



UNIVERSIDADE FEDERAL DO NORTE DO TOCANTINS

CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ARAGUAÍNA

CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

WESLEY NOVAIS OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DO TEOR MINERAL EM ÁGUAS SUPERFICIAIS E NASCENTE NA
REGIÃO RURAL DO ENTORNO DE ARAGUAÍNA-TO**

ARAGUAÍNA-TO

2025

WESLEY NOVAIS OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DO TEOR MINERAL EM ÁGUAS SUPERFICIAIS E NASCENTE NA
REGIÃO RURAL DO ENTORNO DE ARAGUAÍNA-TO**

Monografia apresentada ao Curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal do Norte do Tocantins como requisito parcial para obtenção do título de licenciado em Química.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Barbosa Alcântara

ARAGUAÍNA-TO

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

N935a Novais Oliveira, Wesley.
AVALIAÇÃO DO TEOR MINERAL EM ÁGUAS SUPERFICIAIS E
NASCENTE NA REGIÃO RURAL DO ENTORNO DE ARAGUAÍNA-TO. /
Wesley Novais Oliveira. – Araguaína, TO, 2025.
77 f.

Monografia Graduação - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus
Universitário de Araguaína - Curso de Química, 2025.

Orientador: Daniel Barbosa Alcântara

1. Recursos hídricos. 2. Análises físico-química. 3. Ações antrópicas. 4.
contaminantes orgânicos. I. Título

CDD 540


TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer
forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte.
A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184
do Código Penal.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da
UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).**

WESLEY NOVAIS OLIVEIRA


**AVALIAÇÃO DO TEOR MINERAL EM ÁGUAS SUPERFICIAIS E NASCENTE NA
REGIÃO RURAL DO ENTORNO DE ARAGUAÍNA-TO**

Aprovado em: 04/12/2025.

Documento assinado digitalmente
 **DANIEL BARBOSA ALCANTARA**
Data: 13/12/2025 09:04:35-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Orientador: Prof. Dr. Daniel Barbosa Alcântara

Universidade Federal do Norte do Tocantins

Documento assinado digitalmente
 **FLAMYS LENA DO NASCIMENTO SILVA**
Data: 13/12/2025 10:33:16-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Flamys Lena do Nascimento Silva

Universidade Federal do Norte do Tocantins

Documento assinado digitalmente
 **RENATA FERREIRA LINS DA SILVA**
Data: 15/12/2025 13:37:52-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Renata Ferreira Lins da Silva

Universidade Federal do Norte do Tocantins

Araguaína – TO, 04 de dezembro de 2025.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por está ao meu lado durante toda a trajetória acadêmica e minha mãe, pelo apoio, incentivo e persistência, pois sem ela não estaria concluindo o curso de Licenciatura em Química na Universidade Federal do Norte do Tocantins, campus Araguaína (UFNT). Ao Prof. Dr. Daniel Barbosa Alcântara, pela orientação, pela atenção constante, pela preocupação com o desenvolvimento deste trabalho e pelo incentivo e valiosos aconselhamentos ao longo de todo o período.

Agradeço aos meus irmãos Herica Alves de Oliveira, Jairane Alves de Oliveira, Cleane Alves de Oliveira, Edesio Alves de Oliveira, Ezio Alves de Oliveira e Cleuma Alves de Oliveira, pois contribuíram significativamente para a minha formação acadêmica e cidadã.

Agradeço também ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica, financiado pela FAPT, o Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência, financiado pela CAPES, ao Programa Alvorecer – Química, financiado pela UFNT dos quais fiz parte.

A profa. Dra. Josilãna Silva Nogueira, prof. Dr. Joseilson Alves de Paiva, profa. Dra. Flamys Lena do Nascimento Silva, profa. Dra. Jane Darley Alves dos Santos, profa. Dra. Verenna Barbosa Gomes, prof. Dr. Eduardo Dias Lima, que contribuíram muito para minha formação acadêmica e cidadã.

Aos professores do colegiado de Química, que são ótimas pessoas e profissionais de excelência, na qual proporcionaram um aprendizado com qualidade: Profa. Dra. Adriana Idalina Torcato de Oliveira, prof. Dr. Daniel Augusto Barra de Oliveira, prof. Dr. Daniel Barbosa de Alcântara, prof. Dr. Edenilson dos Santos Nicolau, profa. Dra. Flamys Lena do Nascimento Silva, prof. Dr. Francisco das Chagas Dantas de Lemos, profa. Dra. Jane Darley Alves dos Santos, prof. Dr. Joseilson Alves de Paiva, profa. Dra. Josilãna Silva Nogueira, profa. Dra. Renata Ferreira Lins da Silva e a profa. Dra. Verenna Barbosa Gomes, obrigado a todos.

Aos técnicos do laboratório de Química, Gilberto Conceição Amorim e Gildeth Pereira de Oliveira, registro minha profunda gratidão. Profissionais exemplares, estiveram ao meu lado durante todo o desenvolvimento deste trabalho, prestando apoio constante, orientação técnica e contribuindo de forma essencial para a minha formação acadêmica.

Agradeço as pessoas que sempre estiveram ao meu lado nesses últimos anos, especialmente aos meus sobrinhos Ronny Herik Oliveira Menezes, Henrik Alves Santos, Bianca Ellen Alves Santos, Maria Elisa Alves da Silva, Eivor Alves da Silva, Aquiles Alves da Silva. E aos meus amigos (a), Cláudio Tafarel Lopes da Silva, Andrey Felipe, Ellem Ribeiro, Ângela Moraes, Gustavo Assunção, Vinicius Reis, Lucas Alves, Nayomar Mendes, Bianca Lopes, Ronivaldo, Alanny Rythielly, Leticia Costa, André Luiz, Kamile Rangel, Brenda Emilly, Mak Suel Leal, Vitória Martins, Géssica Michely, Dillianna Vieira.

Agradeço ao Laboratório de Morfofisiologia Animal Comparada (LAMAC) do Curso de Ciências Biológicas, especialmente o prof. Dr. Marcelo Gustavo Paulino, por fornecer o aparelho sonda multiparâmetro para análise de condutividade elétrica (CE) e oxigênio dissolvido (OD).

RESUMO

A necessidade de avaliar a qualidade dos recursos hídricos em locais com intensa atividade humana tornou-se fundamental para o bem-estar da população e para a preservação da vida aquática e terrestre. Nesse contexto, as análises físico-químicas surgem como parâmetros essenciais na quantificação de substâncias com possíveis riscos ao meio ambiente, principalmente quando suas concentrações ultrapassam os limites estabelecidos com base em estudos epidemiológicos e toxicológicos. Assim, este trabalho descreve as análises físico-químicas, quanto ao teor mineral, em amostras de água coletadas em locais com intensa atividade agropecuária no município de Carmolândia-TO, próximo a cidade de Araguaína-TO. A avaliação de parâmetros como pH, dureza total, cloretos, ferro e alcalinidade contribuem para a compreensão dos processos de degradação ou alteração dos recursos hídricos locais. Além disso, tais parâmetros fornece subsídios para investigar a água para uso humano, e proporciona dados efetivo sobre possível contaminação dos ambientes aquáticos, por meio de origem natural ou antropogênica. Além das análises físico-química, realizou-se a investigação qualitativa, por meio do método QuEChERS, da presença de contaminantes orgânicos nas amostras de água. A aplicação do método nas amostras não revelou resíduos de contaminantes orgânicos, visto que muitas vezes essas substâncias estão presentes nos corpos d'água em baixas concentrações, o que demanda técnicas analíticas cada vez mais sensíveis e seletivas. Observou-se que ação humana tem ocasionado efeitos adversos sobre os recursos naturais, sobretudo, o desmatamento dos leitos das fontes aquáticas, na qual ocasiona-se a redução do volume de água, a perda da biodiversidade local e contribuem para a degradação da qualidade da água. Dessa forma, este estudo obteve dados efetivos, quanto ao teor mineral, que contribuem para investigações futuras sobre o uso humano da água em fontes alternativas e a preservação dos recursos hídricos, especialmente em áreas voltadas a pecuária. As análises físico-químicas demonstraram valores abaixo ou acima dos limites estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, e pela Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357/2005. Observou-se, por exemplo, que o pH do córrego apresentou valores inferiores a 6, assim como o oxigênio dissolvido, que esteve abaixo de 5 mg/L. O ferro foi um dos parâmetros encontrados em concentrações superiores ao limite de 0,3 mg/L permitido pela legislação. Além desses parâmetros, a dureza total e a alcalinidade apresentaram valores moderados, sendo verificado que os níveis mais críticos de todos os parâmetros ocorreram no período seco. Esses resultados indicam que, além da ação antrópica, a sazonalidade exerce influência significativa na qualidade das águas das áreas estudadas.

Palavras-chave: Recursos hídricos; Análises físico-química; Ações antrópicas; contaminantes orgânicos.

ABSTRACT

The need to assess the quality of water resources in areas with intense human activity has become essential for population well-being and for the preservation of aquatic and terrestrial life. In this context, physicochemical analyses emerge as key parameters for quantifying substances that may pose environmental risks, especially when their concentrations exceed limits established through epidemiological and toxicological studies. Thus, this study describes physicochemical analyses focusing on mineral content in water samples collected from areas with intense agricultural and livestock activity in the municipality of Carmolândia, Tocantins, near the city of Araguaína. The evaluation of parameters such as pH, total hardness, chlorides, iron, and alkalinity contributes to understanding the processes of degradation or alteration of local water resources. Additionally, these parameters provide support for assessing water intended for human use and offer reliable data on potential contamination of aquatic environments from natural or anthropogenic sources. Beyond physicochemical analysis, a qualitative investigation was performed using the QuEChERS method to detect the presence of organic contaminants in the water samples. The application of this method did not reveal residues of organic contaminants, as such substances are often found in water bodies at very low concentrations, requiring increasingly sensitive and selective analytical techniques. It was observed that human activity has triggered adverse effects on natural resources, particularly through the deforestation of riparian zones, which leads to reduced water volume, loss of local biodiversity, and contributes to the degradation of water quality. Therefore, this study generated reliable mineral-content data that may support future investigations regarding the human use of water from alternative sources and the preservation of water resources, especially in areas dedicated to livestock production. The physicochemical analyses showed values below or above the limits established by Ordinance GM/MS No. 888, of May 4, 2021, and by Resolution No. 357/2005 of the Brazilian National Environment Council (CONAMA). For example, the stream pH presented values lower than 6, as well as dissolved oxygen concentrations below 5 mg/L. Iron was one of the parameters found at concentrations exceeding the legal limit of 0.3 mg/L. In addition, total hardness and alkalinity showed moderate values, with the most critical levels for all parameters occurring during the dry season. These results indicate that, in addition to anthropogenic activities, seasonality has a significant influence on water quality in the studied areas.

Keywords: Physicochemical analyses; Anthropogenic actions; Organic contaminants.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 – P3 na coleta do dia 27 de outubro. | 27 |
| Figura 2– Unidade móvel da UFNT. | 27 |
| Figura 3 – Caixa organizadora multiuso para transporte. | 28 |
| Figura 4 – Frasco usados na coleta: a) polietileno de 1000 mL (alcalinidade) b) vidro âmbar 1000 mL (demais análises). | 29 |
| Figura 5 – a) Mapa dos Pontos de amostragem da fazenda; b) Mapa do Ponto de amostragem do assentamento c) Nascente (P1); d) Represa (P2); córrego (P3). | 30 |
| Figura 6 – Aferição da temperatura nos pontos de coleta. | 31 |
| Figura 7 – Fluxograma da análise de dureza total nas amostras de água. | 32 |
| Figura 8 – Fluxograma da análise de dureza de cálcio nas amostras de água. | 34 |
| Figura 9 – Análise de alcalinidade nas amostras de água. | 36 |
| Figura 10 – Fluxograma da análise de dureza de cálcio nas amostras de água. | 38 |
| Figura 11 – Amostras preparada para leitura no espectrofotômetro. | 40 |
| Figura 12 – Espectrofotômetro operando no modo absorbância a 510 nm. | 40 |
| Figura 13 – Aferição de CE e OD nas amostras de água. | 42 |
| Figura 14 – Aferição de pH nas amostras de água. | 43 |
| Figura 15 – Ilustração do procedimento de extração da amostra pelo método QuEChERS adaptado. | 44 |
| Figura 16 – a) Agitador vortex; b) Extrato obtido; c) centrifuga. | 45 |
| Figura 17 – CG/EM utilizado para verificação de contaminantes orgânicos. | 46 |
| Figura 18 – Vegetação e volume de água em torno dos pontos analisados: a) nascente, b) represa. | 62 |
| Figura 19 – Vegetação e volume de água em torno do córrego. | 62 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação dos parâmetros físico-químicos..... | 49 |
| Tabela 2 – Concentrações máxima permitido pela legislação brasileira em águas de classe 1, 2 e 5..... | 51 |

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 13 |
| 2. OBJETIVOS | 14 |
| 2.1 Objetivo geral..... | 14 |
| 2.2 Objetivos específicos | 15 |
| 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 15 |
| 3.1 Impacto das ações antrópicas no meio ambiente | 15 |
| 3.2 Recursos hídricos | 17 |
| 3.3 Poluição aquática e contaminantes orgânicos..... | 19 |
| 3.4 Potabilidade da água | 21 |
| 3.5 Parâmetros físico-químicos..... | 22 |
| 3.5.1 Temperatura | 22 |
| 3.5.2 pH..... | 22 |
| 3.5.3 Oxigênio Dissolvido (OD)..... | 23 |
| 3.5.4 Condutividade elétrica | 23 |
| 3.5.5 Dureza Total..... | 24 |
| 3.5.6 Cloretos | 24 |
| 3.5.7 Alcalinidade | 25 |
| 3.5.8 Ferro..... | 25 |
| 4. METODOLOGIA..... | 26 |
| 4.1 Procedimento de coleta, transporte, e preservação das amostras..... | 26 |
| 4.2 Procedimento de análise das amostras | 30 |
| 4.3 Parâmetros físico-químicas quanto ao teor mineral..... | 31 |
| 4.3.1 Temperatura | 31 |
| 4.3.2 Dureza total..... | 31 |
| 4.3.3 Dureza de Cálcio..... | 33 |
| 4.3.4 Alcalinidade | 35 |
| 4.3.5 Cloreto..... | 37 |
| 4.3.6 Ferro..... | 39 |
| 4.4 Parâmetros físico-químicos limnológicos..... | 41 |
| 4.4.1 Condutividade elétrica (CE) e Oxigênio dissolvido (OD)..... | 41 |
| 4.4.2 pH..... | 42 |
| 4.5 Verificação da presença de contaminantes orgânicos..... | 43 |

| | |
|---|----|
| 4.5.1 Procedimento de extração pelo método QuEChERS..... | 43 |
| 4.6 Condições instrumentais | 45 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 46 |
| 5.1 Análises físico-químicas | 47 |
| 5.2 Contaminantes orgânicos | 60 |
| 5.3 Ação do homem sobre os recurso naturais analisados..... | 60 |
| 6. CONCLUSÃO | 63 |
| 7. REFERÊNCIAS..... | 64 |
| ANEXO..... | 73 |

1. INTRODUÇÃO

Desde os primórdios das civilizações humana, o ser humano tem buscado desenvolver e aprimorar suas habilidades, sobretudo, o aperfeiçoamento de técnicas nas atividades agrícolas e a exploração de diferentes regiões do Planeta (Alves, 2018). Nesse contexto, ao longo da história humana, surgiram meios de produção e exploração mais eficazes, na qual se intensificaram na Revolução Industrial (século XVIII), “caracterizada pela implementação de novas tecnologias e produtividade industrial em massa” (Silva et al., 2021. pag. 24).

Assim, tais avanços tecnológicos contribuíram para a exploração exacerbada dos recursos naturais, provocando ao longo dos anos desastre ambientais, que culminaram na degradação dos diferentes ecossistemas em larga escala (Silva et al., 2021). Dentre os recursos naturais afetados, destaca-se os recursos hídricos, que diante dos avanços econômico mundial e o crescimento populacional acelerado, começaram a ser explorados intensificadamente, agravando problemas ambientais, tais como perda da biodiversidade local, extinção de espécies aquáticas, escassez de água e desequilíbrio ecológico, o que exemplifica o retrocesso ambiental desde então (Rosário et al., 2022).

No contexto brasileiro as atividades agrícolas e pecuárias têm ganhado notoriedade mundial, sendo um dos setores responsáveis por impulsionar a economia no país, a fim de atender as demandas do mercado interno e externo. No entanto, os avanços nesses setores têm ocasionado impacto indesejável no meio ambiente, devido a manipulação inadequada dos seus territórios. A pecuária e a agricultura estão entre as atividades humana responsável pela deterioração dos recursos naturais, especialmente os recursos hídricos, sendo um dos maiores consumidores de água no país, utilizando, a nível mundial, 69% das fontes aquáticas (Monteiro et al., 2022).

Dessa forma, nota-se que nos últimos anos, os recursos hídricos vêm sendo deteriorados pela ação do homem, prejudicando a qualidade e a disponibilidade da água. Nessa perspectiva, surge-se a necessidade do monitoramento da qualidade da água, com o objetivo mitigar e proteger as fontes aquáticas de possíveis vias de contaminação, garantido que a atuais e as futuras gerações tenham acesso a água de qualidade e que seus usos múltiplos não sejam comprometidos (Abraão, 2024).

A água de boa qualidade é de suma importância para os seres humanos, sendo seu uso indispensável para atender as necessidades sociais e às atividades econômicas (urbanas, agrícolas e industriais). Assim, sua utilização tem sofrido restrição significativa devido os danos causados aos corpos d'água pelas intervenções humanas, as quais modificam a qualidade e disponibilidade para sua utilização (Leite, 2020).

Nesse contexto, a caracterização físico-química das águas superficiais e nascentes torna-se essencial para compreender a qualidade desses recursos hídricos e suas variações ao longo do tempo. A análise de parâmetros como pH, condutividade elétrica, turbidez, sólidos dissolvidos, concentrações de íons e outros componentes químicos fornece informações fundamentais sobre os processos naturais e antropogênicos que influenciam esses ecossistemas. Esse monitoramento periódico é importante não apenas para avaliar a disponibilidade e potabilidade da água, mas também para fornecer subsídios a gestores ambientais, pesquisadores e à sociedade sobre o estado atual dos recursos hídricos e possíveis impactos sobre a saúde humana e os ecossistemas aquáticos (ANA, 2025).

Diante disso, o foco deste estudo é a caracterização físico-química, quanto ao teor mineral, de águas superficiais e nascente na região de Carmolândia-TO, próximo ao município de Araguaína - TO. A compreensão desses parâmetros fornece uma base essencial para futuras investigações sobre contaminantes emergentes. Dessa forma, acredita-se que a avaliação da qualidade da água permite identificar alterações nos recursos hídricos em diferentes períodos do ano, marcado por estações de estiagem e chuvas intensas que afetam diretamente o volume disponível e a concentração dos minerais dissolvidos.

Nesse contexto, a avaliação da qualidade da água fornece dados efetivos para os órgãos responsáveis pelo monitoramento ambiental, além de contribuir para a gestão adequada dos recursos hídricos e para a preservação da saúde dos ecossistemas aquáticos e terrestres, bem como da população local.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a qualidade de águas superficiais e nascente, em região rural próximo ao município Araguaína-TO, por meio da caracterização físico-química, quanto ao teor mineral.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar a qualidade da água, em uma fazenda e assentamento, localizados no município de Carmolândia-TO, próximo a Araguaína-TO.
- Realizar um monitoramento ao longo do ano por meio de três coletas.
- Realizar análises físico-químicas de dureza total e de cálcio, alcalinidade, ferro, cloreto, temperatura, pH, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica.
- Realizar uma verificação qualitativa sobre a presença de contaminantes orgânicos.
- Contribuir, por meio dos resultados, para a sociedade local, evidenciando a importância da preservação dos recursos hídricos, e comparar os valores obtidos com a legislação brasileira.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Impacto das ações antrópicas no meio ambiente

Desde a pré-história a humanidade tinha uma relação muito próxima com a natureza, em que o homem era apenas coletor e caçador, retirando somente o que era necessário para sua subsistência. Entretanto, a relação do ser humano com o meio natural se transformou quando ele deixou de recolher somente o que precisava para sobreviver, e passou a saciar suas necessidades. Este período é conhecido como a revolução agrícola, que aconteceu aproximadamente há 10 mil anos atrás, durante a era neolítico (Moreira et al., 2022).

Foi com a revolução industrial, na metade do século XVIII, que se intensificaram as buscas por materiais provenientes da natureza, quando as atividades produtivas ganharam grandes proporções, devido os avanços das máquinas e a alta demanda de matéria prima (Anderson, 2024). Em face do cenário atual, a busca frequente do ser humano em evoluir e se desenvolver tem causado danos irreversíveis no planeta Terra, como por exemplo, “diminuição dos mananciais, extinção de espécies, agravamento do efeito estufa e posteriormente o aquecimento global, inundações, erosões, poluição, queimada, desmatamento, destruição da camada de ozônio, chuva ácida e destruição de habitats” (Moreira et al., 2022, pág. 24).

Nesse contexto, dentre as atividades humanas que causam danos ao meio ambiente, destacam-se a agropecuária, a exploração ilegal de madeira, o crescimento populacional, a expansão das cidades, a mineração, o lançamento de efluentes e as hidrelétricas. De acordo

com a Plataforma Intergovernamental Científico-Política sobre Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (IPBES), mais de 75% dos ecossistemas terrestres sofreram impactos expressivos em decorrência da ação humana sobre a natureza (Barros et al., 2021; IPBES, 2019).

A produção agrícola, por exemplo, ao longo dos anos tornou-se um dos grandes responsáveis pelos impactos indesejáveis no meio ambiente, com a exploração de novas terras para a produção de alimentos e pastagens para o gado, além, do uso de defensivos agrícola para manter as lavouras seguras de insetos pragas, doenças e plantas invasoras (Silva, 2025). Assim, as áreas florestais são desmatadas sem estratégias de manejos florestal sustentável, contribuindo para a perda da biodiversidade local, a redução de recursos hídricos, assim como, a propagação de queimadas e desmatamentos que intensificam o efeito estufa (Calgaro e Reato, 2022).

Nesse sentido, torna-se necessário adotar políticas públicas eficazes que promovam a conservação e a proteção dos ecossistemas, com o objetivo de evitar consequências maléficas aos interesses da sociedade, ao meio ambiente e à qualidade de vida do ser humano, possibilitando estabelecer meios de produção sustentável, contribuindo para o desenvolvimento econômico do país e assegurando a sustentabilidade ambiental (Castelo et al., 2021).

O Brasil é um dos países que possuem uma legislação ambiental avançada e mantém, em sua doutrina jurídico-ambiental, um posicionamento consistente em relação à proteção do meio ambiente. Este posicionamento tornou-se evidente desde a implementação da Lei nº 6.938/81 e da Lei nº 7.347/85. Esta primeira dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), e estabelece entre seus objetivos, a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental favorável à vida, buscando assegurar, no país, ambiente propício ao desenvolvimento, à segurança nacional e à proteção da vida humana (Castelo et al., 2021). Enquanto a segunda responsabiliza a Ação Civil Pública (ACP) pelos danos causados ao meio ambiente, tais leis foram essenciais para estabelecer diretrizes voltadas à conservação dos ecossistemas, contribuindo para a criação da Constituição Federal de 1988 (Castelo et al., 2021).

Diante disso, a fiscalização do Estado é essencial para controlar as ações humanas no meio ambiente, porém, essa fiscalização depende de uma combinação de fatores

estruturais, políticos e culturais. Ademais, verifica-se os interesses do governo no meio ambiente, que priorizam o crescimento econômico a curto prazo, associado a setores como a indústria, a agricultura intensiva e a construção civil. Esse desenvolvimento econômico baseia-se na exploração intensiva dos recursos naturais, que enfraquece as políticas de proteção ambiental, mesmo em países com leis ambientais avançadas como o Brasil (Silva, 2025).

Portanto, observa-se que as ações humanas, como a expansão urbana, o agronegócio e a exploração dos recursos naturais, têm causado efeitos adversos sobre os recursos naturais, provocando desequilíbrios ecológicos e ameaçando a sustentabilidade do planeta. Dentre os recursos afetados por essas práticas, destacam-se os recursos hídricos, na qual a disponibilidade e qualidade são essenciais para a manutenção da vida e para o desenvolvimento socioeconômico (Steffens, 2023; Araújo et al., 2025).

3.2 Recursos hídricos

Recursos hídricos são todas as fontes de água localizadas na superfície ou no subsolo da Terra, como por exemplo, rios, lagos, aquíferos, zonas úmidas, águas subterrâneas, geleiras e oceanos. Esses recursos podem ser utilizados tanto para o consumo humano quanto para a manutenção dos ecossistemas, sendo essenciais à vida no planeta e amplamente empregados em diferentes atividades antrópicas, como a indústria, a agricultura e o uso doméstico (EMBRAPA, 2022).

Segundo Maia (2018), embora todos os sistemas hídricos desempenhem um papel fundamental no equilíbrio ambiental, os reservatórios de água doce são os de maior interesse para o ser humano, uma vez que a disponibilidade desse recurso é limitada. A Agência Nacional de Águas (ANA) estima que apenas 2,5% de toda a água presente no planeta seja doce. Desse percentual, a maior parte (69%) está concentrada nas geleiras, 30% encontram-se em aquíferos subterrâneos e apenas 1% corresponde à água superficial disponível em rios (ANA, 2025).

No Brasil, encontra-se a maior reserva hidrológica do planeta, concentrando aproximadamente 12% da água doce mundial e 53% dos recursos hídricos da América do Sul. Segundo a ANA (2024), em 2022, o país consumiu cerca de 2.035,2 m³/s, ou 64,18 trilhões de litros de água, sendo que (84%) desse volume foi utilizado pelos setores agrícola e não agrícola. Entre esses, destacam-se a irrigação (50,5%), o abastecimento urbano (23,9%) e a indústria (9,4%). Os demais usos incluem a criação de animais (8%), as termelétricas (5%), o abastecimento rural (1,6%) e a mineração (1,6%) (ANA, 2024).

Nesse cenário, a gestão eficiente dos recursos hídricos é de suma importância para preservar as fontes de água e garantir o acesso equitativo à água, principalmente em tempos de escassez hídrica em algumas regiões do Brasil. Sendo assim, a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela Lei nº 9.433/97, considera a água um bem de domínio público e um recurso natural limitado, dotado de valor econômico. Seus objetivos principais incluem garantir, às gerações atuais e futuras, a disponibilidade de água em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos, bem como promover a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos, sejam eles de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais (Granziera, 2022).

Em vista disso, o Brasil promove iniciativas de manejos sustentável das águas para o bem-estar das populações e para o desenvolvimento do País. Assim, de acordo com o Ministério das Relações Exteriores (MRE), o controle dos recursos hídricos no Brasil está orientado pela agenda 21 e fundamentado na Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (1992), especificamente o princípio 2, que reconhece o direito dos Estados de explorar seus recursos conforme suas normas, desde que não causem danos ao meio ambiente de outros países ou territórios além dos limites nacionais (Sanches, 2022).

Conforme o MRE, o Brasil tem como objetivo cumprir a Agenda de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especificamente a ODS de número 6, que visa assegurar o acesso universal e equitativo à água potável e segura, além de promover saneamento e higiene adequados para todos. Entre as metas relacionadas, destacam-se o fim da defecação a céu aberto, a melhoria da qualidade da água, o aumento da eficiência no uso desse recurso, a proteção e restauração de ecossistemas aquáticos, bem como o fortalecimento da cooperação internacional na gestão hídrica (MRE, 2025).

Apesar da importância dos recursos hídricos para a manutenção da vida no planeta, bem como para o desenvolvimento econômico e social, observa-se que, ao longo dos anos, a qualidade da água tem sido comprometida pela presença de diversos tipos de poluentes. Tais contaminantes, em grande parte, são decorrentes de atividades antrópicas, como o lançamento de efluentes domésticos, industriais e hospitalares, além daqueles oriundos das atividades agrícolas e da pecuária. Esses compostos representam um potencial risco ao ecossistema, uma vez que provocam alterações na biota aquática, além de poderem causar efeitos tóxicos à saúde humana, especialmente quando há exposição crônica a esses contaminantes de natureza química, física e biológica (Cartaxo et al., 2020).

A sazonalidade em climas tropicais semiúmido, como no estado do Tocantins, é outro fator que contribui para a deterioração da qualidade da água. Em períodos de chuvas intensas, ocorre o aumento do volume de água, resultando na diminuição da concentração de minerais dissolvidos e de outras substâncias químicas. Em contrapartida, durante períodos de estiagem severa, há a redução do volume hídrico, o que ocasiona maior concentração de espécies químicas nos corpos d'água, alterando sua qualidade e afetando a disponibilidade de água (Roldão e Ferreira, 2019; Oliveira et al., 2024).

3.3 Poluição aquática e contaminantes orgânicos

A degradação das fontes aquáticas tornou-se uma preocupação mundial no século XXI, visto que a água é essencial para a manutenção dos ecossistemas e o desenvolvimento social e econômico. Nesta perspectiva, a deterioração da qualidade da água pode apresentar "ameaças à saúde humana, limitar a produção de alimentos, reduzir as funções dos ecossistemas e dificultar o crescimento econômico, portanto se traduz diretamente em impactos ambientais, sociais e econômicos" (Miyabara et al., 2021, pág. 121).

Segundo Rios et al. (2024), a intervenção do homem na natureza, como a urbanização, a expansão agrícola e a construção de barragens têm ocasionado transformações no meio natural, na qual afetam a qualidade e a quantidade dos habitats aquáticos disponíveis. Sendo assim, a modificação dos recursos hídricos afeta todas as formas de vida, levando a uma redução na biodiversidade e a perda das interações entre os seres vivos e o meio ambiente (Lima, 2021).

Acredita-se que, aproximadamente duas décadas atrás, os contaminantes que causavam preocupação em relação à qualidade da água concentravam-se naqueles que possuíam cor, odor, turbidez e microrganismos, como bactérias, cistos de protozoários e ovos de helmintos, considerados maléficos aos ecossistemas aquáticos alterando a qualidade da água. Nos dias atuais, a preocupação é ainda maior, visto que a água pode conter outros contaminantes tão prejudiciais quanto os citados, como, por exemplo, os contaminantes emergentes, que, mesmo em baixas concentrações, podem causar danos aos ambientes aquáticos (Montagner et al., 2017).

Esses contaminantes são oriundos de várias atividades humana, dentre estas destaca-se a agropecuária, que utilizam diversos tipos de agentes químico, físico e biológico, por exemplo, os defensivos agrícolas e os fertilizantes para a manutenção de suas áreas de

pastagens e plantios (Amorim, 2024). Segundo o mesmo autor, estes poluentes (sedimentos, dejetos de animais, defensivo agrícola, fertilizantes, resíduos sólidos, resíduos de combustíveis, produtos químicos, entre outros) alcançam as fontes aquáticas, por meio do escoamento superficial, na qual degradam a qualidade da água superficial e subterrânea alterando a biota aquática e comprometendo o ecossistema e a sobrevivência humana (Amorim, 2024).

Nessa perceptiva, os contaminantes orgânicos são compostos detectados em diferentes compartimentos ambientais (solo, água e ar), sendo eles oriundos de atividades antrópicas (presentes em efluentes domésticos, industriais, hospitalares e aqueles provenientes das atividades agrícola e pecuária), ou encontrados na natureza (presentes em diferentes espécies de plantas, por exemplo) (Cartaxo et al., 2020).

Sabe-se que esses contaminantes podem causar alterações na qualidade da água e do solo, apresentando risco aos ecossistemas e comprometendo a fauna e a flora. Dessa forma, os programas de monitoramento de rotina tornam-se essenciais para detectar e mitigar os efeitos nocivos causados por esses contaminantes no ecossistema. No entanto, muitas vezes, essas substâncias não estão incluídas nesses programas, o que torna sua identificação mais desafiadora e dificulta a minimização dos impactos ambientais (Alves et al., 2017).

Para identificar essas substâncias em matrizes aquáticas utilizam-se métodos de extração de alta sensibilidade e especificidade, com o "objetivo de isolar e concentrar os analitos de interesse a níveis adequados e remover possíveis interferentes provenientes da matriz da amostra" (Alcântara, 2016, pág. 28). Dentre esses métodos, destacam-se a fase líquida ou extração líquido-líquido (ELL), a extração em fase sólida (EFS) e a micro extração em fase sólida (MEFS) (Alcântara, 2016).

Além dessas técnicas um dos métodos que tem sido amplamente explorado é o QuEChERS (sigla para *quick, easy, cheap, effective, rugged, and safe*), devido à sua eficiência em extrair uma vasta gama de defensivos agrícolas, aliada a uma recuperação satisfatória dos analitos, eficiente remoção de interferentes da matriz, boa precisão, baixo custo, rapidez, facilidade e segurança (Silva et al., 2025).

Apesar do método QuEChERS ter sido originalmente proposto para a determinação de defensivos agrícolas em alimentos, surgiram estudos avaliando a aplicação desse método na análise de outras matrizes, como a água, constatando-se uma grande versatilidade. Portanto, destaca-se o estudo de Guimarães et al. (2024), que utilizou o método QuEChERS e CG-EM

para a quantificação de ametryn em amostras de água, assim como a pesquisa de Figueira e Alcântara (2025), que também aplicou o método QuEChERS e CG-EM na análise de cocaína em amostras de água superficiais.

Segundo Cartaxo et al. (2020), é de suma importância conhecer os riscos associados à exposição a novos contaminantes, com o objetivo de antecipar e evitar possíveis danos às gerações futuras. A exposição a esses compostos pode causar diferentes efeitos tóxicos, contudo, a detecção dos mesmos torna-se um desafio, uma vez que eles estão presentes em matrizes aquáticas em concentrações muito baixa, na ordem de nanograma a picograma por litro, o que torna a avaliação de risco mais complexa para a preservação da vida aquática, dessedentação de animais, recreação ou à saúde humana (Cartaxo et al., 2020).

3.4 Potabilidade da água

A Água Potável é toda água própria para o consumo humano, isto é, livre de substâncias, materiais tóxicos e micro-organismos prejudiciais a saúde. Apresenta características incolor, inodoro e insípida, além de conter quantidades específicas de sais minerais, essenciais a manutenção do organismo e a sobrevivência humana (Soares e Souza, 2019).

Portanto, a água potável é essencial para a saúde pública, pois desempenha um papel crucial na preservação de doenças de origem hídrica, promovendo qualidade de vida e o bem-estar da população. De igual modo, o saneamento básico é primordial para as comunidades urbanas, uma vez que se configura como um conjunto de medidas que garantem o tratamento e abastecimento de água de boa qualidade para o consumo humano (Damke e Pasini, 2020; Lima et al., 2024).

As normas que determinam o padrão de potabilidade da água são definidas por órgãos nacionais e internacionais e necessitam ser cumprido rigorosamente a fim de garantir a todos o acesso a água potável. Contudo, sabe-se que em casos específicos, como em áreas rurais e regiões periféricas, as pessoas recorrem a diversas fontes de água, muitas vezes vulneráveis à presença de contaminantes. Nessa perspectiva, tanto a origem da água quanto os métodos de armazenamento representam potenciais fatores de risco à saúde (Brasil, 2024).

Nesse contexto, conforme o Ministério da Saúde (MS), a análise físico-química é de extrema importância para a quantificação de componentes químicos presentes na água,

especialmente quando suas concentrações ultrapassam os limites estabelecidos com base em estudos epidemiológicos e toxicológicos. As técnicas de amostragem e avaliação laboratorial da qualidade da água asseguram a ausência de microrganismos ou substâncias químicas, cada qual com origens e efeitos distintos sobre a saúde humana. Entre essas substâncias, destacam-se as inorgânicas, como os metais pesados, e as orgânicas, como os solventes (Brasil, 2021).

Assim, os padrões de controle da qualidade da água no Brasil são regidos pela Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde (MS), que estabelece as normas de qualidade para o consumo humano em sistemas de abastecimento público e soluções alternativas (Brasil, 2021). Dessa forma, a água é considerada adequada para o consumo quando está em conformidade com os parâmetros microbiológicos e físico-químicos, atendendo aos padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação, não representando riscos à saúde humana (Nogueira, 2021).

3.5 Parâmetros físico-químicos

Nas fontes aquáticas podem ser encontrados diversos compostos, por exemplo, sais dissolvidos e partículas em suspensão que, dependendo da sua concentração, podem causar alterações na qualidade da água, na saúde humana e na biota aquática. Sendo assim, é de suma importância realizar a quantificação desses compostos, por meio da análise físico-química, visto que esse parâmetro é essencial na manutenção dos recursos hídricos (Henrique et al., 2024). A seguir são apresentados alguns parâmetros físico-químicos, quanto ao teor mineral e limnológicos, realizados em águas superficiais e nascente.

3.5.1 Temperatura

A temperatura da água exerce influência direta sobre os processos de coagulação, sedimentação e desinfecção, além de afetar a taxa de sobrevivência dos microrganismos. Valores mais elevados de temperatura favorecem o crescimento microbiano e aceleram as reações químicas, o que pode comprometer significativamente a qualidade da água (Rolim, 2025).

3.5.2 pH

O potencial hidrogeniônico (pH) é uma escala que mede a acidez, alcalinidade ou neutralidade de uma substância, no qual é determinado pela concentração de íons $[H^+]$ em uma

solução. A escala de pH varia de 1 a 14, e expressa os meios ácidos, pH abaixo de 7, alcalinos acima de 7 e neutro igual a 7. Dessa forma, quanto maior a concentração de íons $[H^+]$ em uma solução, menor será o pH e, conseqüentemente, menor será a concentração de íons $[OH^-]$. Por outro lado, quanto maior a concentração de íons $[OH^-]$, maior será o pH e menor será a concentração de íons $[H^+]$ (Almeida e Yamaguchi, 2024).

Segundo a Portaria nº 888/2021, em águas destinadas ao consumo humano, sejam elas provenientes de recursos naturais ou de soluções alternativas, o pH deve estar na faixa de 6,0 a 9,0. As águas naturais, por sua vez, geralmente apresentam pH próximos a 7, valor considerado adequado para a manutenção do equilíbrio da vida aquática e terrestre (Brasil, 2021; Cardoso, 2019).

3.5.3 Oxigênio Dissolvido (OD)

O oxigênio dissolvido (OD) é a quantidade de oxigênio presente na água em sua forma dissolvida, sendo extremamente importante para diversos organismos que habitam o meio aquático. A medição de OD é essencial para avaliar a qualidade da água, uma vez que corpos hídricos com baixos níveis de oxigênio podem apresentar condições de hipoxia, nas quais os organismos aquáticos enfrentam dificuldades respiratórias, comprometendo sua saúde e sobrevivência. “A hipoxia pode levar à morte de peixes, invertebrados aquáticos e outros organismos sensíveis” (Silva, 2023, pag. 36).

3.5.4 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica (CE) mede a capacidade da água de conduzir corrente elétrica e está ligada a concentração de sais dissolvidos. Essa propriedade está diretamente relacionada à presença de partículas eletricamente carregadas, ou seja, quanto maior a quantidade de sais ou compostos iônicos presentes na água, cuja dissociação gera ânions e cátions, maior será a concentração de íons e, conseqüentemente, mais eficiente será a condução elétrica. Em águas subterrâneas, por exemplo, os principais cátions (+) são: sódio, cálcio, potássio e magnésio; enquanto os principais ânions (-) são: cloreto, sulfato, carbonato e bicarbonato. (Cardoso, 2019; Klafke, 2023).

3.5.5 Dureza Total

A dureza da água refere-se à concentração de metais alcalino-terrosos dissolvidos, principalmente, originados da dissolução de rochas e minerais. Existem diferentes classificações para a dureza, sendo a dureza total aquela que considera a soma das concentrações de sais de cálcio e magnésio presentes na água. A dureza carbonatada, também chamada de temporária, está relacionada à presença de bicarbonatos e carbonatos de cálcio e magnésio, esta reduz a ação dos sabões e provoca incrustações. Já a dureza não carbonatada, ou permanente, é atribuída aos sais de cálcio e magnésio combinados com ânions como cloreto, sulfato e nitrato, os quais também reduzem a ação dos sabões, porém não formam incrustações por serem solúveis em água. (Soares, 2018).

Com base nos teores de cálcio e magnésio presentes, a água pode ser classificada, quanto ao seu grau de dureza, conforme descrito a seguir: é considerada macia quando apresenta valores inferiores a 60 mg/L; ligeiramente dura entre 60 e 120 mg/L; moderadamente dura entre 120 e 180 mg/L; e dura quando os valores ultrapassam 180 mg/L (Solís-Castro et al., 2018).

A dureza da água pode ser expressa como de miligramas de Carbonato de cálcio (CaCO_3) por litro (mg L^{-1}). Nesse sentido, a Portaria nº 888/2021 estabelece que a concentração máxima permitida de cálcio e magnésio em águas destinadas ao consumo humano é de 500 mg/L de CaCO_3 . A ingestão excessiva desses minerais pode acarretar diversos efeitos adversos à saúde. No caso do cálcio, destacam-se o aumento do risco de cálculos renais, câncer colorretal e infarto, devido à calcificação das artérias. Já o excesso de magnésio pode levar à insuficiência renal e a alterações no funcionamento normal do intestino (Soares, 2018; Brasil, 2021).

3.5.6 Cloretos

O cloro, na forma de íon cloreto (Cl^-), é um dos principais ânions inorgânicos presentes em águas naturais e residuais. A determinação da concentração de cloretos é fundamental para a avaliação da qualidade da água, pois fornece informações sobre o seu grau de mineralização e pode indicar possíveis fontes de poluição. De acordo com os parâmetros estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021, a concentração máxima permitida de cloreto em água potável é de 250 mg/L (Cruz, 2022).

3.5.7 Alcalinidade

A alcalinidade é a capacidade de uma solução, como a água, de neutralizar ácidos. Trata-se de um parâmetro essencial, pois expressa a capacidade de tamponamento da água, ou seja, sua capacidade de resistir a variações no pH. As principais substâncias dissolvidas que contribuem para a alcalinidade são os bicarbonatos (HCO_3^-), os carbonatos (CO_3^{2-}) e os hidróxidos (OH^-), os quais podem ter origem natural, a partir da dissolução de rochas, ou ser formados pela reação do dióxido de carbono (CO_2) com a água (Nolasco et al., 2020).

A alcalinidade é expressa em mg/L dados em termos de Carbonato de cálcio (CaCO_3), assim, as substâncias que contribuem para alcalinidade dependem do pH da água, portanto, águas com o pH entre 8,3 e 9,4 a alcalinidade é devido aos íons carbonatos e bicarbonatos, acima de 9,4 os íons responsáveis são os hidróxidos e carbonatos e abaixo de 8,3 apenas os bicarbonatos (Nolasco et al., 2020).

3.5.8 Ferro

O ferro (Fe) é um dos metais que se encontra com maior frequência em água subterrânea, proveniente de elementos minerais contidos no solo, os quais são dissolvidos na forma Fe^{2+} ou, na forma oxidada, como o íon férrico (Fe^{3+}). O ferro pode determinar a cor da água quando está na sua forma trivalente, pois, na presença de agentes oxidantes, o ferro trivalente precipita como hidróxido de ferro (III), composto de baixa solubilidade que pode causar coloração amarelada ou avermelhada, além de um gosto metálico ou de ferrugem (Bach, 2024).

O ferro presente nas águas de nascente encontra-se predominantemente na forma ferrosa (Fe^{2+}), a qual, por não estar em contato com agentes oxidantes e apresentar boa solubilidade, não provoca alterações na coloração da água. Em contrapartida, em águas superficiais, a exposição ao oxigênio atmosférico favorece a oxidação do ferro, resultando na formação de composto químico insolúvel, como o hidróxido férrico ($\text{Fe}(\text{OH})_3$), e de compostos solúveis, como o bicarbonato ferroso ($\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$) e o sulfato ferroso (FeSO_4), os quais podem provocar alterações nas características físicas da água. De acordo com a Portaria nº 888/2021, o limite máximo de ferro permitido em águas destinadas ao consumo humano é de 0,3 mg/L (Bach, 2024; Klafke, 2023; Brasil, 2021).

4. METODOLOGIA

O estudo foi desenvolvido por meio de uma pesquisa experimental com amostras de água, coletadas diretamente na nascente e represa de uma fazenda, e no córrego no Assentamento P.A. Barra Bonita, próximo a cidade de Carmolândia-TO, durante os meses de abril, junho e outubro de 2025. A parte experimental deste trabalho foi realizada nas instalações da Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT), no Laboratório de Química Geral (F03) e no Laboratório de Cromatografia (LabCrom), ambos vinculados ao curso de Licenciatura em Química.

4.1 Procedimento de coleta, transporte, e preservação das amostras

As análises físico-químicas e a presença de contaminantes orgânicos foram realizadas em três amostras coletadas na fazenda e no assentamento, com coordenadas geográficas – 7.0909148, -48.3786644 e -7.0722183, -48.3940385, respectivamente, abrangendo a nascente (P1), a represa (P2) e o córrego (P3), no dia 29 de abril, às 15h05, 15h30 e 15h47, respectivamente, e no dia 18 de junho, às 14h59, 15h23 e 15h38, respectivamente e no dia 27 de outubro, às 15h24 e 15h35, respectivamente. No dia 27 de outubro, não foi possível realizar a coleta no P3, pois o córrego encontrou-se totalmente seco, como demonstrado na Figura 1.

Os pontos de coleta foram escolhidos a fim de verificar as variações dos parâmetros físico-químico, quanto ao teor mineral, em diferentes períodos do ano (chuvoso e seco) ao decorrer do fluxo da água. O tempo entre a coleta e a refrigeração das amostras foi de aproximadamente 1h30 a 2h. A coleta das amostras ocorreu nas margens da represa e do córrego, com profundidade entre 0,5 e 1 m, enquanto, na nascente, a coleta foi realizada o mais próximo possível do ponto onde a água emerge do solo.

No deslocamento entre a UFNT, os pontos de coleta e no transporte do material, utilizou-se a unidade móvel da UFNT (Figura 2).

Figura 1 – P3 na coleta do dia 27 de outubro.



Fonte: Autor, 2025.

Figura 2– Unidade móvel da UFNT.



Fonte: Autor, 2025.

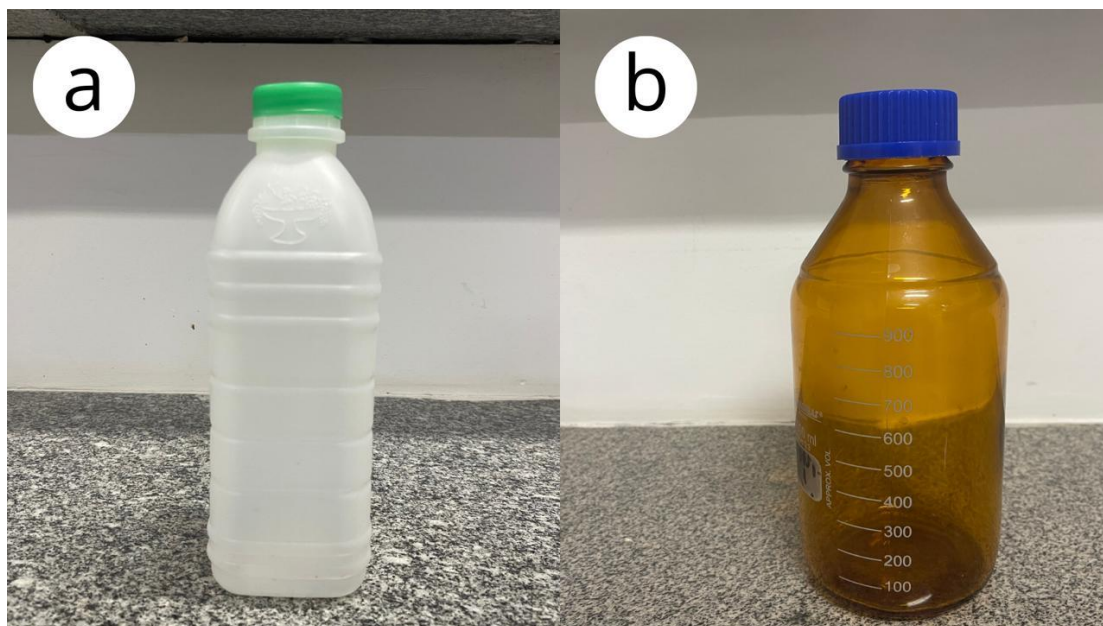
Para a determinação de alcalinidade e pH as amostras foram coletadas em frascos de polietileno de 1000 mL, preenchidos completamente, para evitar troca gasosa com o meio durante o transporte. Nas demais análises usou-se frascos de vidro âmbar com capacidade para armazenar até 1,00 litro (L) (Figura 4). Todos os frascos utilizados durante o processo de coleta foram previamente higienizados com detergente e água destilada. Após a coleta as amostras foram acondicionadas em caixa organizadora multiuso para transporte (Figura 3), e refrigeradas adequadamente. A metodologia de coleta, preservação e armazenamento seguiram diretrizes da FUNASA, 2013.

Figura 3 – Caixa organizadora multiuso para transporte.



Fonte: Autor, 2025.

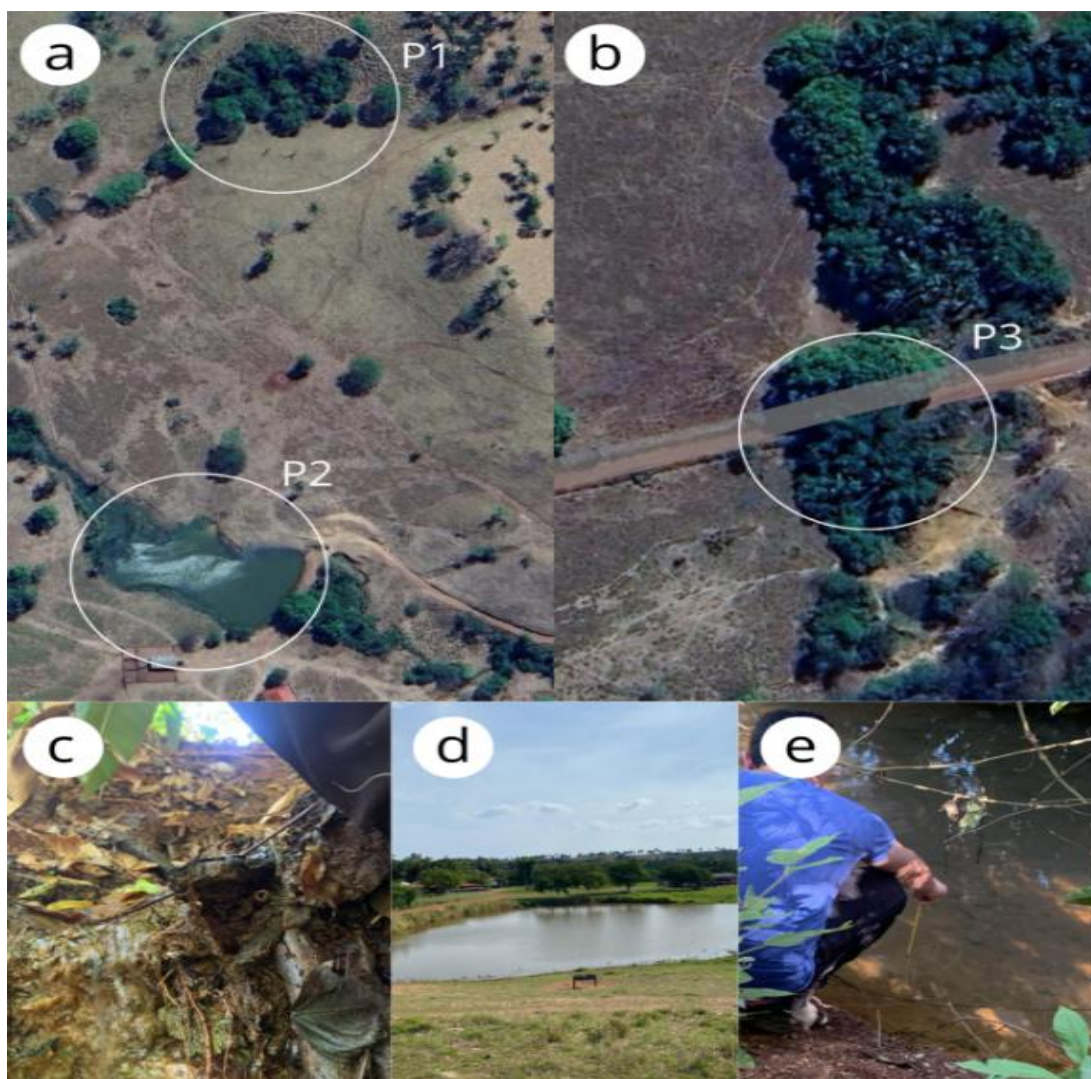
Figura 4 – Frasco usados na coleta: a) polietileno de 1000 mL (alcalinidade) b) vidro âmbar 1000 mL (demais análises).



Fonte: Autor, 2025.

Observa-se, por meio da Figura 5, que a represa está montante (direção oposta do fluxo da água) a nascente e jusante (direção do fluxo de água) ao córrego, quanto a nascente esta jusante da represa e do córrego e o córrego está montante da represa e nascente (Figura 5). A distância entre a nascente e a represa é de aproximadamente 400 m, enquanto a distância entre a nascente e o córrego é de aproximadamente 2.762 km.

Figura 5 – a) Mapa dos Pontos de amostragem da fazenda; b) Mapa do Ponto de amostragem do assentamento c) Nascente (P1); d) Represa (P2); córrego (P3).



Fonte: Google Maps, modificado pelo autor (2025).

4.2 Procedimento de análise das amostras

Os parâmetros analisados foram definidos de maneira a se obter uma melhor representação da caracterização, quanto ao teor mineral, das águas da fazenda e do assentamento. Sendo assim, realizou-se análise dos seguintes parâmetros físico-químicos: temperatura, dureza total, dureza de cálcio, alcalinidade, cloreto, ferro, condutividade elétrica (CE), oxigênio dissolvido (OD) e pH, seguindo as diretrizes da FUNASA, 2013. Foi realizada análise para verificação qualitativa da presença de compostos orgânicos utilizando o método QuEChERS adaptado para análise em águas e CG-EM.

As amostras foram analisadas em triplicata para garantir maior confiabilidade dos resultados, além da realização da prova em branco em todas as análises para corrigir possíveis interferências. O procedimento de preparo e padronização dos reagentes estão descritos no anexo. A análise das amostras, estão descritos nos tópicos a seguir.

4.3 Parâmetros físico-químicas quanto ao teor mineral

4.3.1 Temperatura

A temperatura foi aferida no momento da coleta, utilizando o termômetro de mercúrio modelo L-002/06 da marca INCOTERM. O termômetro foi colocado diretamente no corpo d'água a ser analisado, aguardou-se a estabilização do aparelho e registraram-se os valores em °C, demonstrado na Figura 6.

Figura 6 – Aferição da temperatura nos pontos de coleta.



Fonte: Autor, 2025.

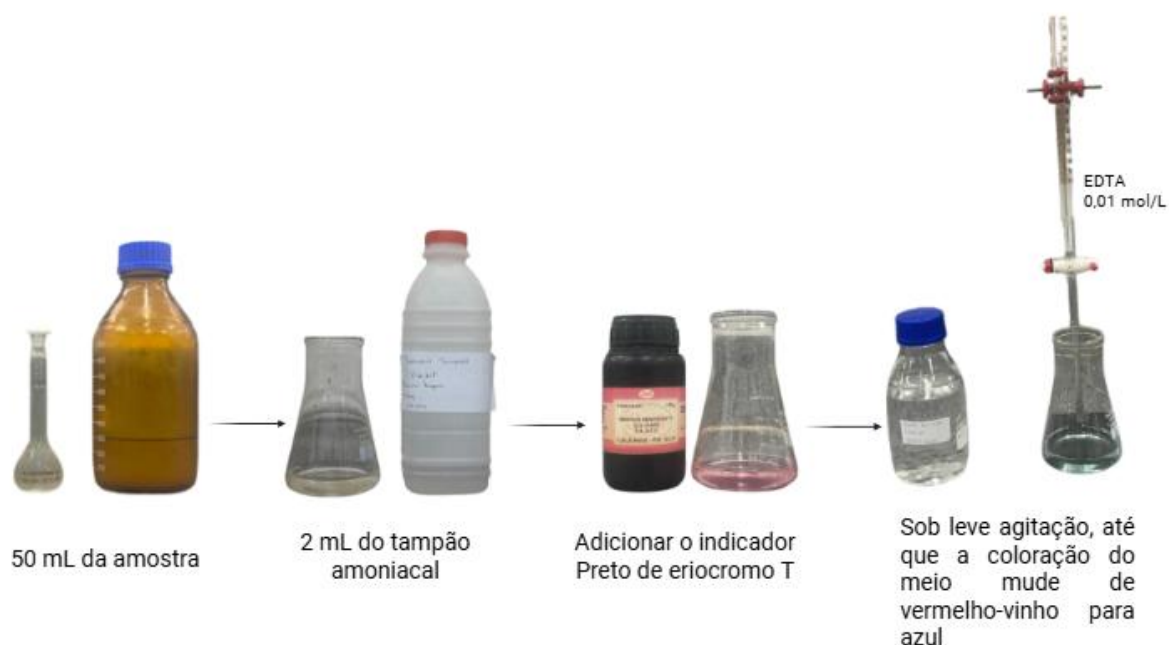
4.3.2 Dureza total

A determinação da dureza total foi realizada por titulação complexométrica com EDTA (ácido etilenodiaminotetracético), que possui a capacidade de formar complexos solúveis com íons metálicos, principalmente cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}), os quais são os principais íons responsáveis pela dureza da água.

Para a determinação da dureza total da água, transferiu-se 50 mL da amostra, com o auxílio de um balão volumétrico (50 mL), para um Erlenmeyer de 250 mL. Em seguida, adicionou-se 2 mL da solução tampão de amônia, sob capela, garantindo que o pH da solução atinja o valor de 10. Após o ajuste do pH, adicionou-se uma pequena quantidade do indicador Preto de Eriocromo T, o qual confere à solução uma coloração vermelho vinho característica.

A titulação foi realizada com o auxílio de uma bureta contendo a solução de EDTA 0,01 mol/L (fator de correção 0,911), adicionado lentamente sob agitação constante, até a mudança da coloração da solução de vermelho-vinho para azul, demonstrado na Figura 7.

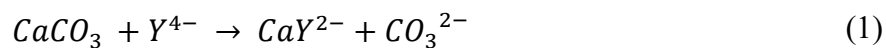
Figura 7 – Fluxograma da análise de dureza total nas amostras de água.



Created in BioRender.com

Fonte: Autor, 2024. Criado utilizando o programa online BioRender.

A concentração de dureza total foi realizada com base na equação 1 apresentada a seguir. Na reação 1 é possível observar a reação dos íons cálcio e magnésio com EDTA.



$$\text{Dureza total (mg}_{\text{CaCO}_3}\text{/L)} = \frac{V_{\text{EDTA}} \times fc \times m_{\text{EDTA}} \times MM_{\text{CaCO}_3}}{V_{\text{amostra}}} \times 1000 \quad (1)$$

Onde:

V_{EDTA} = Volume de EDTA gasto na titulação;

fc = Fator de correção (0,911);

m_{EDTA} = Molaridade do EDTA (0,01 mol/L);

V_{amostra} = Volume da amostra (0,05 L);

MM_{CaCO_3} = Massa molar do CaCO_3 (100, 087 g/mol).

4.3.3 Dureza de Cálcio

Para determinar a dureza de cálcio na água, aferiu-se 50 mL da amostra utilizando um balão volumétrico (50 mL) e transferiu-se para um Erlenmeyer de 250 mL. Em seguida, os recipientes contendo as amostras foram levados a capela, onde adicionou-se 2 mL da solução de NaOH 1 mol/L, seguido de homogeneização. Posteriormente, pesou-se entre 0,1 e 0,2 g do indicador murexida em vidro relógio, utilizando balança analítica, e adicionou-se nas amostras.

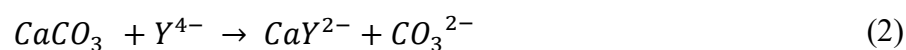
A titulação foi realizada com o auxílio de uma bureta contendo a solução de EDTA 0,01 mol/L, adicionada gradualmente sob agitação constante, até a observação da mudança de coloração de rosa para roxo. Para confirmar o ponto de viragem, acrescentou-se 1 a 2 gotas em excesso da solução titulante, sendo considerado como volume final da titulação o primeiro volume titulado, demonstrado na Figura 8.

Figura 8 – Fluxograma da análise de dureza de cálcio nas amostras de água.



Fonte: Autor, 2024. Criado utilizando o programa online BioRender.

O cálculo correspondente a dureza de Ca^{2+} foram realizados com base na equação 2. A reação do íon cálcio (Ca^{2+}) com o EDTA é demonstrado na reação 2.



$$\text{Dureza } \text{Ca}^{2+} \left(\text{mg}_{\text{CaCO}_3} / \text{L} \right) = \frac{V_{\text{EDTA}} \times f_c \times m_{\text{EDTA}} \times MM_{\text{CaCO}_3}}{V_{\text{amostra}}} \times 1000 \quad (2)$$

Onde:

V_{EDTA} = Volume de EDTA gasto na titulação;

f_c = Fator de correção (0,911);

m_{EDTA} = Molaridade do EDTA (0,01 mol/L);

$V_{amostra}$ = Volume da amostra (0,05 L);

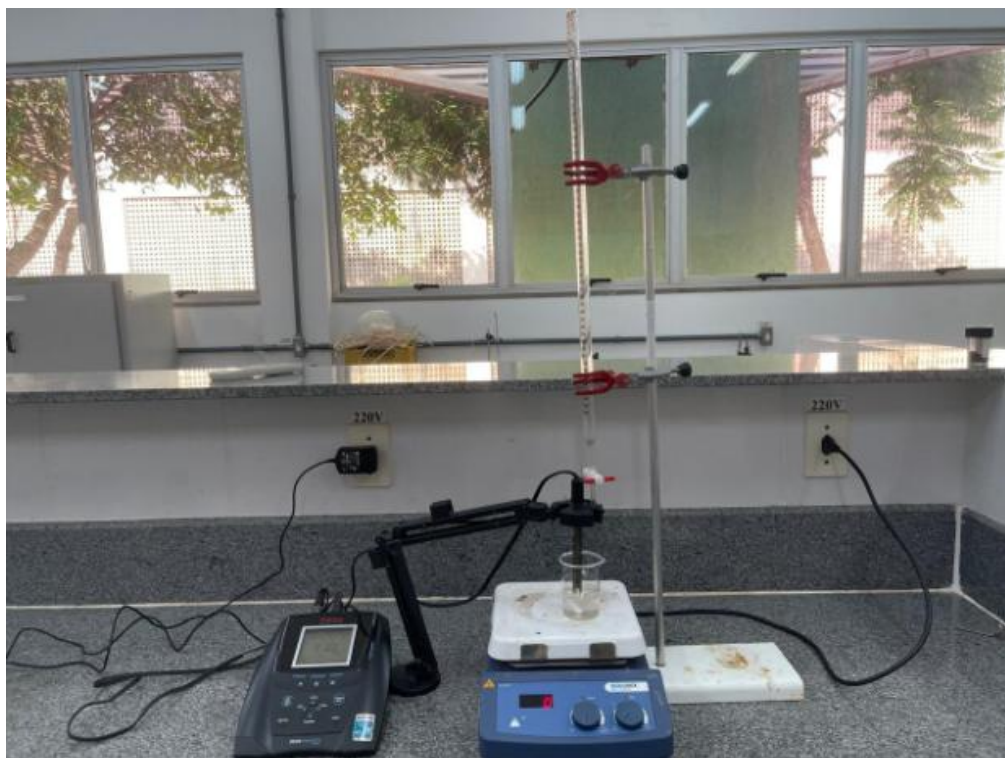
MM_{CaCO_3} = Massa molar do $CaCO_3$ (100, 087 g/mol).

4.3.4 Alcalinidade

A análise de alcalinidade foi realizada no período de 24h, conduzida por titulação ácido-base, na qual utilizou-se a solução de ácido sulfúrico (H_2SO_4) a 0,01 mol/L como titulante. Assim, verificou-se a capacidade da água em neutralizar o ácido adicionado, atuando como um tampão, ou seja, os íons (H^+) que se dissociam em solução aquosa quando adicionados na amostra que contém os íons bicarbonatos, responsável pela alcalinidade, são neutralizados.

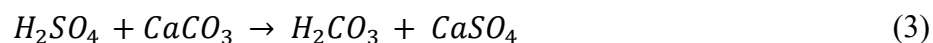
Para a análise de alcalinidade, aferiu-se 50 mL da amostra em um balão volumétrico (50 mL), e transferiu-se para béqueres de 150 mL. Os recipientes foram posicionados sobre agitador magnético, com agitação constante, e a célula do pHgâmetro foi imersa para aferição do pH (equipamento previamente calibrado). Como o pH inicial das amostras mantiveram-se inferior a 8,3, procedeu-se à titulação com a solução de H_2SO_4 a 0,01 mol/L (fator de correção 0,9907), adicionando gota a gota, até o pH atingir 4,5, demonstrado na Figura 9.

Figura 9 – Análise de alcalinidade nas amostras de água.



Fonte: Autor, 2025.

Os cálculos para determinar a concentração de alcalinidade foi baseado na equação 3. Os principais íons responsáveis pela alcalinidade são os carbonatos (CO_3^{2-}) e os bicarbonatos (HCO_3^-). Como as amostras manteve o pH abaixo de 8,3, a alcalinidade da mesma foi atribuída somente aos íons HCO_3^- , demonstrado na reação 3.



$$\text{Alcalinidade (mg}_{\text{CaCO}_3}\text{/L)} = \frac{V_{\text{H}_2\text{SO}_4} \times fc \times m_{\text{H}_2\text{SO}_4} \times MM_{\text{CaCO}_3}}{V_{\text{amostra}}} \times 1000 \quad (3)$$

Onde:

$V_{\text{H}_2\text{SO}_4}$ = Volume de H_2SO_4 gasto na titulação;

f_c = Fator de correção (0,9907);

$m_{H_2SO_4}$ = Molaridade do H_2SO_4 (0,01 mol/L);

$V_{amostra}$ = Volume da amostra (0,05 L);

MM_{CaCO_3} = Massa molar do $CaCO_3$ (100, 087 g/mol).

4.3.5 Cloreto

A análise de íons cloreto (Cl^-) foi realizada por titulação de precipitação, utilizando o método de Mohr, que consiste na titulação com uma solução padrão de nitrato de prata ($AgNO_3$), usando como indicador o cromato de potássio (K_2CrO_4). O nitrato de prata reage com os íons Cl^- presentes na amostra, formando um precipitado branco de cloreto de prata ($AgCl$). Quando todos os íons Cl^- são consumidos, o excesso de íons prata (Ag^+) começa a reagir com o indicador cromato (CrO_4^{2-}), formando um precipitado vermelho tijolo de cromato de prata (Ag_2CrO_4), que indica o ponto final da titulação.

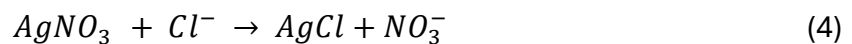
Para a análise de cloretos, aferiu-se 50 mL da amostra utilizando um balão volumétrico (50 mL) e transferiu-se para um Erlenmeyer de 250 mL. A titulação foi realizada em pH entre 7 e 10; caso necessário, ajusta-se o pH da amostra com solução de ácido sulfúrico (H_2SO_4) ou hidróxido de sódio ($NaOH$). Em seguida, adicionou-se 1 mL da solução indicadora de cromato de potássio (K_2CrO_4). A amostra foi titulada com solução de nitrato de prata ($AgNO_3$) 0,0141 mol/L (fator de correção 0,998), até o aparecimento de coloração vermelho-telha, que indica o ponto final da titulação, demonstrado na Figura 10.

Figura 10 – Fluxograma da análise de íon cloreto nas amostras de água.



Fonte: Autor, 2024. Criado utilizando o programa online BioRender.

Portanto, determinou-se a concentração de íons cloretos conforme a equação 4. Na reação 4, demonstra-se a reação do nitrato de prata com os íons Cl^- na solução.



$$Cloretos (mg/L) = \frac{V_{AgNO_3} \times fc \times MM_{Cl} \times m_{AgNO_3}}{V_{amostra}} \times 1000 \quad (4)$$

Onde:

V_{AgNO_3} = Volume de $AgNO_3$ gasto na titulação;

fc = Fator de correção (0,998);

m_{AgNO_3} = Molaridade do $AgNO_3$ (0,0141 mol/L);

$V_{amostra}$ = Volume da amostra (0,05 L).

MM_{Cl} = Massa molar do cloro (35,45 g/mol)

4.3.6 Ferro

Para a análise de ferro, aferiu-se 50 mL da amostra, com auxílio de um balão volumétrico (50 mL), e transferiu-se para um Erlenmeyer de 125 mL. Posteriormente, os frascos foram levados à capela, onde adicionou-se 2 mL de HCl, 1 mL de hidroxilamina e algumas pérolas de vidro. Em seguida, os recipientes contendo a amostra foram aquecidos em chapa aquecedora até reduzir o volume da solução para cerca de 15 a 20 mL.

Após a redução, o conteúdo foi transferido para balões volumétricos de 100 mL. Adicionou-se 10 mL do tampão de acetato de amônio e 4 mL da solução de fenantrolina. A mistura foi homogeneizada e o volume completado para 100 mL. Após 15 minutos de repouso para o desenvolvimento da cor, a absorbância foi medida a 510 nm em espectrofotômetro, demonstrado na Figura 11 e 12. O preparo das soluções empregadas na curva de calibração e na análise de ferro, bem como o gráfico da curva de calibração estão no anexo.

Figura 11 – Amostras e soluções padrão preparadas para leitura no espectrofotômetro.



Fonte: Autor, 2025.

Figura 12 – Espectrofotômetro operando no modo absorvância a 510 nm.



Fonte: Autor, 2025.

O cálculo relacionado a concentração de ferro nas amostras foi realizado com base na equação 5.

$$\text{Ferro (mg/L)} = \frac{Cm_{(mg/L)} \times V_I(L)}{V_{II}(L)} \quad (5)$$

Onde:

Cm = Concentração da curva;

V_I = Volume da solução diluída (100 mL);

V_{II} = Volume da amostra (50 mL).

4.4 Parâmetros físico-químicos limnológicos

4.4.1 Condutividade elétrica (CE) e Oxigênio dissolvido (OD)

A análise de CE e OD foi realizada no período de 24h, utilizando a sonda multiparâmetro modelo AK88, da marca Mylabor, previamente calibrado. Para a medição de CE e OD, aferiu-se em um béquer de 100 mL volume suficiente da amostra para imergir a sonda do equipamento. Após a estabilização da leitura, o valor da condutividade (em $\mu\text{S/cm}$) e OD (em mg/L) foram registrados, demonstrado na Figura 13.

Figura 13 – Aferição de CE e OD nas amostras de água.



Fonte: Autor, 2024.

4.4.2 pH

A análise de pH foi realizada no período de 24h, utilizando um medidor de pH, modelo A211, da marca Orion Star. Inicialmente, o equipamento foi calibrado com soluções tampão de pH 4, 7 e 10. Em seguida, com a amostra previamente homogeneizada e mantida em temperatura ambiente, transferiu-se uma alíquota para um béquer de 100 mL, em volume suficiente para imergir o eletrodo. Após a estabilização da leitura, o valor do pH foi registrado, conforme a Figura 14.

Figura 14 – Aferição de pH nas amostras de água.



Fonte: Autor, 2025.

4.5 Verificação da presença de contaminantes orgânicos

4.5.1 Procedimento de extração pelo método QuEChERS

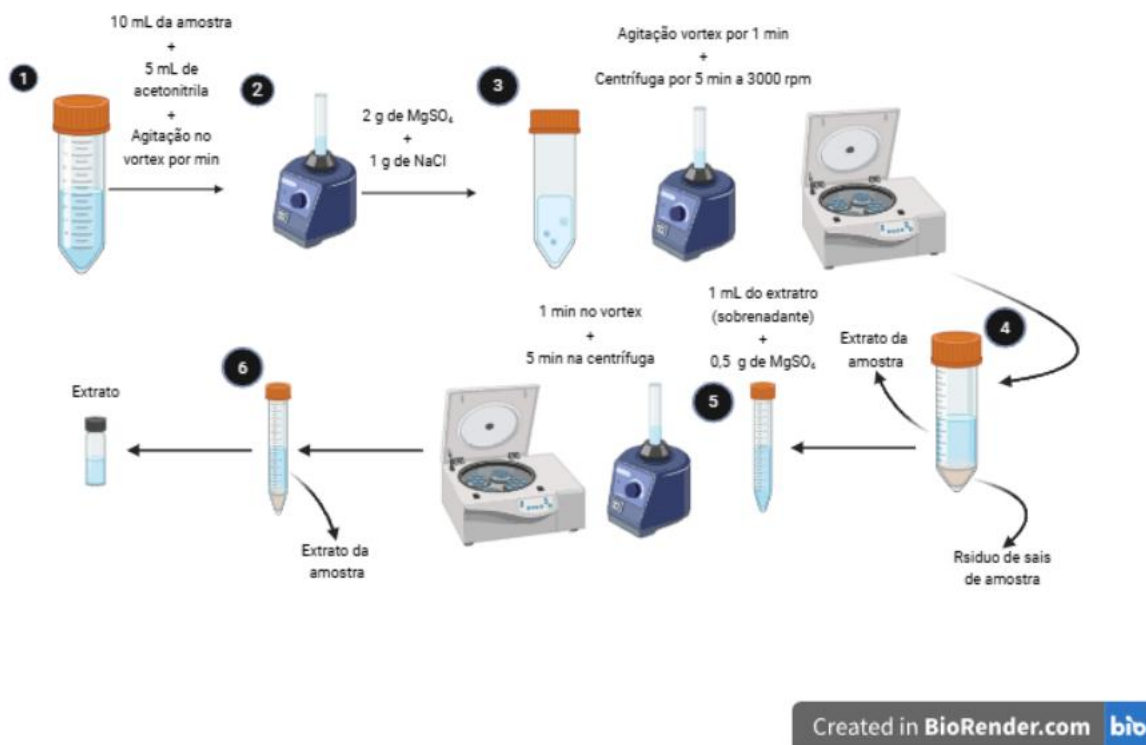
O método QuEChERS foi adaptado para a análise de água. Para isso, transferiu-se 10 mL das amostras para um tubo de Teflon de 50 mL, ao qual foram adicionados 5 mL de acetonitrila (ACN, 99,9%) com o auxílio de uma pipeta volumétrica. Em seguida, a solução foi homogeneizada em um agitador Vortex Mixer VM-370 por 1 minuto.

Posteriormente, adicionou-se 4 g de sulfato de magnésio ($MgSO_4$) e 1 g de cloreto de sódio (NaCl), com nova agitação no vortex durante 1 minuto. Após essa etapa, os tubos contendo a solução foram levados à centrífuga MTD Plus por 5 minutos, a 3000 rpm.

Logo após, 1 mL do sobrenadante foi transferido para um tubo de Teflon de 15 mL, onde adicionou-se 0,5 g de $MgSO_4$. A mistura foi novamente agitada no vortex por 1 minuto e, em seguida, centrifugada por mais 5 minutos. O sobrenadante final obtido foi então

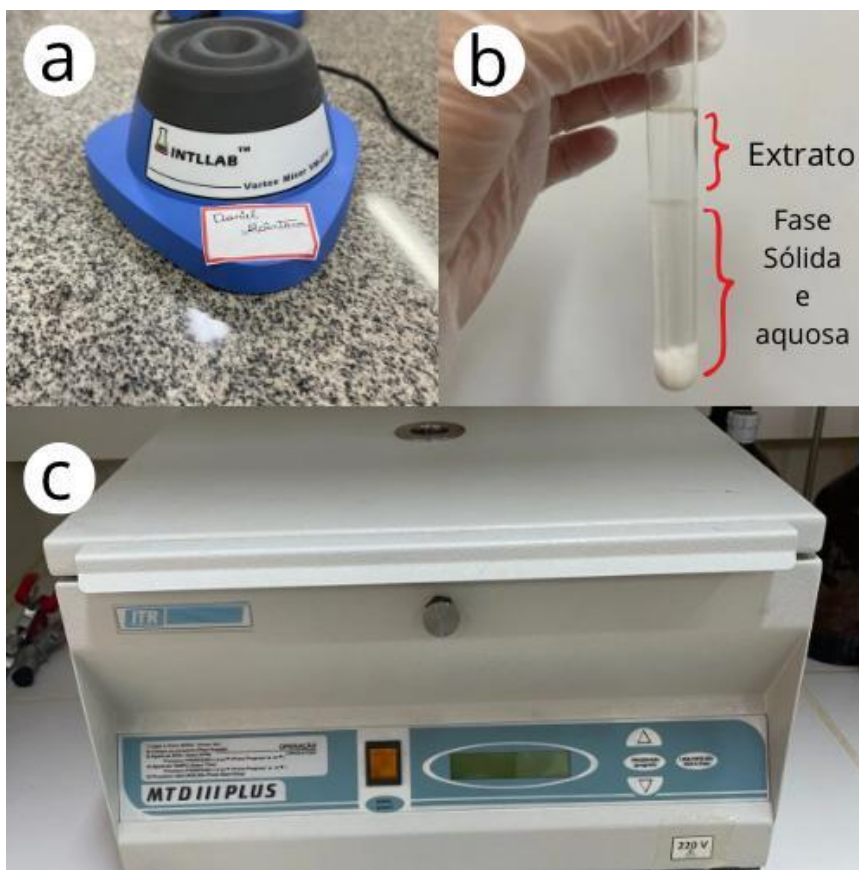
transferido para os vials, sendo este o extrato final utilizado na análise cromatográfica, como demonstrado na figura 15 e 16.

Figura 15 – Ilustração do procedimento de extração da amostra pelo método QuEChERS adaptado.



Fonte: Autor, 2024. Criado utilizando o programa online BioRender.

Figura 16 – a) Agitador vortex; b) Extrato obtido; c) Centrifuga.



Fonte: Autor, 2025.

4.6 Condições instrumentais

Realizou-se análise cromatográfica por meio do equipamento CG-EM/Agilent Technologies (modelo 7890B do CG e 5977B do EM). Na qual, utilizou-se o gás de arraste hélio (99,99%) na vazão de 1,2 mL min⁻¹, coluna capilar HP5-MS da Agilent com dimensões de 30 m x 0,25 mm d.i (diâmetro interno) e 0,25 µm de espessura de filme da fase estacionária com composição (5% fenilmetilsiloxano). O injetor operou-se no modo splitless (sem divisão de fluxo). O espectrômetro de massas operou no modo de ionização por impacto de elétrons a 70 eV, com fonte de íons a 230 °C e a temperatura da linha de transferência de 250 °C, assim, injetou-se 1,0 µL do padrão com a temperatura do injetor estável a 260 °C. Temperatura do quadrupolo foi 150°C. Realizou-se análises no modo Scan (SCAN).

Portanto, a programação de temperatura para a injeção da amostra foi a seguinte: temperatura inicial de 60 °C, seguida de aquecimento a uma taxa de 15 °C/min até 180 °C, mantendo-se por 5 minutos; em seguida, a temperatura foi elevada a 35 °C/min até 200 °C, permanecendo por 1 minuto; por fim, aumentou-se a temperatura a 35 °C/min até 280 °C, mantendo-se por 1 minuto, totalizando um tempo de corrida de 25 minutos. Essas condições foram obtidas a partir do estudo de Figueira e Alcântara (2025). A Figura 17 demonstra o aparelho utilizado.

Figura 17 – CG/EM utilizado para verificação de contaminantes orgânicos.



Fonte: Autor, 2025.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A cidade de Araguaína no Tocantins e os municípios em seu entorno, destaca-se pela forte presença da pecuária, fazendo com que a região tenha reconhecimento nacional e com o passar dos anos tem ganhado cada vez mais força, sendo uma das principais atividade responsável por alavancar a economia local. Dessa forma, destaca-se que a força da pecuária

bovina em Araguaína deve-se, sobretudo, a instituições sindicais, na qual impulsionam a criação de gado na região e promovem discursos da importância do agronegócio no estado (Marinho e Sieben, 2024).

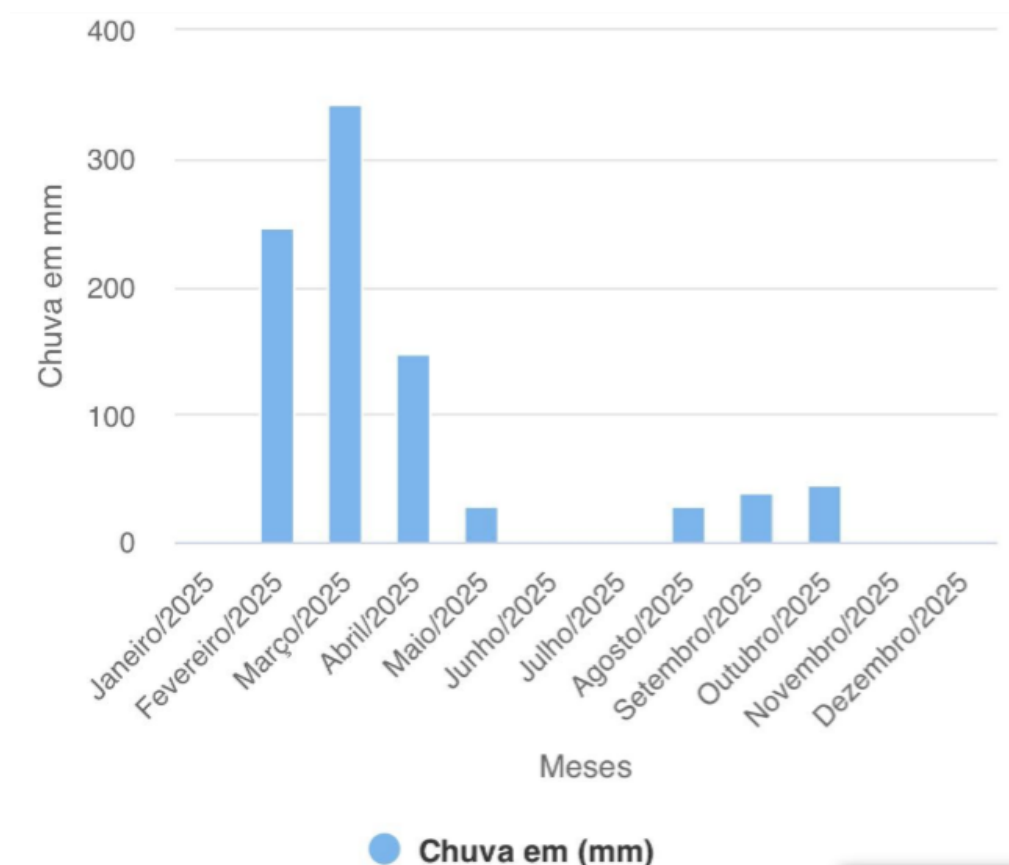
Nesse contexto, sabe-se que em locais com intensa atividade humana especialmente voltadas a pecuária, tem ocasionado diversos impactos negativos sobre os recursos naturais, em especial os recursos hídricos, nos quais são afetados pelo desmatamento, para ampliar as áreas de pastagens, e o uso de contaminantes emergentes, por exemplo, os defensivos agrícolas e os fertilizantes a base de sais para recuperação de pastagens (Almeida, 2020; Caitano e Homma, 2025).

Sendo assim, é de suma importância realizar o monitoramento dos recursos hídricos por meio de análise química quanto ao teor mineral e a presença de contaminantes emergentes, em lugares com intensa atividade humana, fornecendo subsídios para mitigar possíveis contaminação nesses ambientes aquáticos, e contribuindo para a manutenção dos ecossistemas (Werneck, 2023). Assim, os resultados a seguir discute-se a qualidade da água, em áreas de criação bovina, em dois períodos sazonais (chuvoso e seco), com o objetivo de compreender a intervenção humana nos recursos naturais.

5.1 Análises físico-químicas

O clima predominante no Tocantins é o tropical semiúmido, caracterizado pela estação seca e chuvosa. A estação seca ocorre entre os meses de maio e outubro, e a estação chuvosa entre novembro e abril. Dessa forma, a realização do monitoramento de análises físico-químicas ao longo de ambos os períodos climáticos é de suma importância, pois permite identificar a influência da sazonalidade nos parâmetros avaliados durante períodos de maior e menor precipitação. Com base nos dados apresentados no gráfico 1, foi possível realizar três coletas: a primeira em abril (período chuvoso), a segunda em junho (período seco) e a terceira em outubro (período seco).

Gráfico 1 – Variação pluviométrica da estação jan/nov 2025.



Fonte: mapas.inmet.gov.br

Conhecer e monitorar a qualidade da água para consumo humano e a preservação das fontes aquáticas é de suma importância para garantir que as atuais e as futuras gerações tenham acesso a esse recurso natural. Dessa forma, realizou-se análises físico-químicas em três amostras de água, coletadas na nascente (ponto 1), na represa (ponto 2) e no córrego (ponto 3). Na Tabela 1, apresentam-se os resultados médios, os respectivos desvios-padrão e o coeficiente de variação das análises físico-químicas.

Tabela 1 – Valores médios (n = 3), desvio padrão e coeficiente de variação dos parâmetros físico-químicos.

| Coletas | Pontos | Funções Estatísticas | pH | Temp. (°C) | OD (mg/L) | CE (Us/cm) | Dur.T (mg/L) | Dur.C (mg/L) | Cl ⁻ (mg/L) | Alc. (mg/L) | Ferro (mg/L) |
|----------|---------|-------------------------|-----|------------|-----------|------------|--------------|--------------|------------------------|-------------|--------------|
| Coleta 1 | Ponto 1 | Média | 6,9 | 28 | 5,4 | 171,4 | 33,7 | 16,5 | 2,99 | 165,7 | 0,39 |
| | | Desvio Padrão | — | — | — | — | 1,98 | 1,14 | 0,0 | 1,14 | 0,09 |
| | | Coeficiente de Variação | — | — | — | — | 5,88 | 6,92 | 0,0 | 0,69 | 22,7 |
| | Ponto 2 | Média | 6,8 | 35 | 5,0 | 198,1 | 16,5 | 7,9 | 3,99 | 68 | 2,39 |
| | | Desvio Padrão | — | — | — | — | 1,14 | 0,0 | 0,0 | 1,14 | 0,082 |
| | | Coeficiente de Variação | — | — | — | — | 6,92 | 0,0 | 0,0 | 1,68 | 3,4 |
| | Ponto 3 | Média | 5,5 | 27 | 5,1 | 34,0 | 3,96 | 3,96 | 3,99 | 7,9 | 0,43 |
| | | Desvio Padrão | — | — | — | — | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,048 |
| | | Coeficiente de Variação | — | — | — | — | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 11,0 |
| Coleta 2 | Ponto 1 | Média | 7,0 | 27 | 4,4 | 257,0 | 80,0 | 42,3 | 4,98 | 92,46 | 1,36 |
| | | Desvio Padrão | — | — | — | — | 1,14 | 1,14 | 0,0 | 1,14 | 0,02 |
| | | Coeficiente de Variação | — | — | — | — | 1,43 | 2,79 | 0,0 | 1,23 | 1,53 |
| | Ponto 2 | Média | 6,7 | 31,5 | 3,8 | 287,0 | 85,3 | 42,32 | 3,99 | 96,42 | 0,69 |
| | | Desvio Padrão | — | — | — | — | 1,98 | 1,14 | 0,0 | 2,28 | 0,013 |
| | | Coeficiente de Variação | — | — | — | — | 2,32 | 2,79 | 0,0 | 2,37 | 2,0 |
| | Ponto 3 | Média | 5,0 | 27,9 | 3,3 | 41,2 | 7,9 | 3,3 | 4,98 | 3,96 | 1,5 |

| | | | | | | | | | | | |
|----------|---------|--------------------------|------|------|-----|-------|---------------------|-------|------|------|-------|
| | | Desvio Padrão | — | — | — | — | 1x10 ⁻¹⁵ | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,089 |
| | | Coefficiente de Variação | — | — | — | — | 1x10 ⁻¹⁴ | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 5,80 |
| | Ponto 1 | Média | 6,95 | 27,5 | 4,2 | 271,0 | 82,6 | 42,98 | 6,98 | 86,5 | 6,5 |
| | | Desvio Padrão | — | — | — | — | 1,14 | 3,0 | 0,0 | 3,0 | 0,35 |
| Coleta 3 | | Coefficiente de Variação | — | — | — | — | 1,38 | 7,0 | 0,0 | 3,5 | 5,3 |
| | Ponto 2 | Média | 7,3 | 33,7 | 4,0 | 283,0 | 72,7 | 33,0 | 8,4 | 91,8 | 1,89 |
| | | Desvio Padrão | — | — | — | — | 1,14 | 1,14 | 0,7 | 1,14 | 0,13 |
| | | Coefficiente de Variação | — | — | — | — | 1,57 | 3,4 | 8,3 | 1,2 | 7,2 |

Fonte: Autor, 2025.

Os resultados discutidos a seguir são baseados nos critérios estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, a qual determina os valores máximos permitidos de agentes químicos em águas destinadas ao consumo humano, sejam elas provenientes de sistemas de abastecimento público ou de fontes alternativas (Brasil, 2021). Além disso, considera-se também a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357/2005, que estabelece diretrizes e critérios para o monitoramento da qualidade da água (Brasil, 2005). Essas resoluções são de suma importância para garantir a preservação e a gestão adequada dos recursos hídricos, demonstrado na Tabela 2.

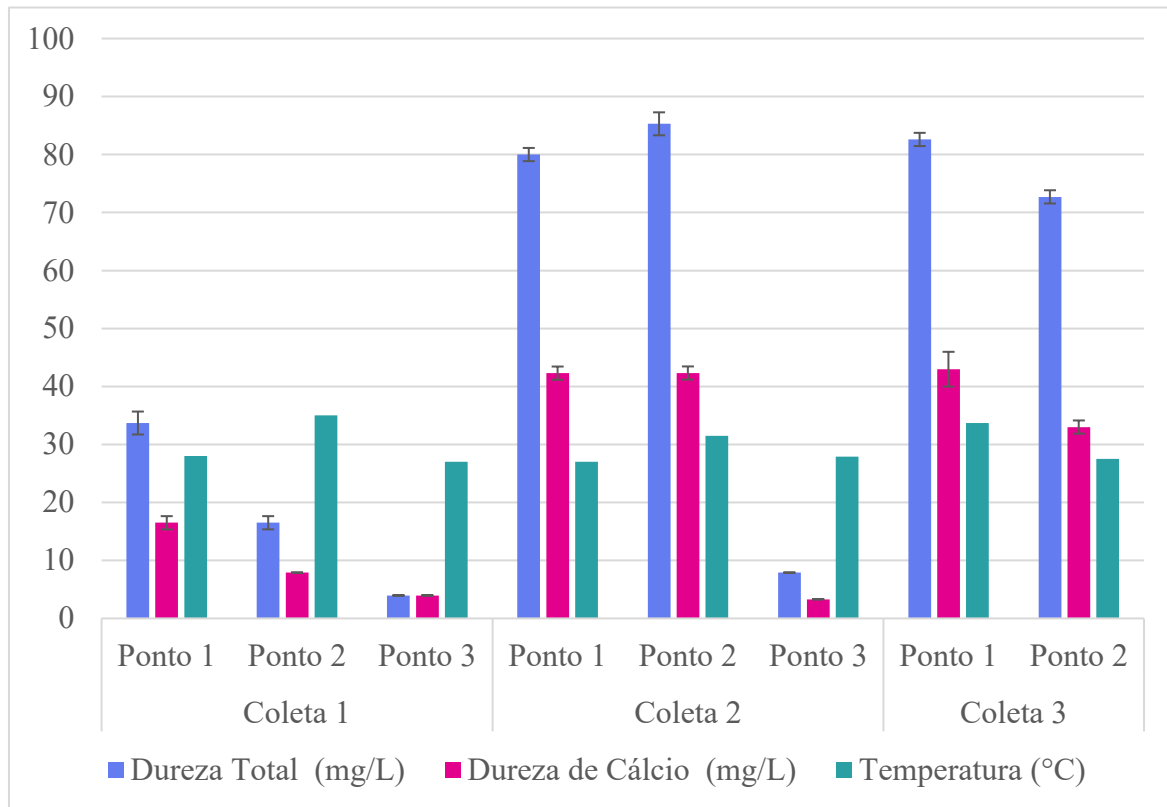
Tabela 2 – Média e concentrações máxima permitido pela legislação brasileira em águas de classe 1, 2 e 5.

| Parâmetros | Função estatística | Coleta 1 | | | Coleta 2 | | | Coleta 3 | | Valor máximo permitido |
|-----------------------------|--------------------|----------|-------|------|----------|-------|------|----------|-------|------------------------|
| | | P1 | P2 | P3 | P1 | P2 | P3 | P1 | P2 | |
| pH | Média | 6,9 | 6,8 | 5,5 | 7,0 | 6,7 | 5,0 | 6,95 | 7,3 | $\geq 6 \leq 9$ |
| Temperatura (°C) | Média | 28 | 35 | 27 | 27 | 31,5 | 27,9 | 27,5 | 33,7 | Não consta |
| OD (mg/L) | Média | 5,4 | 5,0 | 5,1 | 4,4 | 3,8 | 3,3 | 4,2 | 4,0 | ≥ 5 (mg/L) |
| CE (Us/cm) | Média | 171,4 | 198,1 | 34,0 | 257,0 | 287,0 | 41,2 | 271,0 | 283,0 | Não consta |
| Dur.T (mg/L) | Média | 33,7 | 16,5 | 3,96 | 80,0 | 85,3 | 7,9 | 82,6 | 72,7 | 500 (mg/L) |
| Dur.Ca ²⁺ (mg/L) | Média | 16,5 | 7,9 | 3,96 | 42,3 | 42,32 | 3,3 | 42,98 | 33,0 | 500 (mg/L) |
| Cl ⁻ (mg/L) | Média | 2,99 | 3,99 | 3,99 | 4,98 | 3,99 | 4,98 | 6,98 | 8,4 | 250 (mg/L) |
| Alca. (mg/L) | Média | 165,7 | 68 | 7,9 | 92,46 | 96,42 | 3,96 | 86,5 | 91,8 | Não consta |
| Ferro (mg/L) | Média | 0,39 | 2,39 | 0,43 | 1,36 | 0,69 | 1,5 | 6,5 | 1,89 | 0,3 (mg/L) |

Fonte: (MS, 2021; MS 2005). Modificado pelo autor.

No gráfico 2 estão contidas as variações dos parâmetros físico-químico de dureza total, dureza de cálcio e temperatura entre a coleta 1 (período chuvoso) e coleta 2 e 3 (período seco).

Gráfico 2 – Variações de dureza total, dureza de cálcio e temperatura entre dois períodos climáticos, seco e chuvoso.



Fonte: Autor, 2025.

Nas três coletas, a temperatura mostrou-se elevada em todos os pontos avaliados. A represa foi o local que registrou a maior temperatura durante os períodos de coleta, atingindo 35 °C. Acredita-se que esse fenômeno ocorreu nesse ponto amostral devido à ausência de vegetação nas margens, o que aumenta a exposição à intensa radiação solar. Nos demais pontos, a temperatura manteve-se em torno de 27 °C, pois, nesses locais, a presença de vegetação ao redor dos corpos hídricos ajuda a diminuir a incidência solar.

A dureza total da água está diretamente relacionada à concentração de íons cálcio e magnésio, sendo expressa pela soma desses dois íons em termos de mg L^{-1} de CaCO_3 , enquanto a dureza de cálcio refere-se apenas aos íons cálcio presente na água.

Observou-se que a dureza total na nascente e na represa apresentaram concentrações significativas no período de estiagem (82,6 mg/L e 85,3 mg/L respectivamente), caracterizando essas águas como moderadamente dura. Do mesmo modo, os níveis de dureza de cálcio

elevaram-se nesses pontos, visto que esses parâmetros estão relacionados. Quanto ao córrego, foram detectadas baixas concentrações em ambas as estações do ano, apresentando valores de dureza extremamente baixos. O aumento da concentração de dureza total e de cálcio no período seco deve-se, sobretudo, a redução do volume de água e à maior taxa de evaporação, que reduz a diluição dos íons presente nos corpos de água analisados.

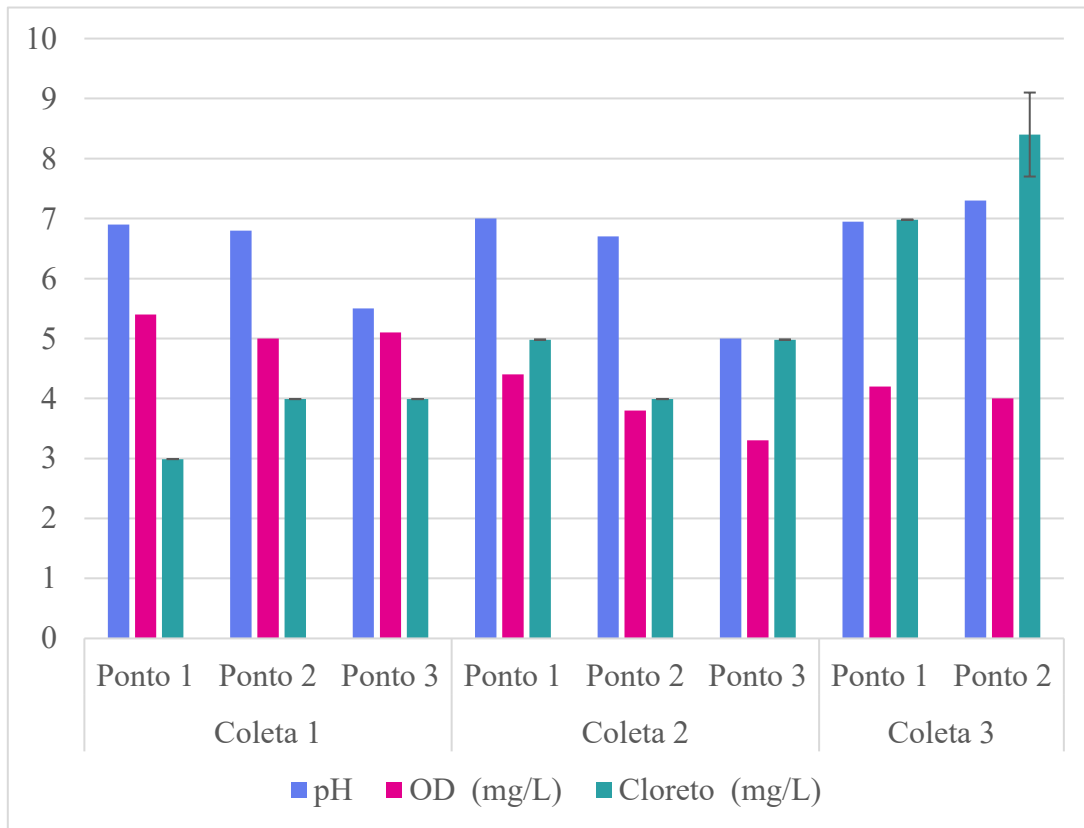
Segundo Andrade et al. (2024), que realizaram análises de dureza total em áreas de preservação ambiental, na qual identificaram teores igual a 175,8 mg/L em um riacho situado em áreas protegidas, destacam que altos níveis desse parâmetro podem ser observados em áreas com presença de rochas carbonáticas, onde ocorre a dissolução natural de minerais, ou em locais submetidos à intensa atividade humana, como a pecuária e a agricultura, na qual, aplicam fertilizantes contendo cálcio e magnésio, para a correção do pH no solo, que por sua vez acabam alcançado as fontes aquáticas, por meio do escoamento superficial.

A água da nascente, investigada para fins de consumo humano, apresentou valores de dureza no período chuvoso (33,7 mg/L) e seco (80 mg/L e 82,6 mg/L) dentro dos limites estabelecidos pela legislação brasileira. De acordo com a Portaria GM/MS nº 888, o valor máximo permitido desse parâmetro em água destinada ao consumo humano é de 500 mg/L, expressa em carbonato de cálcio (CaCO_3) (Brasil, 2021). Quanto a resolução CONAMA nº 357/2005, não estabelece um valor específico de dureza total em águas, visto que esse parâmetro não altera a manutenção dos corpos hídricos.

A água da nascente, destinada ao uso humano, apresenta característica de dureza moderada, o que compromete a eficiência de sabões e detergentes durante os usos domésticos. Ademais, essa fonte alternativa de abastecimento não deve ser destinada ao consumo humano, sem a realização de tratamento adequado, para a remoção dos íons responsáveis por esse parâmetro (Freitas et al., 2017).

No gráfico 3 estão contidas as variações dos parâmetros físico-químico de oxigênio dissolvido (OD), pH e íons cloreto entre dois períodos climático entre a coleta 1 (período chuvoso) e coleta 2 e 3 (período seco).

Gráfico 3 – Variações de pH, OD e íons cloreto entre dois períodos climático, seco e chuvoso.



Fonte: Autor, 2025.

O pH apresentou pequenas variações nos pontos analisados em ambas as estações climáticas, com a nascente e a represa apresentando valores próximos à neutralidade. Quanto ao córrego, observou-se um ambiente levemente ácido, com pH em torno de 5, uma vez que as concentrações de sais e minerais nesse ponto amostral foram baixas, resultando na ausência de substâncias tampão capazes de neutralizar a acidez proveniente do dióxido de carbono (CO₂) atmosférico.

Para Sá (2023), o pH da água deve estar entre 6 e 9 para que a vida aquática encontre condições adequadas para seu desenvolvimento. Nesse sentido, o pH da nascente e da represa atende aos parâmetros estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 e pela Portaria GM/MS nº 888, as quais estabelecem os mesmos critérios para o equilíbrio e a saúde da vida aquática, bem como para a água destinada ao uso humano (Brasil, 2005; Brasil, 2021). Dessa

forma, este parâmetro está de acordo com legislação na água da nascente e da represa, enquanto o córrego apresentou valores abaixo do permitido.

O íon cloreto (Cl^-) não foi detectado em quantidades significativas em nenhum dos pontos amostrais, que possam causar danos aos seres vivos que dependem dessas águas. Os maiores níveis de cloreto foram registrados no período seco, com concentrações variando entre 3,99 mg/L e 8,4 mg/L. Baixos teores de Cl^- já eram esperados, uma vez que as fontes desse elemento em corpos d'água doce são limitadas. Desse modo, observa-se que a concentração de íon cloreto está de acordo com a Portaria GM/MS nº 888/ 2021 e a resolução CONAMA nº 357/2005, no qual determina o limite máximo de 250 mg/L em águas destinadas ao consumo (Brasil, 2021; Brasil, 2005).

Zuge e Vendrame (2018), realizaram análises de íons cloretos em amostras de água na floresta remanescente, no Parque Municipal Ecológico Honorato Toniolo (RS), na qual identificaram baixos teores de cloreto (entre 8,03 mg/L e 11,77 mg/L) em água superficial. Sendo assim, acredita-se que a presença do mesmo em águas superficiais e subterrâneas dependem de fatores como a ação antrópica (esgoto doméstico, efluentes industriais e atividade agrícola) assim como de origem natural (tipo de solo, infiltração e precipitação).

Durante o período chuvoso, no mês de abril, ambos os pontos apresentaram valores próximos de oxigênio dissolvido (OD), em torno de 5 mg/L. Conforme Silva (2023), esses valores estão condições adequadas para os ambientes aquáticos analisados, pois expressam a quantidade de gás oxigênio disponível, sendo um parâmetro essencial para a qualidade da água e a saúde da vida aquática.

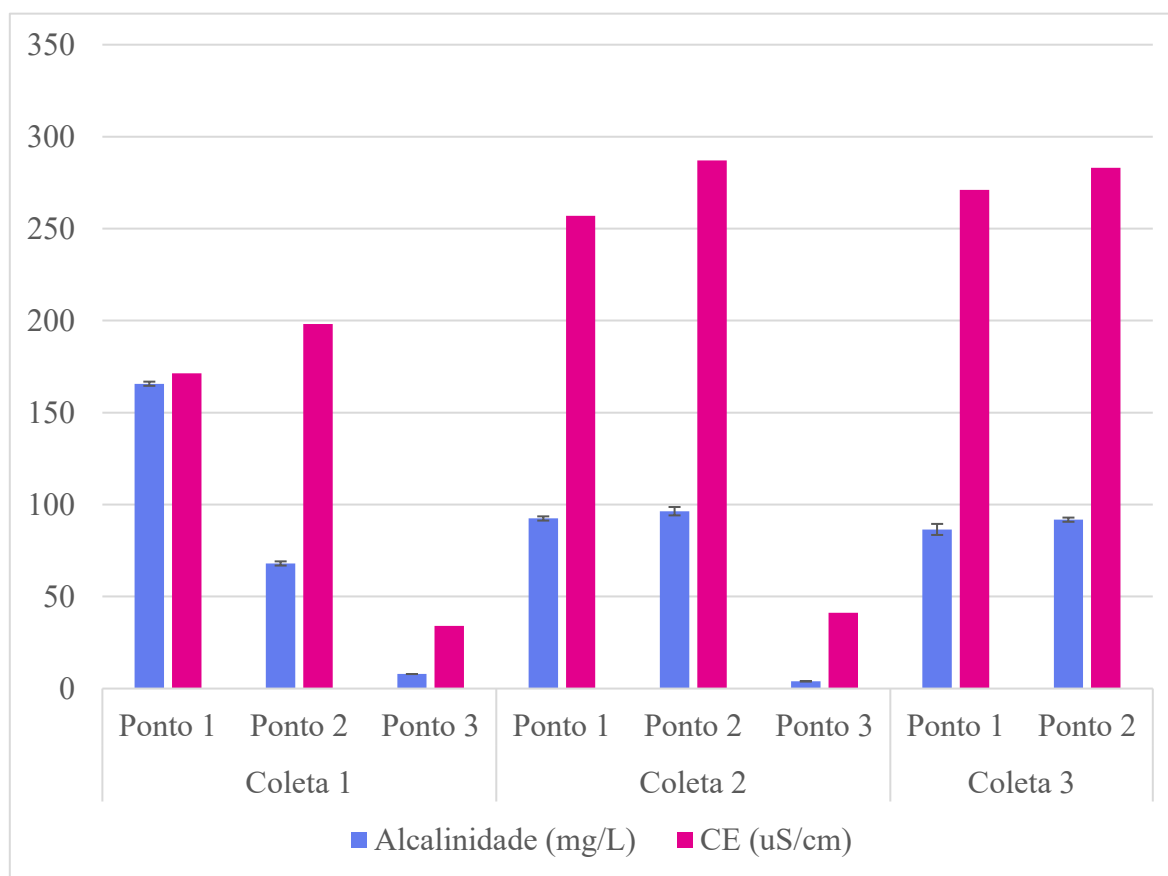
No entanto, no período seco observou-se concentrações abaixo do permitido pela legislação de OD em ambos os pontos analisado, com a nascente em torno de 4 mg/L e a represa e córrego em torno de 3 mg/L. Silva (2025) aponta que valores abaixo de 5 mg/L de OD nos ambientes aquáticos, influencia na qualidade da água e afeta os organismos presente nessas fontes, sendo o principal risco a hipoxia condição na qual pode resultar na morte de peixes, invertebrados aquáticos e demais organismos sensíveis.

Segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005, os valores de oxigênio dissolvido (OD) adequados em corpos d'água deve ser igual ou superior a 5 mg/L. De acordo com a mesma resolução, esse é o valor necessário para garantir o equilíbrio do ecossistema aquático (Brasil, 2021). Embora não exista um valor específico de OD para águas destinadas ao consumo

humano, sabe-se que concentrações inferiores a 5 mg/L tornam a água imprópria para o consumo, devido à possível presença de matéria orgânica e processos de degradação.

No gráfico 4 estão contidas as variações dos parâmetros físico-químico de alcalinidade e condutividade elétrica (CE) nos dois períodos climático, entre a coleta 1 (período chuvoso) e coleta 2 e 3 (período seco).

Gráfico 4 – Variações de alcalinidade e CE entre dois períodos climático, seco e chuvoso.



Fonte: Autor, 2025.

Constatou-se que o pH está relacionado à alcalinidade, assim, verificou-se que, no ponto três (córrego), a água levemente ácida apresentou menor resistência a variações de pH, enquanto nos pontos um (nascente) e dois (represa), com pH neutro ou próximo da neutralidade, a água apresentou maior resistência a variação desse parâmetro.

Dessa forma, a alcalinidade dos pontos (P1 e P2) com pH em torno de 6 e 7 apresentou-se valores elevados em ambas as estações climáticas, sendo que a represa (P2) registrou maior concentração no período de estiagem (96,42 m/L), enquanto a nascente (P1) obteve seu maior nível no período chuvoso (165,7 mg/L). Quanto ao córrego, os valores de alcalinidade foram baixos nas coletas um e dois, pois, nesse ponto amostral, o pH manteve-se levemente ácido.

Todavia na estação seca, observou-se redução na alcalinidade da nascente, mesmo com o pH em torno de 7. Acredita-se que esse fenômeno esteja relacionado à diminuição significativa no volume de água que emerge do solo, na qual reduz a solubilidade das rochas e minerais responsáveis por esse parâmetro, resultando na queda de sua concentração nesse período do ano.

Além do pH, a alcalinidade está diretamente relacionada à dureza total, uma vez que ambas as variáveis estão interligadas pela presença dos íons cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}). Embora esses íons estejam majoritariamente associados à dureza total, eles também influenciam a alcalinidade da água, pois ajudam a manter a capacidade tampão do sistema aquático. (Melo et al., 2024). Em locais com presença de rochas carbonáticas ou submetidos ao escoamento agrícola, observa-se elevados níveis de dureza total e alcalinidade, devido à dissolução de minerais e à aplicação de fertilizantes contendo cálcio e magnésio (Freitas et al., 2021; Andrade et al., 2024).

Nolasco et al. (2020), realizou análise físico-química em água superficial, subterrânea e residencial no município de Almenara (MG), na qual constatou-se concentrações no rio Jequitinhonha e nascente igual a 10 mg/L e 7,20 mg/L, respectivamente. Segundo os mesmos autores, altos níveis de alcalinidade pode caracterizar um sabor desagradável em águas utilizadas para consumo humano.

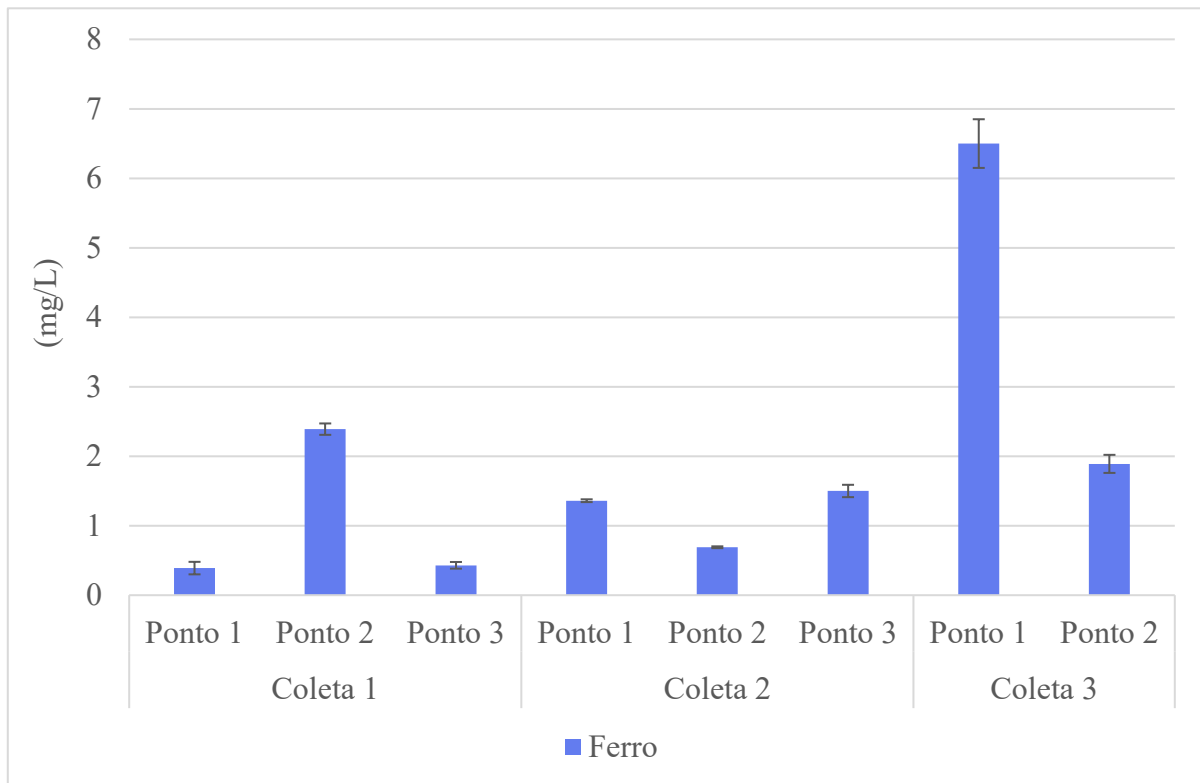
Até o presente momento não há uma legislação que determina a concentração máxima de alcalinidade em águas superficiais, subterrâneas e destinadas ao consumo humano. Segundo Andrade et al. (2024), esse parâmetro desempenha um papel essencial na biota aquática, visto que sua principal característica é resistir a variação do pH, ou seja, em água com valores considerável de alcalinidade, os ácidos adicionados por ação antrópica ou oriundo naturalmente são neutralizados, mantendo o pH na faixa ideal para a manutenção dos organismos aquáticos.

Os valores de condutividade elétrica (CE), aproximaram-se bastante entre a nascente e a represa, na qual constatou-se que no período seco, obteve-se a maior concentração (271 μS e 287 μS , respectivamente). Quanto ao córrego, a CE foi bastante baixa em relação aos demais pontos, com a maior concentração (34 μS) registrada no período de estiagem. Acredita-se que os valores de CE se elevaram no período seco devido ao aumento da concentração natural de íons bicarbonatos, cloreto, cálcio, magnésio e ferroso (HCO_3^- , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} e Fe^{2+} , respectivamente), uma vez que esses íons estão presentes nos sais minerais, os quais se dissociam na presença da água, formando cátions e ânions que são responsáveis por conduzir corrente elétrica.

A legislação brasileira não estabelece valores máximos de condutividade elétrica (CE) para as águas destinadas ao consumo humano e a preservação da vida aquática. Segundo Carvalho e Souza (2022), a CE exerce um papel fundamental no monitoramento de corpos d'água superficiais e subterrâneos, uma vez que sua variação está diretamente relacionada à concentração de sais dissolvidos nos ambientes aquáticos. Dessa forma, esse parâmetro fornece subsídios importantes para a avaliação da qualidade dos corpos hídricos, contribuindo para a manutenção dos ecossistemas aquáticos e terrestres.

No Gráfico 5, são apresentadas as variações dos parâmetros físico-químicos do ferro nos dois períodos climáticos, entre a coleta 1 (período chuvoso) e as coletas 2 e 3 (período seco).

Gráfico 5 – Variações de ferro entre dois períodos climático, seco e chuvoso.



Fonte: Autor, 2025.

O ferro obteve-se valores acima do permitido pela legislação em todos os pontos avaliados, variando entre 0,39 mg/L e 2,39 mg/L no período chuvoso, e 0,69 mg/L e 6,5 mg/L no período seco. Segundo Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, o ferro em concentrações além do permitido pode representar riscos à biota aquática e a saúde humana, sendo assim, o limite máximo de ferro em águas destinadas ao consumo humano é de 0,3 mg/L (Brasil, 2021). Dessa forma, os níveis de ferro na nascente está acima do permitido pela legislação, tornando-a imprópria para consumo humano.

Conforme Marcelino et al. (2017), a ingestão de ferro em quantidades elevadas pode ocasionar complicações a saúde, visto que, quando metabolizado em quantidades significativas afeta todos os órgãos humanos, em função de sua toxicidade intracelular sistêmica, aumentando a ocorrência de problemas cardíacos e diabetes. Os mesmos autores identificaram níveis de ferro igual a 0,75 mg/L, em águas subterrâneas, discutindo-se a importância da remoção do ferro em águas usadas em atividade humana.

A Resolução CONAMA nº 357/2005, estabelece 0,3 mg/L de ferro em águas superficiais, para que o ecossistema aquático se mantenha em equilíbrio, visto que o ferro altera a característica física da água, como cor e sabor. O ferro pode ser encontrado em águas subterrâneas dissolvido na forma de Fe^{2+} , enquanto em águas superficiais ocorre predominantemente na forma oxidada, como o íon férrico (Fe^{3+}), quando ultrapassa o limite máximo determinado pela legislação ele pode causar características impróprias à água, dentre elas: manchas no tecido, roupas, utensílios sanitários e sabor desagradável (Gulaço, 2025, Brasil, 2005).

5.2 Contaminantes orgânicos

O método empregado na análise de contaminantes orgânicos não apresentou sensibilidade satisfatória para identificar esses compostos nas amostras de água. De acordo com Cartaxo et al. (2020), a detecção desses compostos torna-se um desafio, uma vez que, eles estão inseridos nos corpos de água em baixas concentrações, muitas vezes em ordem de nanograma a picograma por litro.

Os principais contaminantes de origem agrícola são os defensivos agrícolas, fertilizantes, corretivos do solo, herbicidas e resíduos de animais. Muitos desses compostos são biodegradáveis e desaparecem rapidamente, no entanto, alguns são persistentes e podem alterar a qualidade da água subterrânea e superficial. Porém, essas substâncias estão inseridas nos corpos d'água em baixa concentração, tornando sua identificação difícil de ser analisada, por sua vez, o monitoramento dos recursos hídricos demanda técnicas analíticas mais sensíveis e seletivas, para identificar e mitigar os riscos associados a esses contaminantes no ambiente aquático (Guimarães et al., 2024; Amorim, 2024).

5.3 Ação do homem sobre os recursos naturais analisados

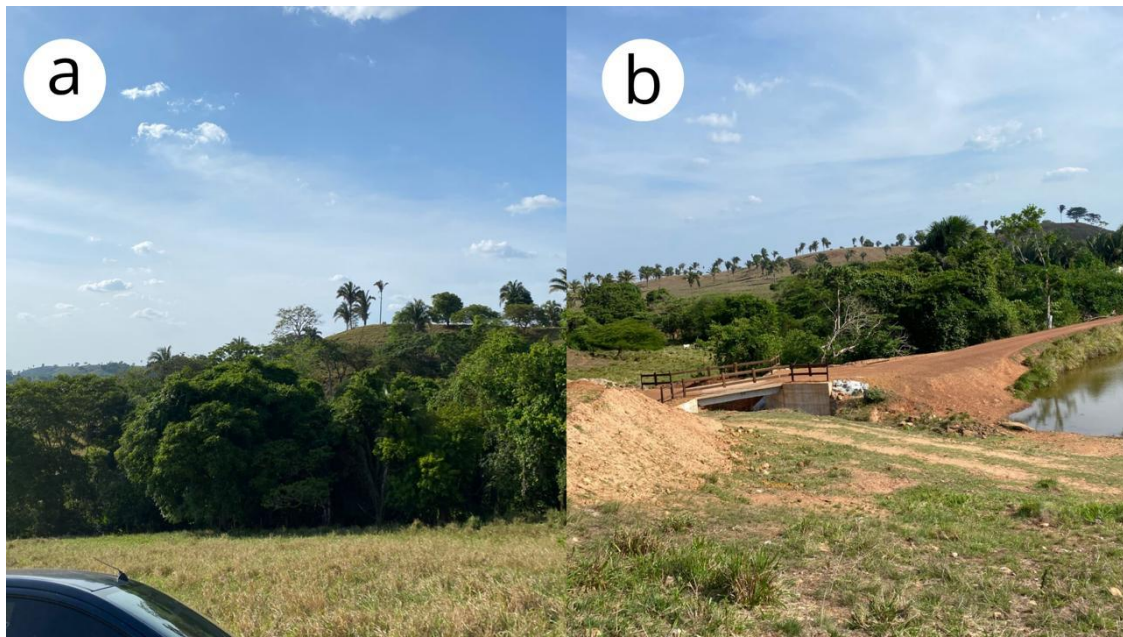
Nos recursos hídricos avaliados observou-se a diminuição no volume de água na nascente e ao longo do seu percurso, que abrange a represa e o córrego, na qual identificou-se que no período seco, no mês de outubro, o córrego secou completamente, e a represa teve sua vazão interrompida. Para Lima (2021), a pecuária é um dos grandes responsáveis pela ocupação de áreas vegetais aos redores dos corpos d'água, os quais removem a mata ciliar introduzindo pastagens para a criação de bovinos.

A ocupação dessas áreas afeta sobretudo os recursos hídricos, que causa o desaparecimento das nascentes, a redução do volume de água, redução nas taxas de filtração, aumento de evaporação e a alteração na qualidade da água, por meio de agentes químicos ou uso de contaminantes orgânicos, como os defensivos agrícolas e os fertilizantes. Ademais, os mesmos autores destacam que as atividades agropecuárias, reduz a disponibilidade e o acesso a água e aumenta os conflitos e as desigualdades (Figueiredo et al., 2024).

No Tocantins o desmatamento ao redor dos corpos de água segue os limites estabelecidos pelo Código Florestal Brasileiro (Lei federal de nº 12.651/2012) para as Áreas de Preservação Permanente (APPs). Esta lei estabelece a faixa de APP de acordo com a largura dos cursos d'água e a localização, assim, em área rural, as fontes aquáticas com largura menor que 10 metros a APP deve ser igual a 30 metros, entre 10 e 50 metros APP é igual a 50 metros, entre 50 e 200 APP é igual a 100 metros, entre 200 e 600 APP é igual a 200 metros e acima de 600 APP é igual a 500 metros (Brasil, 2012).

Quanto a nascente a Lei federal de nº 12.651/2012, estabelece a APP no mínimo 50 metros a partir do ponto de surgência (Brasil, 2012). Observa-se que o Brasil está entre os países que possuem legislações ambientais mais avançadas. No entanto, a efetiva aplicação dessas normas ainda representa um desafio, uma vez que o monitoramento pelos órgãos responsáveis nem sempre ocorre de forma adequada. As Figuras 18 e 19 evidenciam que os pontos analisados não atendem às diretrizes estabelecidas pelo Código Florestal Brasileiro.

Figura 18 – Vegetação em torno dos pontos analisados: a) nascente; b) represa.



Fonte: Autor, 2025.

Figura 19 – Vegetação em torno do córrego.



Fonte: Autor, 2025.

6. CONCLUSÃO

A análise química quanto ao teor mineral foi de suma importância para analisar a qualidade da água, em áreas com intensa atividade pecuaristas. Dessa forma, é possível realizar o monitoramento e conhecer as possíveis vias de contaminação, fornecendo subsídios para mitigar os impactos negativos causado aos corpos de água.

Sendo assim, as análises físico-químicas realizadas nas matrizes aquáticas mostrou-se satisfatório, visto que foram detectados valores acima (ferro) ou inferior (oxigênio dissolvido e pH) dos padrões estabelecidos na Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, que dispõe sobre a qualidade da água destinada ao consumo humano e a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357/2005, que estabelece diretrizes voltadas a qualidade da água para manutenção dos ecossistemas aquáticos e terrestres.

Ademais, verificou-se que os parâmetros que atendem os padrões estabelecidos pela legislação, estão inseridos nos corpos de água, especialmente a nascente e represa, em quantidades significativas, na qual podem ter origem natural ou antropogênica. Assim, cujos resultados contribuem para análises futuras, quanto ao uso dessas águas em diferentes atividades humanas, além de fornecer subsídios para que haja o manejo adequado dos recursos hídricos, especialmente na proteção das áreas de APPs.

Além da análise química, investigou-se a presença de possíveis contaminantes orgânicos utilizados na pecuária nas matrizes aquáticas. Os resultados demonstraram que esses agentes químicos não foram detectados pelo método empregado. No entanto, foi possível observar a ação antrópica agindo sobre a natureza, evidenciada pela degradação dos corpos d'água decorrente do desmatamento, o que pode contribuir para a alteração da qualidade da água.

7. REFERÊNCIAS

ABRAÃO, R. P. et al. **Análise bibliométrica da qualidade da água: uma perspectiva para a preservação ambiental**. Revista de Gestão Social e Ambiental, Miami, v. 18, n. 2, p. 1–25, 2024. Disponível em:

<https://pdfs.semanticscholar.org/897c/c9f37e88de80d3f25c1b5fcc50865801c0d1.pdf>

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Água no mundo. Cooperação internacional: ações e programas**. Brasília, DF: Governo Federal, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/cooperacao-internacional/agua-no-mundo>

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Qualidade da água**. Brasília, DF: Governo Federal, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/monitoramento-e-eventos-criticos/qualidade-da-agua>

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Relatório Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil atualiza informações sobre águas do País**. Agência EBC, 02 fev. 2024. Disponível em: <https://agenciagov.etc.com.br/noticias/202402/relatorio-conjuntura-dos-recursos-hidricos-no-brasil-atualiza-informacoes-sobre-aguas-do-pais>

ALVES, J. E. D. **Demografia ecológica: população e desenvolvimento numa perspectiva ecocêntrica**. Revista Espaço Acadêmico, v. 7, n. 1, p. 36–45, 2018. Disponível em: <https://revistas.ufvjm.edu.br/revista-espinhaco/article/download/114/125/246>

ALVES, T. C.; GIRARDI, R.; PINHEIRO, A. **Micropoluentes orgânicos: ocorrência, remoção e regulamentação**. REGA, Porto Alegre, v. 14, e1, 2017. Disponível em: https://files.abrhidro.org.br/Sumarios/198/9d27abbe574cc73eacc2cbfccc9e4ea4_63c4ba439d5ad9f7b105b0273dfda249.pdf

AMORIM, A. T. **Poluição dos recursos hídricos e políticas para proteção dos recursos hídricos**. Geopauta, Vitória da Conquista, v. 8, 2024. Disponível em:

ANDERSON, K. **What was the Industrial Revolution's environmental impact?** Greenly, 26 ago. 2024. Disponível em: <https://greenly.earth/en-gb/blog/ecology-news/what-was-the-industrial-revolutions-environmental-impact>.

ANDRADE, D. de P.; FORTUNATO, M. H. T.; PAMPLIN, P. A. Z. **Análise do nitrogênio, fósforo, alcalinidade e dureza em diferentes amostras de águas naturais e impactadas.** Acta Pesca, v. 22, p. 23–27, 2024.

ARAÚJO, J. M. M.; BERTO, I. R.; VELARDEZ, G. F. **Caracterização dos parâmetros físico-químicos de amostras de águas subterrâneas da região de Ouro Branco-RN.** Educação, Ciência e Saúde, v. 12, n. 1, p. 49–64, jan./jun. 2025. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/394129631_CHARACTERIZACAO_DOS_PARAMETROS_FISICO-QUIMICOS_DE_AMOSTRAS_DE_AGUAS_SUBTERRANEAS_DA_REGIAO_DE_OUR_O_BRANCO-RN

BACH, Y. P. **Análise de potabilidade em amostras de águas de poço: determinação de pH, turbidez, condutividade, ferro, manganês, nitrogênio amoniacal e sulfeto de hidrogênio.** Projeto de Estágio Supervisionado – UFSC. Florianópolis, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/255537>

BARROS, G. B. et al. **Mecanismos causadores de pressão e impacto ambiental sobre ecossistemas e florestas nativas.** In: Silvicultura e manejo florestal: técnicas de utilização e conservação da natureza. 2021. p. 233–252. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Lucas-Bezerra-8/publication/348838909_MECANISMOS_CAUSADORES_DE_PRESSAO_E_IMPACTO_AMBIENTAL_SOBRE_OS_ECOSSISTEMAS_E_FLORESTAS_NATIVAS/links/6791b6ac95e02f182eb0b717/MECANISMOS-CAUSADORES-DE-PRESSAO-E-IMPACTO-AMBIENTAL-SOBRE-OS-ECOSSISTEMAS-E-FLORESTAS-NATIVAS.pdf

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 10 maio 2021. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente. **Guia para implementação da norma de qualidade da água para consumo humano.** Brasília, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/guias-e-manuais/2024/guia-para-implementacao-da-norma-de-qualidade-da-agua-para-consumo-humano.pdf/view>

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). **Manual prático de análise de água**. Brasília, 2013. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manual_pratico_de_analise_de_agua_2.pdf

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005**. Disponível em: <https://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=2747>

BRASIL. **Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12651compilado.htm

CAITANO, T. B. S.; HOMMA, A. K. O. **Mercado brasileiro de fertilizantes e corretivos para recuperação de pastagens degradadas no estado do Pará**. Colóquio – Revista do Desenvolvimento Regional, v. 22, n. 1, 2025. Disponível em: <http://seer.faccat.br/index.php/coloquio/article/view/3719>

CALGARO, C.; REATO, T. T. **O paradoxo da ação antrópica**. R. Jur. FA7, Fortaleza, v. 19, n. 1, p. 83–97, 2022. Disponível em: <https://periodicos.uni7.edu.br/index.php/revistajuridica/article/view/1287>

CARDOSO, J. M. **Avaliação da qualidade da água subterrânea de Campo Grande – MS**. 2019. Dissertação (Mestrado) – UNESP, Ilha Solteira. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/e2dbbd51-dd2f-4506-91f3-181884baa0b1>

CARTAXO, A. da S. B. et al. **Contaminantes emergentes presentes em águas destinadas ao consumo humano**. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 8, p. 61814–61827, 2020. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/15559>

CARVALHO, A. K. N.; SOUZA, R. F. de. **Hidroquímica de águas superficiais e subterrâneas em Carnaúba dos Dantas, Rio Grande do Norte**. Geologia USP. Série Científica, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 1–7, mar. 2022. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/guspssc/article/view/196156>

CASTELO, A. F. M.; MARQUESAN, F. F. S.; SILVA, J. B. **A problemática das políticas públicas ambientais no Brasil**. Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental, v. 38, n. 2, 2021. Disponível em: <https://periodicos.furg.br/remea/article/view/12617>

CRUZ, F. **A importância da análise de cloretos na água.** Baktron, 2022. Disponível em: <https://baktron.com.br/a-importancia-da-analise-de-cloretos-na-agua/#:~:text=A%20determina%C3%A7%C3%A3o%20da%20concentra%C3%A7%C3%A3o%20de,res%C3%ADduos%20industriais%2C%20ou%20a%20partir>

ALCÂNTARA, Daniel Barbosa. **Desenvolvimento e validação de método para determinação de resíduos de agrotóxicos organofosforados em sapoti (Manilkara zapota) por CG-EM empregando QuEChERS.** 2016. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/35298/3/2016_dis_dbalc%C3%A2ntara.pdf

DAMIANO, M.; VAZ, G. L.; MARTINS, A. R. **Transformações da sociedade contemporânea e alterações do meio ambiente.** Holos Environment, v. 20, n. 3, p. 392–404, 2020. Disponível em: <https://holos.emnuvens.com.br/holos/article/view/12384>

DAMKE, T.; PASINI, F. **A importância da potabilidade da água no saneamento básico.** Revista Teccen, v. 13, n. 1, p. 8–15, 2020. Disponível em: <https://editora.univassouras.edu.br/index.php/TECCEN/article/view/2200>

EMBRAPA. Perguntas e respostas: Manejo de recursos hídricos. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-manejo-de-recursos-hidricos/perguntas-e-respostas>

FIGUEIRA, ANA R. C; ALCÂNTARA, D. B. **Development and Performance Evaluation of an Adapted QuEChERS-Gas Chromatography-Mass Spectrometry Method for the Analysis of Cocaine in Surface Water Samples.** Spectroscopy Journal, v. 3, p. 23, 2025.

FIGUEIREDO, D. M.; CRUZ, S. F. de O.; LIMA, A. J. R.; BARBOSA, F. D.; TAVARES, D. C. **Relação entre agropecuária e segurança hídrica no cenário das mudanças climáticas.** Cadernos de Agroecologia, Anais do XII Congresso Brasileiro de Agroecologia, Rio de Janeiro, v. 19, n. 1, 2024. Disponível em: <https://cadernos.aba-agroecologia.org.br/cadernos/article/view/9612>

FREITAS, A. et al. **Entendendo a dureza e qualidade da água através da aprendizagem baseada em problemas.** 2017. Disponível em: <https://www.abrapec.com/enpec/xi-enpec/anais/resumos/R1602-1.pdf>

Freitas, M.A.D., Senhorinho, E.M., & Goffermann, M. (2021). **Mapeamento geológico e hidrogeológico do município de Joinville–SC**: produto 4, mapa hidrogeoquímico. CPRM.

GRANZIERA, M. L. M. **Direito de águas: disciplina jurídica das águas doces**. São Paulo: Foco, 2022. Disponível em: <https://books.google.com/books?hl=pt-BR&lr=&id=SqSTEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT5&dq=GRANZIERA,+M.+L.+M.+Direito+de+%C3%A1guas:+disciplina+jur%C3%ADdica+das+%C3%A1guas+doces.+S%C3%A3o+Paulo:+Foco,+2022.+&ots=JERw0updgr&sig=ZrgiAgmcK6fwafeGvqfVp9HLHdI>

GUIMARÃES, L. F. L; DA SILVA, M. Z. F; DO NASCIMENTO, R. F; ALCÂNTARA, D. B. **Method Validation and Determination of Ametryn Pesticide in Water Samples by QuEChERS-GC-MS**. CHEMOSENSORS, v. 13, p. 103, 2025.

GULAÇO, A. **Qualidade de água consumida na Vila Municipal de Monapo – Moçambique**. Revista Mirante, Anápolis (GO), v. 17, n. 2, p. 01–27, dez. 2024. Disponível em: file:///C:/Users/wesle/Downloads/Qualidade_da_agua_consumida_na_vila_municipal_de_monapo-mocambique.pdf.

HENRIQUE, T. G. et al. **Importância da análise físico-química e microbiológica da água para o consumo humano**. Brazilian Journal of Development, v. 10, n. 7, p. 01–17, 2024. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/71229>

IPBES. **Global assessment report on biodiversity and ecosystem services**. Bonn: IPBES Secretariat, 2019.

KLAFKE, L. Z. **Tratamento para remoção de ferro das águas subterrâneas de Osório**. TCC – UFRGS. Porto Alegre, 2023. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/262187>

LIMA, D. de et al. **Saúde ambiental e potabilidade da água: análise de amostras em Eunápolis-BA**. Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação, v. 10, n. 7, 2024. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/14975>

LIMA, M. V. **Atividade pecuária e a transformação da mata ciliar do açude Orós/CE: um trabalho com alunos e pequenos pecuaristas**. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v.

7, n. 9, p. 91148-91162, set. 2021. Disponível em:
<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/36217>

MAIA, A. de A. **O acesso à água potável da população de Manaus: um caso de injustiça ambiental**. 2018. Dissertação (Mestrado em Direito Ambiental) – Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2018. Disponível em:
<https://pos.uea.edu.br/data/area/titulado/download/76-18.pdf>

MARCELINO, K. M.; MELO, A. R.; MARQUES, C. R. M.; BROLESI, T. M.; CAMPOS, D. D. P. **Remoção de ferro em águas subterrâneas de poços tubulares em uma indústria de beneficiamento de arroz**. Revista Vincci – Periódico Científico da Faculdade SATC, v. 2, n. 1, p. 161–182, jan./jul. 2017. Disponível em:
<https://revistavincci.satc.edu.br/index.php/Revista-Vincci/article/view/80>

MARINHO, J. R.; SIEBEN, A. **O agronegócio da pecuária de corte em Araguaína (Tocantins): territorialidade e representação simbólica**. Revista Tocantinense de Geografia, v. 13, n. 29, p. 406, 2023–2024. Disponível em:
<https://periodicos.ufnt.edu.br/index.php/geografia/article/view/17241>

Melo, J.G., Brito, L.M., Santos, E.C.L., Santos-Silva, A.L., López, A.M.Q., & Silva, A.C.C. (2024). **Qualidade físico-química e microbiológica da água de nascentes da bacia hidrográfica do Rio Coruripe, Alagoas Brasil**. Interfaces Científicas: Saúde e Ambiente, 9(3), 53-67.

MIYABARA, M. H.; SCHIMIDT, F.; SANTOS, A. M. dos. **Revisão sobre ciência ambiental e interdisciplinaridade: contaminantes emergentes na água**. Revista Ciências & Ideias, v. 12, n. 2, 2021. Disponível em:
<https://revistascientificas.ifrj.edu.br/index.php/reci/article/download/1575/1190>

MINISTÉRIO DAS RELAÇÕES EXTERIORES (Brasil). **Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Brasília: MRE, 2015 (atualizada em 2025). Disponível em:
<https://www.gov.br/mre/pt-br/delbrasonu/desenvolvimento-sustentavel-e-meio-ambiente/agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustentavel>

MONTAGNER, C. C. et al. **Trace analysis of pesticides and assessment of their occurrence in Brazilian waters**. Analytical Methods, v. 6, p. 6668–6677, 2017. Disponível em:

MONTEIRO, E. N.; CRUZ, E. C.; SILVA, R. da. **Os impactos do agronegócio: pecuária e soja no Pará.** In: ROSÁRIO, D. M.; COSTA, D. C. L.; SUZUKI, J. C. (Orgs.). Ensino-aprendizagem em Ciências, Matemática e Tecnologia. São Paulo: FFLCH-USP, 2022, p. 9–144.

MOREIRA, A. T. R. et al. **O impacto da ação antrópica no meio ambiente: aquecimento global.** Revista Educação em Foco, n. 14, p. 22–27, 2022. Disponível em: <https://portal.unisepe.com.br/unifia/wp-content/uploads/sites/10001/2022/06/O-IMPACTO-DA-A%C3%87%C3%83O-ANTR%C3%93PICA-NO-MEIO-AMBIENTE-AQUECIMENTO-GLOBAL-p%C3%A1g-22-a-27.pdf>

NOGUEIRA, M. H. P. et al. **Análise e diagnóstico da qualidade da água de um residencial em Belém/PA.** Revista de Ciência e Tecnologia (RCT), 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Marlos-Nogueira/publication/356860646_Analise_e_Diagnostico_da_Qualidade_da_Agua_de_um_Residencial_Localizado_em_Belem_do_Para/links/62ce0411c276426014aaf5c3/Analise-e-Diagnostico-da-Qualidade-da-Agua-de-um-Residencial-Localizado-em-Belem-do-Para.pdf?origin=journalDetail&tp=eyJwYWdlIjoiam91cm5hbERldGFpbCJ9

NOLASCO, G. M. et al. **Análise da alcalinidade, cloretos, dureza, temperatura e condutividade de águas em Almenara/MG.** Recital, v. 2, n. 2, p. 52–64, 2020. Disponível em: <https://recital.almenara.ifnmg.edu.br/recital/article/view/60>

OLIVEIRA, A. C. de; LIMA, K. da C. S; SANTANA, A. F. M; ASSIS, L. C. de. **Influência da sazonalidade na qualidade da água na APA do rio Uberaba, Uberaba, Minas Gerais.** Revista Tocantinense de Geografia, Araguaína/TO, v. 13, n. 31, out./dez. 2024.

RIBEIRO, B. A.; LEITE, A. F. **Comportamento espaço-temporal do oxigênio dissolvido e coliformes no rio Paraíba do Sul.** II Seminário de Pesquisa do PPG-UFF, p. 186–201. 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/353423520_Comportamento_espaco-temporal_do_oxigenio_dissolvido_e_dos_coliformes_termotolerantes_na_regiao_do_mediobaixo_curso_do_rio_Paraiba_do_Sul_Norte_Fluminense_Rio_de_Janeiro_Brasil

RIOS, B.; BATISTA, P. F. S.; CRYSTELLO, D. C. B. **Impactos da poluição e alteração de habitat em ecossistemas de água doce.** Revista Caderno Pedagógico, v. 21, n. 8, p. 1–15, 2024.

ROLDÃO, A. de F; FERREIRA, V. de O. **Climatologia do Estado do Tocantins – Brasil.** Caderno de Geografia, v. 29, n. 59, 2019.

ROLIM, R. B. **Avaliação microbiológica e físico-química de água bruta em sistema simplificado de tratamento.** TCC – UFAM, 2025. Disponível em:

ROSÁRIO, D. M.; COSTA, D. C. L.; SUZUKI, J. C. **Ensino-aprendizagem em ciências, matemática e tecnologia.** São Paulo: Série Raízes da Educação, v. 3, 2022. Disponível em: <https://www.livrosabertos.abcd.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/book/865>

SÁ, M. **Limnocultura: limnologia para aquicultura.** 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2023. Disponível em: https://books.google.com/books?hl=pt-BR&lr=&id=64_QEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT3&dq=S%C3%81,+M.+Limnocultura:+limnologia+para+aquicultura.+2.+ed.+S%C3%A3o+Paulo:+Edgard+Bl%C3%BCher,+2023.+&ots=BbfGyirMzI&sig=_1QGj-sE8e8nPgQDRCDWRq_cZbY

SANTOS, G. F.; SANCHES, A. P. T. S.; GOMES, A. M. **Os impactos da rizicultura no desenvolvimento multidimensional no município de Massaranduba (SC).** Redes (Santa Cruz do Sul, Online), v. 28, 2023. Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/5520/552078284025/552078284025.pdf>

SILVA, D. A. R. B. **Ação humana e desastres naturais: o impacto das atividades antrópicas na intensificação dos fenômenos ambientais.** Revista Educação Continuada, v. 7, n. 5, maio 2025. Disponível em: <http://host-client-assets.s3.amazonaws.com/files/educont/Edi%C3%A7%C3%A3o%20Completa%20-%20Revista%20Educa%C3%A7%C3%A3o%20Continuada%20-%20vol%207%20N5%20MAI%202025.pdf#page=36>

SILVA, H. M. G. **Indicadores de qualidade da água do Rio São Francisco: turbidez, demanda bioquímica de oxigênio e oxigênio dissolvido.** Engineering Sciences, v. 11, n. 2, p. 33–40, 2023. Disponível em: <https://sustenere.inf.br/index.php/engineeringsciences/article/view/8241>

SILVA, L. F. da et al. **Impactos das ações antrópicas aos biomas do Brasil**. Meio Ambiente (Brasil), v. 4, n. 1, p. 21–44, 2021. Disponível em: <https://www.meioambientebrasil.com.br/index.php/MABRA/article/view/172>

SILVA, R. B. P. da et al. **Método multirresíduo de agrotóxicos em polpa de açaí usando QuEChERS e UHPLC-MS/MS**. Química Nova, v. 48, n. 4, p. 1–11, 2025. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/6GCvtLtM9jRhf6mznPrK4xC/>

SOARES, A. de O. **Dureza das águas subterrâneas na zona rural de Santa Cruz/RN**. TCC – UFRN, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/37010>

SOARES, A. F. S.; SOUZA E SOUZA, L. P. **Contaminação das águas de abastecimento por poluentes emergentes e o direito à saúde**. Revista de Direito Sanitário, v. 20, n. 2, p. 100–133, 2019. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdisan/article/view/169658>

SOLÍS-CASTRO, Y.; ZÚÑIGA-ZÚÑIGA, L. A.; MORA-ALVARADO, D. **Condutividade como parâmetro preditivo da dureza da água**. Tecnología en Marcha, v. 31, n. 1, 2018. Disponível em: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0379-39822018000100035

STEFFENS, M. **Neoliberalismo e globalização dos recursos naturais: impacto governamental em ações do agronegócio**. Trabalho acadêmico – Unochapecó, 2023. Disponível em: <https://search.proquest.com/openview/67f75c594faf72444e1b0b25fcbf36c1/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y>

WERNECK, R. O. **Validação de sonda de qualidade da água para enquadramento: estudo aplicado na Bacia do Córrego Barnabé, Indaiatuba (SP)**. UnB, Brasília, 2023. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/49267>

ZÜGE, G.; VENDRAME, Z. B. **Caracterização e análise de cloretos da água do Parque Ecológico Honorato Toniolo, Guaporé-RS**. Anais do 10º Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão – SIEPE, Universidade Federal do Pampa, Santana do Livramento, nov. 2018. Disponível em: https://guri.unipampa.edu.br/uploads/evt/arq_trabalhos/16819/seer_16819.pdf

ANEXO

ANEXO 1 – PREPARO DOS REAGENTES EMPREGADOS NA PADRONIZAÇÃO DO ÁCIDO SULFÚRICO (H₂SO₄) E NA ANÁLISE DE ALCALINIDADE.

- Solução de ácido sulfúrico (H₂SO₄) 0,05 mol/L: Diluiu-se 2,8 mL de ácido sulfúrico P.A. em água destilada isenta de CO₂ e completou-se o volume para 1.000 mL
- Solução de ácido sulfúrico 0,1 mol/L: Diluiu-se uma alíquota de 200 mL da solução de ácido sulfúrico 0,05 mol/L em água destilada isenta de CO₂, completando-se o volume para 1 L.
- Solução de carbonato de sódio 0,01 mol/L (Na₂CO₃): Primeiramente, secou-se de 3 a 5 g de Na₂CO₃ a 250 °C (estufa) durante 4 horas e deixou-se resfriar em dessecador. Em seguida, pesou-se 0,530 g e dissolveu-se em 500 mL de água destilada isenta de CO₂.
- Água isenta de CO₂: ferveu-se de 3 a 5 minutos a água em um Becker com um vidro de relógio em cima, deixou-se esfriar a uma temperatura ambiente.
- Padronização da solução padrão de H₂SO₄ com Na₂CO₃: Separou-se uma alíquota de 50 mL de Na₂CO₃ 0,01 mol/L (em triplicata) e titulou-se com Ácido sulfúrico 0,01 mol/L até atingir pH = 4,5. O fator de correção foi calculado conforme a equação a seguir:

$$f_c = \frac{m_{Na_2CO_3} \times V_{Na_2CO_3}}{m_{H_2SO_4} \times V_{H_2SO_4}}$$

ANEXO 2 – PREPARO DOS REAGENTES EMPREGADO NA PADRONIZAÇÃO DO EDTA (0,01 mol/L) E NA ANÁLISE DE DUREZA TOTAL E DUREZA DE CÁLCIO.

- Solução Tampão: Dissolveu-se 1,179 g de EDTA de sódio dihidratado e 644 mg de cloreto de magnésio hexahidratado em 50 mL de água destilada. A essa solução, adicionou-se 143 mL de hidróxido de amônio concentrado (P.A.) contendo 16,9 g de cloreto de amônio previamente dissolvido. Em seguida, o volume foi aferido para 250 mL em balão volumétrico.
- Solução titulante de EDTA (0,01 mol/L): Pesou-se 3,723 g de etilenodiaminotetracético dissódico dihidratado e dissolveu-se em 200 mL de água destilada. A solução foi então transferida para um balão volumétrico e o volume completado para 1.000 mL.

- Solução padrão de cálcio (0,01 mol/L): Pesou-se 1,000 g de carbonato de cálcio anidro (CaCO_3) previamente seco e dissolveu-se em 500 mL de água destilada. Adicionou-se, aos poucos, gotas de solução de HCl 1+1, até a completa dissolução do carbonato de cálcio. Acrescentou-se 200 mL de água destilada e ferveu-se a solução por 3 minutos para remover o gás carbônico. Após resfriamento, ajustou-se o pH para 5,0, utilizando HCl 1+1. O volume foi então completado para 1.000 mL em balão volumétrico. Cada 1 mL dessa solução corresponde a 1,00 mg de CaCO_3 .
- Utilizou-se o Indicador Preto de Eriocromo T sólido.
- Padronização do EDTA com a solução de cálcio: Com auxílio de uma pipeta, aferiu-se 15 mL da solução padrão de cálcio e transferiu-se para um balão volumétrico de 50 mL, completando-se o volume com água destilada (em triplicata). Em seguida, a solução foi transferida para um Erlenmeyer de 125 mL, adicionando-se 1 mL da solução tampão e uma pequena quantidade do indicador Preto de Eriocromo T. Após aguardar 5 minutos, iniciou-se a titulação com a solução de EDTA, sob leve agitação, até que a coloração do meio mudasse de vermelho para azul. O fator de correção foi calculado conforme a equação a seguir:

$$f_c = \frac{m_{\text{CaCO}_3} \times V_{\text{CaCO}_3}}{m_{\text{EDTA}} \times V_{\text{EDTA}}}$$

DUREZA DE CÁLCIO

- Solução Hidróxido de sódio (NaOH) 1 mol/L: Pesou-se 40 g de NaOH em um béquer. Em seguida, adicionou-se, lentamente, 100 mL de água destilada e agitou-se com auxílio de um bastão de vidro. Após o resfriamento da solução, transferiu-se o conteúdo para um balão volumétrico e completou-se o volume para 1 L.
- Indicador Murexida: Pesou-se 200 mg de murexida e misturou-se com 100 g de cloreto de sódio (NaCl) e macerou-se em grau e pistilo, até ser alcançada uma granulometria igual a malha de 40 a 50.
- Solução titulante de EDTA (0,01 mol/L): igual a solução titulante da dureza total.

ANEXO 3 – PREPARO DOS REAGENTES EMPREGADO NA PADRONIZAÇÃO DO NITRATO DE PRATA (AgNO_3) E NA ANÁLISE DE ÍON CLORETO.

- Solução padrão de cloreto de sódio (0,0141 mol/L): Dissolveu-se 412 mg de NaCl, previamente seco em estufa a 140 °C por pelo menos 1 hora, e o volume foi completado para 1.000 mL com água destilada.
- Solução padrão de nitrato de prata (0,0141 mol/L): Dissolveu-se 2,395 g de AgNO₃ em água destilada e completou-se o volume para 1.000 mL.
- Solução indicadora de cromato de potássio (K₂CrO₄): Dissolveu-se 0,5 g de K₂CrO₄ em água destilada e aferiu-se o volume para 10 mL.
- Padronização da solução padrão de AgNO₃ com NaCl: Com auxílio de uma pipeta volumétrica transferiu-se 25 mL da solução padrão NaCl para um Erlenmeyer (em triplicata). Em seguida, adicionou-se 25 mL de água destilada e 1 ml do indicador K₂CrO₄. Titulou-se com a solução padrão de AgNO₃, sob agitação constante até a formação do precipitado, caracterizado pela coloração vermelho-tijolo. O fator de correção foi calculado conforme a equação a seguir:

$$f_c = \frac{m_{NaCl} \times V_{NaCl}}{m_{TAgNO_3} \times V_{AgNO_3}}$$

ANEXO 4 – PREPARO DOS REAGENTES EMPREGADO NA CURVA DE CALIBRAÇÃO E NA ANÁLISE DE FERRO.

- Solução Estoque de ferro (200 mg_{Fe}/L): Pesou-se 0,702 g de sulfato ferroso amoniacal hexahidratado [Fe (NH₄)₂ (SO₄)₂. 6H₂O] e dissolveu-se em 25 mL de água destilada. Em seguida, adicionou-se lentamente 10 mL de ácido sulfúrico P.A. e, posteriormente, solução de permanganato de potássio 0,02 mol/L, gota a gota, até a coloração permanecer rosa claro persistente. Após essa etapa, o volume foi completado para 500 mL em balão volumétrico com água destilada.
- Solução de permanganato de potássio (0,02 mol/L): dissolveu-se 0,32 g de permanganato de potássio, e aferiu-se para 100 mL de água.
- Solução Padrão de ferro (1 mg/L): pipetou-se 5 mL da solução estoque de ferro (200 mg/L) e diluiu-se o volume para 1.000 mL com água destilada. Cada 1 mL dessa solução contém 1 µg de Fe.
- Solução de hidroxilamina: dissolveu-se 50 g de cloridrato de hidroxilamina em 500 mL de água destilada.

- Solução de acetato de sódio: dissolveu-se 120 g de acetato de sódio em 800 mL de água destilada.
- Solução Tampão de acetato de amônio: dissolveu-se 250 g de acetato de amônio em 150 mL de água destilada e adicionou-se 700 mL de ácido acético glacial.
- Solução de Fenantrolina: Dissolveu-se 100 mg de 1,10-fenantrolina monohidratada com duas a três gotas de HCl 1+1, e aferiu-se em 100 mL de água destilada.
- Preparou-se padrões com diversas concentrações para construir a curva de calibração. De acordo com a tabela abaixo, pipetou-se os respectivos volumes da Solução Padrão de Ferro (1 mg/L) para balões volumétricos de 50 mL e completou-se com água destilada (marcou-se em cada balão a sua respectiva concentração). Esses padrões sofrerão o mesmo processo que as amostras sofrem durante o procedimento analítico.

| Concentrações dos padrões em mg/L | Volume de solução padrão de ferro em mL | Volume final dos padrões | Absorbância de referência dos Padrões a 510 nm |
|-----------------------------------|---|--|--|
| 0,05 | 2,5 | Aferir para 50 mL no balão volumétrico | 0,008 |
| 0,1 | 5,0 | | 0,0215 |
| 0,3 | 15 | | 0,053 |
| 0,5 | 25 | | 0,0856 |
| 0,7 | 35 | | 0,1453 |
| 0,9 | 45 | | 0,1783 |
| 1,0 | 50 | | 0,2 |

- Curva de calibração do ferro.

