



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

Agda Maria Castro Marques

Qualidade da água do Rio Apodi-Mossoró na zona urbana de Pau dos Ferros/RN

PAU DOS FERROS

2024

Agda Maria Castro Marques

Qualidade da água do Rio Apodi-Mossoró na zona urbana de Pau dos Ferros/RN

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

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

Coorientadora: Prof.^a Dra. Bárbara Barbosa
Tsuyuguchi

PAU DOS FERROS

2024

© 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.

M357q Marques, Agda Maria Castro.
Qualidade da água do Rio Apodi-Mossoró na zona
urbana de Pau dos Ferros/RN / Agda Maria Castro
Marques. - 2024.
56 f. : il.

Orientadora: Daniela de Freitas Lima.
Coorientadora: Bárbara Barbosa Tsuyuguchi.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2024.

1. rios urbanos. 2. parâmetros físico-químicos.
3. ações antrópicas. 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.

Agda Maria Castro Marques

Qualidade da água do Rio Apodi-Mossoró na zona urbana de Pau dos Ferros/RN

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

Defendida em: 18 / 10 / 2024.

BANCA EXAMINADORA

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

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

Wilza da Silva Lopes, Prof.^a Dra. (UFERSA)
Membro Examinadora

Tayron Juliano Souza, Prof. Dr. (IFBA)
Membro Examinador

A Deus, que em todos os momentos esteve comigo, me sustentando e guiando o meu caminho. Aos meus pais, Magda e Elmano, que sob muito sol, permitiram-me chegar até aqui, na sombra.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado força e sustentado nos momentos em que eu pensei não ser capaz de seguir em frente. O Senhor é minha fortaleza, e por Sua graça incontáveis bênçãos têm sido derramadas em minha vida. Tudo por Ele e para Ele!

Aos meus pais, Magda Maria e Elmano Marques, que nunca mediram esforços para que este momento se tornasse realidade. Sempre fizeram o possível e o impossível pelos meus estudos e, acima de tudo, me ensinaram os valores que guiam minha vida. Espero poder retribuir, ao menos, um terço do que para mim sempre foram e são. Amo vocês!

Ao meu irmão, Matias Castro, por estar sempre ao meu lado, me mostrando a leveza da vida e o significado do amor genuíno. Você sempre será meu pequeno grande homem.

Ao meu esposo, George Giovanne, pela parceria, paciência e amor que me dedica diariamente. Por acreditar em mim, compartilhar os meus sonhos e lutar pela realização de cada um deles. Você é um homem incrível. Para sempre nós, meu amor! E meu agradecimento especial por sua dedicação e ajuda indispensável na realização deste trabalho.

Aos meus padrinhos, Hélio Feitoza e Eva Maria, pelo apoio ao longo da minha vida, especialmente durante a minha graduação.

A minha família, Marques e Castro, em especial a Raimundo Marques (*In Memoriam*), Maria Elidia, Sebastião Bento e Zilmar Castro, meus avós paternos e maternos, respectivamente. Vocês são referências de integridade, honestidade e do trabalho digno.

As minhas orientadoras, Prof.^a Daniela de Freitas e Prof.^a Bárbara Barbosa, pelo empenho e comprometimento no desenvolvimento deste trabalho, pelas horas de apoio em campo e pela orientação na pesquisa acadêmica, sempre com sabedoria e paciência. Sou grata por acreditarem em mim, por serem incentivadoras e por me oferecerem oportunidades de crescimento ao longo dessa trajetória. Vocês são verdadeiras inspirações profissionais e humanas em minha vida.

A servidora técnico-administrativa e geógrafa, Hortência Pessoa, que não mediu esforços para colaborar com a coleta de dados em campo.

Aos membros da banca avaliadora, Prof.^a Wilza Lopes e Prof. Tayron Juliano, por aceitarem o convite para compor este momento e pelas valiosas contribuições para este trabalho.

Aos meus amigos de longa data, representados por Ana Maria, e àqueles que conheci durante a graduação, especialmente Aniele Taiza, pela cumplicidade que tornaram mais leve a jornada.

A todos que contribuíram para a realização deste trabalho e, principalmente, para a concretização do meu sonho. Gratidão!

RESUMO

A água é imprescindível para a sobrevivência humana, produção agrícola e industrial e para a preservação dos ecossistemas. Contudo, as crescentes urbanização e industrialização têm causado sérios impactos sobre os recursos hídricos, especialmente no Brasil, onde a gestão da água é complexa devido à variabilidade de usos e qualidade. O Rio Apodi-Mossoró, cuja bacia abrange 52 municípios, exemplifica essa situação, sofrendo com a escassez hídrica e a degradação ambiental. Esse cenário, aliado à falta de dados atualizados acerca das condições atuais do rio reforça a necessidade de um monitoramento sistemático. Neste sentido, este estudo tem como objetivo avaliar a qualidade da água no trecho urbano do Rio Apodi-Mossoró em Pau dos Ferros, Rio Grande do Norte. Para tanto, foram realizadas visitas prévias; definidos pontos de coletas; utilizado um medidor multiparâmetro, com foco nos parâmetros de pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e temperatura, e um turbidímetro para avaliar a turbidez; concretizadas análises físico-químicas com comparação com parâmetros legais e outros estudos; efetivada discussão acerca dos fatores de interferência na qualidade da água do trecho objeto de estudo. Os resultados, comparados à Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), indicaram que os pontos 1, 3 e 4 atendem aos requisitos da Classe III de águas doces, enquanto o ponto 2 atende aos critérios da Classe II. A pesquisa também identificou fatores de interferência, como despejo de efluentes e extração de areia, que comprometem a qualidade da água. Portanto, conclui-se que são necessárias medidas corretivas e compensatórias para garantir a preservação dos recursos hídricos e a sustentabilidade ambiental da região.

Palavras-chave: rios urbanos; parâmetros físico-químicos; ações antrópicas.

ABSTRACT

Water is essential for human survival, agricultural and industrial production, and for the preservation of ecosystems. However, increasing urbanization and industrialization have caused serious impacts on water resources, especially in Brazil, where water management is complex due to the variability of uses and quality. The Apodi-Mossoró River, whose basin encompasses 52 municipalities, exemplifies this situation, suffering from water scarcity and environmental degradation. This scenario, combined with the lack of updated data on the current conditions of the river, reinforces the need for systematic monitoring. In this sense, this study aims to evaluate the water quality in the urban stretch of the Apodi-Mossoró River in Pau dos Ferros, Rio Grande do Norte. To this end, prior visits were carried out; collection points were defined; a multiparameter meter was used, focusing on the parameters of pH, dissolved oxygen, electrical conductivity, and temperature, and a turbidimeter was used to assess turbidity; physical-chemical analyses were performed with comparison with legal parameters and other studies; Discussion was held on the factors that interfere with the water quality of the stretch under study. The results, compared to Resolution No. 357/2005 of the National Environmental Council (CONAMA), indicated that points 1, 3 and 4 meet the requirements of Class III freshwater, while point 2 meets the criteria of Class II. The research also identified interference factors, such as effluent dumping and sand extraction, which compromise water quality. Therefore, it is concluded that corrective and compensatory measures are necessary to ensure the preservation of water resources and the environmental sustainability of the region.

Keywords: urban rivers; physicochemical parameters; anthropogenic actions.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Dados de monitoramento da turbidez no Brasil: análise de 2021 e 2022.....	22
Figura 2 - Dados de monitoramento do OD no Brasil: análise de 2021 e 2022.....	24
Figura 3 - Mapa da localização de Pau dos Ferros/RN e do segmento do Rio Apodi-Mossoró que o atravessa.....	26
Figura 4 - Fluxograma das etapas metodológicas.	28
Figura 5 - Locais previamente visitados.....	29
Figura 6 - Mapa dos pontos de coleta.....	30
Figura 7 - Calibração do medidor multiparâmetro à prova d'água AK88.	32
Figura 8 - Calibração do turbidímetro digital DLT-WV.	32
Figura 9 - Visita prévia aos pontos do rio (a) próximo ao posto Segundo Melo, (b) nas imediações da Feira Livre, (c) próximo ao supermercado SuperQue com acesso pela doca deste e (d) nos fundos do supermercado SuperQue por área residencial.	34
Figura 10 - Visita prévia aos pontos do rio (a) bairro Manoel Deodato, (b) ponte da BR-226 e (c) região sob a ponte Napoleão Diógenes Pessoa.	36
Figura 11 - Ponto do rio próximo a barragem (a) vista A e (b) vista B.....	37
Figura 12 - Coleta dos dados realizada no Ponto 1.	38
Figura 13 - Coleta dos dados realizada no Ponto 2.	39
Figura 14 - Coleta dos dados realizada no Ponto 3.	40
Figura 15 - Coleta dos dados realizada no Ponto 4.	41
Figura 16 - Condições de eutrofização do Ponto 2.....	43
Figura 17 - Descarte de resíduos (a) da construção civil e eletrônicos e (b) de oficinas.	46
Figura 18 - Descarte de (a) matéria orgânica e (b) resíduos sólidos.	46
Figura 19 - Ossos de animais em decomposição.....	47
Figura 20 - Extração de areia nas margens do rio.	48
Figura 21 - Disposição de resíduos domiciliares.....	48

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Padrões de qualidade de água bruta doce.....	20
Quadro 2 - Coordenadas geográficas dos pontos de coleta.	30
Quadro 3 - Parâmetros físico-químicos do Ponto 1.....	38
Quadro 4 - Parâmetros físico-químicos do Ponto 2.....	39
Quadro 5 - Parâmetros físico-químicos do Ponto 3.....	40
Quadro 6 - Parâmetros físico-químicos do Ponto 4.....	41

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	13
2.1 Geral.....	13
2.2 Específicos.....	13
3 REVISÃO TEÓRICA	13
3.1 Urbanização desordenada	13
3.2 Rios urbanos.....	15
3.3 Saneamento e qualidade da água	16
3.4 Enquadramento	18
3.5 Parâmetros físico-químicos	21
4 METODOLOGIA.....	25
4.1 Área de estudo.....	25
4.2 Percurso metodológico	27
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
5.1 Caracterização dos locais visitados	34
5.2 Pontos de coleta e análise dos parâmetros de qualidade da água	37
5.3 Análise dos possíveis fatores de impacto na qualidade da água	45
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	49
REFERÊNCIAS	51

1 INTRODUÇÃO

O acesso à água potável e segura, livre de riscos de doenças, em quantidade adequada para consumo, cocção e higiene pessoal, é um direito humano fundamental. Este recurso natural é indispensável para a vida, sendo cada vez mais evidente a dependência humana em praticamente todas as esferas, desde o uso doméstico até as diversas atividades econômicas e sociais.

Corroborando com isso, Medeiros e Lucena (2023) destacam que o desenvolvimento de uma região está fortemente condicionado à disponibilidade de recursos hídricos, tanto em termos quantitativos quanto qualitativos, enfatizando a importância de não dissociar esses parâmetros. Além disso, os autores apontam que a água é imprescindível não apenas para a sobrevivência humana, mas também para a produção agrícola e industrial, e para a preservação dos ecossistemas.

No entanto, a crescente urbanização e industrialização, aliadas ao aumento demográfico global, têm levado à degradação significativa dos corpos d'água (Laureano *et al.*, 2020). Esse cenário resulta em impactos ambientais adversos, como a poluição pontual e difusa dos recursos hídricos, o acúmulo de resíduos e a degradação dos recursos naturais, os quais, consequentemente, comprometem a sustentabilidade da vida humana.

No Brasil, a gestão dos recursos hídricos é particularmente desafiadora devido à diversidade de usos e à variabilidade na qualidade da água disponível. Dentre os corpos hídricos de relevância regional, destaca-se o Rio Apodi-Mossoró, com um leito de 210 km de extensão, localizado na Região Oeste Potiguar e representa o maior rio inteiramente dentro do estado, abrangendo uma bacia hidrográfica que engloba 52 municípios (Carvalho, 2021).

De caráter sazonal intermitente, este rio desempenhou um papel fundamental nas primeiras ocupações da região, viabilizando a sobrevivência de pequenas comunidades (Carvalho, 2021). Além disso, de acordo com Silva e Camargo (2022), a bacia hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró em que está inserido é a segunda maior bacia hidrográfica do estado e possui significativa importância econômica, destacando-se atividades como a exploração de petróleo, produção de cimento, extração de sal marinho, agricultura e fruticultura irrigadas, além da presença marcante da agricultura familiar.

Apesar disso, a bacia hidrográfica do Rio Apodi/Mossoró enfrenta problemas, que impõem sérias dificuldades para a gestão sustentável da água na região, interferindo diretamente a saúde pública e a economia. Localizada em uma área semiárida, a bacia é frequentemente afetada pela escassez hídrica e pela deterioração da água em diversos trechos

de rios e reservatórios (Silva; Camargo, 2022). Esses problemas são agravados por fatores naturais, como condições edafoclimáticas adversas, e por atividades humanas, especialmente o despejo de esgotos domésticos e a salinidade.

A cidade de Pau dos Ferros, localizada no estado do Rio Grande do Norte (RN) e banhada pelo Rio Apodi/Mossoró, é um exemplo de localidade com impactos da urbanização e das atividades antrópicas, inclusive em áreas que margeiam o leito do rio. Segundo Silva Júnior *et al.* (2022), o desenvolvimento da cidade ocorreu de maneira desordenada, em grande parte, devido à ausência de um plano diretor e a ineficiência dos serviços de saneamento básico.

O município sofre com deficiências relacionadas à coleta e tratamento de esgotos sanitários, os quais atendem apenas uma parcela dos bairros da cidade, concentrando-se principalmente nas áreas centrais, com ênfase naquelas mais populosas, enquanto os bairros periféricos permanecem com pouca ou nenhuma cobertura desse serviço (Silva Júnior *et al.*, 2022).

Esse cenário, aliado à falta de dados atualizados acerca da qualidade da água no trecho que está inserido no município, evidencia a necessidade de um monitoramento sistemático das condições atuais do rio.

A qualidade da água é caracterizada por parâmetros físicos, químicos e biológicos descritos em resoluções, portarias e leis que estabelecem um conjunto de condições e padrões para atender seu uso. Entre essas normativas, destacam-se a Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e a Resolução nº 91/2008 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH).

Até o período de escrita deste texto, outubro de 2024, os estudos existentes voltados para a qualidade de água superficial no município de Pau dos Ferros se concentraram na qualidade das águas da barragem pública, analisando parâmetros como pH, cor, turbidez, acidez, alcalinidade, condutividade, cloreto e salinidade (Renovato; Silva, 2013); e na água que abastece residências, onde foram examinados temperatura, pH, salinidade, sólidos totais dissolvidos, turbidez e oxigênio dissolvido (Durand; Filho, 2019). Também foram estudadas as águas subterrâneas do município (Araújo; Bezerra, 2018), avaliando variáveis como profundidade, vazão, tempo de uso, altitude, sólidos totais e sólidos totais dissolvidos, turbidez, condutividade, pH, dureza, cálcio e magnésio.

Sendo assim, indaga-se: Qual a qualidade da água bruta em trecho urbano do Rio Apodi-Mossoró que atravessa a cidade de Pau dos Ferros/RN?

Diante desse contexto, o presente estudo, emerge como uma iniciativa relevante para mapear áreas de potencial poluição e contribuir na implementação de políticas públicas mais direcionadas e práticas de manejo mais eficazes. Aferir parâmetros físico-químicos, como pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, temperatura e turbidez, é essencial para verificar a conformidade com os padrões estabelecidos pela legislação ambiental brasileira, garantindo assim a segurança e a saúde das comunidades que dependem desse recurso hídrico para suas necessidades básicas. Além disso, com os dados será possível apontar áreas para intervenção prioritárias para a melhoria da qualidade da água.

Nessa concepção, este estudo tem como finalidade avaliar a qualidade da água do Rio Apodi-Mossoró no trecho da zona urbana que atravessa a cidade de Pau dos Ferros.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Analisar a qualidade da água bruta em trecho urbano do Rio Apodi-Mossoró que atravessa a cidade de Pau dos Ferros/RN.

2.2 Específicos

- Mensurar os parâmetros físico-químicos da água (pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, temperatura e turbidez) nos pontos de coleta estabelecidos;
- Comparar os resultados obtidos com os padrões estabelecidos pela legislação ambiental brasileira vigente e outros estudos;
- Avaliar possíveis fatores de interferência na qualidade de água no Rio Apodi-Mossoró em Pau dos Ferros/RN.

3 REVISÃO TEÓRICA

3.1 Urbanização desordenada

A sociedade enfrenta o problema da expansão urbana descontrolada, agravada pelo crescimento populacional nas metrópoles e pela ausência de políticas habitacionais eficazes. Historicamente, a urbanização está associada ao crescimento econômico, à diminuição dos

índices de fertilidade, ao aumento da expectativa de vida e aos deslocamentos geoespaciais (Cabral; Cândido, 2019). De modo geral, o crescimento das cidades ocorreu de forma mais acelerada que o planejamento urbano, o que gerou impactos negativos tanto no ambiente quanto na sociedade.

Esses fatores associados acarretam em diversos impactos, como limitações na infraestrutura, saneamento, distribuição de água e acesso a serviços básicos de saúde. Campos e Branco (2021) discutem em sua pesquisa que as cidades não estavam preparadas para atender à demanda crescente por habitação, o que resultou na concentração de infraestrutura básica em bairros mais valorizados, destinados a classes sociais mais elevadas. Em consequência, indivíduos com menos recursos financeiros foram forçados a se estabelecer em áreas mais afastadas ou a ocupar terrenos inadequados, como encostas, áreas de preservação e terrenos baldios (Campos; Branco, 2021). Dessa forma, surgiram as periferias, que frequentemente carecem de infraestrutura básica e serviços públicos adequados.

Além disso, a urbanização gera impactos significativos na dinâmica hídrica das bacias hidrográficas, onde o crescimento da malha urbana contribui para a desnaturalização dos rios e dos processos envolvidos na dinâmica hídrica das bacias de drenagem (Carvalho *et al.*, 2020). Esse processo de transformação inclui a impermeabilização do solo, a alteração dos cursos dos rios e o aumento da quantidade de poluentes e sedimentos nos corpos d'água, o que compromete a qualidade e a quantidade de água disponível e afeta negativamente a gestão dos recursos hídricos.

A urbanização desordenada transforma não apenas a configuração espacial, mas também gera novos ecossistemas, ao alterar diversos elementos da paisagem, incluindo o solo, a topografia, a vegetação, os corpos d'água e o clima. A esse respeito, Pereira *et al.* (2021) abordam em sua pesquisa que a expansão urbana e o aumento da população geram impactos ambientais significativos, afetando de maneira intensa o ciclo hidrológico.

De acordo com Costa e Silva (2020), em bacias hidrográficas total ou parcialmente urbanizadas, há uma diminuição no tempo de concentração das águas superficiais e um aumento nos picos de sedimentação e inundações, em comparação às condições de pré-urbanização. Além disso, somam-se a essas águas superficiais, os efluentes domésticos, comerciais e industriais, que devido à falta de sistemas adequados de tratamento e coleta, são conduzidos juntamente com as águas pluviais ou despejados diretamente nos corpos d'água, o que contribui significativamente para a degradação da qualidade das águas (Costa; Silva, 2020).

Nesse sentido, verifica-se que há uma correlação histórica entre o crescimento urbano e a poluição dos rios urbanos, exemplificada por casos como o Rio Reno, que atravessa a Europa, o Rio Tâmbisa, na Inglaterra, e o Rio Cuyahoga, nos Estados Unidos (Rodrigues; Fernandes, 2021).

3.2 Rios urbanos

Os rios urbanos são aqueles que, em sua interação com as cidades, tanto influenciam quanto são influenciados pelas condições urbanas ao seu redor. Estes, sempre foram elementos naturais essenciais na formação das paisagens e no desenvolvimento das civilizações (Ferreira *et al.*, 2023).

Segundo Facco *et al.* (2021) os rios possuem um papel importante no contexto ambiental, cultural e social, tendo em vista que atraem as pessoas como fontes de recursos, o que leva à fixação dos indivíduos em determinadas regiões e, assim, influencia o modo de vida que se desenvolve nesses locais.

A maioria das cidades surgiram às suas margens, devido à importância desses corpos d'água para o abastecimento, irrigação, consumo humano, obtenção de alimentos e utilização do potencial hídrico para o transporte de recursos. No entanto, com a expansão urbana e a crescente exploração dos recursos naturais, os rios começaram a sofrer os efeitos adversos do desenvolvimento das cidades (Ferreira *et al.*, 2023).

De acordo com Bortoluzzi e Tommaselli (2024), muitos municípios brasileiros, atravessados por rios e córregos, frequentemente, enfrentam ocupação desordenada nas proximidades dos cursos d'água, uma realidade comum em um país com uma rica rede fluvial. Todavia, a ocupação irregular das margens dos rios compromete a vegetação ciliar, fundamental para a proteção dos corpos hídricos, e contribui para a erosão e assoreamento dos leitos (Bortoluzzi; Tommaselli, 2024).

Corroborando com isso, Facco *et al.* (2021) discutem que historicamente, as cidades brasileiras se desenvolveram ao longo dos leitos dos rios, porém muitos desses cursos d'água sofreram intensos processos de urbanização, realizados sem qualquer planejamento adequado, o que resultou em uma paisagem urbana degradada, caracterizada por rios poluídos devido ao depósito de resíduos sólidos e esgoto, pela privatização de suas margens e por intervenções como alterações de curso e retificações.

Sendo assim, os cursos de água situados em áreas urbanas tornam-se receptores de grande quantidade de poluentes, o que compromete sua qualidade e altera suas propriedades

físico-químicas, prejudicando os ecossistemas aquáticos e as espécies que deles dependem, além de representar um risco significativo para a saúde humana, uma vez que a falta de tratamento dos esgotos pode causar doenças como diarreias e infecções, afetando a qualidade de vida dos habitantes e, por conseguinte, o desenvolvimento socioeconômico das comunidades locais (Bonfim; Souza, 2023).

Nesse contexto, Pereira *et al.* (2021) destacam que, em centros urbanos, a poluição dos rios geralmente resulta de duas fontes principais: as cargas pontuais, cujas origens, composições e quantidades são conhecidas ou podem ser estimadas, e as cargas de origem difusa, também conhecidas como poluição difusa, que consistem no material transportado pelo escoamento superficial durante as chuvas e que chega aos corpos d'água.

3.3 Saneamento e qualidade da água

O saneamento básico é fundamental para promover a saúde, a qualidade de vida e o desenvolvimento socioeconômico, tendo se tornado um tema central nas agendas globais de desenvolvimento sustentável. Conferências internacionais têm enfatizado a preservação dos recursos naturais para assegurar um ambiente saudável para as gerações atuais e futuras (Bayer *et al.*, 2021). Fuchs *et al.* (2022) destacam que o saneamento é necessário para o avanço de um país, influenciando áreas como meio ambiente, produtividade, educação infantil e turismo.

A ausência de acesso à água tratada e à coleta e tratamento de esgoto, exerce impacto significativo sobre o mercado de trabalho e as atividades econômicas que dependem de condições ambientais adequadas, ao interferir na produtividade e no desempenho escolar, com reflexos de longo prazo na renda familiar (Instituto Trata Brasil, 2022). Em contrapartida, cidades que apresentam bons índices de saneamento básico observam a valorização de seus imóveis, a possibilidade de construções de maior valor agregado e o fortalecimento de setores como o turismo (Instituto Trata Brasil, 2022).

No país, a Política Federal de Saneamento Básico (PFSB), instituída pela Lei nº 11.445/2007, estabelece os princípios fundamentais para a prestação de serviços públicos de saneamento básico, com ênfase na universalização do acesso e na qualidade do atendimento. De acordo com essa legislação, o saneamento básico é definido como um conjunto de serviços públicos e infraestruturas que inclui: abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (Brasil, 2007).

O acesso à água potável e ao saneamento básico é uma extensão do direito à dignidade da pessoa humana, conforme estipulado no artigo 1º, inciso III, da Constituição da República Federativa do Brasil (Brasil, 1988). Por exemplo, indivíduos que habitam em ambientes insalubres, cercados por resíduos sólidos, esgoto e substâncias tóxicas, enfrentam barreiras significativas ao seu desenvolvimento, tanto em termos físicos quanto sociais. Este direito é também respaldado pelo artigo 6º da referida Constituição, que assegura o direito à saúde, à alimentação e à moradia, e pelo artigo 225, que garante um meio ambiente sustentável (Brasil, 1988).

Desde 2010, a Organização das Nações Unidas (ONU) reconhece o acesso à água e ao esgotamento sanitário como um direito universal, argumentando que esses serviços são indispensáveis para a realização plena da vida e para o exercício de outros direitos humanos (Bayer *et al.*, 2021). Além disso, em 2015, a ONU definiu 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) com a meta de serem atingidos até 2030. Dentre eles, o ODS 6 se destaca por buscar assegurar a disponibilidade e a gestão sustentável da água e do saneamento para todas as pessoas.

Entretanto, apesar do setor de água e saneamento vir passando por melhorias nas últimas décadas, o Brasil ainda precisa ampliar o acesso a esses serviços para atingir os objetivos estabelecidos. Segundo os dados do Instituto Trata Brasil (2022), cerca de 94 milhões de brasileiros ainda não têm acesso à coleta de esgoto, e 34 milhões não dispõem de água potável tratada.

Massa e Chiavegatto (2020) apontam que a falta de condições adequadas de habitação, acesso à água potável e serviços de saneamento está diretamente relacionada aos indicadores de saúde pública. De maneira semelhante, Toledo *et al.* (2021) argumentam que um saneamento básico deficiente pode gerar inúmeras consequências prejudiciais para a sociedade e o meio ambiente, incluindo a poluição dos corpos hídricos e os riscos à saúde pública. Rocha *et al.* (2021), reforçam essa perspectiva, apontando que, em contextos de inexistência ou ineficiência do saneamento básico, os mananciais superficiais são diretamente afetados, resultando em poluição e contaminação dos cursos d'água.

No ponto de vista de Silva Junior e Azevedo (2022), a qualidade da água de um rio está ligada não apenas às suas características morfológicas, hidrológicas e hidrodinâmicas, mas também ao uso do solo na bacia hidrográfica, de forma que o aumento do consumo de água, somado à crescente degradação dos rios em função do despejo de efluentes, tem levado a uma maior busca por novas fontes de abastecimento. A poluição causada pelo lançamento de esgotos sanitários e efluentes industriais sem tratamento adequado impacta gravemente a

qualidade da água, resultando na diminuição da concentração de OD e influenciando negativamente as condições bióticas do ecossistema (Silva Junior; Azevedo, 2022).

Diante disso, nota-se que o saneamento básico e a gestão dos recursos hídricos estão interligados de forma significativa. O tratamento adequado de esgoto e resíduos sólidos é fundamental para manter a qualidade da água, prevenindo a poluição dos corpos hídricos. Da mesma forma, uma gestão eficiente dos recursos hídricos contribui para a distribuição adequada de água, essencial para o funcionamento dos sistemas de saneamento.

Essa relação pode ser observada entre a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e a PFSB, uma vez que ambas as legislações compartilham aspectos normativos que demandam integração para garantir seu cumprimento e a adoção de mecanismos de implementação eficazes. Ademais, a própria PNRH, em seu art. 31, estabelece a necessidade de integrar diversas políticas setoriais, incluindo a de saneamento, em sua execução (Brasil, 1997).

3.4 Enquadramento

O enquadramento dos corpos d'água é um instrumento de gestão dos recursos hídricos estabelecido pela PNRH, Lei nº 9.433/1997, que visa assegurar que a qualidade das águas seja compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas e reduzir os custos de combate à poluição das águas por meio de ações preventivas permanentes (Brasil, 1997).

Além de servir de referência para outros instrumentos de gestão, como a outorga de direitos de uso dos recursos hídricos, os planos de bacia e a cobrança pelo uso da água, e para instrumentos de gestão ambiental, como o licenciamento e o monitoramento, o enquadramento deve ser compreendido como um importante instrumento de planejamento (Souza, 2021). Este, contribui para a manutenção e melhoria da qualidade dos recursos hídricos, permitindo que os demais instrumentos previstos em lei sejam implementados de maneira mais eficiente (Silveira; Lopes, 2022).

A Resolução nº 91/2008 do CNRH trata dos procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos d'água superficiais e subterrâneos, estabelecendo que o enquadramento consiste na definição de objetivos de qualidade a serem atingidos por meio de metas progressivas, que incluem tanto etapas intermediárias quanto finais, com o propósito de assegurar a melhoria contínua da qualidade da água. O processo de enquadramento, segundo a Resolução, permite a definição de classes diferenciadas para distintos trechos ou porções de

um mesmo corpo d'água, de acordo com as características e usos específicos de cada área (Brasil, 2008).

Além disso, no art. 3º a Resolução nº 91/2008 discorre que a proposta de enquadramento deve desenvolvida em conformidade com o Plano de Recursos Hídricos da bacia hidrográfica, preferencialmente durante sua elaboração, e deve incluir o diagnóstico, o prognóstico, as propostas de metas relacionadas às alternativas de enquadramento e um programa para sua efetivação (CNRH, 2008).

Silveira e Lopes (2022) discutem que o enquadramento tem impacto na saúde pública ao definir valores mínimos de qualidade da água de acordo com os usos pretendidos, e influencia o planejamento do uso do solo, ao restringir a instalação de empreendimentos potencialmente poluidores em determinadas áreas, com base nos padrões de qualidade estabelecidos.

Segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2020) o enquadramento dos corpos d'água deve ser orientado por três perspectivas: a constatação da realidade atual dos corpos hídricos, ou seja, o rio que temos, o entendimento da visão da sociedade sobre o futuro desejado para esses corpos hídricos, conhecido como o rio que queremos, e a pactuação da situação possível de ser mantida ou alcançada, levando em conta os limites técnicos, sociais e econômicos para atingir metas de qualidade em um horizonte de tempo estabelecido, definido como o rio que podemos ter.

O controle da poluição das águas em rios e reservatórios é realizado por meio de padrões de qualidade, que estabelecem limites para as concentrações das substâncias presentes, garantindo que essas estejam dentro dos níveis aceitáveis. A Resolução nº 357/2005 do CONAMA dispõe sobre a classificação dos corpos de água superficiais, as diretrizes ambientais para seu enquadramento e os padrões para o lançamento de efluentes.

Conforme estipulado pela referida resolução, as águas são divididas em três categorias principais: doces, salobras e salinas. A categoria das águas doces, é subdividida em cinco classes de qualidade (Classe Especial, 1, 2, 3 e 4), enquanto as águas salobras e salinas são divididas em quatro classes (Classe Especial, 1, 2 e 3), sendo que cada uma dessas classes possui limites específicos para mais de 90 parâmetros de qualidade (CONAMA, 2005).

A Classe Especial representa o melhor nível de qualidade da água, destinado aos usos mais exigentes, e proíbe o lançamento de efluentes, mesmo que tratados (Machado *et al.*, 2019). À medida que o número da classe aumenta, o nível de qualidade da água exigido para os usos específicos torna-se menos rigoroso, e as restrições às atividades que podem afetar a qualidade dessas águas diminuem. Assim, a Classe 4, para águas doces, e a Classe 3, para

águas salinas e salobras, correspondem aos padrões mais baixos de qualidade dentro das categorias de enquadramento (ANA, 2020).

Para fins deste trabalho, o enquadramento adotado será o de águas doces. Nesse sentido, o Quadro 1 apresenta os parâmetros que serão avaliados para o rio objeto deste estudo, definidos na resolução nº 357/2005 para essa categoria.

Quadro 1 - Padrões de qualidade de água bruta doce.

PARÂMETROS	CLASSE I	CLASSE II	CLASSE III	CLASSE IV
OD	em qualquer amostra, não inferior a 6 mg/L O ₂	em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/L O ₂	em qualquer amostra, não inferior a 4 mg/L O ₂	superior a 2,0 mg/L O ₂ em qualquer amostra
pH	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
Turbidez	até 40 unidades nefelométrica de turbidez (UNT)	até 100 UNT	até 100 UNT	até 100 UNT

Fonte: CONAMA, 2005. Elaboração de Autoria própria, 2024.

Em relação ao enquadramento dos cursos d'água e reservatórios no Rio Grande do Norte, parte deles foram inicialmente enquadrados com base no Decreto nº 9.100/1984 e na Portaria nº 13/1976 do extinto Ministério do Interior. Todavia, esses normativos são considerados inválidos, segundo manifestação da Procuradoria Federal Junto à ANA (ANA, 2020). Portanto, é necessário atualizar o enquadramento para estar em conformidade com a Resolução nº 357/2005 do CONAMA e a Resolução nº 91/2008 do CNRH (Lima, 2022).

De acordo com Lima (2022), quanto ao Rio Apodi-Mossoró, para a seção próxima ao litoral, foi estabelecido um macro enquadramento pela Resolução nº 17/2015 do CONERH, que considera o ambiente salino, a influência das marés semidiurnas, a fauna e flora características de regiões salinas e a presença histórica de atividades salineiras. No entanto, outras áreas da bacia hidrográfica do Apodi-Mossoró ainda precisam ser adequadamente enquadradas.

Complementando as legislações citadas, destaca-se a Resolução nº 430/2011 do CONAMA, que determina os limites máximos de poluentes que podem ser lançados em corpos d'água receptores por sistemas de esgoto doméstico, efluentes industriais e outras atividades, com o objetivo de prevenir a contaminação dos recursos hídricos e proteger a vida

aquática (CONAMA, 2011). A aplicação efetiva dessa resolução, portanto, contribui diretamente para a melhoria das condições ambientais e para o cumprimento das metas de universalização dos serviços de saneamento básico, como preconizado pela PFSB, e deve ser observada na tomada de decisão sobre outorgas para lançamento de efluentes.

3.5 Parâmetros físico-químicos

Investigar as condições de um corpo hídrico e realizar seu monitoramento é essencial para identificar fontes de poluição e seus impactos, além de determinar conformidades e desconformidades de acordo com o enquadramento previsto na legislação (Machado *et al.*, 2019). Nesse contexto, os parâmetros físico-químicos são fundamentais na avaliação da qualidade da água, possibilitando tanto a análise das características naturais do ambiente aquático quanto a identificação de fontes de contaminação.

A temperatura, por exemplo, é um parâmetro físico que reflete a energia cinética das moléculas e a transferência de calor na água. Ela é diretamente proporcional à velocidade das reações químicas, à solubilidade de substâncias, à concentração de oxigênio dissolvido, ao metabolismo dos organismos aquáticos, à formação de subprodutos da desinfecção e ao crescimento microbiológico (Libânio, 2010).

Do ponto de vista de Libânio (2010), mudanças na temperatura das águas naturais são principalmente causadas pela insolação, que é afetada pelo clima e pela latitude, e por atividades humanas, como o lançamento de efluentes. Corroborando com isso, Brasil (2013) aponta que a temperatura está associada ao aumento do consumo de água, à fluoretação, à solubilidade e ionização de coagulantes, à variação do pH e ao processo de desinfecção.

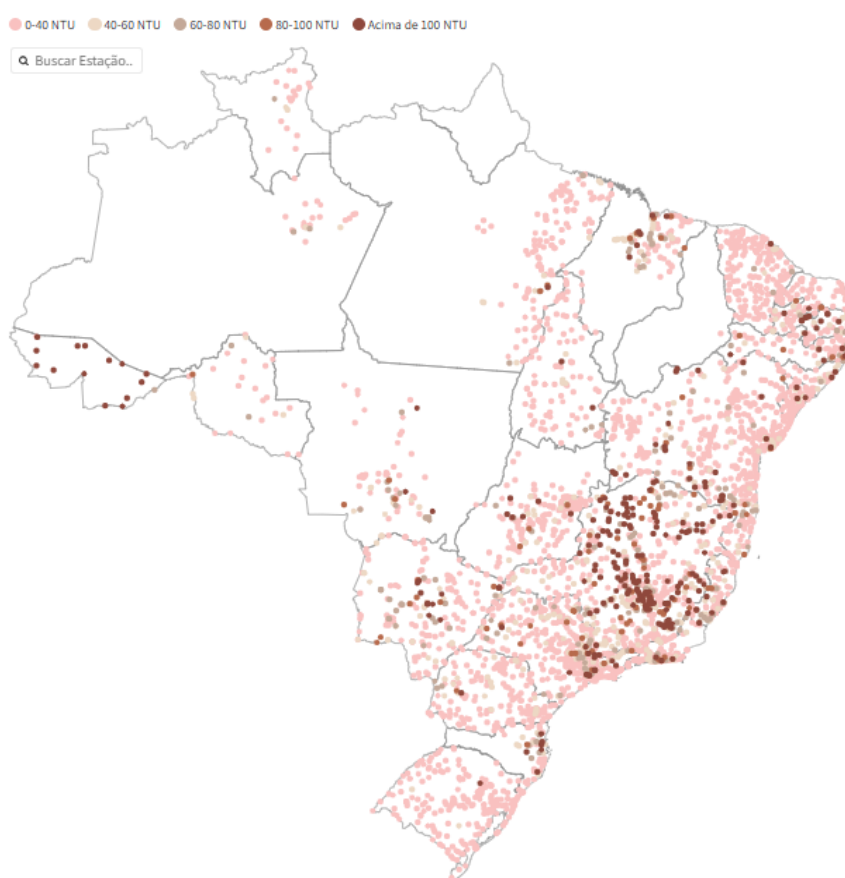
A turbidez trata-se de um parâmetro físico que indica a transparência da água, sendo inversamente relacionada à concentração de partículas suspensas ou coloidais. Embora genérica e de fácil medição, é um indicador relevante para análises rápidas da qualidade da água, haja visto que reflete a presença de poluentes oriundos de atividades humanas, como sedimentos, matéria orgânica e produtos químicos (ANA, 2024). Além disso, a turbidez pode estar associada a condições naturais dos rios, influenciadas por características das bacias hidrográficas, como a cobertura vegetal e a geologia (ANA, 2024).

Segundo Brasil (2013), a turbidez pode ser causada pela presença de algas, plâncton, matéria orgânica e outras substâncias, como zinco, ferro, manganês e areia, resultantes de processos naturais de erosão ou de despejos domésticos e industriais. De acordo com Libânio (2010), a turbidez em águas superficiais varia entre 3 e 500 uT, enquanto nas águas

subterrâneas é frequentemente inferior a 1,0 uT, devido à presença de ferro e manganês, e em ambientes com baixa velocidade de escoamento, como lagos e represas, a turbidez tende a ser menor, geralmente abaixo de 10 uT. Além das causas naturais, o lançamento de esgotos domésticos e industriais também pode aumentar a turbidez da água (Libânio, 2010).

A ANA (2024) apresentou dados de 2021 e 2022 referentes à turbidez monitorada pela Rede Nacional de Monitoramento de Qualidade da Água (RNQA) em diversas regiões do país, como pode ser visualizado na Figura 1.

Figura 1 - Dados de monitoramento da turbidez no Brasil: análise de 2021 e 2022.



Fonte: ANA, 2024.

No que se refere ao estado do RN (Figura 1), observa-se que a maioria das estações de monitoramento registraram valores de turbidez na faixa de 0 a 40 NTU, com exceção de uma estação localizada na região central-potiguar do estado, que apresentou valores superiores a 100 NTU. Na área correspondente à bacia hidrográfica Apodi-Mossoró, os valores de turbidez detectados pelas estações também se mantêm na faixa de 0 a 40 NTU.

Conforme aponta Libânio (2010), a condutividade elétrica, ou condutância específica, por outro lado, corresponde ao parâmetro físico que mede a capacidade da água de transmitir corrente elétrica, refletindo a presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions, como íons de ferro, manganês, potássio (K^+), cloreto (Cl^-), sódio (Na^+), cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}). Essa propriedade, expressa em microSiemens por centímetro ($\mu S/cm$), é diretamente proporcional à concentração iônica, estando intrinsecamente ligada à salinidade, uma vez que o aumento dos sais dissolvidos eleva a quantidade de íons presentes na água, intensificando assim, sua capacidade de conduzir corrente elétrica (Libânio, 2010).

Normalmente, águas naturais apresentam condutividade elétrica inferior a $100 \mu S/cm$, mas podem alcançar valores muito superiores a este em corpos d'água que recebem efluentes domésticos e industriais (Libânio, 2010). Ainda para Libânio (2010), embora não faça parte do padrão de potabilidade estabelecido no Brasil, a condutividade elétrica é um indicador relevante da qualidade da água, uma vez que está relacionada à concentração de sólidos totais dissolvidos, sendo monitorada principalmente em estações de maior porte.

O potencial hidrogeniônico (pH) é um parâmetro químico que reflete a concentração de íons H^+ nas águas, indicando a intensidade das condições ácidas ou alcalinas do ambiente aquático (Libânio, 2010). O valor do pH varia de 0 a 14, sendo que valores abaixo de 7 indicam água ácida e valores acima de 7 indicam água alcalina, enquanto um pH igual a 7 caracteriza a água como neutra (Brasil, 2013).

A variação do pH da água é determinada por fatores naturais, como a dissolução de rochas, a absorção de gases atmosféricos, a oxidação da matéria orgânica e a fotossíntese, além de influências antropogênicas, que incluem o lançamento de efluentes domésticos e industriais, os quais promovem a oxidação da matéria orgânica (Silveira; Lopes, 2022).

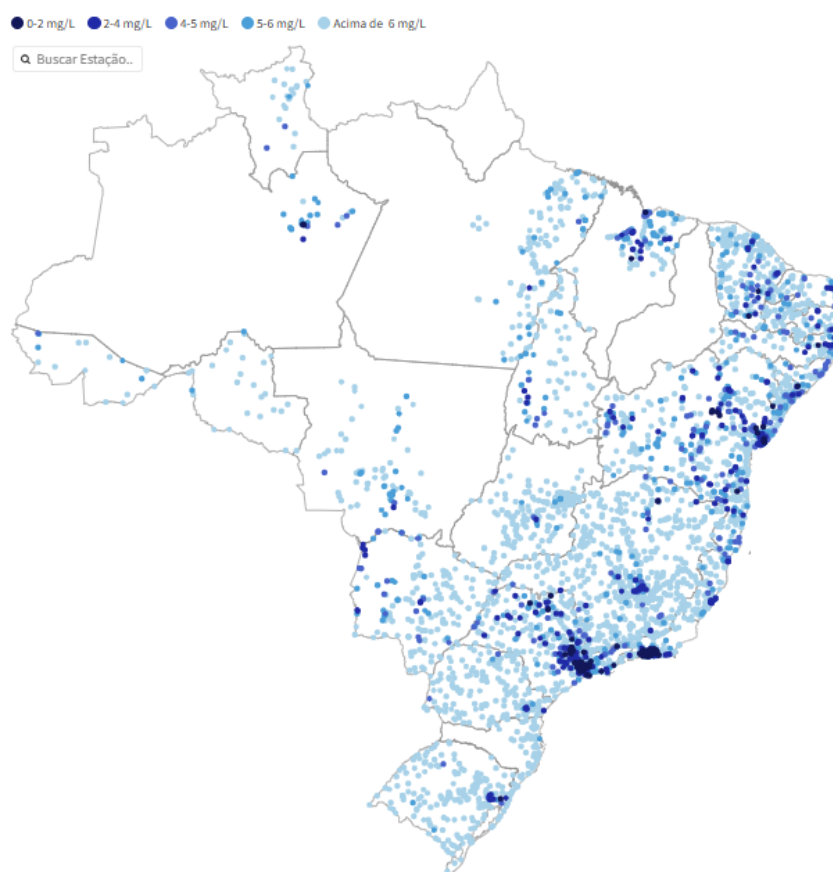
O Oxigênio Dissolvido (OD), por sua vez, é amplamente reconhecido como o parâmetro químico mais importante para avaliar a qualidade de ambientes aquáticos, uma vez que é fundamental para a manutenção da vida aquática e para os processos de autodepuração em sistemas naturais e estações de tratamento de esgoto. A concentração de OD é frequentemente expressa como uma porcentagem da concentração de saturação, que é diretamente proporcional à pressão atmosférica (ou inversamente proporcional à altitude) e inversamente proporcional à temperatura (Libânio, 2010).

A baixa concentração de OD indica uma elevada presença de carga orgânica no corpo d'água. Em determinados rios, essa situação pode resultar de processos naturais, como a decomposição de vegetação submersa durante períodos de cheia, no entanto, níveis muito baixos de OD são frequentemente relacionados ao descarte de efluentes que possuem altas

concentrações de carga orgânica, provenientes tanto de fontes domésticas quanto industriais (ANA, 2024).

De maneira similar ao parâmetro físico da turbidez, a ANA (2024) forneceu dados sobre as concentrações médias de OD no Brasil entre 2021 e 2022 (Figura 2).

Figura 2 - Dados de monitoramento do OD no Brasil: análise de 2021 e 2022.



Fonte: ANA, 2024.

A análise da Figura 2 mostra que as concentrações de OD nas estações de monitoramento do estado do RN variam entre 2 mg/L e mais de 6 mg/L. Em contraste, na bacia hidrográfica Apodi-Mossoró, esses valores se situam predominantemente entre 5 mg/L e acima de 6 mg/L.

Bezerra *et al.* (2013) realizaram uma análise dos indicadores de qualidade da água no trecho urbano do Rio Apodi-Mossoró, localizado em Mossoró-RN. Os resultados obtidos revelaram valores de pH variando entre 7,8 e 8,3 em três pontos distintos do rio. No que diz respeito à condutividade elétrica, as medições apresentaram valores de 1840 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 1950 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 1991 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para os pontos analisados. A turbidez das amostras variou

significativamente, com registros de 30,3 NTU no ponto B1, 100,1 NTU no ponto B2 e 21 NTU no ponto B3. O OD também apresentou alterações, com valores de 8,4 mg/L, 7,9 mg/L e 5 mg/L nos respectivos pontos. Além disso, a temperatura da água oscilou entre 29 °C e 31 °C.

Oliveira (2022) conduziu um estudo sobre a qualidade da água do Rio Apodi-Mossoró, focando em trechos naturais e alterados na zona urbana do município de Mossoró. O estudo abrangeu a coleta de dados em seis pontos distintos. Os resultados mostraram que os valores de turbidez variaram entre 3,88 NTU e 15,2 NTU, enquanto o pH apresentou uma faixa de 7,62 a 7,8. Em relação à condutividade elétrica, os valores obtidos situaram-se entre 1040 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 1440 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Na região Nordeste do Brasil, Fontana *et al.* (2019) efetuaram uma investigação sobre os indicadores de qualidade da água em trechos dos rios urbanos Lucaia e Jaguaribe, ambos perenes e localizados em Salvador, Bahia. Os dados coletados revelaram que a temperatura da água variou entre 25 °C e 27 °C. A turbidez, medida nos pontos amostrados, apresentou valores que oscilaram de 3,32 a 28,2 NTU. Além disso, os valores de condutividade elétrica variaram entre 347,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 35470 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Os resultados do pH mostraram flutuações entre 7,22 e 8,04.

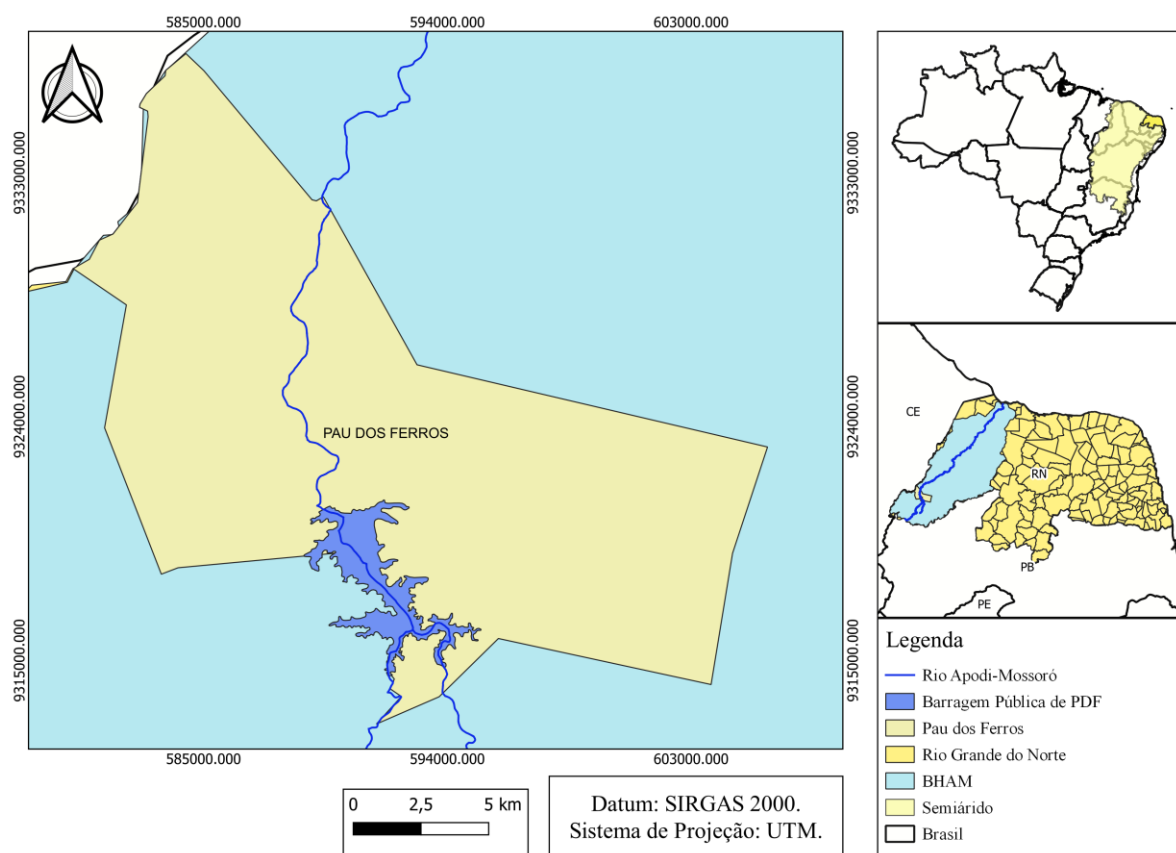
Enquanto que na região Centro-Oeste, Teixeira e Millan (2024) analisaram os impactos ambientais da urbanização em cursos d'água intermitentes, com foco na qualidade da água do Córrego Vertente Grande, em Frutal, Minas Gerais. O estudo foi realizado entre outubro de 2022 e março de 2023, e os resultados revelaram que a temperatura da água variou entre 22,31 °C e 24,64 °C, enquanto o pH apresentou uma faixa entre 3,4 e 7,1. O oxigênio dissolvido (OD) variou de 3,49 mg/L a 10,55 mg/L, e a turbidez das amostras foi registrada entre 6,98 e 12,04 NTU.

4 METODOLOGIA

4.1 Área de estudo

O estudo focou no trecho urbano do Rio Apodi-Mossoró, que atravessa o município de Pau dos Ferros/RN (Figura 3).

Figura 3 - Mapa da localização da cidade de Pau dos Ferros/RN e do segmento do Rio Apodi-Mossoró que o atravessa.



Fonte: *Shapefiles* da SEMARH (2016), IBGE (2022), ANA (2022), SUDENE (2021).

Elaboração Gráfica de Autoria própria, 2024.

A bacia hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró, com uma área de drenagem de aproximadamente 14.270 km², localiza-se inteiramente no semiárido nordestino, na região oeste do Rio Grande do Norte, sendo de dominialidade estadual (Silva; Camargo, 2022). Predominantemente caracterizada por um clima seco e muito quente, com a estação chuvosa ocorrendo no quadrimestre de fevereiro a maio, estendendo-se do final do verão ao outono (Carvalho, 2021). No extremo sudoeste da bacia, onde se localizam as nascentes, o clima é tropical chuvoso com verões secos, e a estação chuvosa também se estende do verão ao outono (Carvalho, 2021).

De acordo com Carvalho (2021), o Rio Apodi-Mossoró nasce nas serras de Luís Gomes (06°23'27" Sul e 38°28'48" Oeste), na divisa entre RN e Paraíba (PB), e deságua no Oceano Atlântico (04°56'21" Sul e 37°09'07" Oeste), entre os municípios de Areia Branca e Grossos (RN). O rio Apodi-Mossoró e seus tributários apresentam características de intermitência em decorrência das condições climáticas, exceto pelo trecho perenizado após o

barramento do reservatório de Santa Cruz, localizado no médio curso da bacia (Silva; Camargo, 2022).

Ao longo do curso do rio no município de Pau dos Ferros, encontra-se a barragem pública conhecida como Açude Público Dr. Pedro Diógenes Fernandes, que possui uma capacidade máxima de 55.902.000,00 m³ e uma área de drenagem de 2.050 km² (Freitas *et al.*, 2021).

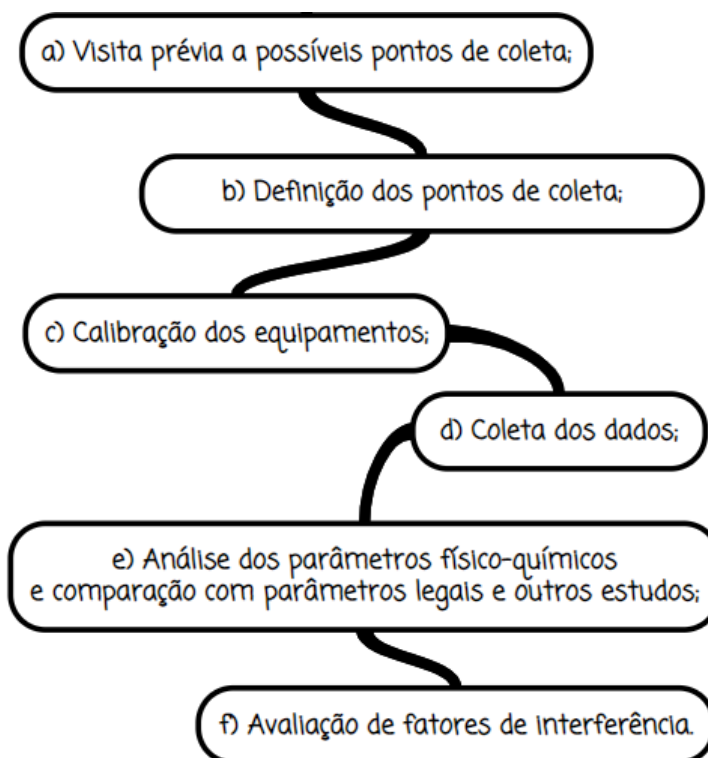
Em relação ao município de Pau dos Ferros/RN, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), a área territorial é de 259,959 km² e a população é de 30.479 habitantes.

4.2 Percurso metodológico

Em termos metodológicos, o estudo se caracteriza por uma abordagem quantitativa e qualitativa, uma vez que engloba tanto a coleta e análise de dados numéricos acerca de parâmetros físico-químicos da água (pH, OD, condutividade elétrica, temperatura e turbidez), quanto observações de possíveis aspectos que possam influenciar os resultados quantitativos obtidos, buscando assim, aliar a contextualização dos fenômenos à precisão dos dados obtidos e analisados (Rodrigues, 2021).

A Figura 4 sintetiza as diversas etapas que foram necessárias para a elaboração deste trabalho, com o intuito de alcançar o objetivo geral, seguida de melhor detalhamento das atividades que compreendem.

Figura 4 - Fluxograma das etapas metodológicas.



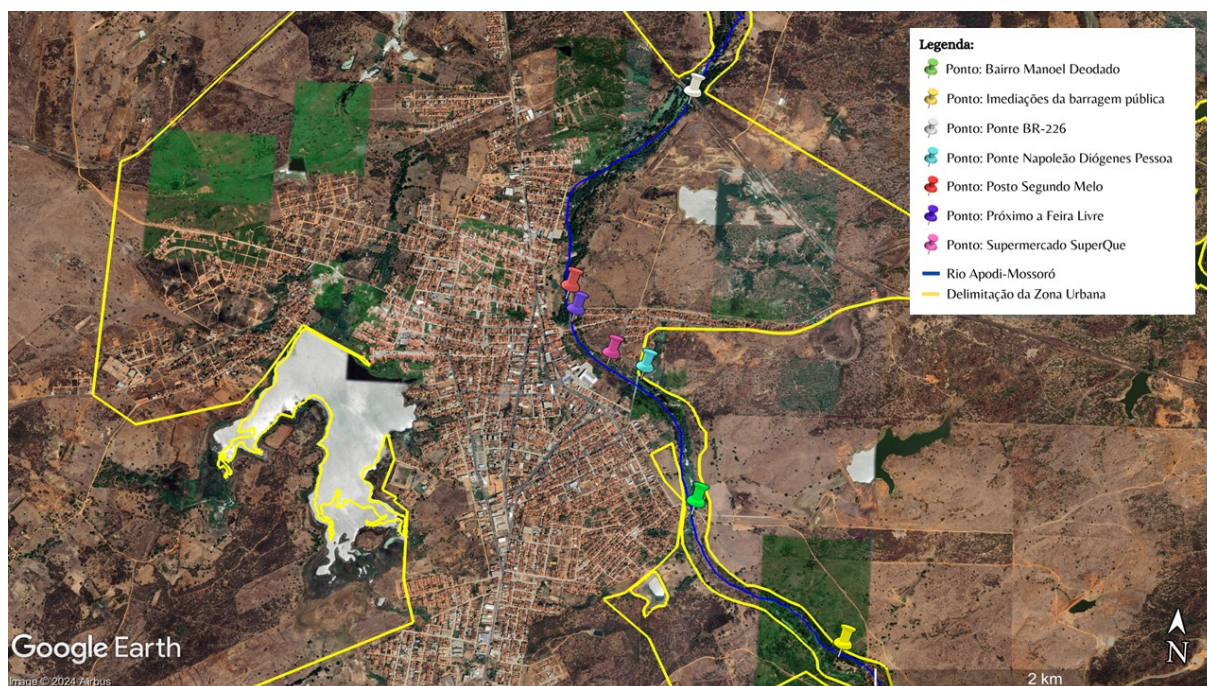
Fonte: Autoria própria, 2024.

Para concretizar o estudo, foram seguidos os passos:

a) visita prévia a possíveis pontos de coleta.

Nos dias 23 e 30 de julho de 2024 foram realizadas visitas prévias a alguns pontos do Rio Apodi-Mossoró, localizados no trecho urbano de Pau dos Ferros/RN, com o objetivo de analisar a acessibilidade e a presença de água nos locais, assegurando a viabilidade da coleta de dados. Para guiar as visitas, foram selecionados locais ao longo do leito do rio com auxílio do *Google Earth* (Figura 5), com base de imagem disponibilizada na plataforma da data de 2023. A zona urbana do município foi verificada a partir de *Shapefile* do Plano Diretor Participativo de Pau dos Ferros, solicitado à Prefeitura Municipal de Pau dos Ferros.

Figura 5 - Locais previamente visitados.

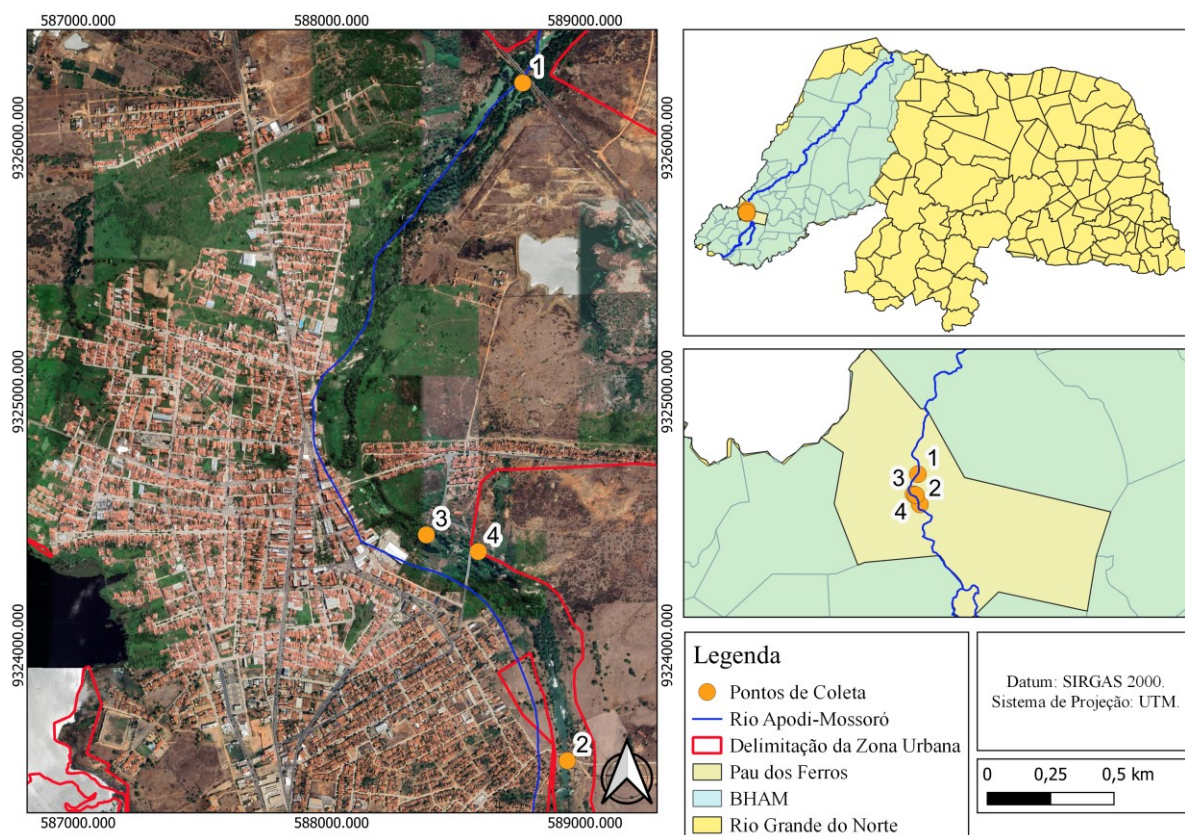


Fonte: *Shapefiles* da PMPF (2021) e *Google Earth* (2023). Elaboração Gráfica de Autoria própria, 2024.

b) definição dos pontos de coleta no trecho urbano do Rio Apodi-Mossoró que atravessa o município de Pau dos Ferros.

A partir da verificação *in loco* das possibilidades de acesso e da presença de lâmina d'água acumulada de modo a viabilizar a coleta, foram selecionados quatro pontos no trecho urbano do rio, indicados na Figura 6.

Figura 6 - Mapa dos pontos de coleta.



Fonte: *Shapefiles* da SEMARH (2016), IBGE (2022), ANA (2022), PMPF (2021). Elaboração Gráfica de Autoria própria, 2024.

O primeiro ponto de coleta foi estabelecido na região circunvizinha da ponte da BR-226. O segundo, situa-se nas imediações do bairro Manoel Deodato. O terceiro ponto está próximo ao supermercado SuperQue. O quarto ponto corresponde à Ponte Napoleão Diógenes Pessoa, próximo à academia Atividade e ao restaurante Mulatos. As coordenadas geográficas dos pontos, coletadas com o GPSMAP 78s Garmim estão apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2 - Coordenadas geográficas dos pontos de coleta.

Pontos de coleta	Latitude	Longitude
Ponto 1	6.095163°S	38.197928°W
Ponto 2	6.119281°S	38.196295°W
Ponto 3	6.111150°S	38.201295°W
Ponto 4	6.111932°S	38.199479°W

Fonte: Autoria própria, 2024.

c) calibração do medidor multiparâmetro à prova d'água AK88 e do turbidímetro digital DLT-WV.

No dia 06 de agosto de 2024, foi realizada a primeira calibração dos equipamentos, com o intuito de familiarizar-se com o procedimento de ajuste. Posteriormente, em 26 de agosto de 2024, uma nova calibração foi efetuada conforme as orientações do fabricante, que recomenda a realização deste processo alguns dias antes das coletas, a fim de garantir a confiabilidade dos instrumentos e a precisão das medições.

Para o medidor multiparâmetro à prova d'água AK88 (Figura 7), foram utilizadas soluções tampão de pH 4, pH 7 e pH 10 na calibragem da sonda de pH. Para a sonda de condutividade elétrica, foi empregada a solução padrão de condutividade de 1412 $\mu\text{S}/\text{cm}$, enquanto a sonda de oxigênio dissolvido foi calibrada no ar.

As soluções foram colocadas em béqueres, onde as sondas permaneceram imersas por 30 segundos para estabilização das leituras. Após esse período, o medidor foi ativado para iniciar o processo de calibração. No caso específico da sonda de oxigênio dissolvido, após a imersão por 30 segundos em água destilada, a sonda foi retirada e ajustada no ar para alcançar 100% de saturação.

Vale destacar que antes da calibração da sonda de OD, foi necessário realizar uma etapa de limpeza devido à presença de sais cristalizados na ponteira. Para evitar danos ao equipamento, os cristais foram cuidadosamente removidos com o auxílio de uma espátula. Em seguida, a membrana da sonda foi substituída e uma nova solução eletrolítica, fornecida com o próprio equipamento, foi inserida na membrana por meio de uma seringa com agulha.

Figura 7 - Calibração do medidor multiparâmetro à prova d'água AK88.



Fonte: Autoria própria, 2024.

No caso do turbidímetro, o equipamento foi calibrado para medir valores de até 800 NTU, conforme as instruções do fabricante. A Figura 8 apresenta o processo de padronização.

Figura 8 - Calibração do turbidímetro digital DLT-WV.



Fonte: Autoria própria, 2024.

d) Coleta de dados.

Executou-se a coleta dos dados, no dia 27 de agosto de 2024, utilizando o medidor multiparâmetro à prova d'água AK88 na obtenção dos parâmetros pH, OD, condutividade elétrica e temperatura; o turbidímetro digital DLT-WV para medir a

turbidez; o GPSMAP 78s Garmim para registrar a localização dos pontos; e o aplicativo Timemark, instalado em um celular, para capturar fotografias dos locais, que incluem dados como data, hora e coordenadas.

O procedimento de coleta de dados consistiu na realização de três amostragens em cada ponto de medição, visando calcular a média aritmética e assim, aumentar a precisão e a confiabilidade dos resultados.

Nesse contexto, ao chegar ao local, conectava-se ao medidor multiparâmetro cada uma das sondas, dando início ao processo de coleta com a sonda de pH, seguida pela sonda de OD e, por último, pela sonda de condutividade elétrica. Após a coleta da primeira amostra, todas as sondas foram higienizadas com água destilada, e o excesso de água foi retirado antes de iniciar a próxima análise. Esse processo foi repetido até que as três coletas fossem concluídas.

As amostragens foram realizadas, agitando as sondas suavemente, a uma profundidade variando entre 40 cm e 50 cm, respeitando sempre a profundidade mínima de 30 cm, conforme as orientações do fabricante, obtidas por meio de contato com suporte em 13 de agosto de 2024.

A coleta do parâmetro de turbidez foi conduzida de forma análoga, começando pela coleta da primeira amostra diretamente no rio. Após essa coleta, o frasco de amostragem foi devidamente higienizado com água destilada e, após secagem, a amostra foi inserida no equipamento para a obtenção do valor. O frasco foi então novamente higienizado, seco e uma nova amostra coletada, repetindo-se esse procedimento até que as três medições fossem finalizadas.

e) realização da análise dos parâmetros físico-químicos e comparação com parâmetros legais e resultados de outros estudos.

Como não há enquadramento para o Rio Apodi-Mossoró, foi observado nesta comparação a qual classe os parâmetros satisfazem em relação a Resolução nº 357/2005 do CONAMA e a outros documentos e dados disponíveis em periódicos. Dentre esses, destacam-se as informações provenientes das estações meteorológicas da ANA.

f) avaliação dos possíveis fatores de interferência na qualidade da água do rio.

Durante as visitas e coletas, foram verificados potenciais fatores que podem impactar a qualidade da água do Rio Apodi-Mossoró em estudo, considerando

aspectos observados *in loco* e encontrados na literatura científica e técnica. Foram realizados registros fotográficos e discutido o cenário identificado.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e discussão apresentados a seguir estão divididos por itens, que atendem aos objetivos desta pesquisa. O primeiro tópico apresenta uma caracterização de todos os locais do rio que foram visitados antes das coletas de dados. Após é apresentado a coleta de dados nos pontos definidos e a análise dos parâmetros físico-químicos. Em seguida são apontados possíveis fatores de interferência que podem prejudicar a qualidade da água do rio.

5.1 Caracterização dos locais visitados

A Figura 9 mostra as visitas realizadas no dia 23 de julho de 2024, durante o período da manhã, a alguns pontos do Rio Apodi-Mossoró para analisar as condições de coleta.

Figura 9 - Visita prévia aos pontos do rio (a) próximo ao posto Segundo Melo, (b) nas imediações da Feira Livre, (c) próximo ao supermercado SuperQue com acesso pela doca deste e (d) nos fundos do supermercado SuperQue por área residencial.



(a)

(b)



(c)

(d)

Fonte: Autoria própria, 2024.

O ponto visitado, localizado nas proximidades do posto Segundo Melo, não possibilitou o acesso ao rio, devido a presença de uma densa mata ciliar que impedia a passagem. Por outro lado, o ponto situado nas imediações da Feira Livre e do açougue público da cidade, próximo à passagem molhada, apresentava um lançamento elevado de esgoto e resíduos sólidos, conforme ilustrado na Figura 9-(b). Sendo assim, devido à coloração escura da água e ao forte odor no local, decidiu-se não realizar a coleta de dados, já que essas condições poderiam comprometer os equipamentos utilizados na amostragem.

Em relação ao trecho do rio que fica atrás do supermercado SuperQue, o acesso foi realizado por dois caminhos distintos. O primeiro foi pela doca do supermercado, enquanto o segundo se deu por meio de uma residência que possuía uma trilha até o rio. Nesse local, havia uma estação de coleta de dados hidrometeorológicos (código: 37030000) da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) em funcionamento, o que facilitou o acesso. Dessa forma, decidiu-se manter este ponto de coleta, descartando a opção de utilizar a entrada pelo SuperQue, que além de ser mais distante, apresentava uma vegetação de altura média com espinhos.

A Figura 10, por sua vez, apresenta as visitas prévias realizadas no dia 30 de julho de 2024, pelo período da manhã.

Figura 10 - Visita prévia aos pontos do rio (a) bairro Manoel Deodato, (b) ponte da BR-226 e (c) região sob a ponte Napoleão Diógenes Pessoa.



(a)



(b)

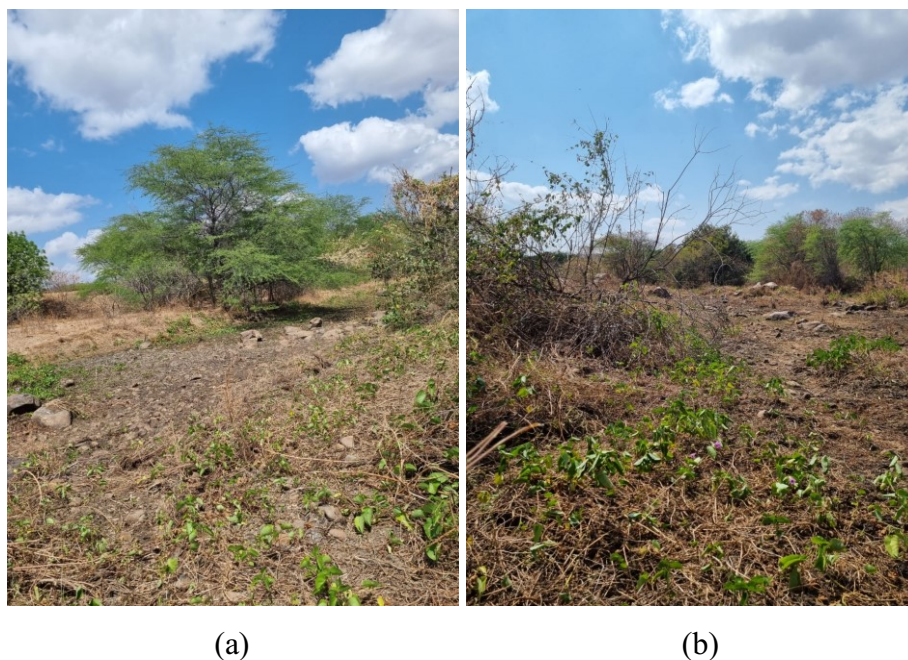


(c)

Fonte: Autoria própria, 2024.

No bairro Manoel Deodato, o deslocamento até o local foi realizado por meio de veículo, o que demonstrou ser bastante viável, resultando na sua escolha como um dos locais de amostragem. A área próxima à ponte da BR-226, embora apresentasse um acesso relativamente distante, possuía uma trilha que facilitou a aproximação ao corpo d'água. Já na região sob a ponte Napoleão Diógenes Pessoa, o acesso ao rio foi feito através de uma propriedade privada. Dessa forma, ambos os locais também foram considerados apropriados para a coleta de dados. As atividades de campo prosseguiram com a visita à área do rio próxima a barragem pública do município (Figura 11).

Figura 11 - Ponto do rio próximo a barragem (a) vista A e (b) vista B.



Fonte: Autoria própria, 2024.

De acordo com a Figura 11, o leito do rio encontrava-se seco, haja vista que se trata de um rio intermitente, conforme descrito por Silva e Camargo (2022). Dessa forma, com o fim do período chuvoso na região em estudo e o início da estação quente, o rio não continha água disponível para análise, o que inviabilizou a coleta dos parâmetros.

5.2 Coleta e análise

Após o período das visitas prévias e definição dos pontos de estudo, as coletas de dados em campo foram iniciadas no dia 27 de agosto de 2024, entre 7h30 e 12h, nos Pontos 1, 2, 3 e 4. A Figura 12 mostra um exemplo de coletas realizadas no primeiro ponto.

Figura 12 - Coleta dos dados realizada no Ponto 1.



Fonte: Autoria própria, 2024.

O Quadro 3 apresenta os resultados dos parâmetros físico-químicos registrados nesse local em cada amostragem, juntamente com as médias correspondentes.

Quadro 3 - Parâmetros físico-químicos do Ponto 1.

PONTO 1: PONTE BR-226						
Parâmetros físico-químicos		Unidade	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Média
pH		adimensional	7,43	7,02	7,19	7,21
Condutividade elétrica		µS/cm	1038	1021	1053	1037
OD		mg/L	4,3	4,5	4,2	4,3
Turbidez		NTU	6,56	7,20	6,44	6,73
Temperatura	Sonda pH	°C	23,6	23,5	23,6	23,8
	Sonda Condutividade		23,8	22,5	23,8	
	Sonda OD		25,2	24	23,9	

Fonte: Autoria própria, 2024.

Em seguida, foram coletados os dados referentes ao segundo ponto (Figura 13).

Figura 13 - Coleta dos dados realizada no Ponto 2.



Fonte: Autoria própria, 2024.

O Quadro 4 expõe os resultados obtidos para os parâmetros físico-químicos analisados.

Quadro 4 - Parâmetros físico-químicos do Ponto 2.

PONTO 2: BAIRRO MANOEL DEODATO						
Parâmetros físico-químicos		Unidade	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Média
pH		adimensional	8,33	8,70	8,52	8,52
Condutividade elétrica		µS/cm	881	893	890	888
OD		mg/L	10,1	10,3	10,2	10,2
Turbidez		NTU	42,3	47,7	44,8	44,93
Temperatura	Sonda pH	°C	27,6	27,6	27,4	27,6
	Sonda Condutividade		28	27,7	27,6	
	Sonda OD		28,4	27,2	27,1	

Fonte: Autoria própria, 2024.

A Figura 14 mostra as coletas executadas no terceiro ponto.

Figura 14 - Coleta dos dados realizada no Ponto 3.



Fonte: Autoria própria, 2024.

O Quadro 5, por sua vez, detalha os resultados dos parâmetros físico-químicos referentes ao terceiro ponto de coleta, situado na área atrás do supermercado SuperQue.

Quadro 5 - Parâmetros físico-químicos do Ponto 3.

PONTO 3: SUPERMERCADO SUPERQUE						
Parâmetros físico-químicos		Unidade	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Média
pH		adimensional	7,62	7,80	7,85	7,76
Condutividade elétrica		µS/cm	1040	1051	1055	1049
OD		mg/L	4,5	4,4	4,3	4,4
Turbidez		NTU	8,45	9,52	8,62	8,86
Temperatura	Sonda pH	°C	25,4	25,3	25,5	25,9
	Sonda Condutividade		26,5	25,9	25,7	
	Sonda OD		27,3	25,9	25,7	

Fonte: Autoria própria, 2024.

O último ponto de coleta, foi o 4 (Figura 15).

Figura 15 - Coleta dos dados realizada no Ponto 4.



Fonte: Autoria própria, 2024.

O Quadro 6 aborda os resultados obtidos na coleta referentes aos parâmetros físico-químicos do local.

Quadro 6 - Parâmetros físico-químicos do Ponto 4.

PONTO 4: PONTE NAPOLEÃO DIÓGENES PESSOA						
Parâmetros físico-químicos		Unidade	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Média
pH		adimensional	8,37	7,81	7,69	7,96
Condutividade elétrica		µS/cm	834	852	867	851
OD		mg/L	4,8	4,6	4,6	4,7
Turbidez		NTU	6,49	8,80	6,92	7,40
Temperatura	Sonda pH	°C	24,6	24,6	24,4	25,1
	Sonda Condutividade		25,4	24,9	24,8	
	Sonda OD		27,1	25,5	24,8	

Fonte: Autoria própria, 2024.

Os resultados apresentados nos Quadros 3, 5 e 6 mostram que os parâmetros de pH e turbidez nos Pontos 1, 3 e 4, satisfazem os padrões de qualidade estabelecidos para a Classe I, onde a faixa de pH deve ser de 6,0 a 9,0 e a turbidez até 40 NTU, conforme a Resolução nº 357/2005 do CONAMA, como indicado no Quadro 1. É importante ressaltar, contudo, que a presença de apenas um parâmetro que não atende aos critérios é suficiente para constatar que o curso d'água não cumpre o que é exigido para ser enquadrado em classes de maior qualidade. Neste sentido, verifica-se que valor de OD não atende aos critérios de classificação para as duas primeiras classes, situando-se dentro dos limites estipulados para a Classe III.

No Ponto 2 (Quadro 4), ao comparar os dados com os do Quadro 1, observa-se que o valor da turbidez atende ao padrão da Classe II, enquanto os parâmetros de pH e OD satisfazem os padrões de qualidade estabelecido para a Classe I. Contudo, a concentração de OD foi registrada em 10,2 mg/L, um valor consideravelmente elevado, o que deve ser melhor analisado.

Segundo a ANA (2005), águas eutrofizadas podem apresentar níveis de oxigênio dissolvido superiores a 10 mg/L, mesmo em temperaturas superiores a 20 °C, o que indica um estado de supersaturação. Essa situação foi observada no Ponto 2, como evidenciado nas Figuras 10-(a) e 16, onde a água nas proximidades do ponto de coleta exibia sinais visíveis de eutrofização, como coloração turva e esverdeada. Desse modo, é preciso aprofundar investigações para melhor compreender o valor encontrado.

A localização desse ponto, próximo a um bairro vulnerável que enfrenta problemas relacionados ao saneamento básico, por exemplo, pode estar relacionada a esses resultados, uma vez que há possibilidade de lançamento de esgoto sem tratamento diretamente no rio.

Figura 16 - Condições de eutrofização do Ponto 2.



Fonte: Autoria própria, 2024.

Na cidade de Pau dos Ferros/RN, a estação 37029900 de responsabilidade da ANA, localizada na barragem do município (Figura 3), à montante do trecho em que foram realizadas todas as coletas, registrou valores de turbidez variando entre 0 e 40 NTU durante o período de 21/07/2021 a 29/11/2022 (ANA, 2024). Além disso, os valores de OD nessa mesma estação apresentaram uma faixa acima de 6 mg/L (ANA, 2024).

Ao comparar esses resultados com os dados obtidos na pesquisa, verifica-se que os valores de OD nos Pontos 1, 3 e 4 apresentaram concentrações de 4,2 mg/L, 4,4 mg/L e 4,7 mg/L, respectivamente, ficando abaixo da média de 6 mg/L registrada pela ANA (2024) na barragem. Apenas no Ponto 2 foi encontrado um valor superior.

As concentrações baixas de OD nesses pontos sugerem a possível presença de carga orgânica, como descrito pela ANA (2024), o que pode estar relacionado ao descarte inadequado de efluentes, uma vez que a decomposição de matéria orgânica consome oxigênio, impactando negativamente a qualidade da água e a biodiversidade aquática. Esse cenário é agravado pelo fato de que os Pontos 3 e 4 estão localizados em áreas mais urbanizadas, com construções no leito do rio e a presença de um grande número de estabelecimentos comerciais, fatores que podem contribuir para a deterioração da qualidade da água.

A Resolução nº 357/2005 do CONAMA estabelece que o valor mínimo de OD necessário para a preservação da vida aquática é de 5,0 mg/L. No entanto, é importante destacar que a tolerância varia de acordo com as diferentes espécies aquáticas. Assim, nestes pontos, as condições observadas podem não ser favoráveis à presença de vida aquática, dependendo das espécies presentes na região.

Em relação à turbidez, todos os pontos analisados permaneceram dentro da faixa de variação observada para a barragem (0-40 NTU), com exceção do Ponto 2, que apresentou um valor de 44,93 NTU. Esse valor pode ter influência do processo de eutrofização nesse local, o que contribui para o aumento da turbidez em função do crescimento excessivo de algas e matéria orgânica.

Diante disso, verifica-se que o Ponto 2 apresentou características distintas em relação aos demais pontos, que registraram valores menores de OD. O processo de eutrofização nos pontos 1, 3 e 4 favoreceu o crescimento de macrófitas, que passaram a cobrir toda a superfície do corpo d'água, impedindo a entrada de luz e de oxigênio, o que intensificou o acúmulo de nutrientes e comprometeu a qualidade da água local.

Em contraste, o Ponto 2, embora apresente fortes indícios de poluição, exibiu valor elevado de OD, possivelmente explicado pela fase inicial de proliferação de algas, o que pode contribuir para a oxigenação do meio e estar relacionado ao aumento da turbidez.

A temperatura e a condutividade elétrica não possuem padrões de referência na resolução nº 357/2005 do CONAMA. Diante disso, os valores obtidos neste estudo serão comparados a pesquisas correlatas que avaliaram a qualidade da água em trechos de rios urbanos.

De acordo com os resultados obtidos, as temperaturas médias medidas nos Pontos 1, 2, 3 e 4 foram, respectivamente, 23,8 °C, 27,6 °C, 25,9 °C e 25,1 °C. O menor valor de temperatura foi registrado no Ponto 1, cuja coleta ocorreu mais cedo, o que pode ser atribuído à menor incidência solar nesse período. Os valores obtidos estão em consonância com os resultados apresentados por Fontana *et al.* (2019), e abaixo da média registrada por Bezerra *et al.* (2013), que variou de 29 °C a 31 °C para o trecho do Rio Apodi-Mossoró, em Mossoró.

A temperatura superficial da água é influenciada por fatores como latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade (ANA, 2005). Além disso, a elevação da temperatura em corpos d'água pode ser provocada por despejos industriais e domésticos. No entanto, variações de temperatura fazem parte do regime climático natural, e corpos d'água apresentam flutuações sazonais e diurnas, além de estratificação vertical (ANA, 2005).

Quanto à condutividade elétrica, os valores apresentados nos Quadros 3, 4, 5 e 6, foram de 1.037 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para o Ponto 1, 888 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para o Ponto 2, 1.049 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para o Ponto 3 e 851 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para o Ponto 4. De acordo com Libânio (2010), águas naturais usualmente tem valores inferiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, podendo, entretanto, atingir valores superiores em corpos d'água que recebem efluentes domésticos e industriais, indicando, assim, que os pontos analisados podem ser potenciais receptores dessa poluição. Os Pontos 1 e 3 apresentaram valores semelhantes aos obtidos por Oliveira (2022) e Fontana *et al.* (2019), enquanto os Pontos 2 e 4 se alinham apenas à faixa reportada por Fontana *et al.* (2019). Todas as amostras analisadas apresentaram valores inferiores aos resultados de Bezerra *et al.* (2013), que indicaram concentrações acima de 1.840 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

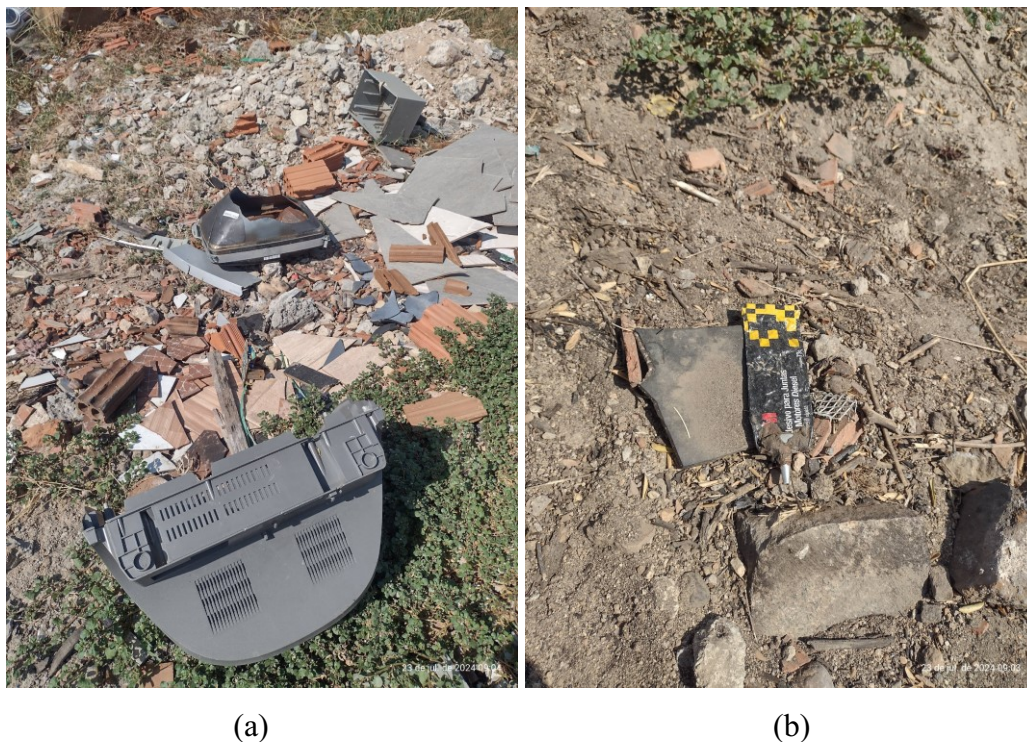
A condutividade elétrica está diretamente relacionada à quantidade de íons presentes na água, refletindo o risco de salinidade, como destaca Libânio (2010). Além disso, esse parâmetro correlaciona-se com a concentração de sólidos totais dissolvidos, o que sugere que as variações observadas nos pontos analisados podem estar associadas à presença de poluentes dissolvidos, provenientes de descargas de efluentes.

Destaca-se, que em função a intermitência do rio e das possibilidades de campo, as coletas de amostras de água aconteceram apenas às suas margens, de modo que resultados deste trabalho fornecem um indicativo preliminar da qualidade da água no trecho urbano do Rio Apodi-Mossoró em Pau dos Ferros/RN.

5.3 Análise dos possíveis fatores de impacto na qualidade da água

Durante a etapa de visitas prévias, foi observado nas margens do rio, próximo ao posto de combustível Segundo Melo, o descarte de resíduos de construção civil, eletrônicos e materiais provenientes das oficinas mecânicas situadas no local (Figura 17).

Figura 17 - Descarte de resíduos (a) da construção civil e eletrônicos e (b) de oficinas.



Fonte: Autoria própria, 2024.

Na região da passagem molhada, além do elevado lançamento de esgoto, foram observados o descarte de pelos e intestinos de animais bovinos, oriundos do açougue público, sacos de *nylon* rasgados e uma quantidade significativa de resíduos sólidos sobre o leito do rio, conforme ilustrado na Figura 18.

Figura 18 - Descarte de (a) matéria orgânica e (b) resíduos sólidos.





(b)

Fonte: Autoria própria, 2024.

No ponto 1, foram identificados ossos de animais (Figura 19), aparentemente pertencentes a um cachorro, que se encontravam em decomposição a céu aberto.

Figura 19 - Ossos de animais em decomposição.



Fonte: Autoria própria, 2024.

Às margens do ponto próximo à barragem pública, foi observada a atividade de extração de areia, na formação de cacimbas, conforme ilustrado na Figura 20. Tal extração, que requer licenciamento ambiental, pode impactar o curso do rio e o aquífero aluvial de pequenas dimensões formado pelo depósito natural de sedimentos no leito do rio. Contudo, não foi possível verificar a existência desse licenciamento, devido à falta de informações sobre a responsabilidade pela área em questão. Além disso, constatou-se um elevado lançamento de resíduos provenientes de residências, depositados em sacolas plásticas (Figura 21).

Figura 20 - Extração de areia nas margens do rio.



Fonte: Autoria própria, 2024.

Figura 21 - Disposição de resíduos domiciliares.



Fonte: Autoria própria, 2024.

Sendo assim, diante das observações feitas, evidencia-se um quadro preocupante de degradação ambiental no Rio Apodi-Mossoró, resultado da ausência de manejo adequado e da intensa atividade antrópica ao longo de seu trecho urbano. Essas práticas, além de afetarem a biodiversidade local e a dinâmica hidrológica do rio, também podem impactar negativamente na saúde pública e no abastecimento de água para a região.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao avaliar os parâmetros físico-químicos dos quatro pontos de coleta distribuídos ao longo do trecho urbano do Rio Apodi-Mossoró, que atravessa a cidade de Pau dos Ferros/RN, no período analisado, observou-se que os Pontos 1, 3 e 4 apresentaram características de qualidade da água compatíveis com a Classe III de águas doces (considerando o valor de OD), conforme estabelecido pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA. O Ponto 2, por sua vez, apresentou condições que atendem aos critérios da Classe II da mesma resolução (com base no valor de turbidez), mas o valor para OD precisa ser melhor analisado, tendo em vista seu nível elevado. Logo, os resultados obtidos para os parâmetros em estudo estão alinhados com as observações feitas *in loco*, que indicam o lançamento de efluentes no leito do rio.

O Rio Apodi-Mossoró apresenta sinais visíveis de impactos decorrentes de ações antrópicas. Na maioria dos pontos analisados, foram observados potenciais fatores de interferência que comprometem a qualidade da água, como o lançamento de efluentes *in natura*, o descarte inadequado de resíduos sólidos, resíduos de construção civil e eletrônicos tanto nas margens quanto no próprio leito do rio, além da extração de areia.

Portanto, a adoção de medidas corretivas e compensatórias são necessárias para a sustentabilidade dos recursos hídricos locais, assim como a implementação de um monitoramento contínuo, que assegure a melhoria da qualidade da água e a proteção da biodiversidade. Como ação alternativa, sugere-se ao poder público o desenvolvimento de campanhas de educação ambiental, visando à conscientização das comunidades do entorno sobre a preservação do rio.

Nesse sentido, verifica-se que este estudo colabora como uma base para pesquisas futuras e para a criação de estratégias mais eficazes de gestão dos recursos hídricos na região. Dessa forma, sugere-se que investigações posteriores considerem a análise da qualidade da água em diferentes estações do ano, especialmente durante o período de chuvas, a fim de identificar variações sazonais. Além disso, como o presente trabalho se concentrou nas margens dos pontos de coleta, recomenda-se a realização de coletas em diferentes

profundidades e a ampliação das amostragens para incluir um maior número de pontos ao longo do trecho do rio, o que permitirá uma caracterização mais completa dos parâmetros físico-químicos da área estudada.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Catálogo de Metadados ANA**. 2022. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/home>. Acesso em: 12 out. 2024.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2023: informe anual**. Brasília: ANA, 2024. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjunturainforme2023.pdf>. Acesso em: 09 jul. 2024.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Enquadramento dos corpos d'água em classes**. Brasília: ANA, 2020. Disponível em: https://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/encarte_enquadramento_conjuntura2019.pdf. Acesso em: 09 jul. 2024.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil**. Brasília: ANA, 2005. Disponível em: https://portalpnqa.ana.gov.br/Publicacao/PANORAMA_DA_QUALIDADE_DAS_AGUAS.pdf. Acesso em: 12 out. 2024.
- ARAÚJO, C. S. P.; BEZERRA, J. M. Qualidade das águas subterrâneas da cidade de Pau dos Ferros-RN. **Revista Geotemas**, Pau dos Ferros, v. 8, n. 2, p. 116–131, 2018. Disponível em: <https://periodicos.apps.uern.br/index.php/GEOTemas/article/view/895>. Acesso em: 10 jul. 2024.
- BAYER, N. M.; URANGA, P. R. R. U.; 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: 15 jul. 2024.
- BEZERRA, J. M.; SILVA, P. C. M.; BATISTA, R. O.; PINTO, C. H. C.; FEITOSA, A. P. Análise dos indicadores de qualidade da água no trecho urbano do Rio Apodi-Mossoró em Mossoró-RN, Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6, p. 3443-3454, 6 dez. 2013. Disponível em: https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/12774/pdf_80. Acesso em: 10 out. 2024.
- BONFIM, I. S.; SOUZA, K. M. N. DESPEJO DE ESGOTO NO AFLUENTE DO RIO SÃO FRANCISCO: estudo de caso. **Revista de Extensão Trilhas**, Salvador, v. 3, n. 1, p. 24-32, ago. 2023. Disponível em: <file:///C:/Users/55849/Downloads/2+-+DESPEJO+DE+ESGOTO+NO+AFLUENTE+DO+RIO+S%C3%83O.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2024.
- BORTOLUZZI, L.N.; TOMMASELLI, J.T. G. A expansão urbana de Foz do Iguaçu entre 1965 e 2020: ocupação de diferentes compartimentos do relevo e confinamento dos cursos d'água. **Geosp**, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 1-28, jan./abr. 2024. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/geosp/article/view/204659>. Acesso em: 12 jul. 2024.
- BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília: Diário

Oficial da União, 1988.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual Prático de Análise de Água**. 4. ed. Brasília: Funasa, 2013. 150 p.

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/111445.htm. Acesso em: 11 jul. 2024.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, DF: Presidência da República, 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm. Acesso em: 10 jul. 2024.

CABRAL, L. N.; CÂNDIDO, G. A. Urbanização, vulnerabilidade, resiliência: relações conceituais e compreensões de causa e efeito. **Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, Curitiba, v. 11, p. 1-13, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/urbe/a/b6W57J68KwHWXbbHRGvG8gG/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 12 jul. 2024.

CAMPOS, R. J.; BRANCO, P. OCUPAÇÃO DESORDENADA DOS ESPAÇOS URBANOS E SUAS CONSEQUÊNCIAS SOCIOAMBIENTAIS. **Revista Thêma Et Scientia**, Santa Cruz Cascavel, v. 11, n. 2, p. 216-227, 2021. Disponível em: <file:///C:/Users/55849/Downloads/1391-Texto%20do%20Artigo-4127-1-10-20220920.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2024.

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 jul. 2024.

CARVALHO, R. G. **Rio Apodi-Mossoró: meio ambiente e planejamento**. Mossoró, EDUERN, 2021. 330 p. Disponível em: <https://portal.uern.br/eduern/wp-content/uploads/sites/14/2023/07/E-book-Rio-Apodi-Mossoro-meio-ambiente-e-planejamento.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2024.

CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DO RIO GRANDE DO NORTE (CONERH). **Resolução nº 17, de 24 de março de 2015**. Aprova o macro enquadramento do 174 Rio Apodi-Mossoró, no trecho a jusante da barragem Passagem de Pedra. Natal: Diário Oficial do Estado, 2015.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais

para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília: CONAMA, 2005.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Brasília: CONAMA, 2011.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS (CNRH). **Resolução nº 91, de 5 de novembro de 2008**. Dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos. Brasília: CNRH, 2008.

COSTA, A. M. M.; SILVA, O. G. Considerações teóricas sobre bacias hidrográficas urbanizadas e o processo de inundação. **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, Sobral, v. 22, n. 2, p. 219-238, 5 set. 2020. Disponível em: [file:///C:/Users/55849/Downloads/marcelo,+CONSIDERA%C3%87%C3%95ES+TE%C3%93RICAS+SOBRE+BACIAS+HIDROGR%C3%81FICAS+URBANIZADAS%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/55849/Downloads/marcelo,+CONSIDERA%C3%87%C3%95ES+TE%C3%93RICAS+SOBRE+BACIAS+HIDROGR%C3%81FICAS+URBANIZADAS%20(1).pdf). Acesso em: 14 ago. 2024.

DURAND FILHO, C. R. **Caracterização da qualidade da água de Pau dos Ferros quanto a parâmetros físicos-químicos**. 2019. 50 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Pau dos Ferros, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/server/api/core/bitstreams/be21b40b-e904-4670-9d8f-08e2bb353fe3/content>. Acesso em: 10 jul. 2024.

FACCO, J.; JUNIOR, S. F. O.; CARASEK, F. L.; CANCELIER, J. W.; CONCEIÇÃO, LISANE 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, p. 1-24, 23 jul. 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/revistageografia/article/view/243215/38800>. Acesso em: 25 set. 2024.

FERREIRA, A. B. R.; ZACHARIAS, A. A.; CARDOZO, F. S.; FONSECA, B. M. As Modificações Antrópicas na Paisagem Fluvial da Cidade São João Del-Rei – Minas Gerais, Brasil. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 35, n. 1, p. 1-21, 26 jan. 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sn/a/bKBdR3WMwF9gvBqrBGkdKny/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 12 jul. 2024.

FONTANA, A. C. D.; PEREIRA, I. A.; PESSOA NETO, A. R.; OLIVEIRA, D. F.; NASCIMENTO, M. M.; SANTOS, A. G. Investigação de indicativos de qualidade da água em trechos dos rios urbanos Lucaia e Jaguaribe em Salvador, Bahia, Brasil. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 1-13, jul. 2019. Disponível em: <file:///C:/Users/55849/Downloads/fabiovero,+rega.v16e8.pdf>. Acesso em: 12 out. 2024.

FREITAS, A. S.; SILVA, A. C. R.; SANTOS, T. M.; BARRETO FILHO, B. F. Perfil socioeconômico dos moradores dos entornos dos Açudes Bonito e Carneiro e da Barragem Pau dos Ferros. **Revista Estudo & Debate**, Lajeado, v. 28, n. 2, p. 42-66, 2021. Disponível em: <https://www.univates.br/revistas/index.php/estudoedebate/article/view/2678>. Acesso em: 12 out. 2024.

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.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades e Estados**. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rn/pau-dos-ferros.html>. Acesso em: 11 jul. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Malhas Territoriais**. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais.html>. Acesso em: 12 out. 2024.

INSTITUTO TRATA BRASIL. 2022. **Benefícios Econômicos e Sociais da Expansão do Saneamento no Brasil**. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/beneficios-economicos-e-sociais-da-expansao-do-saneamento-no-brasil/>. Acesso em: 07 jul. 2024.

LAUREANO, J. J.; MENDONÇA, A. G.; LOPES, D. S.; LINDOLAINE, M. S.; LIMA, T. O.; ROSA, A. L. D.; BASTOS, W. R.; NASCIMENTO, E. L. Análise da qualidade da água subterrânea: estudo de caso na microbacia do Igarapé Nazaré (Rondônia, Amazônia ocidental). **Águas Subterrâneas**, São Paulo, v. 35, n. 1, p. 1-15, 21 dez. 2020. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/29972>. Acesso em: 11 jul. 2024.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 3. ed. Campinas: Átomo, 2010. 494 p.

LIMA, D. F. **Robustez da governança da água e efetividade das negociações e acordos em distintas escalas**. 2022. 186 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2022. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/handle/riufcg/27467>. Acesso em: 08 jul. 2024.

MACHADO, E. S.; KNAPIK, H. G.; BITENCOURT, C. C. A. Considerações sobre o processo de enquadramento de corpos de água. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, Curitiba, v. 24, n. 2, p. 261-269, abr. 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/jTQf3g6bdXr99vH3svTxQWv/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 12 jul. 2024.

MASSA, K. H. C.; CHIAVEGATTO FILHO, A. D. P. Saneamento básico e saúde autoavaliada nas capitais brasileiras: uma análise multinível. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, São Paulo, v. 23, p. 1- 13, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbepid/a/kHqLbYTVZrsXFFmSPNmhV3r/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 02 jun. 2024.

MEDEIROS, K. T. B.; LUCENA, M. M. A. Gestão dos recursos hídricos: uma revisão sob a perspectiva dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. **Rev. Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Palhoça, v. 12, p. 1-14, 2023. Disponível em: [file:///C:/Users/55849/Downloads/Artigo16_ID+12549%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/55849/Downloads/Artigo16_ID+12549%20(1).pdf). Acesso em: 11 jul. 2024.

OLIVEIRA, R. D. D. **Qualidade da água do Rio Apodi-Mossoró em trechos natural e tricotomizado na zona urbana do município de Mossoró**. 2022. 38 f. TCC (Graduação) -

Curso de Agronomia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2022.
Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/server/api/core/bitstreams/a643fa2e-0499-49c2-a8a4-ad67bff6707c/content>. Acesso em: 01 out. 2024.

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. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, São Paulo, v. 26, n. 3, p. 577-590, jun. 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/CHMtZtbxjrPmLhrDGpxjtnh/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 10 jul. 2024.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PAU DOS FERROS (PMPF). **Base Cartográfica do Plano Diretor de Pau dos Ferros**. Pau dos Ferros, 2021.

RENOVATO, D. C. C.; SILVA, M. M. F. Análise de parâmetros físico-químicos das águas da barragem pública da cidade de Pau dos Ferros (RN) – pH, cor, turbidez, acidez, alcalinidade, condutividade, cloreto e salinidade. In: Congresso de Iniciação Científica do IFRN, 9, 2013, Currais Novos. **Anais eletrônicos [...]**. Currais Novos: PROPI - Pró-Reitoria de Pesquisa e Inovação. Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ocs/index.php/congic/ix/paper/viewFile/1119/61>. Acesso em: 10 jul. 2024.

ROCHA, M. C.; PINHEIRO, K. S. F.; SOUSA, C. J. S.; BEZERRA, J. F. R. SANEAMENTO E QUALIDADE DAS ÁGUAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PACIÊNCIA, ILHA DO MARANHÃO, BRASIL. **GEOTemas**, Pau dos Ferros, v. 11, p. 1-25, 2021. Disponível em: <https://periodicos.apps.uern.br/index.php/GEOTemas/article/view/3082/2642>. Acesso em: 12 jul. 2024.

RODRIGUES, M. V. C.; FERNANDES, F. Bacias hidrográficas e urbanização: A importância dos levantamentos *in loco* para avaliações. In: Congresso Nacional de Meio Ambiente, 18, 2021, Poços de Caldas. **Anais eletrônicos [...]**. Poços de Caldas: GSC Eventos Especiais. Disponível em: https://www.meioambientepocos.com.br/ANAI%202021/82_bacias-hidrograficas-e-urbanizacao-a-importancia-dos-levantamentos-in-loco-para-avaliacoes.pdf. Acesso em: 24 set. 2024.

RODRIGUES, T. D. F. F.; OLIVEIRA, G. S.; SANTOS, J. A. AS PESQUISAS QUALITATIVAS E QUANTITATIVAS NA EDUCAÇÃO. **Prisma**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, p. 154-174, 2021. Disponível em: <https://revistaprisma.emnuvens.com.br/prisma/article/view/49>. Acesso em: 17 jul. 2024.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS HÍDRICOS DO RIO GRANDE DO NORTE (SEMARH). **Malhas das Bacias Hidrográficas do Rio Grande do Norte**. Natal: SEMARH: 2016.

SILVA JUNIOR, I. R.; DUARTE, F. K. D.; FREITAS, L. O. P.; FERNANDES, E. C.; ALVES, L. S. F. O desenvolvimento do saneamento básico no semiárido brasileiro: análise na cidade de Pau dos Ferros/RN. **Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento**,

Curitiba, v. 11, n. 03, p. 692-706, dez. 2022. Disponível em:
<https://revistas.utfpr.edu.br/rbpd/article/viewFile/15230/9078>. Acesso em: 04 jul. 2024.

SILVA JUNIOR, L. C. S.; AZEVEDO, J. P. S. Influência do saneamento na qualidade de água em rios: uma análise através da modelagem de qualidade de água. **Mix Sustentável**, Florianópolis, v. 8, n. 1, p. 41-52, 1 dez. 2021. Disponível em:
<https://ojs.sites.ufsc.br/index.php/mixsustentavel/article/view/4523/3805>. Acesso em: 28 ago. 2024.

SILVA, G. H. G.; CAMARGO, A. F. M. **A Bacia do Rio Apodi-Mossoró**: aspectos ambientais, sociais e econômicos de uma Bacia Hidrográfica no Semiárido do Rio Grande do Norte. Mossoró: Edufersa, 2022. 410 p. Disponível em:
<https://livraria.ufersa.edu.br/wpcontent/uploads/sites/165/2022/12/aBaciadoRioApodiMossoro-2.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2024.

SILVEIRA, J. S.; LOPES, F. A. Inconformidade do enquadramento de corpos d'água em Unidades de Conservação de Proteção Integral: Proposta de revisão para a bacia do Ribeirão da Prata - Parque Nacional Serra do Gandarela - Minas Gerais. **Geografias**, Belo Horizonte, v. 18, n. 1, p. 1-20, 2022. Disponível em:
<https://periodicos.ufmg.br/index.php/geografias/article/view/37570/29945>. Acesso em: 28 set. 2024.

SOUZA, H. O. **Avaliação do enquadramento dos corpos de água na contribuição para a sustentabilidade dos usos múltiplos da água**. 2021. 106 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2021. Disponível em:
https://bdm.unb.br/bitstream/10483/32425/1/2021_HiarqueDeOliveiraSouza_tcc.pdf. Acesso em: 28 set. 2024.

SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE (SUDENE). **Delimitação do Semiárido**. 2021. Disponível em:
<https://experience.arcgis.com/experience/94bc4a94821e4f8e8f75cc0d3fde5ed9/>. Acesso em 12 out. 2024.

TEIXEIRA, H. S.; MILLAN, R. N. Impactos ambientais da urbanização em curso d'água: diagnóstico da qualidade de água do Córrego Vertente Grande, Frutal-MG. **Geográfica Acadêmica**, Roraima, v. 18, n. 1, p. 69-93, 2024. Disponível em:
<https://revista.ufr.br/rga/article/view/8102/4047>. Acesso em: 13 out. 2024.

TOLEDO, L. M.; WALL, F. C. M.; OBRACZKA, M.; SALOMÃO, A. L. S. Panorama do Sistema Lagunar De Maricá – RJ: Indicadores de Saneamento vs. Qualidade de Água. **Revista Internacional de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 1, p. 6-24, 29 abr. 2021. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/ric/article/view/51768/37563>. Acesso em: 12 jul. 2024.