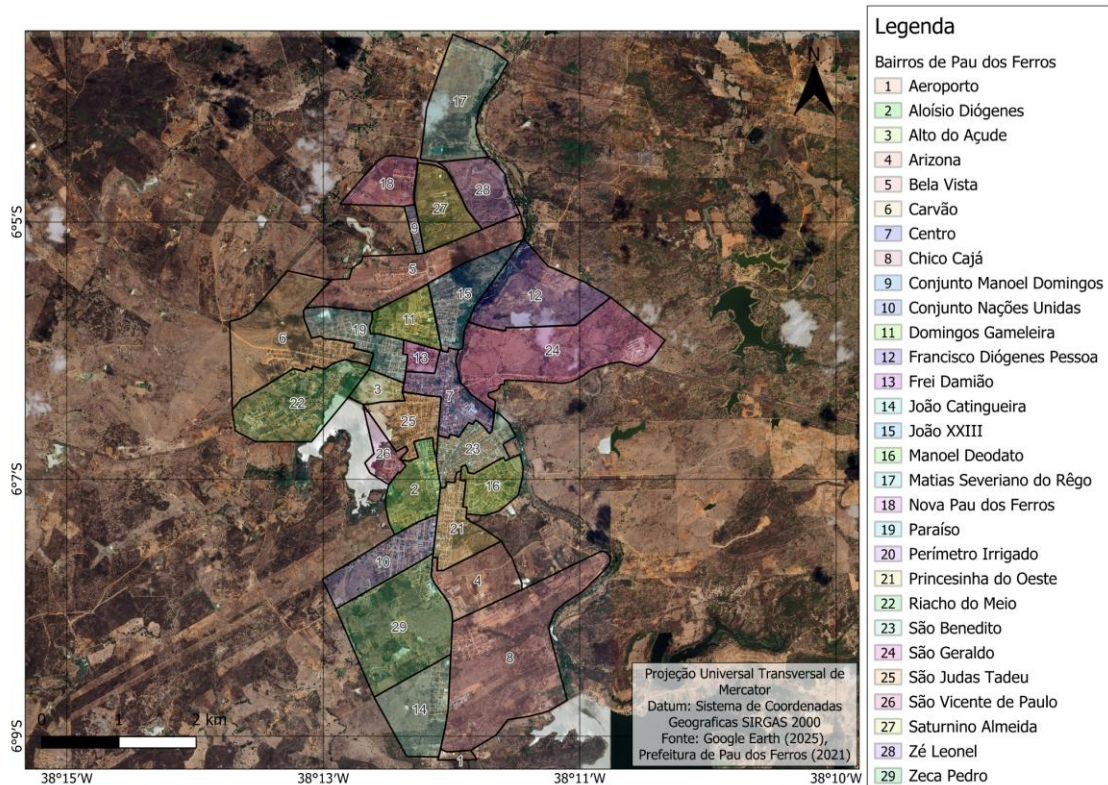
Fonte: Google Earth (2025), Shapefiles da PMPF (2021).

Elaboração gráfica de autoria própria (2025).

No ano de 2009, já se observava a presença de áreas urbanizadas em trechos próximos a corpos d'água e canais naturais de escoamento superficial no município, com destaque para os bairros São Vicente de Paulo, Alto do Açude, São Judas Tadeu e São Geraldo.

Na Figura 8 observa-se o cenário mais recente, da ocupação urbana do município no ano de 2022, onde é possível ver a evolução urbana se comparado ao mapa da Figura 7 de 2009.

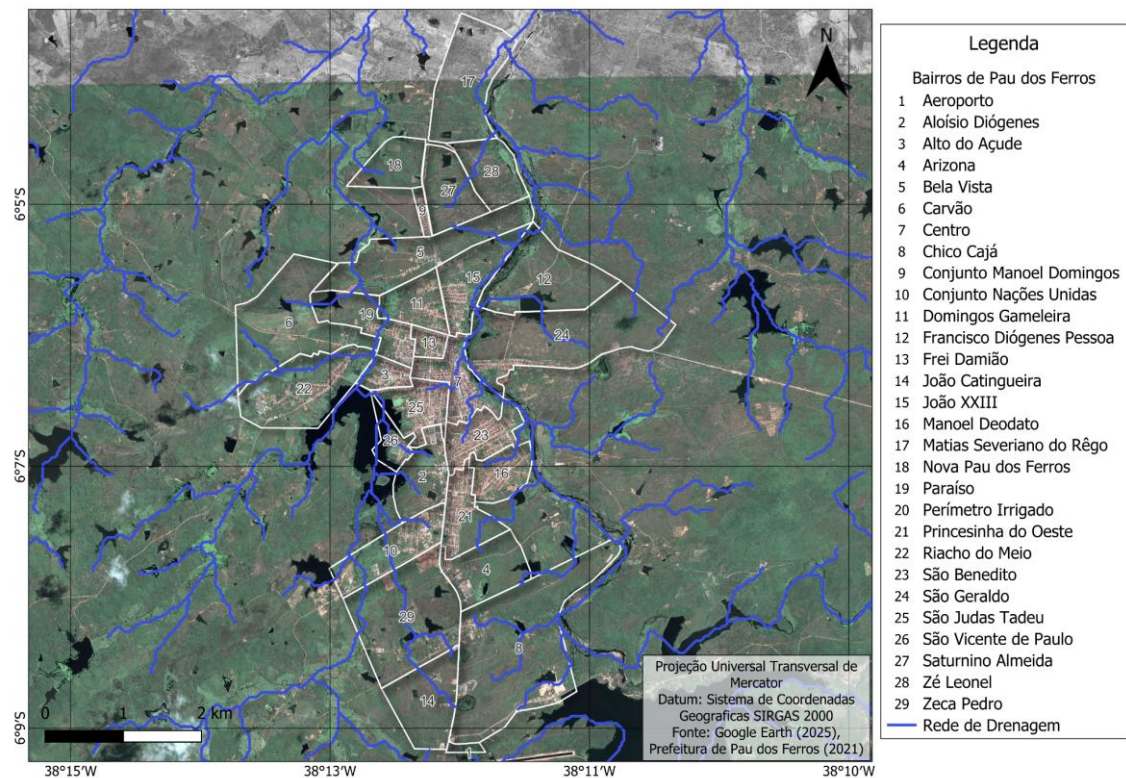
Figura 8 – Distribuição espacial do uso e ocupação do solo em 2022.



Fonte: Google Earth (2025), Shapefiles da PMPF (2021).
Elaboração gráfica de autoria própria (2025).

Na imagem da Figura 9, é apresentada a distribuição espacial com a sobreposição da rede de drenagem facilitando a compreensão do contexto analisado. Essa integração gráfica permite identificar de forma mais clara a relação entre os elementos territoriais e a disposição dos canais, facilitando a interpretação das conexões hidrológicas e áreas de escoamento.

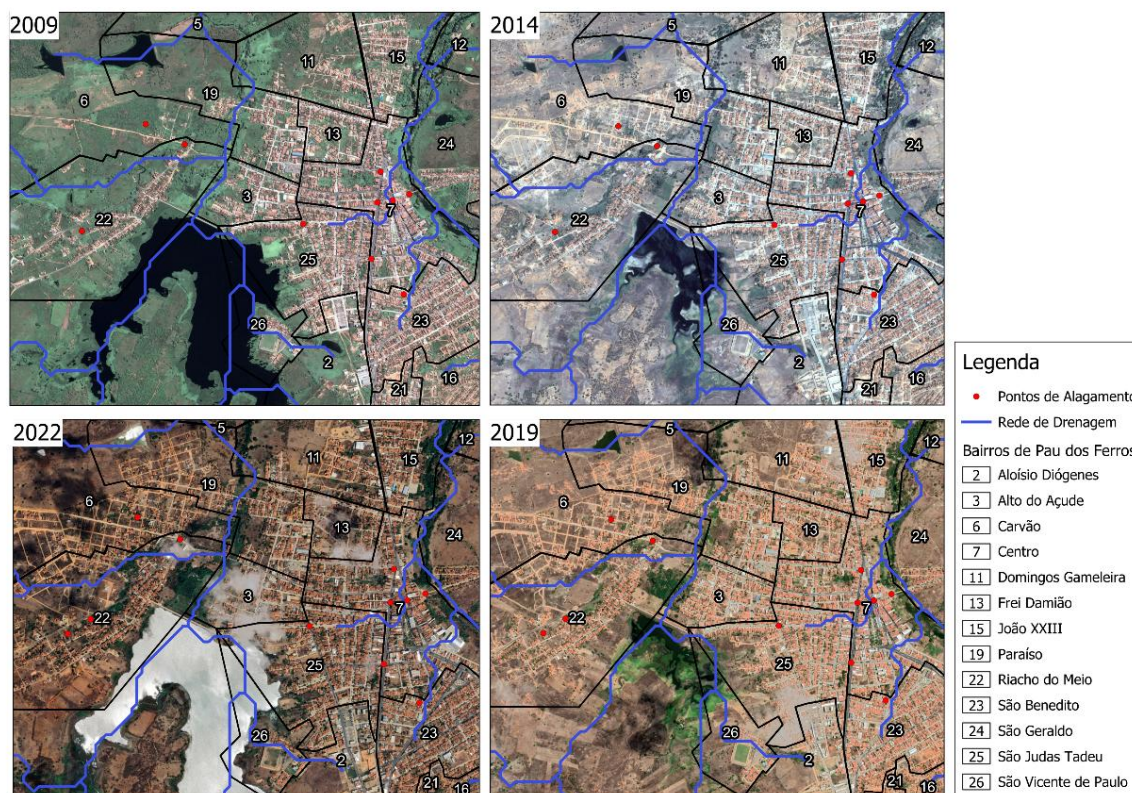
Figura 9 – Distribuição espacial do uso e ocupação do solo em 2009 com sobreposição da rede de drenagem.



Fonte: Google Earth (2025), Shapefiles da PMPF (2021).
Elaboração gráfica de autoria própria (2025).

A Figura 10 a seguir, apresenta a evolução da ocupação urbana e rede de drenagem do município de Pau dos Ferros/RN entre os anos de 2009 e 2022. Foi realizada uma ampliação da área mapeada no estudo referente aos pontos de alagamento em cada ano analisado, para proporcionar melhor visualização das mudanças no uso e ocupação do solo, evidenciando a expansão da malha urbana.

Figura 10 – Ampliação da área de estudo e evolução da ocupação urbana (2009-2022).



Fonte: Google Earth (2025), Shapefiles da PMPF (2021).
Elaboração gráfica de autoria própria (2025).

De acordo com a análise realizada dos mapas, fazendo uma comparação entre os mapas de 2009 e 2022, observa-se que o município de Pau dos Ferros passou por uma progressão da expansão urbana horizontal. Essa configuração espacial evidencia um processo de ocupação urbana que, mesmo em fase inicial do período de análise, já apresentava indícios de expansão desordenada, com áreas urbanizadas sobrepondo-se a rede de drenagem.

Entre 2014 e 2019, observa-se uma expansão significativa da malha urbana, com aumento das áreas edificadas, especialmente nas proximidades da rede de drenagem. Essa expansão indica um processo de ocupação progressiva de áreas anteriormente livres ou vegetadas, o que pode estar associado ao crescimento populacional e à falta de planejamento urbano adequado.

De modo geral, os mapas evidenciam o aumento da ocupação em direção às margens dos cursos d'água e áreas anteriormente não urbanizadas, demonstrando um padrão de crescimento desordenado ao longo dos 15 anos analisados. Essa evolução compromete significativamente o sistema de drenagem, reduzindo sua eficiência e aumentando a probabilidade de alagamentos. Tais ocorrências afetam diretamente a mobilidade urbana,

especialmente nas áreas comerciais, refletindo também em prejuízos para a economia local.

Com a substituição das áreas naturais por superfícies impermeáveis, como asfalto e concreto, a capacidade do solo em absorver a água da chuva é drasticamente reduzida, resultando em maior volume e velocidade do escoamento superficial. Além disso, a ocupação irregular em locais vulneráveis, como as margens de rios, expõe a população a diversos riscos ambientais e sociais.

Etapa III - Levantamento histórico de alagamentos

Com o objetivo de identificar as áreas mais suscetíveis a alagamentos no município de Pau dos Ferros (RN), foi realizado um levantamento espacial e histórico com base em registros locais e observações de campo. Os 12 pontos selecionados representam parte dos locais que são frequentemente afetados por alagamentos. O Quadro 1 apresenta os logradouros afetados, os respectivos bairros em que se localizam e as suas coordenadas geográficas, permitindo uma análise espacial desses eventos.

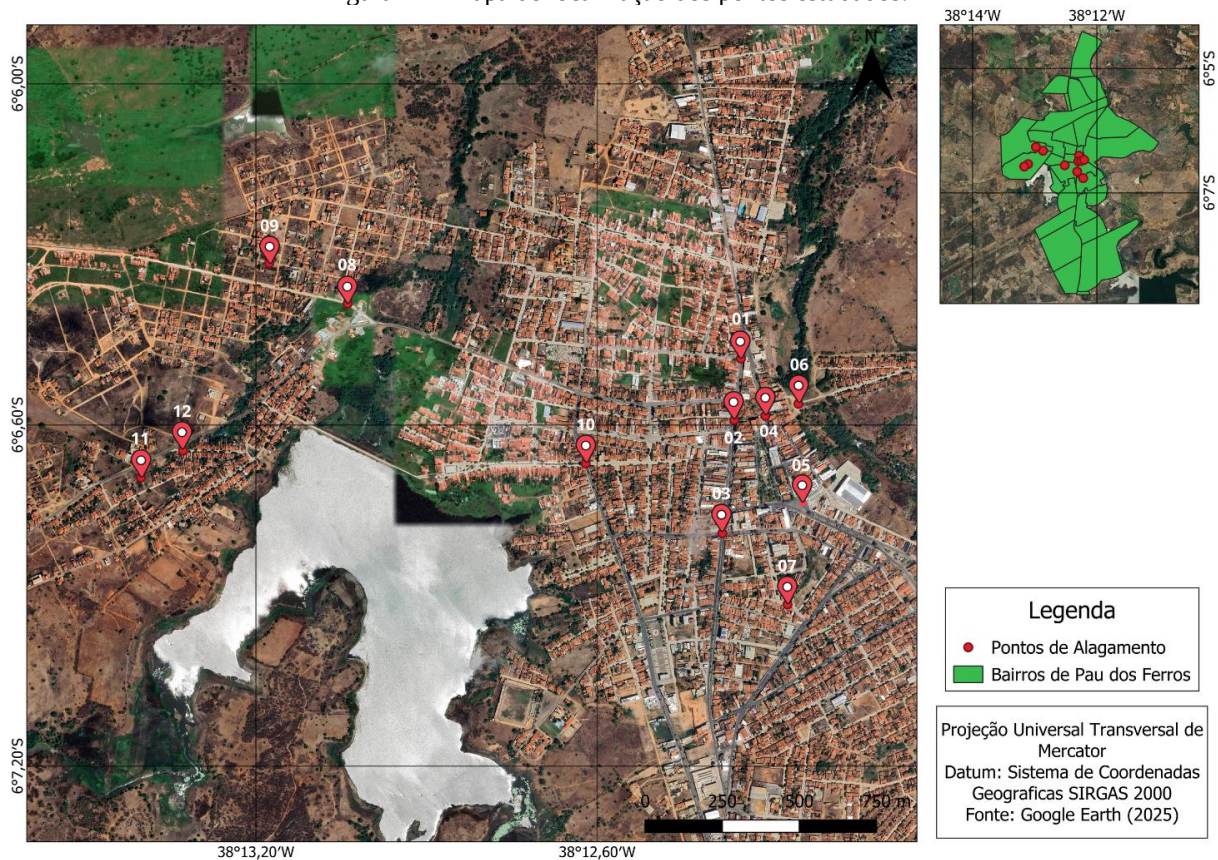
Quadro 1- Coordenadas geográficas dos pontos de alagamentos selecionados.

PONTO	LOGRADOURO	BAIRRO	COORDENADAS
01	Avenida Independência	Centro	6° 6'28.99"S 38°12'20.82"O
02	Avenida Independência	Centro	6° 6'35.54"S 38°12'21.63"O
03	Avenida Independência	Centro	6° 6'47.47"S 38°12'22.79"O
04	Bevenuto Fialho	Centro	6° 6'34.89"S 38°12'18.28"O
05	Avenida Getúlio Vargas	Centro	6° 6'44.38"S 38°12'14.38"O
06	Francisco Marçal	São Geraldo	6° 6'33.77"S 38°12'14.77"O
07	Desembargador Licurgo Nunes	São Benedito	6° 6'54.95"S 38°12'15.90"O
08	Antônia Taveira Bessa	Carvão	6° 6'23.22"S 38°13'2.32"O
09	João Henrique da Cunha	Carvão	6° 6'19.00"S 38°13'10.37"O
10	Joaquim Torquato x 25 de Março	São Judas Tadeu	6° 6'40.02"S 38°12'37.22"O
11	Rua Projetada	Riacho do Meio	6° 6'41.65"S 38°13'24.08"O
12	Rua Antônio Lopes	Riacho do Meio	6° 6'38.71"S 38°13'19.70"O

Fonte: autoria própria (2025).

A Figura 11 apresenta o mapa de localização geográfica dos pontos de alagamento analisados no presente estudo, facilitando a visualização das áreas, em conformidade com as informações descritivas contidas no Quadro 1.

Figura 11 - Mapa de localização dos pontos estudados.



Fonte: Google Earth (2025), Elaboração gráfica de autoria própria (2025).

Na sequência, são apresentados registros fotográficos dos pontos de alagamento identificados durante a etapa de levantamento, mostrando as condições dos locais que são afetados pelas chuvas, contribuindo para a compreensão da dinâmica dos alagamentos e da gravidade das ocorrências. Esses registros visuais complementam as informações anteriormente descritas e reforçam a caracterização dos impactos causados pelo escoamento superficial inadequado nas áreas urbanas do município.

A Figura 12, que representa o ponto 05 do mapa de localização, mostra dois registros de alagamento noturno ocorridos em frente ao supermercado Queiroz: o primeiro em 23 de abril de 2022 (a) e o segundo em 26 de janeiro de 2019 (b). A água ultrapassou o nível das calçadas, os veículos ficaram parcialmente submersos. A área central da cidade conhecida como largo da cultura, se encontrava alagada, com acúmulo de água ocorrido pelo volume de água excedente à capacidade de infiltração do solo e da infraestrutura urbana, com o tráfego altamente comprometido. O fato evidencia a gravidade da situação, indicando a insuficiência do sistema de microdrenagem para escoar o volume de água pluvial. Esse tipo de ocorrência compromete diretamente a segurança da população e a funcionalidade do espaço urbano.

Figura 12 - Alagamento em área urbana após episódio de precipitação intensa (a) trecho frente ao supermercado Queiroz, Centro e (b) largo da cultura trecho central.



(a)

Fonte: TCM notícia (2022).



(b)

Fonte: Portal Grande Ponto (2019).

A Figura 13 ilustra um empoçamento significativo ocorrido próximo ao posto Shell, situado na avenida Independência (ponto 01), registrado em 23 de junho de 2025, causado por uma precipitação leve (chuva fraca), caracterizada por observação visual no dia, e que resultou no acúmulo de água nesta região. Em episódios de chuvas mais intensas, esse alagamento se torna ainda mais severo e agravante, comprometendo a mobilidade urbana desse trecho.

Figura 13 - Acúmulo de água registrado após episódio de precipitação leve.



Fonte: Autoria própria (2025).

A Figura 14 ilustra uma situação de acúmulo de água no cruzamento da Rua João Henrique da Cunha e Rua Benedito Fernandes Sampaio, localizada no bairro Carvão, em decorrência da alteração no posicionamento de uma lombada e a negligência com a drenagem de águas pluviais no planejamento e execução.

Figura 14 - Acúmulo de água registrado no bairro Carvão.



Fonte: Autoria própria (2025).

A nova localização da estrutura interferiu negativamente no escoamento superficial, resultando na concentração de água junto à calçada de uma residência, mesmo em eventos de chuva de baixa intensidade. A ausência de dispositivos de microdrenagem na área agrava o problema, aumentando significativamente o risco de alagamentos e de invasão de água no interior do imóvel durante precipitações mais intensas. Isso demonstra que pequenas mudanças na infraestrutura urbana impactam significativamente no sistema de drenagem superficial.

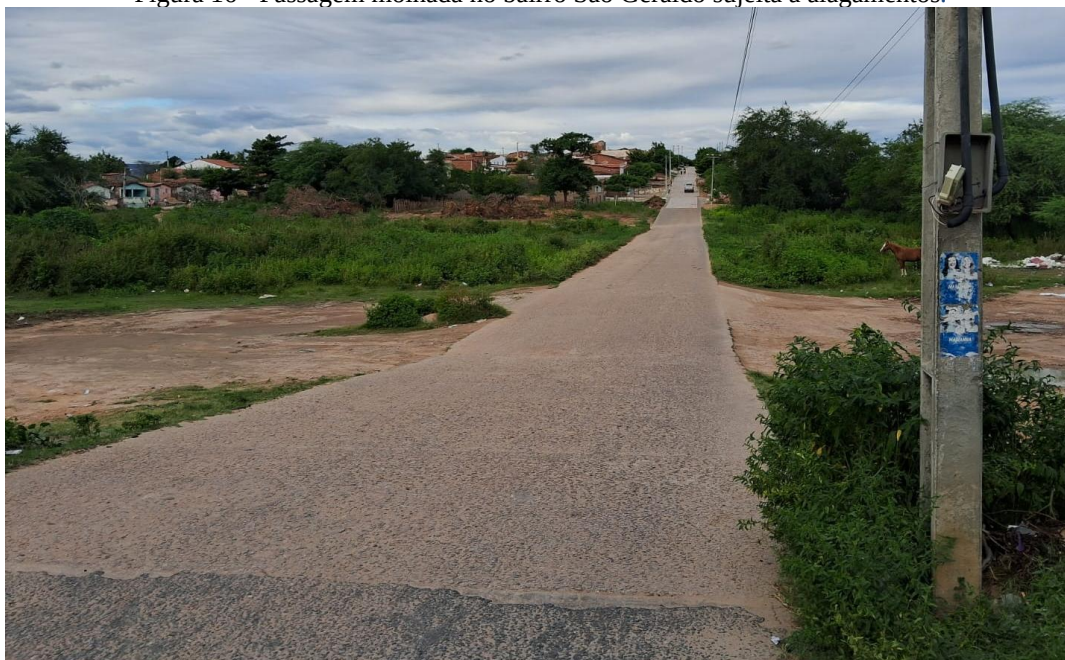
As passagens molhadas localizadas nos bairros Carvão (ponto 08) e São Geraldo (ponto 06), mostradas nas Figuras 15 e 16, apresentam acúmulo significativo de água durante os períodos chuvosos, comprometendo a segurança e dificultando a locomoção da população nesse trecho devido ao grande fluxo de água que passa sobre a estrutura.

Figura 15 - Passagem molhada no bairro Carvão sujeita a alagamentos.



Fonte: Autoria própria (2025).

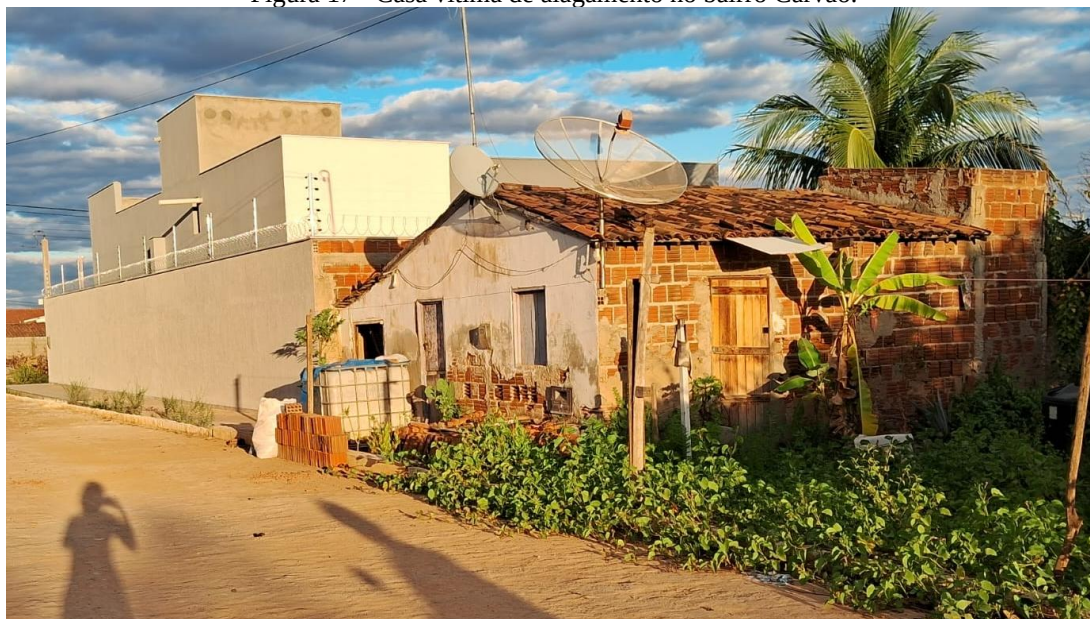
Figura 16 - Passagem molhada no bairro São Geraldo sujeita a alagamentos.



Fonte: Autoria própria (2025).

A Figura 17 apresenta uma residência localizada na Rua João Henrique da Cunha (ponto 09), que foi severamente afetada durante um episódio de chuva intensa ocorrido em janeiro de 2025, quando a água da enxurrada invadiu o interior do imóvel pertencente a uma família em condição de vulnerabilidade social, resultando na perda de grande parte dos pertences dos moradores. A rua em que a casa está localizada não possui qualquer tipo de sistema de drenagem, o que agravou a situação.

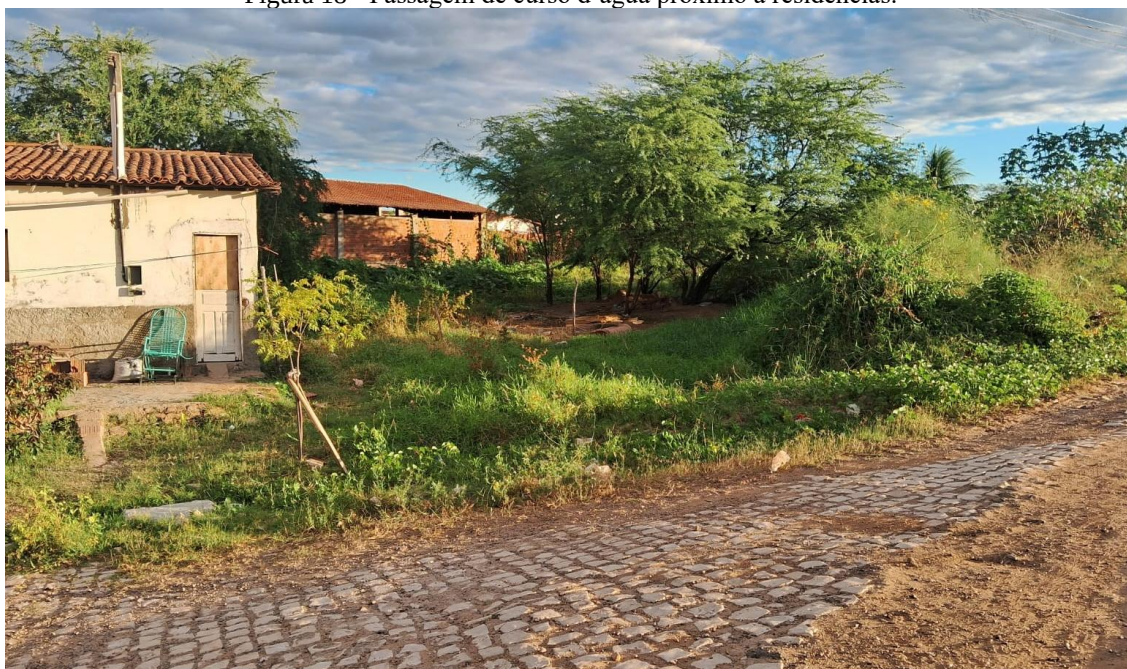
Figura 17 - Casa vítima de alagamento no bairro Carvão.



Fonte: Autoria própria (2025).

No bairro Riacho do Meio, observam-se situações semelhantes, conforme ilustrado na Figura 18, referente ao ponto 12. A imagem evidencia a presença de um curso d'água que atravessa uma área residencial marcada por ocupação inadequada e ausência total de sistema de drenagem. Durante os períodos chuvosos, o fluxo das águas pluviais é direcionado diretamente para as moradias da região, aumentando significativamente o risco de alagamentos e prejuízos para os moradores.

Figura 18 - Passagem de curso d'água próximo a residências.



Fonte: Autoria própria (2025).

Nas proximidades do trecho evidenciado na Figura 19, ao lado da RN-177, pode-se observar na parte superior da imagem, o acúmulo de vegetação e obstruções no ponto de captação de água pluvial da galeria, o que evidencia a ausência de manutenção adequada do sistema de drenagem. Na porção à jusante, verifica-se a presença de água estagnada, possivelmente decorrente de um escoamento parcial ou deficiente, com indícios de contaminação por esgoto, ilustrando também as deficiências existentes no sistema de esgotamento sanitário.

Figura 19 - Galeria com vegetação e acúmulo de esgoto.



Fonte: Autoria própria (2025).

Essa situação explicita a necessidade de intervenções estruturais e operacionais que assegurem o pleno funcionamento da infraestrutura de drenagem pluvial, de modo a evitar alagamentos, riscos sanitários e impactos negativos à saúde da população que reside no entorno dessa área.

Ainda no bairro Riacho do Meio, relatos de moradores apontam o trecho apresentado na Figura 20 como um dos pontos mais críticos durante os períodos de chuva (ponto 11). De acordo com informações passadas em conversa com alguns moradores, o acúmulo de água é tão significativo que inviabiliza totalmente a passagem de pedestres e veículos, comprometendo a mobilidade local. A lâmina d'água se estende por toda a via não pavimentada e alcança inclusive o trecho com pavimentação, evidenciando a ocupação de áreas vulneráveis a alagamentos e a precariedade da infraestrutura urbana.

Figura 20 – Pontos de alagamento no bairro Riacho do Meio.



Fonte: Autoria própria (2025).

Outro caso que evidencia a ocupação irregular de áreas inadequadas e de forma desordenada é mostrado na Figura 21, que apresenta uma edificação localizada em área próxima ao curso d'água do Rio Apodi no bairro São Geraldo, com aproximadamente 150 metros de distância. A imagem evidencia a presença de construções em áreas de risco potencial, sujeitas à inundação, e situadas próximas da faixa de preservação permanente.

De acordo com o Código Florestal (Lei nº 12.651/2012), a edificação está fora da faixa de Preservação Permanente (APP), já que o Rio Apodi possui cerca de 55 metros de largura no trecho e a lei exige 100 metros para rios entre 50 e 200 metros de largura, porém, mas sua proximidade evidencia a importância de medidas de proteção ambiental para conservação da margem.

Figura 21 - Edificação próxima ao curso d'água do rio Apodi-Mossoró.



Fonte: Autoria própria (2025).

Essa ocupação próxima ao leito do rio, como mostra a Figura 22, pode comprometer a integridade ambiental da área e evidencia a necessidade de um controle mais rigoroso no uso e ocupação do solo, especialmente em regiões de sensibilidade ecológica e vulnerabilidade hidrológica como a apresentada.

Figura 22 - Localização da edificação.



Fonte: Google Earth (2025). Elaboração Gráfica de Autoria própria (2025).

A Figura 23 mostra uma área de acúmulo de água no cruzamento entre as ruas Joaquim Torquato e 25 de março (ponto 10). O trecho apresenta baixa topografia, o que contribui para o acúmulo, associado à presença de elementos de drenagem insuficientes para atender à demanda local.

Figura 23 - Ponto de alagamento cruzamento Joaquim Torquato com a 25 de março.



Fonte: Autoria própria (2025).

Etapa IV - Identificação dos elementos de drenagem e suas condições

De acordo com o Plano Municipal de Saneamento do município estudado, o sistema de microdrenagem é composto exclusivamente por bocas de lobo e grelhas, cujas entradas são equipadas com grades formadas por barras de grande diâmetro e pequenas aberturas, destinadas à retenção de resíduos sólidos e ao escoamento das águas pluviais (Pau dos Ferros, 2014). O sistema ainda conta com guias e vias pavimentadas, mas não apresenta sarjetas em todos os locais necessários, o que faz com que o escoamento superficial ocorra de forma livre pelas ruas, aumentando o risco de alagamentos em períodos de chuvas intensas.

Nesta seção são apresentados registros fotográficos dos locais visitados, evidenciando os principais elementos da infraestrutura de drenagem urbana e suas respectivas condições de preservação e funcionamento.

Na Figura 24 é ilustrada a galeria superficial localizada nas imediações do supermercado Queiroz (ponto 05), destacando aspectos relacionados à sua condição estrutural e funcional.

Figura 24 - Galeria de drenagem pluvial localizada sob o supermercado Queiroz: (a) vista frontal e (b) vista posterior.



(a)



(b)

Fonte: Autoria própria (2025).

Por meio da Figura 24, pode-se observar o acúmulo de resíduos sólidos na parte frontal da galeria, enquanto a estrutura localizada na parte posterior apresenta um nível ainda mais acentuado de degradação, com grande quantidade de lixo e evidentes sinais de infiltração nas paredes o que pode comprometer o funcionamento da infraestrutura e gerar a contaminação de corpos d'água adjacentes através do escoamento superficial.

Na Figura 25 é mostrada a galeria superficial de drenagem situada rua Benvenuto Fialho, a mesma possui gradeamento metálico na entrada o que é importante para restringir a passagem de animais e resíduos sólidos, prevenindo obstruções internas.

Figura 25 - Galeria de drenagem pluvial em área urbana.



Fonte: Autoria própria (2025).

Ainda na mesma avenida, observa-se a presença de outra galeria pluvial situada nas proximidades do posto Shell, que diferentemente da anterior, apresenta sinais visíveis de descuido e falta de manutenção. A estrutura encontra-se parcialmente encoberta por vegetação e resíduos sólidos, o que pode comprometer significativamente sua capacidade de escoamento, além de representar um potencial foco para a proliferação de vetores de doenças e a degradação ambiental da área.

Figura 26 - Galeria de passagem de água com destino ao rio Apodi-Mossoró.



Fonte: Autoria própria (2025).

A Figura 27 mostra a presença de um elemento de drenagem situado na rua Desembargador Licurgo Nunes, bairro São Benedito, onde evidencia-se uma interferência acentuada de resíduos sólidos nas grades da boca de lobo, comprometendo sua eficiência e agravando problemas já existentes nessa área.

Figura 27 - Boca de lobo na rua Desembargador Licurgo Nunes.



Fonte: Autoria própria (2025).

Na Figura 28 mostra-se a presença de elementos de drenagem na região central, próximo ao açougue público e área onde ocorre a feira livre.

Figura 28 - Bocas de lobo (a) boca de lobo na Avenida Getúlio Vargas e (b) boca de lobo na Avenida Francisco Marçal.



Fonte: Autoria própria (2025).

De modo geral, o elemento predominante de drenagem urbana da área estudada além das galerias são as bocas de lobo, que possuem grades com barras de diâmetros de 12.54mm e 88.47mm como mostra a Figura 28 (a) e (b), e pequenas aberturas, o que limita o escoamento das águas pluviais. Além disso, a microdrenagem é complementada por guias e vias pavimentadas, porém, sem a presença de sarjetas, o que faz com que o escoamento ocorra livremente pelas ruas, conforme o (Pau dos Ferros, 2014).

É válido ressaltar que o posicionamento das bocas de lobo deve ser estrategicamente planejado, preferencialmente localizadas nos cruzamentos das ruas para otimizar a coleta de águas pluviais. No entanto, é fundamental que não estejam situadas exatamente no limite do cruzamento, a fim de não dificultar a travessia de pedestres ou interferir no tráfego de veículos. O posicionamento inadequado pode comprometer tanto a eficiência da drenagem quanto a segurança viária e a acessibilidade urbana.

A Figura 29 mostra diferentes componentes do sistema de drenagem pluvial urbana da Rua 25 de março.

Figura 29 - Elementos de drenagem pluvial da rua 25 de março.



Fonte: Autoria própria (2025).

Observa-se a presença de um canteiro central elevado (Figura 29a), que atua como uma ilha de separação entre as vias e também como barreira física para direcionamento do escoamento superficial da água da chuva. Essa estrutura tem como objetivo conduzir a água até o ponto de captação e evitar o acúmulo nas ruas. Além disso, identificam-se dois tubos circulares em PVC (Figura 29b) que funcionam como condutores de água, transferindo de um lado para outro da via, direcionando-a até uma boca de lobo com grelha metálica (Figura 29c), a qual se encontra parcialmente obstruída por resíduos sólidos, comprometendo a eficiência do sistema de drenagem.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise realizada ao longo deste trabalho evidencia que o município de Pau dos Ferros-RN enfrenta sérios desafios relacionados à drenagem urbana, agravados pelo crescimento urbano desordenado e pela ausência de infraestrutura adequada para o manejo das águas pluviais. Os resultados obtidos corroboram estudos anteriores ao demonstrar a urgência de um planejamento integrado e da implementação de soluções eficazes tanto para a micro quanto para a macrodrenagem, visando a redução dos alagamentos recorrentes que impactam significativamente a vida urbana.

Observou-se que a expansão urbana, não planejada, contribuiu para o aumento das áreas impermeabilizadas e, conseqüentemente, para a elevação dos riscos de alagamentos, sobretudo em áreas vulneráveis. Essa realidade é especialmente evidente no Centro da cidade, que abriga a feira livre e uma significativa concentração de estabelecimentos comerciais, tornando-se um dos pontos mais críticos de inundação durante eventos chuvosos. Através do estudo, identificou-se que a má gestão dos resíduos sólidos contribui para a obstrução da rede de drenagem, agravando ainda mais os impactos das chuvas. A ineficiência no manejo desses resíduos, associada à falta de manutenção do sistema de escoamento, compromete a qualidade ambiental e representa um risco à saúde pública, com o aumento da incidência de doenças relacionadas ao saneamento precário.

Para enfrentar esses problemas, é essencial que o poder público adote medidas estruturais e não estruturais, priorizando ações como a regularização fundiária, a proteção das áreas ambientalmente sensíveis como margens de rios e Áreas de Preservação Permanente (APPs), e a implantação de sistemas de drenagem eficientes. Além disso, é necessário fortalecer o cumprimento do Plano Diretor Participativo, regulamentado pelo Estatuto da Cidade (Lei nº 10.257/2001), como instrumento central de ordenamento territorial, a fim de guiar o uso e ocupação do solo, preservar áreas estratégicas e direcionar o crescimento urbano de maneira sustentável.

Outro instrumento importante é o Plano Municipal de Saneamento Básico, cuja proposta é garantir o acesso universal e de qualidade aos serviços de saneamento. No entanto, desde sua elaboração em 2014, não se verificaram avanços concretos em relação à drenagem urbana, o que demonstra a fragilidade da gestão pública diante das demandas emergentes dessa área. A ausência de intervenções tem favorecido a continuidade dos alagamentos, comprometendo a mobilidade urbana e a qualidade de vida da população.

Diante desse panorama, conclui-se que a adoção de políticas públicas integradas, baseadas em planejamento urbano sustentável e em investimentos em infraestrutura, é indispensável para reverter os atuais problemas enfrentados por Pau dos Ferros. Somente por meio de uma abordagem coordenada entre gestão territorial, saneamento e preservação ambiental será possível promover um desenvolvimento urbano equilibrado e resiliente.

REFERÊNCIAS

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil 2012**. Brasília: ANA, 2012. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br>. Acesso em: 20 abr. 2025.

ARAÚJO, C. M. G. de; ANDRADE, T. S. **Impacts of pollution and water contamination from deficient urban microdrainage in the receiving body**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade Federal do Ceará, Campus Crateús, Crateús, CE, 2024.

BAYER, N. M.; URANGA, P. R.; FOCHEZATTO, A. Política Municipal de Saneamento Básico e a ocorrência de doenças nos municípios brasileiros. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, Porto Alegre, v. 13, p. 1-17, 2021. Disponível em: <https://periodicos.pucpr.br/Urbe/article/view/27784/25141>. Acesso em: 9 abr. 2025.

BILAC, Roberto Platini Rocha; ALVES, Agassiel de Medeiros. “**Crescimento Urbano nas Áreas de Preservação Permanente (apps): um estudo de caso do leito do Rio Apodi/Mossoró na zona urbana de Pau dos Ferros-RN**”. Revista Geotemas, v. 4,n. 2, p. 79-85, 2014.

BEZERRA, A. M.; QUEIROZ, N. M. L.; FLORÊNCIO, F. D. C.; OLIVEIRA, A. S.; SOUZA, J. P. L. Drenagem urbana de águas pluviais: cenário atual do sistema da cidade de Assú/RN. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL**, 7., 2016, Campina Grande. Anais eletrônicos. Campina Grande: IBEAS, 2016. Disponível em: <https://ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2016/IX-040.pdf>. Acesso em: 10 maio 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Caderno temático saneamento básico: drenagem e manejo das águas pluviais urbanas**. Brasília: Ministério da Saúde, 2015. (Plano Municipal de Saneamento Básico).

BRASIL. Lei n.º 10.257, de 10 de julho de 2001. **Estatuto da Cidade**. Diário Oficial da União, Brasília, 11 jul. 2001.

BARROS, M. T. L. Drenagem urbana: bases conceituais e planejamento. In: PHILIPPI JÚNIOR, A. (ed.). **Saneamento, saúde e ambiente**. São Paulo: Editora Manole, p. 276-320, 2018.

BRASIL, Município de Pau dos Ferros (RN). **Lei n.º 1.559, de 6 de dezembro de 2016**. Dispõe sobre a Política Municipal de Saneamento Básico, cria o Fundo e o Conselho Municipal de Saneamento Básico e dá outras providências. Diário Oficial do Município de Pau dos Ferros: seção única, Pau dos Ferros, RN, 6 dez. 2016.

BRASIL. Agência Nacional de Águas. **Panorama da Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil**. Brasília: ANA, 2012. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/portalfpnqa/publicacoes.aspx>. Acesso em: 14 abril 2025.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regula o uso da água e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 9 jan. 1997.

BRASIL. **Lei no 11.445, de 05 de janeiro de 2007.** Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978. (Redação pela Lei no 14.026, de 2020). Brasília, DF: Presidência da República, 2007. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. **Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB: Revisão 2019.** Brasília: MDR, 2019.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, define as áreas de preservação permanente, de reserva legal, e dá outras providências. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 28 maio 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 13 ago. 2025.

BRASIL. **Manual de Saneamento.** 3. ed. Brasília: Funasa, 2007. 408 p. Disponível em <https://wp.ufpel.edu.br/ccz/files/2016/03/FUNASA-MANUAL-SANEAMENTO.pdf>. Acesso em: 9 abr. 2025.

BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Resolução nº 245, de 17 de março de 2025.** Dispõe sobre a classificação e definições relacionadas à microdrenagem. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 18 mar. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Fundamentos de Vigilância Sanitária.** 2. ed. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2007. 508 p. (Série A. Normas e Manuais Técnicos).

BRASIL. **Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020.** Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera as Leis nº 9.984, de 17 de julho de 2000, 10.768, de 19 de novembro de 2003, 11.107, de 6 de abril de 2005, e 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 1, 16 jul. 2020. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/L14026.htm. Acesso em: 28 jun. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (Brasil). **Resolução ANA nº 245, de 17 de março de 2025.** Aprova a Norma de Referência nº 12/2025, que dispõe sobre a estruturação dos serviços públicos de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 18 mar. 2025. Disponível em: <https://www.in.gov.br/>. Acesso em: 10 ago. 2025.

BRITTO, A. L. **Estudo proposições para acelerar o avanço da política de saneamento no Brasil: Tendências atuais e visão dos agentes do setor.** In: HELLER, L. (org.); MENICUCCI, T.; D'ALBUQUERQUE, R.; BRITTO, A.L.; SARTI, F.; UITREMARE, F. **Saneamento como política pública: um olhar a partir dos desafios do SUS.** Rio de Janeiro: Centro de Estudos Estratégicos da Fiocruz, 2018.

CARDOSO, A. N.; SOUZA, A. T.; PIRES, N. K. S. **Ocupação urbana em corpos d'água de Pau dos Ferros/RN: análise no período de 2007 a 2022.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 25., 2023, Aracaju. Anais [...]. Porto Alegre: ABRHidro, 2023.

CARVALHO, C. C. A.; ALVES, L. S. F.; JUNIOR, A. M. S.; JUNIOR, F. L. **Produção urbana no semiárido brasileiro: um estudo sobre Pau dos Ferros, RN, Brasil.** Interações,

Campo Grande, MS, v. 20, n. 3, p. 845–860, jul./set. 2019. DOI: <https://doi.org/10.20435/inter.v20i3.1855>. Disponível em: <https://doi.org/10.20435/inter.v20i3.1855>. Acesso em: 11 abril 2025.

CARVALHO, J. W. L.T.; MARANGON, F. H. S.; SANTOS, I. **Recuperação de rios urbanos: da interdependência e sincronicidade dos processos de desnaturalização em rios e bacias hidrográficas urbanas**. Geography Department University Of Sao Paulo, São Paulo, v. 40, p. 163-174, 24 dez. 2020. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/162247/166865>. Acesso em: 11 jun. 2025.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução 307, de 05 de julho de 2002: Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.html>. Acesso em: 13 abril 2015.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 001, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 17 fev. 1986. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=102856>. Acesso em: 13 mai. 2025.

CEMADEN – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. **Inundação**. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. Publicado em: 26 maio 2021. Atualizado em: 16 mar. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/cemaden/pt-br/paginas/ameacas-naturais/inundacao>. Acesso em: 26 jul. 2025.

COSTA, T. T.; BEZERRA, J. M.; MOURA, B. M. D.; RÊGO, A. T. A. R.; SOUZA, R. S.; ROQUE, F. S.; JÚNIOR, A. B. Q.; COSTA, H. C. G.; NOBRE, S. B.; LIMA, R. I. B. R. Índice de satisfação de drenagem urbana na zona urbana de Pau dos Ferros/RN. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 14, n. 01, p. 229–245, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>. Acesso em: 7 abril 2025.

COSTA, Franklin Roberto da; LIMA, Raquel Franco de Souza; SILVA, Sebastião Milton Pinheiro da. Carta de risco de inundação a partir de modelos SRTM na área urbana de Pau dos Ferros – RN. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 14, n. 03, p. 1435–1449, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/247267>. Acesso em: 3 jun. 2025.

CUNHA, Breno Galindo. **Estudo hidráulico de sarjeta para sistema de drenagem no bairro de Jardim Brasil em Olinda-PE**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017.

CPRM – COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Diagnóstico geoambiental da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró**. Natal: CPRM, 2005.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO RIO GRANDE DO NORTE – EMPARN. **Relatório climático do Alto Oeste potiguar: Pau dos Ferros – 2023**. Natal-RN, 2023. Disponível em: <https://meteorologia.emparn.rn.gov.br/inicio> Acesso em: 27 mai. 2025.

EMPARN - **Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte**. Disponível em: <http://www.emparn.rn.gov.br/>. Acesso em: 12 de ago. 2025.

EARTH Google. **Imagem de Satélite**. US Dept Of States Geographer. Pau dos Ferros, Brasil, 2025.

EUROPEAN SPACE AGENCY (ESA). **Copernicus Global Digital Elevation Model** (raster, resolução 30 m; ID OTSDEM.032021.4326.3), distribuído por OpenTopography. Disponível em: <https://portal.opentopography.org/raster?opentopoID=OTSDEM.032021.4326.3>. Acesso em: 23 jun. 2025.

FARIA, M. T. S.; PEREIRA, L. M. S.; DIAS, A. P.; GOMES, U. A. F.; MOURA, P. Panorama dos Planos Municipais de Saneamento Básico e Planos Diretores de Drenagem Urbana em municípios de pequeno porte de Minas Gerais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 27, n. 1, p. 185–193, jan./fev. 2022. DOI: 10.1590/S1413-4152202200357.

FUCHS, A. G. P.; MACIEL, F. G.; PIMENTEL, L. B.; MITERHOF, M. T. **Saneamento na América Latina: panorama das trajetórias institucional e do nível dos serviços de água e esgoto na Bolívia, no Chile, no México e no Peru**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, v. 28, n. 55, p. 7-66, mar. 2022.

FONTES, P. J. T. **Análise comparativa de uso e cobertura da terra na área de nascentes do leito principal do alto curso do rio Apodi Mossoró com apoio em geotecnologias (1987 e 2021)**. 2023. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Dinâmicas Territoriais no Semiárido) – Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Campus Avançado de Pau dos Ferros, Departamento de Economia, Pau dos Ferros, 2023.

FERRAZ, Caio Mário Leal. Inundações e alagamentos em meio urbano: uma perspectiva teórico-conceitual, em abordagem geomorfológica. **Revista Vozes dos Vales: Publicações Acadêmicas**, Teófilo Otoni, v. 10, n. 20, p. 1–15, out. 2021. Disponível em: <http://www.ufvjm.edu.br/vozes>. Acesso em: 21 mai. 2025.

FOCHESATTO, A. C. de A. **Microdrenagem urbana: análise e solução para o problema na avenida sete de setembro, na cidade de Três Corações-MG**, 2017. 79 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário do Sul de Minas, Varginha, 2017.

FACCO, J.; JUNIOR, S. F. O.; CARASEK, F. L.; CANCELIER, J. W.; CONCEIÇÃO, L. R. V. Os rios e o urbano: rupturas ou continuidades nas cidades médias do Brasil – Chapecó (SC), Brasil. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 38, n. 2, 2021. DOI: <https://doi.org/10.51359/2238-6211.2021.243215>. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/revistageografia/article/view/243215/38800>. Acesso em: 6 abr. 2025.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 2019.

GUEDES, Hugo Alexandre Soares. **Microdrenagem: disciplina Drenagem Urbana**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2019. Apresentação em PowerPoint. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/hugoguedes/files/2019/10/Microdrenagem.pdf>. Acesso em: 26 jul. 2025.

GOMES, William Vieira; AMARO, Venerando Eustáquio; NETO, Manoel Mariano. Análise de alagamentos urbanos a partir de modelos digitais de elevação obtidos por veículos aéreos

não-tripulados. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Goiânia, v. 28, e13133, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2318-0331.13133>. Acesso em: 17 mai. 2025.

GOMES, Ângela de Castro. **História do Brasil**: uma interpretação. 2ª ed., São Paulo: Contexto, 2012.

HOLANDA, S. de S. P. **Expansão Urbana, Mercado Imobiliário e Renda da Terra: a cidade de Pau dos Ferros – RN**. Dissertação (Doutorado em Desenvolvimento Urbano) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2023.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Brasileiro de 2015**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br/jo-vens/conheca-o-brasil/populacao/18313>. Acesso em: 13 fevereiro 2025.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2022: População residente por situação do domicílio**. 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 26 jul. 2025.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pau dos Ferros (RN). Cidades e Estados**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rn/pau-dos-ferros.html>. Acesso em: 9 abril 2025.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Geneva: IPCC, 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Malhas Territoriais**. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-doterritorio/malhas-territoriais.html>. Acesso em: 2 julho. 2024.

LIMA, E.F. **Dimensionamento de um Sistema De Microdrenagem para o Bairro Alto Dos Bastos na Cidade de Icó-CE**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) — Universidade Federal de Campina Grande, Pombal -PB, 2024.

MARQUES, N. J. C. **Gestão de Resíduos de Construção e Demolição no Brasil**.

MARCHEZINI, V., MOURÃO, C., Scofield, G., METODIEV, D. & LEITE FLORES, S.S. (2020). Sistemas Comunitários de Alerta de Risco de Desastres Associados a Inundações e Deslizamentos: Aspectos Teóricos e Metodológicos. **Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres REDER**. 4(2), 36-56. Disponível em: <https://www.revistareder.com/ojs/index.php/reder/article/download/49/52>. Acesso em: 4 mai. 2025.

MONTOYA, M. A. A pegada hídrica da economia brasileira e a balança comercial de água virtual: uma análise insumo-produto. **Economia Aplicada**, v. 24, n. 2, p. 215–248, 2020.

OLIVEIRA, T. M. B. F.; DI SOUZA, L.; de CASTRO, S. S. L. Dinâmica da série nitrogenada nas águas da bacia hidrográfica Apodi/Mossoró – RN – Brasil. **Eclética Química**, Botucatu, v. 34, n. 3, p. 17–26, 2009.

PEREIRA, M. C. S.; MARTINS, J. R. S; NOGUEIRA, F. F.; MAGALHÃES, A. A. B.; SILVA, F. P. Melhoria da qualidade da água de rios urbanos: novos paradigmas a explorar – Bacia hidrográfica do rio Pinheiros em São Paulo. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 14, n. 5, p. e 2290, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-415220192072>. Acesso em: 15 fevereiro 2025.

PEREIRA, M. C. A.; LIMA, J. R. A. de. **Dimensionamento dos Sistemas de coleta de esgoto e Drenagem Urbana do Loteamento Luar Pinto Gadelha, na Cidade de Sousa-PB**. 2022. bachelorThesis, 2022. Acesso em: 26 Jul. 2025.

PAU DOS FERROS (Município). **Plano Municipal de Saneamento Básico de Pau dos Ferros (RN)**. Pau dos Ferros: Prefeitura Municipal, 2014.

REZENDE, D. A; ULRICH. Plano diretor e planejamento estratégico municipal: introdução teórico-conceitual. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 41, n. 2, p. 255–271, mar./abr. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rap/a/5ttcZM34mg6YZpLsmmFH6Hh>. Acesso em: 15 abril 2025.

RIO GRANDE DO SUL. Coordenadoria Estadual de Defesa Civil. **Cartilha de Defesa Civil: noções básicas**. Porto Alegre: Defesa Civil do RS, 2006. Disponível em: <https://defesacivil.rs.gov.br>. Acesso em: 5 jun. 2025.

SANTOS, T. M. M.; OLIVEIRA, J. L. S.; SILVA, E. Vulnerabilidade hídrica no Nordeste brasileiro: entre a urbanização e a Educação Ambiental. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental, Rio Grande**, v. 35, n. 3, p. 184–191, set. 2018. E-ISSN 1517-1256.

SATHLER, Douglas dos Reis. **As redes para além dos rios: urbanização e desequilíbrios na Amazônia Brasileira**. 2009. Tese (Demografia) – Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional (Cedeplar), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

SILVA, M. L. E.; LAFAYETTE, K. P. V.; SILVA, T. A.; SANTOS, M. J. P.; SILVA, L. M. L. Riscos ambientais associados à urbanização: análise temporal de ocupações desordenadas em uma encosta do município do Recife. **Revista Principia, Maceió**, v. 60, n. 2, p. 354-367, 2022. DOI: 10.18265/1517-03062022v60n2id752. Disponível em: <https://doi.org/10.18265/1517-03062022v60n2id752>. Acesso em: 14 fev 2025.

SATHLER, Douglas; MONTE-MÓR, Roberto L.; CARVALHO, José Alberto Magno. As redes para além dos rios: urbanização e desequilíbrios na Amazônia brasileira. In: Revista Nova Economia. Belo Horizonte, vol.19, nº.1, 2009

SNIS (2022). **Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas (DMAPU)** – 2022. Disponível em: . Acesso em: 30 mai. 2025.

SANCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2013.

SÃO BERNARDO DO CAMPO, Defesa Civil. **Enchente, Inundação, Alagamento ou Enxurrada?** Disponível em: <http://dcsbcsp.blogspot/2011/06/enchente-inundacao-ou-alagamento.html>. Acesso em: 26 julho 2025.

TUCCI, C. E. M. **Urban waters. Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008.

TUCCI, C. E. M; PORTO, R. L; BARROS, M. T. **Drenagem Urbana**: 5ª Coleção ABRH de cursos hídricos, 2005

TUCCI, C. E. M.; GENZ, F. Controle do Impacto da Urbanização. In: Tucci, C. E. M.; Porto, R. L. L.; Barros, M.T. **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS/ABRH, 1995, V.5, p.277-347.

TEIXEIRA, L. F. C.; MENESES, A. S. Avaliação de desempenho hidráulico de sarjetas no sistema de drenagem urbana: um estudo no bairro Aldeota, em Fortaleza (CE). **Revista Tecnologia**, [S. l.], v. 41, n. 1, p. 1–15, 2020. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/56351/1/2020_art_lfcteixeira.pdf. Acesso em: 15 fevereiro 2025.

VILAÇA, I. L. V.; COSTA, F. R. Caracterização das Áreas de Alagamentos na Cidade de Pau Dos Ferros – RN. **Revista Sociedade e Território – Natal**. Vol. 34, N. 2, p. 83–101, 2022. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/sociedadeeterritorio/article/view/27314>. Acesso em: 6 abr. 2025.

ZANELLA, M. E. Considerações sobre o clima e os recursos hídricos do semiárido nordestino. **Caderno Prudentino de Geografia**, n. 36, p. 126-142, 2014. Edição especial. Disponível em: <https://doi.org/10.21664/9511-9755-10-20141125>. Acesso em: 06 abr. 2025.