



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE BACHARELADO EM QUÍMICA

ROSIANE DOS SANTOS DA SILVA

**CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA DO RESERVATÓRIO DE UMA ESCOLA
PÚBLICA NO MUNICÍPIO DE AREIA-PB**

AREIA

2025

ROSIANE DOS SANTOS DA SILVA

**CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA DO RESERVATÓRIO DE UMA ESCOLA
PÚBLICA NO MUNICÍPIO DE AREIA-PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Bacharelado em Química da Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharela em Química.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Betania Hermenegildo dos Santos.

Coorientadora: Dra. Tereziana Silva da Costa

AREIA

2025

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S586c Silva, Rosiane dos Santos da.

Características da água do reservatório de uma
escola pública no município de Areia-PB / Rosiane dos
Santos da Silva. - Areia:UFPB/CCA, 2025.

58 f. : il.

Orientação: Maria Betania Hermenegildo dos Santos.

Coorientação: Tereziana Silva da Costa.

TCC (Graduação) - UFPB/CCA.

1. Química. 2. Qualidade de água. 3. Parâmetros
físico-químicos. 4. Análises microbiológicas. 5.
Consumo humano. 6. Comunidade escolar. I. Santos, Maria
Betania Hermenegildo dos. II. Costa, Tereziana Silva
da. III. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 54(02)

ROSIANE DOS SANTOS DA SILVA

CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA DO RESERVATÓRIO DE UMA ESCOLA PÚBLICA
NO MUNICÍPIO DE AREIA-PB

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Bacharelado em Química da
Universidade Federal da Paraíba, como
requisito parcial à obtenção do título de
Bacharela Química.

Aprovado em: 07/05/2025

BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Maria Betania Hermenegildo dos Santos (Orientadora)
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)



Dra. Tereziana Silva da Costa (Coorientadora)
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)



Profa. Dra. Luzia Maria Castro Honório
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)



Prof. Dr. Fábio Pedrosa Lins Silva
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

A Deus e aos meus pais, pela dedicação e por não medirem esforços para me ajudar nesta caminhada, DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que em Sua infinita bondade me guiou até aqui, dando-me forças para superar as adversidades deste caminho árduo e desafiador, porém extremamente gratificante. E, em especial, à Santa Maria, mãe de Deus e minha.

À minha mãe, Maria José dos Santos, e ao meu pai, Roberto da Silva, minha imensa gratidão. Vocês foram meu apoio e inspiração em cada passo dessa jornada. Este TCC é o reflexo do amor e da dedicação que sempre me ofereceram. Obrigada por estarem sempre ao meu lado.

De coração, agradeço aos meus irmãos, Roberiana dos Santos da Silva, Rosa Maria dos Santos da Silva e Roberto da Silva Filho. Vocês foram meu suporte e motivação ao longo dessa caminhada. Cada palavra de encorajamento e cada momento de alegria compartilhado tornaram este TCC possível. Obrigada por estarem sempre comigo.

Aos meus sobrinhos Jefferson, Samoel e Carlos Miguel, que trouxeram alegria e motivação à minha jornada acadêmica. Cada momento ao lado de vocês me lembrou da importância da família e do apoio incondicional. Obrigada por serem uma fonte constante de inspiração e por sempre me incentivarem a seguir em frente.

Ao meu amigo de infância, Adailton da Silva Nascimento. Sua amizade sempre foi uma fonte de apoio e motivação ao longo da minha trajetória. Lembro com carinho das nossas conversas e dos momentos que passamos juntos, que tornaram essa jornada ainda mais especial.

À minha grande amiga Dayana Leite da Silva Chiquet, por estar ao meu lado em todos os desafios e por sempre acreditar em mim. Sua presença na minha vida é uma verdadeira bênção, e sou grata por ter uma amiga tão incrível como você.

À minha orientadora e professora, Maria Betania Hermenegildo dos Santos, minha gratidão eterna. Sua orientação foi essencial em cada etapa do meu TCC. Seu conhecimento, dedicação e apoio emocional me ajudaram a superar os desafios dessa jornada. Seu compromisso com a formação dos alunos é admirável, e sou grata por ter aprendido com uma profissional tão dedicada. Este trabalho reflete sua orientação cuidadosa e o ambiente de aprendizado que você proporcionou.

À Dra. Tereziana da Silva Costa, ou carinhosamente Terê, pelo apoio, pela contribuição inestimável à minha formação acadêmica e pessoal e, principalmente, por toda paciência e incentivo.

À minha amiga e companheira de quarto, Rafaela Stéfany Alcântara, que tornou meus dias mais alegres durante o curso.

Aos colegas do curso, André Freires, Cleberte Alves, Emmanuely de Sousa, Luan Rodrigues, Fernanda Anjos, Leidy Daiany, Sandro Roberto, Valdei Silva, Pablo Marcelino e Victor Carvalho, pelos momentos de amizade e apoio que tornaram essa caminhada mais leve e significativa.

Aos professores do Departamento de Química e Física do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), em especial Edilene Dantas Teles Moreira, Fábio Pedrosa Lins Silva, Lucina Rocha Sousa e Sidney Ramos de Santana, que contribuíram ao longo dos semestres, por meio das disciplinas e debates, enriquecendo o desenvolvimento desta pesquisa.

Ao CCA/UFPB, minha gratidão pela oportunidade da vivência acadêmica.

“Nunca foi sorte, sempre foi Deus.”
Leandro Sapucahy.

RESUMO

A qualidade da água destinada ao consumo humano é uma questão de relevância global, devido aos seus impactos diretos na saúde pública. Na instituição de ensino, garantir água de boa qualidade é fundamental para os estudantes e o pleno funcionamento da comunidade escolar. Nesse sentido, a limpeza periódica dos reservatórios torna-se indispensável, uma vez que, com o tempo, partículas e incrustações se acumulam nas superfícies internas. Diante disso, a análise da água é fundamental para assegurar sua qualidade e segurança, permitindo a detecção de microrganismos ou substâncias potencialmente prejudiciais à saúde. Diante desse cenário, este estudo teve como objetivo avaliar a qualidade da água armazenada no reservatório de uma escola pública no município de Areia, Paraíba, por meio de análises físico-químicas e microbiológicas. As amostras foram coletadas entre agosto de 2023 e abril de 2024, por volta das 6h30. Os frascos utilizados foram devidamente higienizados e identificados para análises físico-químicas, e esterilizados para as análises bacteriológicas. Em seguida, as amostras foram refrigeradas e encaminhadas aos Laboratórios de Química Analítica e de Biologia e Tecnologia Pós-Colheita do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), onde foram analisadas. Foram avaliados os seguintes parâmetros: pH, condutividade elétrica, turbidez, alcalinidade, cloro residual, dureza total, temperatura, oxigênio dissolvido, amônia, fósforo, nitrato, sulfato e dióxido de carbono, além da presença de coliformes totais e *Escherichia coli*. Os resultados obtidos foram comparados com os limites estabelecidos pelas legislações vigentes, visando identificar possíveis não conformidades e contribuir para a garantia da qualidade da água consumida pela comunidade escolar. As análises físico-químicas demonstraram que, em geral, os parâmetros estavam dentro dos limites permitidos, com exceção do fósforo, cujos valores excederam os padrões normativos. No aspecto microbiológico, foi constatada a presença de coliformes totais em seis das sete amostras analisadas, enquanto *E. coli* não foi detectada em nenhuma delas. A detecção de coliformes totais representa um possível risco à saúde pública e evidencia a necessidade de avaliar com maior rigor a qualidade da água fornecida pela Companhia de Água e Esgotos da Paraíba, especialmente quanto aos processos de tratamento e distribuição. Além disso, recomenda-se que os gestores escolares adotem medidas para reforçar a limpeza e a manutenção dos reservatórios, assegurando água de qualidade e segurança para o consumo da comunidade escolar.

Palavras-chave: qualidade de água; parâmetros físico-químicos; análises microbiológicas; consumo humano; comunidade escolar.

ABSTRACT

The quality of water destined for human consumption is a globally relevant issue as it directly has an impact on public health. In educational institutions, ensuring good water quality is essential for students and the proper functioning of the school community. Hence, periodic cleaning of water tanks is indispensable, as particles and deposits accumulate over time. The water analysis is crucial to ensure its quality and safety, allowing the detection of microorganisms or substances that can be potentially hazardous. This study aimed to evaluate the quality of water stored in a public-school reservoir in the municipality of Areia, Paraíba, through physicochemical and microbiological analyses. Samples were collected between August 2023 and April 2024, in the morning period (approximately 6:30 AM). The bottles used for collection were properly sanitized and labeled for physicochemical analyses and sterilized for bacteriological testing. The samples were then refrigerated and sent to the Analytical Chemistry Laboratory and the Post-Harvest Biology and Technology Laboratory at the Centro de Ciências Agrárias of the Universidade Federal da Paraíba (UFPB). The pH, electrical conductivity, turbidity, alkalinity, residual chlorine, total hardness, temperature, dissolved oxygen, ammonia, phosphorus, nitrate, sulfate, and carbon dioxide, as well as the presence of total coliforms and *Escherichia coli* were analyzed in the samples. The results were compared with the limits established by current regulations to identify possible non-conformities and contribute to the quality of water consumed by the school community. The physicochemical analyses revealed that the parameters were within permissible limits, except for phosphorus, which exceeded regulatory standards. Regarding microbiological aspects, total coliforms were detected in six of the seven samples analyzed, while *E. coli* was not found in any of samples. The detection of total coliforms represents a potential public health risk and highlights the need for stricter evaluation of the water supplied by the Paraíba Water and Sewage Company, particularly concerning treatment and distribution processes. Furthermore, it is recommended that school administrators implement measures to enhance the cleaning and maintenance of water reservoirs, ensuring safe and high-quality water for the consumption of the community in the school.

Keywords: water quality; physicochemical parameters; microbiological analyses; human consumption; school community.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ponto de coleta das amostras de água.....	31
Figura 2 - Mudança de coloração das amostras de coliformes totais e Escherichia Ecoli.	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros e metodologias utilizadas de acordo com o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.	32
Tabela 2 - Resultados das análises bacteriológicas nas amostras coletadas em uma escola pública, localizada no município de Areia – PB.	50

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Resultados obtidos para alcalinidade (mg CaCO ₃ /L) nas amostras coletadas em uma escola pública, localizada no município de Areia – PB.	34
Gráfico 2 - Resultados obtidos para Dureza total (mg CaCO ₃ /L) nas amostras coletadas em uma escola pública, localizada no município de Areia – PB.....	35
Gráfico 3 - Resultados obtidos para Dureza em cálcio por titulometria (mg Ca/L) nas amostras coletadas em uma escola pública, localizada no município de Areia – PB.....	37
Gráfico 4 - Resultados obtidos para Cloreto (mg Cl ⁻ /L) nas amostras coletadas em uma escola pública, localizada no município de Areia – PB.	38
Gráfico 5 - Resultados obtidos para pH nas amostras coletadas em uma escola pública, localizada no município de Areia – PB.	39
Gráfico 6 - Resultados obtidos para turbidez (uT) nas amostras coletadas em uma escola pública, localizada no município de Areia – PB.	40
Gráfico 7 - Resultados obtidos para temperatura (°C) nas amostras coletadas em uma escola pública, localizada no município de Areia – PB.	41
Gráfico 8 - Resultados obtidos para Oxigênio dissolvido (mg/L) nas amostras coletadas em uma escola pública, localizada no município de Areia – PB.....	42
Gráfico 9 - Resultados obtidos para Condutividade elétrica (µS/cm ²) nas amostras coletadas em uma escola pública, localizada no município de Areia – PB.....	43
Gráfico 10 - Resultados obtidos para Dióxido de Carbono (mg CO ₂ /L) nas amostras coletadas em uma escola pública, localizada no município de Areia – PB.....	44
Gráfico 11 - Resultados obtidos para amônia nas amostras coletadas em uma escola pública, localizada no município de Areia – PB.	45
Gráfico 12 - Resultados obtidos para fósforo (mg P/L) nas amostras coletadas na coletadas em uma escola pública, localizada no município de Areia – PB.....	46
Gráfico 13 - Resultados obtidos para nitrato (mg N/L) nas amostras coletadas em uma escola pública, localizada no município de Areia – PB.	47
Gráfico 14 - Resultados obtidos para sulfato (mg SO ₄ ²⁻ /L) nas amostras coletadas em uma escola pública, localizada no município de Areia – PB.	48
Gráfico 15 - Resultados obtidos para cloro residual em mg Cl/L nas amostras coletadas em uma escola pública, localizada no município de Areia – PB.....	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
CAGEPA	Companhia de Água e Esgotos da Paraíba
CCA	Centro de Ciências Agrárias
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DQF	Departamento de Química e Física
EDTA	Etilenodiaminotetracético
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
FUNDAJ	Fundação Joaquim Nabuco
MS	Ministério da Saúde
PB	Paraíba
pH	Potencial Hidrogeniônico
UFPB	Universidade Federal da Paraíba
UNT	Unidade Nefelométrica de Turbidez UV Ultravioleta
VPM	Valor Máximo Permitido
CEVS	Centro Estadual de Vigilância em Saúde
ONPG	Orto-Nitrofenil- β -D-Galactopiranosídeo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	17
2.1 OBJETIVO GERAL	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	18
3.1 RECURSO HÍDRICO	18
3.2 A IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO E LIMPEZA PERIÓDICA DAS CAIXAS D'ÁGUA PARA A QUALIDADE DA ÁGUA E PREVENÇÃO DE PROBLEMAS ESTRUTURAIS	19
3.3 PORTARIA E RESOLUÇÃO PARA O CONTROLE DA QUALIDADE DA ÁGUA ...	20
3.4 PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS DA QUALIDADE DA ÁGUA	21
3.4.1 Alcalinidade.....	22
3.4.2 Condutividade elétrica	23
3.4.3 Dureza da água	23
3.4.4 Cloretos.....	24
3.4.5 pH.....	24
3.4.6 Turbidez	25
3.4.7 Temperatura	25
3.4.8 Oxigênio dissolvido	26
3.4.9 Dióxido de Carbono.....	26
3.4.10 Amônia Total	26
3.4.11 Fósforo Total.....	27
3.4.12 Nitrato.....	28
3.4.13 Sulfato	28
3.4.14 Cálcio, Sódio e Potássio	29
3.4.15 Cloro Residual	29
3.5 ANÁLISES BACTERIOLÓGICAS	29
4 METODOLOGIA.....	31
4.1 LOCALIZAÇÃO DA COLETA DAS AMOSTRAS	31
4.2 ANÁLISES DE VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICAS	31
4.3 ANÁLISES BACTERIOLÓGICAS	32
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
5.1 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	34

5.1.1 Alcalinidade.....	34
5.1.2 Dureza total.....	35
5.1.3 Dureza cálcio.....	36
5.1.4 Cloretos.....	37
5.1.5 pH.....	39
5.1.6 Turbidez	40
5.1.7 Temperatura	41
5.1.8 Oxigênio dissolvido.....	41
5.1.9 Condutividade elétrica	42
5.1.10 Dióxido de carbono.....	43
5.1.11 Amônia.....	44
5.1.12 Fósforo	45
5.1.13 Nitrato.....	47
5.1.14 Sulfato	48
5.1.15 Cloro residual.....	49
5.2 ANÁLISES BACTERIOLÓGICAS	50
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	52
REFERÊNCIAS	53

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural indispensável para a vida e para a saúde pública, desempenhando papel essencial no funcionamento de instituições como escolas, onde é utilizada para consumo humano, preparo de alimentos, higiene e limpeza. Além de sua relevância no contexto cotidiano, a qualidade da água está diretamente associada à prevenção de doenças e à promoção do bem-estar. Estudos recentes indicam que, embora os parâmetros físico-químicos como pH, turbidez e condutibilidade elétrica estejam dentro dos padrões exigidos, a presença de microrganismos patogênicos ainda representa um risco significativo para a saúde dos estudantes (Moraes *et al.*, 2018).

A manutenção regular dos reservatórios de água é fundamental, pois o armazenamento inadequado pode favorecer a proliferação de contaminantes físico-químicos e microbiológicos, representando um sério risco à saúde pública. A contaminação da água por agentes patogênicos, como bactérias, vírus e parasitas, pode causar doenças graves, como diarreia, cólera e hepatite A, impactando de forma significativa a comunidade escolar. Além disso, a negligência na higienização de caixas d'água e outros reservatórios pode resultar no acúmulo de partículas, incrustações e biofilmes, comprometendo ainda mais sua potabilidade. Dessa forma, práticas como a limpeza regular, o monitoramento contínuo e a aplicação de medidas preventivas são indispensáveis para garantir que a água consumida nas escolas atenda aos critérios de segurança e qualidade (Brasil, 2018; Silva; Carvalho; Cardoso, 2019).

No município de Areia, localizado na região do Brejo paraibano, 63,58% da população possui acesso ao abastecimento de água (IAS, 2024). Entretanto, mesmo em áreas com infraestrutura consolidada, é imprescindível assegurar que os sistemas de armazenamento estejam em condições adequadas para garantir a conformidade com os padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação brasileira.

Conforme Brasil (2021), para viabilizar a qualidade da água, é necessário realizar análises periódicas baseadas em parâmetros físico-químicos e microbiológicos. As principais análises incluem a medição de pH, turbidez, condutividade elétrica, alcalinidade, cloro residual, dureza total, oxigênio dissolvido, amônia, fósforo, nitrato e sulfato, além da detecção de coliformes totais e *Escherichia coli*. Esses testes permitem identificar possíveis contaminações e garantir que a água esteja dentro dos padrões estabelecidos pela legislação vigente, como a Portaria GM/MS nº 888/2021 do Ministério da Saúde, que define os padrões de potabilidade da água para consumo humano no Brasil. O cumprimento dessas normas é essencial para prevenir

surtos de doenças e viabilizar um ambiente escolar seguro e saudável para os estudantes e profissionais da educação.

Considerando a importância fundamental da água potável para a saúde pública e o papel essencial das instituições de ensino na garantia desse direito, especialmente para a comunidade escolar, é essencial assegurar a qualidade da água consumida nesses ambientes. Diante da possibilidade de reservatórios de água acumularem impurezas e sofrerem contaminação ao longo do tempo, surge a seguinte questão: a água armazenada no reservatório de uma escola pública no município de Areia-PB atende aos padrões de qualidade estabelecidos pelas legislações vigentes, com base em análises físico-químicas e microbiológicas? Com o intuito de responder à problemática proposta, apresentam-se, a seguir, o objetivo geral e os objetivos específicos deste estudo.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a qualidade da água armazenada no reservatório de uma escola pública no município de Areia, Paraíba, por meio de análises físico-químicas e microbiológicas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Analisar parâmetros físico-químicos da água, como pH, turbidez, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, cloro residual, dióxido de carbono, alcalinidade total, cálcio, dureza total, cloreto, fósforo total, amônia, nitrato e sulfato;
- ✓ Identificar a presença de coliformes totais e da bactéria *Escherichia coli*;
- ✓ Verificar se os resultados obtidos estão em conformidade com os limites máximos estabelecidos pela legislação vigente, a fim de garantir a segurança da água consumida pela comunidade escolar.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 RECURSO HÍDRICO

A água cobre cerca de 70% da superfície do planeta, mas apenas 2,5% desse total é água doce. Grande parte dessa água doce é inacessível, pois está em geleiras, calotas polares ou aquíferos profundos, restando menos de 1% disponível para consumo humano. O Brasil abriga cerca de 12% da água doce superficial do mundo, mas enfrenta desafios devido à distribuição desigual desse recurso, com a maior parte concentrada na região amazônica e escassez em outras áreas (Talamone; Ferreira Junior, 2023). Nesse contexto, a gestão eficiente dos recursos hídricos é fundamental para garantir a disponibilidade de água para as gerações atuais e futuras.

A crescente demanda por água, impulsionada pelo aumento populacional e pela intensificação das atividades econômicas, tem colocado os recursos hídricos sob pressão cada vez maior. A poluição, o desperdício e a escassez hídrica em diversas regiões do mundo ressaltam a necessidade urgente de uma gestão sustentável da água. Medidas como o uso racional, a proteção de nascentes, o tratamento de efluentes e a educação ambiental são essenciais para garantir a disponibilidade desse recurso (Castro, 2022; Diniz; Santos, 2022).

Além disso, os impactos das mudanças climáticas, como secas prolongadas e enchentes intensas, reforçam a importância de políticas públicas e iniciativas que promovam a preservação e o uso eficiente dos recursos hídricos. A água desempenha um papel fundamental tanto na mitigação quanto na adaptação às mudanças climáticas, estando diretamente relacionada a diversos setores, como energia, florestas, agricultura e desenvolvimento urbano (World Bank, 2024). Com o agravamento das variações climáticas, incluindo períodos mais quentes, úmidos e secos, a segurança hídrica tornou-se uma preocupação global. Diante desse cenário, uma abordagem integrada e a cooperação entre governos, organizações e a sociedade civil são fundamentais para garantir a disponibilidade da água e a preservação do equilíbrio ambiental.

Somando a relevância no contexto ambiental e climático, a água também desempenha um papel essencial na manutenção da vida no planeta. Ela regula a temperatura global, participa da ciclagem de nutrientes e preserva os habitats naturais, garantindo as condições necessárias para a sobrevivência das espécies. Nos organismos vivos, sua importância é igualmente fundamental. Ueno (2023) destaca que cerca de 60% a 70% de água do corpo humano é composto por água, sendo sua presença indispensável para a regulação da temperatura corpórea e o funcionamento adequado das atividades biológicas. Para manter o equilíbrio orgânico, é essencial ingerir, no mínimo, dois litros de água por dia, garantindo a realização das reações

vitais das células e a reposição das perdas diárias ocasionadas pela respiração, sudorese, saliva, urina e fezes.

3.2 A IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO E LIMPEZA PERIÓDICA DAS CAIXAS D'ÁGUA PARA A QUALIDADE DA ÁGUA E PREVENÇÃO DE PROBLEMAS ESTRUTURAIS

Segundo o Centro Estadual de Vigilância em Saúde - CEVS (CEVS, 2018), os reservatórios de água, conhecidos como caixas d'água, são fundamentais para o abastecimento hídrico de residências, comércios, indústrias e instituições públicas, pois armazenam água tratada e garantem o fornecimento contínuo, mesmo durante interrupções no serviço de distribuição. Além disso, contribuem para a manutenção da pressão adequada nas redes de distribuição, assegurando o funcionamento eficiente dos sistemas hidráulicos.

Diante da importância desses reservatórios no sistema de abastecimento, torna-se imprescindível adotar medidas que assegurem a qualidade da água neles armazenada. Nesse sentido, a manutenção regular dessas estruturas é essencial para prevenir contaminações e proteger a saúde dos consumidores. No Brasil, a Resolução RDC nº 216/2004 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) estabelece normas de boas práticas para serviços de alimentação, abordando critérios rigorosos relacionados ao uso e conservação da água. Entre os requisitos, destaca-se a obrigatoriedade do uso de água potável proveniente de fonte segura e, quando necessário, submetida a tratamento adequado. A norma também determina que os reservatórios, como caixas d'água, sejam higienizados ao menos a cada seis meses, com a devida documentação das ações realizadas. Além disso, exige-se o controle da qualidade da água utilizada em processos como higienização de utensílios, lavagem das mãos e preparo de alimentos. As instalações hidráulicas devem assegurar o fornecimento contínuo e seguro de água, prevenindo riscos de contaminação e garantindo condições sanitárias adequadas para a proteção da saúde pública (Brasil, 2004).

Complementando essas diretrizes, o Programa VIGIÁGUA, vinculado ao Ministério da Saúde, orienta sobre os procedimentos corretos de higienização dos reservatórios destinados ao consumo humano. Segundo o protocolo, o processo deve começar com o esvaziamento parcial do reservatório, seguido da limpeza manual das superfícies internas com escova ou esponja, sem permitir que os resíduos sejam direcionados à tubulação. Na etapa seguinte, recomenda-se a desinfecção com solução de hipoclorito de sódio (água sanitária) na proporção de 1 litro para cada 1.000 litros de água, deixando agir por, no mínimo, duas horas, com circulação completa

da solução pelo sistema. Após esse período, o reservatório deve ser enxaguado completamente e reabastecido com água potável, garantindo a segurança do abastecimento (CEVS, 2018; Brasil, 2022).

A manutenção adequada das caixas d'água de polietileno é essencial não apenas para garantir a qualidade da água, mas também para prevenir problemas estruturais, como rachaduras e infiltrações. Com o tempo, fatores como a pressão da água, a variação de temperatura e a ação de microrganismos podem danificar a estrutura do reservatório. A realização de inspeções regulares permite identificar fissuras e vazamentos antes que se tornem problemas graves, evitando o desperdício de água e possíveis danos à construção. Além disso, a aplicação de produtos impermeabilizantes e a revisão de conexões e vedação das tampas são medidas importantes para manter a integridade do reservatório e prolongar sua vida útil (CEVS, 2018).

3.3 PORTARIA E RESOLUÇÃO PARA O CONTROLE DA QUALIDADE DA ÁGUA

A qualidade da água para consumo humano é fundamental para a garantia da saúde pública e, para isso, diversas normativas e regulamentações são estabelecidas. No Brasil, dois dos principais documentos que regulam e orientam o controle da qualidade da água são a Portaria nº 888, de 4 de maio de 2021 do Ministério da Saúde (Brasil, 2021), e a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (Brasil, 2005). Ambas têm como objetivo assegurar que a água consumida pela população seja segura, protegendo a saúde humana e o meio ambiente.

A Portaria nº 888, de 4 de maio de 2021, do Ministério da Saúde, estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e à vigilância da qualidade da água para consumo humano. Essa portaria define diretrizes e padrões de potabilidade da água com o objetivo de garantir a segurança sanitária e a proteção da saúde da população. Algumas das principais determinações da Portaria nº 888/2021 incluem:

- Estabelecimento de valores máximos permitidos para diversos parâmetros físico-químicos e microbiológicos, como pH, turbidez, cloro residual livre e coliformes totais, garantindo a qualidade da água consumida pela população;
- Definição de critérios e frequências de amostragem e análise da água, que devem ser realizadas tanto pelo responsável pelo sistema de abastecimento quanto pelos órgãos de vigilância sanitária;

- Determinação de ações corretivas e preventivas a serem adotadas em casos de não conformidade com os padrões de potabilidade, incluindo o monitoramento da qualidade da água, a implementação de medidas de tratamento e a comunicação à população.

Já a Resolução do CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, define diretrizes para o enquadramento e a classificação dos corpos d'água no Brasil, com o propósito de proteger esses recursos e assegurar a qualidade da água no meio ambiente. Essa normativa desempenha um papel fundamental na gestão ambiental, estabelecendo parâmetros para a qualidade da água em rios, lagos, açudes e outros corpos hídricos de interesse. Para isso, a resolução classifica os corpos d'água em três categorias principais com base nos níveis de salinidade: doce, salina e salobra.

- **Corpos d'água doce:** apresentam baixos níveis de salinidade e são encontrados em rios, lagos e açudes. A água doce é essencial para o abastecimento humano e para diversos usos econômicos, como a agricultura e a indústria.

- **Corpos d'água salina:** possuem altos níveis de salinidade e são encontrados em mares e oceanos. Embora a água salina não seja adequada para consumo humano, ela desempenha um papel fundamental no equilíbrio dos ecossistemas marinhos e em atividades como pesca e navegação.

- **Corpos d'água salobra:** apresentam níveis moderados de salinidade, situando-se entre os dois extremos anteriores. São encontrados em estuários, manguezais e algumas lagoas costeiras. Embora a água salobra possa ser utilizada em determinadas situações, seu uso requer cuidados específicos de tratamento.

Além da classificação dos corpos d'água, a resolução também estabelece condições e padrões para o lançamento de efluentes, visando à preservação dos recursos hídricos e à redução da poluição. A aplicação dessa norma é fundamental para garantir a qualidade da água e a proteção ambiental, equilibrando o uso dos corpos hídricos com a necessidade de preservação, minimizando os impactos negativos causados pelo despejo de resíduos e poluentes.

3.4 PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS DA QUALIDADE DA ÁGUA

Os corpos d'água contêm uma ampla variedade de componentes, que podem ser de origem natural ou resultar da interferência humana (ANA, 2019). Esses componentes incluem tanto substâncias presentes no meio ambiente quanto poluentes provenientes de diferentes fontes.

A caracterização da qualidade da água envolve a avaliação de parâmetros físicos, como temperatura, turbidez, salinidade e sólidos dissolvidos, além de parâmetros químicos, como pH, condutividade, oxigênio dissolvido, nitrato e sulfato. Esses indicadores são essenciais para monitorar a potabilidade e a adequação da água para diferentes usos. Quando os valores desses parâmetros excedem os limites máximos estabelecidos pela legislação vigente, a água pode ser considerada inadequada para consumo humano ou outros fins específicos (Brasil, 2021). Dessa forma, a conformidade com os padrões normativos é fundamental para garantir a segurança e a qualidade da água.

Diante disso, a seguir será apresentada os principais parâmetros de análise da qualidade da água, abordando suas características, importância e limites estabelecidos pelas regulamentações vigentes. A compreensão desses aspectos é essencial para a adoção de estratégias eficazes de monitoramento e gestão, contribuindo para a preservação dos recursos hídricos e a promoção da saúde pública.

3.4.1 Alcalinidade

A alcalinidade refere-se à capacidade da água de neutralizar ácidos, funcionando como um tampão que minimiza variações significativas de pH. No caso dos hidróxidos, a neutralização ocorre de forma direta, uma vez que as soluções básicas contêm íons hidroxila dissolvidos (Frinhani; Restelatto, 2015). Essa propriedade é atribuída à presença de sais de ácidos fracos, como bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos. Assim, a alcalinidade total da água é determinada pela soma dos valores de alcalinidade de todos esses íons presentes (Barros Junior, 2024).

Amostras com alta alcalinidade possuem maior capacidade de tamponamento e são menos influenciadas pela adição de substâncias ácidas. Esse parâmetro é fundamental no tratamento de água, pois permite determinar a quantidade exata de reagentes a serem adicionados durante o processo de tratamento (Parron; Muniz; Pereira, 2011).

De acordo com a Portaria GM/MS nº 888/2021, não há um limite máximo estabelecido para alcalinidade na água potável. Isso ocorre porque ela é considerada uma característica natural, cuja relevância está associada ao controle operacional do tratamento, e não diretamente à potabilidade da água.

3.4.2 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica mede a capacidade da água de conduzir corrente elétrica e está diretamente relacionada ao teor de sais dissolvidos na forma de íons. Essa variável é amplamente utilizada para avaliar os níveis de salinidade e a concentração de sais solúveis na água, fornecendo informações importantes sobre sua qualidade (Feitosa *et al.*, 2008).

Um aumento na condutividade pode indicar a presença de poluentes ou alterações nas condições naturais do ambiente aquático, comprometendo a adequação da água para diversos usos, como abastecimento e consumo. A Portaria nº 888, de 4 de maio de 2021, do Ministério da Saúde, não especifica limites para a condutividade elétrica da água destinada ao consumo humano, tratando-o como um indicador complementar da composição iônica da água.

3.4.3 Dureza da água

Segundo Sousa (2023), a classificação da dureza da água varia conforme a concentração de CaCO_3 . Águas com menos de 50 mg/L são consideradas moles ou brandas, enquanto concentrações entre 50 e 150 mg/L indicam dureza moderada. Quando os valores estão entre 150 e 300 mg/L, a água é classificada como dura, e acima de 300 mg/L, é caracterizada como muito dura.

Esse fenômeno está diretamente associado à concentração de íons de minerais dissolvidos, especialmente cálcio e magnésio (Brasil, 2013).

A dureza total da água é determinada com base na concentração de íons cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}), sendo expressa em partes por milhão (ppm) de carbonato de cálcio (CaCO_3). Esse parâmetro influencia diversas características da água, como a redução da formação de espuma pelo sabão e a menor solubilidade de substâncias como óleos, graxas e gorduras. Além disso, a dureza pode impactar processos industriais, favorecer a formação de incrustações em tubulações e interferir na qualidade da água para consumo e uso doméstico, afetando o sabor de bebidas, como chá e café (Brasil, 2013; Lenzi; Favero; Luchese, 2009; World Health Organization *et al.*, 2017).

De acordo com Lenzi; Favero; Luchese (2009), a dureza pode ser classificada em dois tipos: temporária e permanente. A dureza temporária ocorre quando os cátions bivalentes, como Ca^{2+} e Mg^{2+} , se associam aos íons HCO_3^- . Esse tipo de dureza é denominado “temporária” porque, ao aquecer a água, o bicarbonato se decompõe, formando carbonato, que se precipita. Já a dureza permanente é causada pela combinação desses cátions bivalentes com íons como

Cl^- , SO_4^{2-} e NO_3^- . Como esses íons não se precipitam mesmo em altas temperaturas, esse tipo de dureza é denominado “permanente”.

A Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde estabelece que a concentração de dureza total em água potável deve ser limitada a 300 mg de CaCO_3 por litro.

3.4.4 Cloretos

Os cloretos de sódio, magnésio e cálcio podem estar presentes em corpos d'água devido ao contato com a água salgada do mar ou à contaminação por rejeitos domésticos e industriais. Altas concentrações desses íons podem alterar o sabor da água, conferindo-lhe um gosto salino e propriedades laxativas (Brasil, 2013; Medeiros Filho, 2009; Lenzi; Favero; Luchese, 2009). Além disso, a presença excessiva de cloretos pode indicar poluição e comprometer a qualidade da água, tornando-a inadequada para consumo e representando riscos à saúde pública. Por isso, é essencial monitorar e controlar esses níveis para garantir a segurança e a potabilidade da água fornecida à população.

Segundo a Portaria GM/MS nº 888 de 2021, a concentração máxima permitida de cloretos em água potável é de 250 mg/L. Níveis acima desse limite podem indicar contaminação e comprometer a qualidade da água para consumo humano (Brasil, 2021).

3.4.5 pH

De acordo com Brasil (2013), o pH é um parâmetro que reflete a concentração de íons hidrogênio em uma solução, indicando se o meio é ácido, neutro ou alcalino. Sua variação pode ocorrer de forma natural, devido à dissolução de rochas, ou por ações antrópicas, como o despejo de resíduos domésticos e industriais (Costa, 2023). A escala de pH varia de 0 a 14; valores abaixo de 7 indicam acidez, enquanto acima de 7 apontam alcalinidade.

Apesar da Portaria GM/MS nº 888/2021 não estabelecer um limite obrigatório de pH para a água potável, esse parâmetro é monitorado devido à sua importância operacional e sanitária. Tradicionalmente, valores entre 6,0 e 9,5 são considerados adequados para o consumo humano. Em contrapartida, a Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece limites de pH para corpos hídricos naturais, variando conforme a classe da água. Para águas doces das classes 1, 2 e 3, o pH deve situar-se entre 6,0 e 9,0, com o objetivo de proteger a vida aquática e garantir os demais usos previstos (Brasil, 2005).

Quando o pH é alto, pode ocorrer a formação de incrustações nas tubulações, prejudicando a eficácia da desinfecção com cloro e alterando o sabor da água, deixando-a com um gosto amargo. Já quando o pH é baixo, embora não represente riscos diretos à saúde, pode afetar o sabor e iniciar processos de corrosão (Barros Junior, 2024). Portanto, o monitoramento e o controle do pH da água são fundamentais para evitar danos e obstruções no sistema de encanamento. Em casos de desequilíbrio no pH, recomenda-se a adição de substâncias corretivas para ajustar a acidez ou alcalinidade da água (Brasil, 2013; Lenzi, Favero; Luchese, 2009).

3.4.6 Turbidez

A turbidez é uma propriedade óptica da água que se refere à sua capacidade de absorver e refletir a luz. Segundo a Brasil (2013), a turbidez é um parâmetro essencial para avaliar a qualidade física da água, sendo causada pela presença de materiais sólidos em suspensão, como silte, argila, sílica, coloides, matéria orgânica e inorgânica, além de organismos microscópicos e algas. Esses sólidos podem ter origem na erosão do solo, atividades de mineração, despejos industriais ou esgoto doméstico não tratado, resultando na contaminação e degradação dos ecossistemas aquáticos.

A turbidez reduz a transparência da água ao dificultar a passagem da luz, prejudicando a fotossíntese e diminuindo a disponibilidade de oxigênio dissolvido, fatores essenciais para a manutenção da vida aquática (Von Sperling, 2005).

A Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, estabelece os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. No que se refere ao parâmetro turbidez, a portaria determina que a água potável não deve apresentar turbidez superior a 5 unidades nefelométricas de turbidez (UNT).

3.4.7 Temperatura

Segundo Bortoli (2016), a temperatura da água é um parâmetro essencial, que interfere em diversas propriedades, como densidade, viscosidade e concentração de oxigênio dissolvido, afetando diretamente a vida aquática e os processos físico-químicos que ocorrem no meio.

De acordo com Von Sperling (2005) e Brasil (2013), esse parâmetro pode ser afetado por processos naturais, como radiação, condução e convecção, bem como por atividades humanas, como despejos térmicos industriais e operações de torres de resfriamento.

Além dessas influências, Nogueira, Costa e Pereira (2015) ressaltam que corpos d'água naturais apresentam variações térmicas sazonais e diurnas e podem exibir estratificação vertical, fenômeno que pode ser intensificado por interferências antrópicas. Diante disso, o monitoramento da temperatura da água é essencial para a conservação dos ecossistemas aquáticos e para a adoção de práticas sustentáveis na gestão dos recursos hídricos, apesar da Portaria GM/MS nº 888/2021 não estabelecer limite máximo.

3.4.8 Oxigênio dissolvido

O oxigênio, que compõe cerca de 21% do ar, à temperatura ambiente, pode se dissolver na água e ocupa um papel essencial em diversos processos químicos e biológicos (ANA, 2019). A medição de sua concentração é um parâmetro fundamental para a avaliação da qualidade da água, pois influencia diretamente a sobrevivência da vida aquática e a degradação da matéria orgânica. Esse parâmetro exerce função fundamental na manutenção da vida de organismos aquáticos que necessitam de oxigênio, o que faz com que seu acompanhamento seja indispensável para a análise da qualidade ambiental dos recursos hídricos (Nascimento, 2024).

3.4.9 Dióxido de Carbono

O dióxido de carbono, composto químico formado por um átomo de carbono e dois átomos de oxigênio, atua como um ácido fraco quando dissolvido em água. Em águas superficiais, sua concentração geralmente é inferior a 10 mg/L. No meio aquático, ele reage com a água formando ácido carbônico, que pode liberar íons H^+ , reduzindo o pH e intensificando processos corrosivos. Esse efeito é particularmente preocupante em sistemas de abastecimento de água, pois a corrosão de tubulações e estruturas de concreto pode comprometer a durabilidade dos materiais e a qualidade da água distribuída. Dessa forma, o monitoramento e o controle da concentração de CO_2 são fundamentais para prevenir danos estruturais e garantir a segurança do abastecimento (Brasil, 2013).

3.4.10 Amônia Total

A amônia total, também conhecida como nitrogênio amoniacal total, corresponde à soma das formas iônica (NH_4^+) e molecular (NH_3). Quando se analisa sua toxicidade, é

fundamental distinguir essas duas formas, pois a amônia não ionizada (NH_3) apresenta maior toxicidade para os organismos aquáticos, como destacado por Gonçalves e Silvério (2023).

Naturalmente presente em corpos d'água, a amônia resulta da degradação de compostos orgânicos e inorgânicos no solo ou na água. Esse processo decorre da excreção da fauna aquática, da redução do nitrogênio gasoso por microrganismos e da troca gasosa entre a atmosfera e os corpos hídricos (Reis; Mendonça, 2009).

Além de fontes naturais, a amônia também é encontrada em esgotos sanitários, sendo oriunda de efluentes domésticos e industriais, da hidrólise da ureia e da decomposição de aminoácidos e outros compostos nitrogenados. Quando não controlada, essa substância pode comprometer a qualidade da água e impactar negativamente os ecossistemas aquáticos.

De acordo com a Portaria GM/MS nº 888/2021, o valor máximo permitido para amônia total na água destinada ao consumo humano é de 1,5 mg/L, o que reforça a importância do seu monitoramento e controle para garantir a segurança sanitária e ambiental.

3.4.11 Fósforo Total

O fósforo é um nutriente essencial nos processos biológicos aquáticos, sendo indispensável para o armazenamento de energia e a formação celular. Em ambientes naturais, ele é encontrado principalmente na forma de fosfatos, cuja biodisponibilidade pode ser afetada pela presença de íons como o cálcio (Ca^{2+}), bem como pela complexação com minerais de argila e pela concentração de dióxido de carbono (Feitosa *et al.*, 2008).

A introdução de fósforo nos corpos d'água ocorre principalmente por meio de esgotos domésticos contendo detergentes fosfatados, resíduos fecais, efluentes industriais – especialmente da produção de fertilizantes – e pela lixiviação de solos agrícolas. A erosão acentuada, frequentemente causada pelo desmatamento, também contribui para o transporte de fósforo para os ambientes aquáticos, agravando o assoreamento e a degradação dos ecossistemas (ANA, 2023).

Esse nutriente também é um dos principais responsáveis pela eutrofização, um processo que degrada a qualidade da água em lagos e estuários. Quando há excesso de nutrientes, como fósforo e nitrogênio, ocorre o crescimento descontrolado de plantas e algas. Esse crescimento excessivo prejudica o uso da água e, com a decomposição da vegetação morta, o oxigênio é consumido, o que pode levar à morte de peixes e desestabilizar o ecossistema.

Apesar da relevância ambiental do fósforo, a Portaria GM/MS nº 888/2021, que estabelece os padrões de qualidade da água para consumo humano no Brasil, não define um

valor máximo permitido para esse parâmetro. Contudo, a Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece limites específicos para o fósforo total em corpos d'água doces, de acordo com a classe do recurso hídrico. Para águas doces de Classe 2, destinadas a usos como o abastecimento público com tratamento convencional, o limite é de até 0,030 mg/L em rios e 0,050 mg/L em ambientes lênticos, como lagos e represas. Esses valores têm como objetivo principal a proteção da vida aquática e a prevenção da eutrofização (Brasil, 2005).

3.4.12 Nitrato

Nos corpos d'água, o nitrogênio pode ocorrer em diversas formas, incluindo nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. O nitrato, em particular, está presente em quantidades reduzidas em águas naturais, mas sua concentração pode aumentar devido a fontes como descargas de esgotos sanitários, efluentes industriais, lixões e o uso de fertilizantes nitrogenados (Feitosa *et al.*, 2008).

Os nitratos são altamente tóxicos para os seres humanos, e sua presença em níveis elevados nos corpos hídricos pode representar um risco à saúde. Uma das principais consequências da ingestão excessiva de nitratos é a metemoglobinemia infantil, uma condição grave que pode ser fatal em crianças (ANA, 2019).

Nesse contexto, a Portaria GM/MS nº 888/2021 estabelece o valor máximo permitido de 10 mg/L de nitrato (expressos como nitrogênio) para a água destinada ao consumo humano, com o objetivo de proteger a saúde da população, especialmente de grupos mais vulneráveis.

3.4.13 Sulfato

O sulfato é um ânion amplamente distribuído na biosfera e presente em corpos d'água naturais em concentrações variáveis. Em fontes de água potável, sua presença em níveis elevados pode alterar o sabor da água, tornando-o salino ou amargo, o que pode levar à recusa por parte dos consumidores. Além disso, concentrações excessivas de sulfato podem ter efeitos laxativos em seres humanos, causando diarreia e desidratação (Vasconcelos; Oliveira, 2018).

De acordo com a Portaria GM/MS nº 888/2021, do Ministério da Saúde, o valor máximo permitido de sulfato em água destinada ao consumo humano é de 250 mg/L, visando preservar tanto a palatabilidade quanto a segurança sanitária da água distribuída à população.

3.4.14 Cálcio, Sódio e Potássio

De acordo com Parron, Muniz e Pereira (2011), a presença de cálcio na água está relacionada à proximidade de depósitos minerais como calcita, dolomita e gipsita. O sódio, por sua vez, forma sais altamente solúveis em água, e sua concentração varia conforme as condições geológicas da região e o descarte de efluentes no local. Já o potássio desempenha um papel essencial no desenvolvimento e na nutrição dos organismos vivos, estando presente na água devido à decomposição de matéria vegetal e à liberação de resíduos agrícolas. Em ambientes aquáticos, esse elemento se liga rapidamente à argila ou é absorvido pelas plantas, o que explica suas concentrações relativamente baixas em águas naturais.

Segundo a Portaria GM/MS nº 888/2021, o valor máximo permitido de sódio na água potável é de 200 mg/L, devido à sua relevância para a saúde humana, especialmente em indivíduos com restrições dietéticas. Para cálcio e potássio, a legislação brasileira não estabelece limites máximos específicos, mas sua presença é monitorada por motivos operacionais, relacionados ao sabor da água, à corrosividade e à formação de incrustações (Brasil, 2021).

3.4.15 Cloro Residual

De acordo com Lenzi, Favero e Luchese (2009), o cloro residual é adicionado à água para controlar a proliferação de algas e bactérias, oxidar a matéria orgânica e destruir organismos patogênicos. Os derivados de cloro mais comuns utilizados nesse processo incluem hipoclorito de sódio, hipoclorito de cálcio, cal clorada e dióxido de cloro. Essa prática é fundamental para o processo de desinfecção em Estações de Tratamento de Água.

Quanto à legislação brasileira, a Portaria GM/MS nº 888/2021 estabelece que o cloro residual livre na água potável deve estar entre 0,2 mg/L e 2,0 mg/L no ponto de consumo, garantindo a eficácia da desinfecção sem causar efeitos adversos à saúde ou ao sabor da água. Dessa forma, o monitoramento desse parâmetro é essencial para assegurar a qualidade microbiológica da água fornecida à população (Brasil, 2021).

3.5 ANÁLISES BACTERIOLÓGICAS

A água destinada ao consumo humano deve ser livre de microrganismos patogênicos que possam representar riscos à saúde da população. A presença de tais microrganismos

compromete a qualidade da água e pode gerar sérios problemas de saúde. Segundo o Ministério da Saúde (Brasil, 2018), é fundamental que a água esteja livre de contaminação por coliformes totais e *Escherichia coli*, que são indicadores de contaminação fecal e podem originar doenças graves.

A ingestão de água contaminada é uma das principais causas de doenças transmissíveis, como diarreia, esquistossomose, tracoma, malária, dengue e legionelose. Essas doenças são frequentemente causadas por microrganismos patogênicos, como bactérias, vírus, protozoários e helmintos, que se espalham principalmente por meio da contaminação fecal. As fezes de humanos e animais são as fontes primárias dessa contaminação, fazendo com que o cumprimento das normas sanitárias seja essencial para prevenir surtos e garantir a saúde pública (Coelho, 2020).

A análise da qualidade da água inclui a detecção de coliformes totais, que indicam contaminação ambiental ou fecal, e *Escherichia coli*, um marcador específico de origem fecal. A presença de *E. coli* pode revelar falhas no tratamento e na proteção das fontes de abastecimento, exigindo medidas corretivas imediatas para prevenir a propagação de doenças.

Esse microrganismo, encontrado exclusivamente no trato intestinal de humanos e animais de sangue quente, é amplamente utilizado no monitoramento da qualidade da água e pode estar associado a outros patógenos, como vírus e protozoários, aumentando os riscos sanitários (Fortes, Almeida, 2022). Assim, a manutenção adequada dos sistemas de abastecimento, incluindo a limpeza e monitoramento das caixas d'água, aliada ao cumprimento rigoroso das normas vigentes, é essencial para garantir a segurança da água consumida pela população.

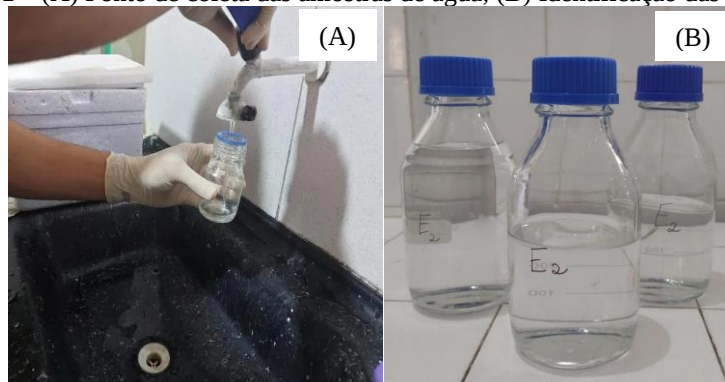
4 METODOLOGIA

4.1 LOCALIZAÇÃO DA COLETA DAS AMOSTRAS

As amostras de água foram coletadas (Figura 1A) em uma escola pública do município de Areia - PB, no período de agosto de 2023 a abril de 2024, por volta das 6h30. Ao todo, foram analisadas 7 amostras, com uma coleta por mês, exceto nos meses de janeiro e outubro, quando não houve coletas. As coletas foram realizadas seguindo os critérios estabelecidos pela NBR 9898:2013, garantindo a representatividade e integridade das amostras, bem como a confiabilidade dos resultados obtidos (ABNT, 2013).

Os frascos utilizados na coleta foram devidamente higienizados e identificados para análises físico-químicas (Figura 1B) e esterilizados quando destinados às análises bacteriológicas. Em seguida, as amostras foram refrigeradas e transportadas para os Laboratórios de Química Analítica e de Biologia e Tecnologia Pós-Colheita, vinculados ao Departamento de Química e Física (DQF) do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), onde foram realizadas as análises.

Figura 1 – (A) Ponto de coleta das amostras de água; (B) Identificação das amostras.



Fonte: elaboração própria, 2024.

Como a água do reservatório é destinada ao consumo humano, os resultados das análises foram comparados com os padrões de potabilidade estabelecidos na Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, do Ministério da Saúde, e na Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

4.2 ANÁLISES DE VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICAS

Foram analisados os seguintes parâmetros físico-químicos: pH, turbidez, cloreto, sulfato, alcalinidade, condutividade elétrica, dióxido de carbono livre, cálcio, dureza total,

fósforo e nitrato. Todas as análises foram realizadas em triplicata, e os métodos utilizados estão descritos no Quadro 1.

Quadro 1 - Parâmetros e metodologias utilizadas de acordo com o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

VARIÁVEIS	MÉTODOS
pH	4500-H + B - Método eletrométrico
Turbidez	2130 B – Método nefelométrico
Cloreto	4500-Cl- B - Método Argentométrico
Sulfato	4500-SO ₄ 2- E – Método Turbidimétrico
Alcalinidade	2320 B – Método de titulação
Condutividade elétrica	2510 B – Método laboratorial
Gás carbônico livre	4500-CO ₂ C – Método Titulométrico para Dióxido de Carbono Livre
Cálcio	3500-Ca B – Método Titulométrico (EDTA)
Dureza total	2340 C – Método Titulométrico (EDTA)
Fosforo total	4500-P C - Método Colorimétrico do Ácido Vanadomolibdofosfórico
Nitrato	4500-NO ₃ - B - Método de triagem espectrofotométrica ultravioleta
Oxigênio dissolvido	4500-O G – Método Membrana-Eletrodo
Cloro residual	4500-Cl G – Método DPD Colorimétrico (após adição de iodeto de potássio).
Amônia	Standard Test Methods for Ammonia Nitrogen In Water

Fonte: adaptado de Neves (2022); APHA/AWWA/WEF (2017).

A amônia foi examinada em conformidade com o Standard Test Methods for Ammonia Nitrogen In Water (ASTM D 1426, 2008). O princípio deste procedimento é determinar os íons de amônia através de análise colorimétrica, utilizando o reagente de Nessler e um espectrofotômetro em determinado comprimento de onda (λ).

Os equipamentos utilizados para as análises de pH, turbidez, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica foram: pHmetro MS Tecnocon, modelo luca-210, para o pH, turbidímetro Del Lab, modelo DLT WV, para turbidez; e condutivímetro MS Tecnocon, modelo luca-150, para a condutividade elétrica.

4.3 ANÁLISES BACTERIOLÓGICAS

Nas análises bacteriológicas, foi verificada a presença ou ausência de coliformes totais e *Escherichia coli*. Todas as análises foram realizadas em triplicata, utilizando a técnica do substrato enzimático Colilert®, conforme o método 9223B descrito no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA/AWWA/WEF, 2017).

Os substratos cromogênico e fluorogênico utilizados foram, respectivamente, ortonitrofenil- β -D-galactopiranosídeo (ONPG), para detectar a enzima β -D-galactosidase produzida por coliformes totais, e 4-metilumbeliferil- β -D-glucuronídeo (MUG), para detectar a enzima β -D-glucuronidase, presente na maioria das cepas de *Escherichia coli*.

À medida que os coliformes se desenvolvem, utilizam a β -galactosidase para metabolizar o ONPG, resultando em uma mudança de cor de incolor para amarelo, conforme ilustrado na Figura 2A. Já a *E. coli* utiliza a β -glucuronidase para metabolizar o MUG, produzindo fluorescência, conforme mostrado na Figura 2B. Essa fluorescência é específica para *E. coli*, pois a maioria dos coliformes não possui essa enzima.

Figura 2 - Mudança de coloração das amostras de coliformes totais e *Escherichia coli*.



Fonte: elaboração própria, 2024.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

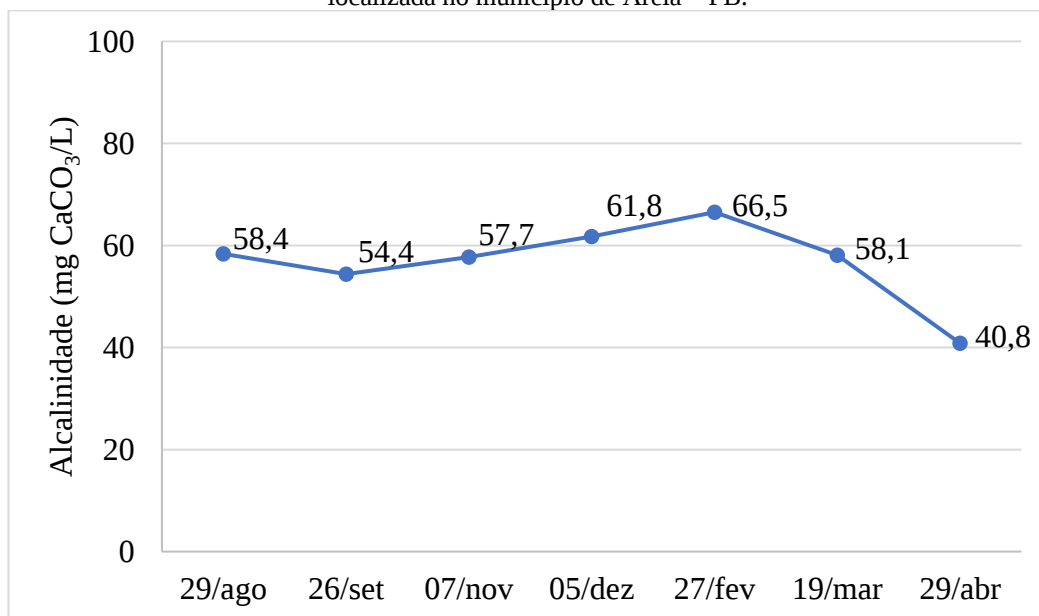
Os resultados obtidos foram comparados com a Portaria nº 888, de 4 de maio de 2021, do Ministério da Saúde, e com a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Esses documentos estabelecem os padrões de potabilidade e qualidade das águas superficiais, sendo fundamentais para garantir a segurança da água destinada ao consumo humano.

5.1 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

5.1.1 Alcalinidade

A medição da alcalinidade é fundamental para otimizar e controlar o tratamento da água de maneira eficiente. O Gráfico 1 apresenta a variação dos valores de alcalinidade, expressos em mg CaCO₃/L, ao longo das diferentes datas analisadas, proporcionando uma visão clara das flutuações desse parâmetro durante o período estudado.

Gráfico 1 - Resultados obtidos para alcalinidade (mg CaCO₃/L) nas amostras coletadas em uma escola pública, localizada no município de Areia – PB.



Fonte: elaboração própria, 2024.

Ao analisar os dados do Gráfico 1, observa-se que a alcalinidade variou entre 40,8 mg CaCO₃/L a 66,5 mg CaCO₃/L ao longo das coletas. Inicialmente, houve uma leve redução entre agosto (58,4 mg/L) e setembro (54,4 mg/L), seguida por um aumento gradual até fevereiro,

quando atingiu seu pico de 66,5 mg/L. No entanto, a partir desse ponto, ocorreu uma queda acentuada, chegando a 40,8 mg/L no final de março.

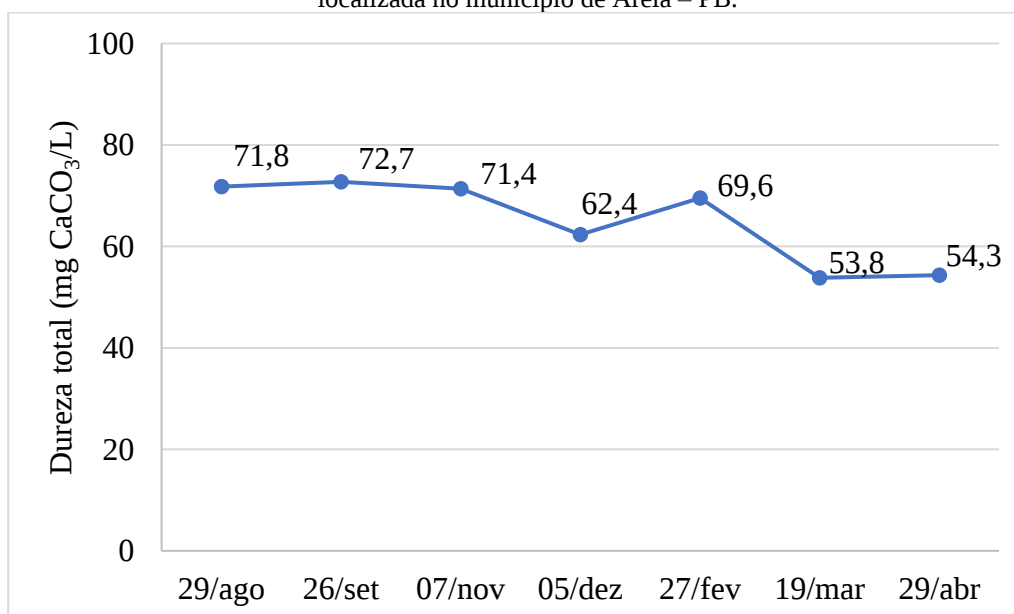
Essa variação ao longo do período analisado pode ser explicada por diferentes fatores ambientais e operacionais (Libânio, 2010). O aumento da alcalinidade até fevereiro pode indicar maior concentração de bicarbonatos na água, enquanto a redução nos meses seguintes pode estar relacionada à diluição provocada pelas chuvas ou a modificações nos processos de tratamento.

De acordo com Brasil (2006) e Pereira *et al.* (2010), a maioria das águas naturais apresenta alcalinidade na faixa de 30 a 500 mg CaCO_3/L . Dessa forma, os valores observados nesta pesquisa estão dentro dos limites esperados, indicando que a água analisada não representa risco à saúde humana, não compromete a preservação ambiental e não interfere negativamente na eficiência dos processos industriais ou de tratamento de água. Porém, o monitoramento contínuo é essencial para garantir que os valores permaneçam dentro dos padrões adequados, garantindo a segurança e a qualidade da água para consumo.

5.1.2 Dureza total

Os valores de dureza total, expressos em mg CaCO_3/L , das amostras de água ao longo do período analisado, estão representados no Gráfico 2.

Gráfico 2 - Resultados obtidos para Dureza total (mg CaCO_3/L) nas amostras coletadas em uma escola pública, localizada no município de Areia – PB.



Fonte: elaboração própria, 2024.

Conforme observado no Gráfico 2, os níveis de dureza total das amostras variaram entre 53,8 e 72,7 mg CaCO₃/L ao longo do período analisado. Inicialmente, os valores permaneceram relativamente estáveis entre agosto (71,8 mg/L) e novembro (71,4 mg/L), seguidos por uma redução acentuada em dezembro (62,4 mg/L). Nos meses seguintes, observou-se uma leve recuperação, atingindo 69,6 mg/L em fevereiro. No entanto, posteriormente, houve uma nova queda, registrando o menor valor em março (53,8 mg/L). Com base nesses resultados e na classificação proposta por Sousa (2023), a água analisada nesta pesquisa pode ser considerada de dureza moderada.

As variações na dureza da água podem ser atribuídas a fatores como a composição mineral do solo e a intensidade das chuvas. Esse parâmetro é influenciado principalmente pelos íons de cálcio e magnésio, sendo essencial para determinar a qualidade da água e sua adequação ao consumo humano e industrial (Libânio, 2010).

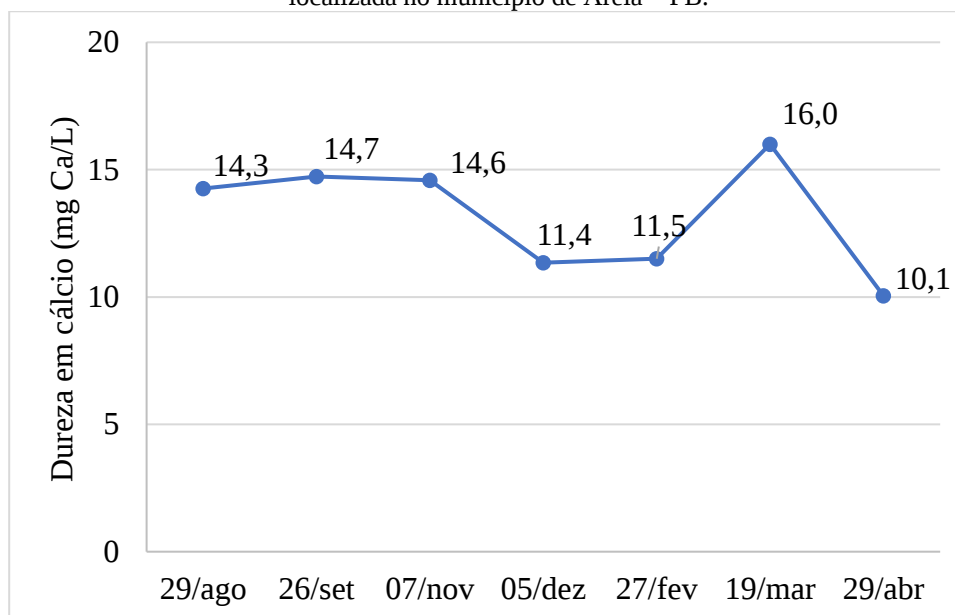
De acordo com a Portaria GM/MS nº 888/2021, o limite máximo permitido para a dureza total é de 300 mg CaCO₃/L, o que indica que os valores encontrados nesta pesquisa estão dentro dos padrões estabelecidos para água potável. Resultados semelhantes foram obtidos por Medeiros (2023), ao avaliar a qualidade físico-química da água em escolas públicas de Sousa-PB, identificando valores de dureza entre 35 e 53 mg/L, próximos aos registrados neste estudo.

Embora não represente risco direto à saúde, a dureza elevada da água pode causar incrustações em caixas d'água e tubulações, reduzir a eficiência da limpeza e comprometer o funcionamento de equipamentos hidráulicos, afetando o uso doméstico (Libânio, 2010).

5.1.3 Dureza cálcio

A variação da dureza em cálcio das amostras de água obtidas neste estudo ao longo do período analisado está apresentada no Gráfico 3.

Gráfico 3 - Resultados obtidos para Dureza em cálcio (mg Ca/L) nas amostras coletadas em uma escola pública, localizada no município de Areia – PB.



Fonte: elaboração própria, 2024.

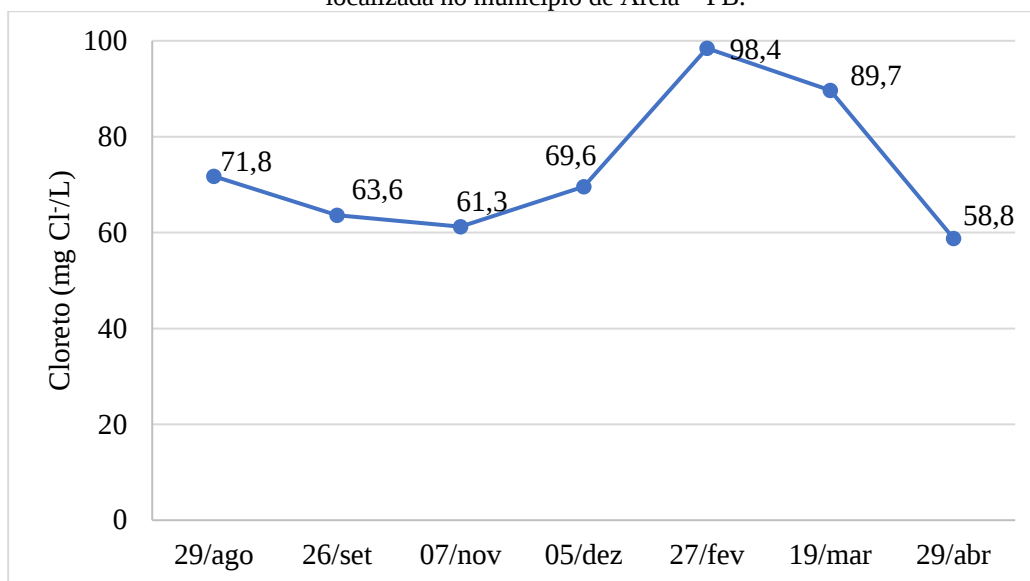
Baseado nos resultados apresentados no Gráfico 3 percebe-se que, inicialmente, os valores para dureza em cálcio se mantiveram relativamente estáveis entre agosto (14,3 mg/L), setembro (14,7 mg/L) e novembro (14,6 mg/L). No entanto, em dezembro, houve uma redução, atingindo 11,4 mg/L, valor que permaneceu praticamente constante até fevereiro. Em março, observou-se um aumento, alcançando o maior valor registrado (16,0 mg/L). Contudo, no mês seguinte, a dureza em cálcio sofreu uma queda acentuada, atingindo o menor valor do período (10,1 mg/L).

Baseado nas ideias de Moura; Boaventura; Pinelli (2010), as variações na dureza da água podem ser atribuídas a uma combinação de fatores, incluindo a composição geológica do solo e as variações na qualidade da fonte hídrica. A concentração de íons de cálcio, por exemplo, pode ser afetada por processos naturais e atividades humanas, como a extração de água ou modificações no tratamento. O monitoramento contínuo desses parâmetros é essencial para garantir a qualidade da água, prevenindo problemas como incrustações e a perda de estabilidade química da água.

5.1.4 Cloretos

O Gráfico 4 apresenta os resultados obtidos para Cloreto (mg Cl⁻/L) nas amostras coletadas em uma escola pública, localizada no município de Areia – PB.

Gráfico 4 - Resultados obtidos para Cloreto (mg Cl⁻/L) nas amostras coletadas em uma escola pública, localizada no município de Areia – PB.



Fonte: elaboração própria, 2024.

No Gráfico 4, observa-se que os níveis de cloretos oscilaram entre 58,8 mg/L e 98,4 mg/L, com uma tendência inicial de redução de agosto (71,8 mg/L) até novembro (61,3 mg/L). A partir de novembro, os níveis de cloreto começaram a aumentar gradativamente, atingindo o pico em fevereiro (98,4 mg/L). Após esse ponto, houve uma queda nos valores, chegando ao menor nível registrado em março (58,8 mg/L).

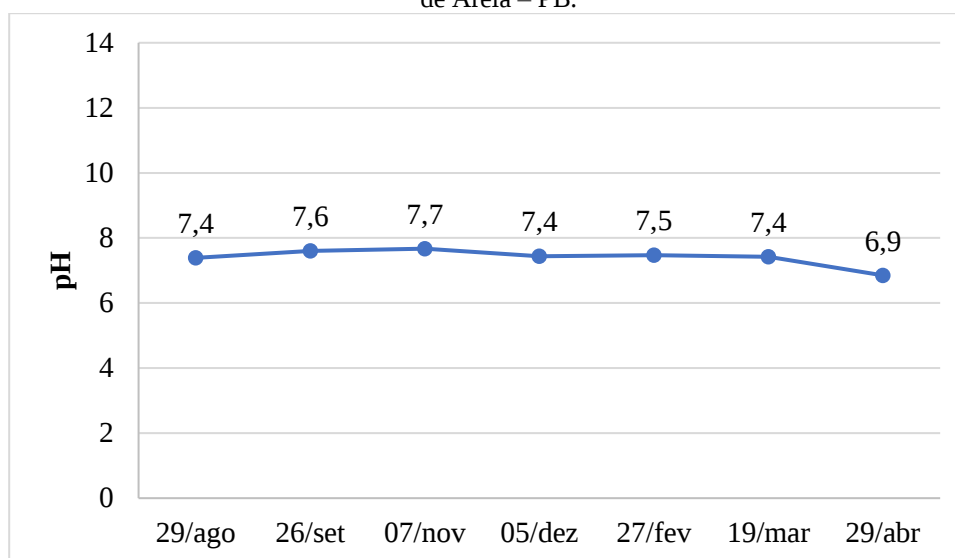
Os valores obtidos estão em conformidade com o limite estabelecido pela Portaria nº 888/21 do Ministério da Saúde, que determina um máximo de 250 mg Cl⁻/L. Dessa forma, as concentrações observadas podem ser consideradas adequadas para a qualidade da água potável, uma vez que os cloretos são minerais naturalmente presentes nos recursos hídricos.

A concentração de cloretos em águas superficiais pode apresentar variações significativas em decorrência de fatores naturais e antrópicos, como a composição geológica do solo, o uso e ocupação do território e as condições climáticas locais. Nolasco; Oliveira; Silva (2020), ao analisarem amostras de água no município de Almenara (MG), observaram que tais variações estão diretamente relacionadas a esses fatores, o que evidencia a importância do monitoramento constante desse parâmetro. De forma complementar, Matias *et al.* (2019) destacam que os cloretos estão presentes em quase todas as águas naturais, originando-se da dissolução de sais como o cloreto de sódio. A presença desses íons pode acelerar processos de corrosão em tubulações de aço e alumínio, além de alterar o sabor da água. Concentrações elevadas de cloretos podem indicar poluição da água por esgoto doméstico, ressaltando a importância do monitoramento constante desse parâmetro para garantir a qualidade da água fornecida à população.

5.1.5 pH

Os valores obtidos para o pH nas amostras coletadas na escola pública do município de Areia - PB podem ser visualizados no Gráfico 5.

Gráfico 5 - Resultados obtidos para pH nas amostras coletadas em uma escola pública, localizada no município de Areia – PB.



Fonte: elaboração própria, 2024.

Ao analisar o Gráfico 5, observa-se uma variação do pH da água ao longo do período analisado. Inicialmente, os valores mostraram um aumento de 7,4 em agosto para um pico de 7,7 em novembro. A partir desse ponto, houve uma leve redução para 7,4 em novembro, seguida por pequenas oscilações nos meses seguintes, mantendo-se relativamente estável até março. No entanto, observa-se uma queda em abril, quando o pH atinge seu menor valor registrado, 6,9. A queda observada no final do período pode estar relacionada a fatores como aumento da matéria orgânica, variações na composição química da água ou influência de processos naturais e antropogênicos.

Os valores de pH exercem influência direta sobre a qualidade da água, interferindo na solubilidade de compostos químicos e na atividade biológica nos ecossistemas aquáticos. Segundo a Portaria GM/MS nº 888/2021, que estabelece os padrões de potabilidade da água no Brasil, o pH da água para consumo humano deve estar na faixa de 6,0 a 9,5. Todas as amostras analisadas neste estudo apresentaram valores dentro desse intervalo, indicando conformidade com os critérios estabelecidos para água potável.

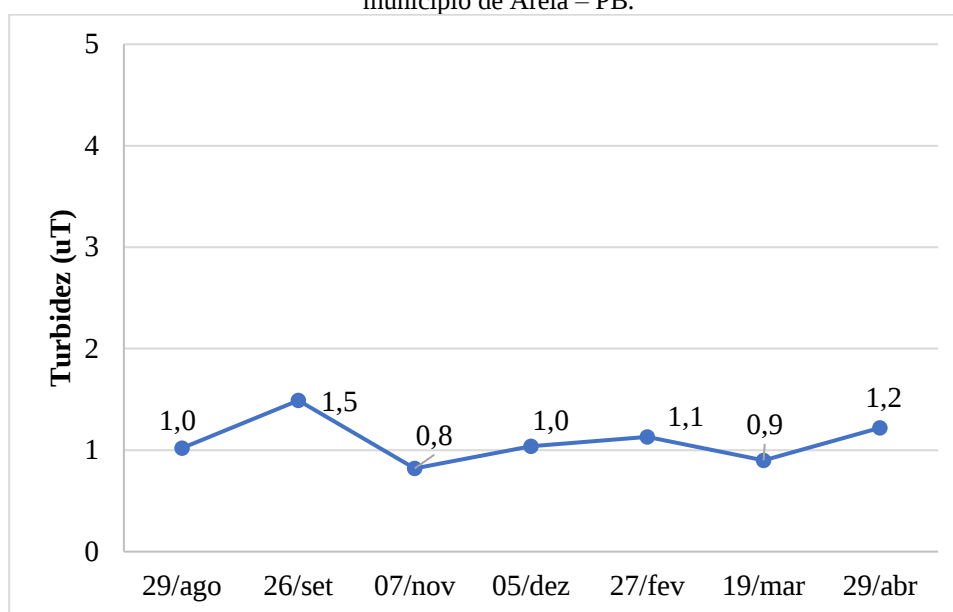
Scuracchio (2010), em suas pesquisas sobre a qualidade da água utilizada para consumo em escolas no município de São Carlos-SP, encontrou duas amostras com pH inferior a 6,0, abaixo do limite mínimo estabelecido.

O monitoramento contínuo do pH é essencial para garantir a estabilidade da qualidade da água e evitar possíveis impactos ambientais e na saúde humana (Souza *et al.*, 2025).

5.1.6 Turbidez

Conforme a Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde, o limite máximo permitido para turbidez em água destinada ao consumo humano é até 5,0 uT. Os valores obtidos nesta pesquisa para esse parâmetro estão ilustrados no Gráfico 6.

Gráfico 6 - Resultados obtidos para turbidez (uT) nas amostras coletadas em uma escola pública, localizada no município de Areia – PB.



Fonte: elaboração própria, 2024.

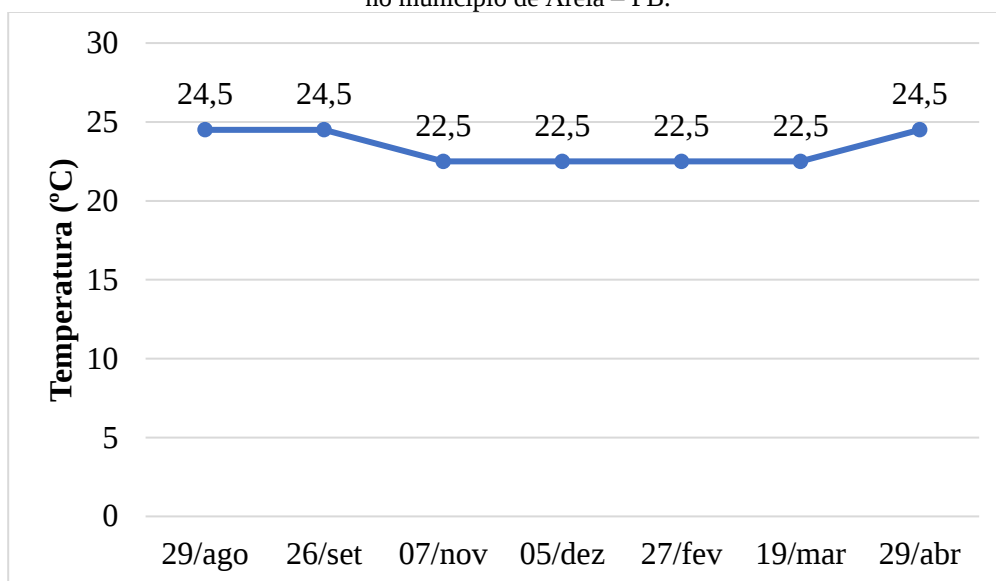
Conforme apresentado no Gráfico 6, os resultados obtidos para o parâmetro analisado apresentaram oscilação nos valores, com um pico máximo de 1,5 uT no início de setembro, seguido por uma redução significativa para 0,8 uT em novembro. Nos meses seguintes, há uma recuperação gradual, atingindo 1,1 uT em fevereiro, seguida de uma leve queda em março (0,9 uT) e um novo aumento em abril, chegando a 1,2 uT, porém esses valores estão dentro do limite estabelecido pela Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde. As variações observadas podem estar associadas a fatores como precipitação, escoamento superficial, atividade antrópica e processos de tratamento da água.

Esses valores indicam uma baixa concentração de material suspenso no reservatório de água da escola pública participante da pesquisa, demonstrando que, nesse aspecto, a qualidade da água atende aos padrões recomendados para consumo.

5.1.7 Temperatura

Os resultados obtidos para a temperatura podem ser observados no Gráfico 7.

Gráfico 7 - Resultados obtidos para temperatura (°C) nas amostras coletadas em uma escola pública, localizada no município de Areia – PB.



Fonte: elaboração própria, 2024.

Os dados apresentados no Gráfico 7 evidenciam variações na temperatura da água ao longo do período analisado, com estabilidade em 22,5 °C entre novembro e março e leve aumento gradativo nos meses de agosto, setembro e abril, quando a temperatura atingiu 24,5 °C. Essas variações podem ser influenciadas por fatores ambientais, como radiação solar, altitude, profundidade do corpo hídrico e condições climáticas sazonais (CETESB, 2009).

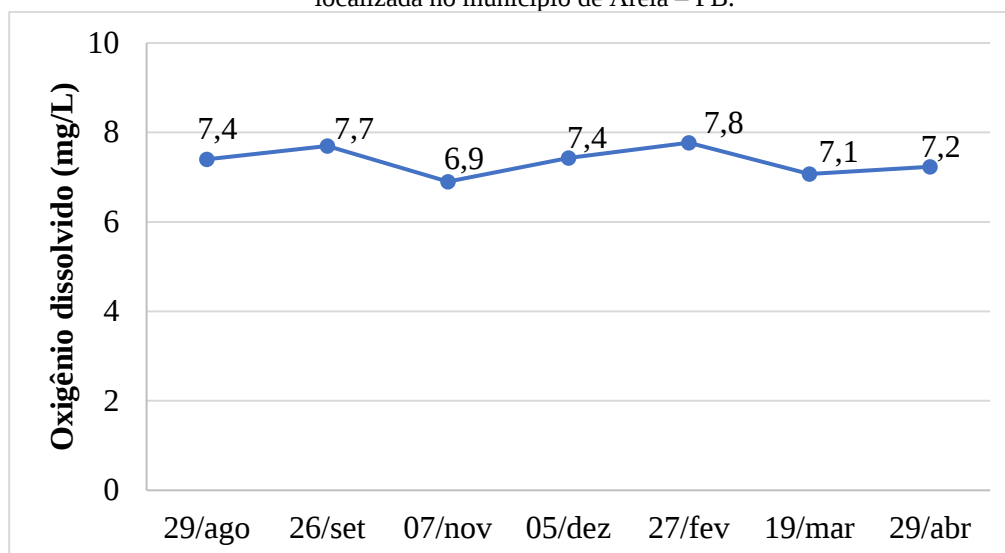
Embora a legislação brasileira não estabeleça limites específicos para a temperatura, seu monitoramento é fundamental, pois mudanças nesse parâmetro afetam diretamente a qualidade da água, o metabolismo dos organismos aquáticos e a solubilidade de gases.

5.1.8 Oxigênio dissolvido

O monitoramento contínuo do oxigênio dissolvido é fundamental para entender as dinâmicas ecológicas dos corpos d'água e detectar impactos causados por atividades humanas

ou fenômenos naturais, assegurando a qualidade da água e o equilíbrio ambiental. Por esse motivo, foi realizada a análise desse parâmetro e os resultados estão expostos no Gráfico 8.

Gráfico 8 - Resultados obtidos para Oxigênio dissolvido (mg/L) nas amostras coletadas em uma escola pública, localizada no município de Areia – PB.



Fonte: elaboração própria, 2024.

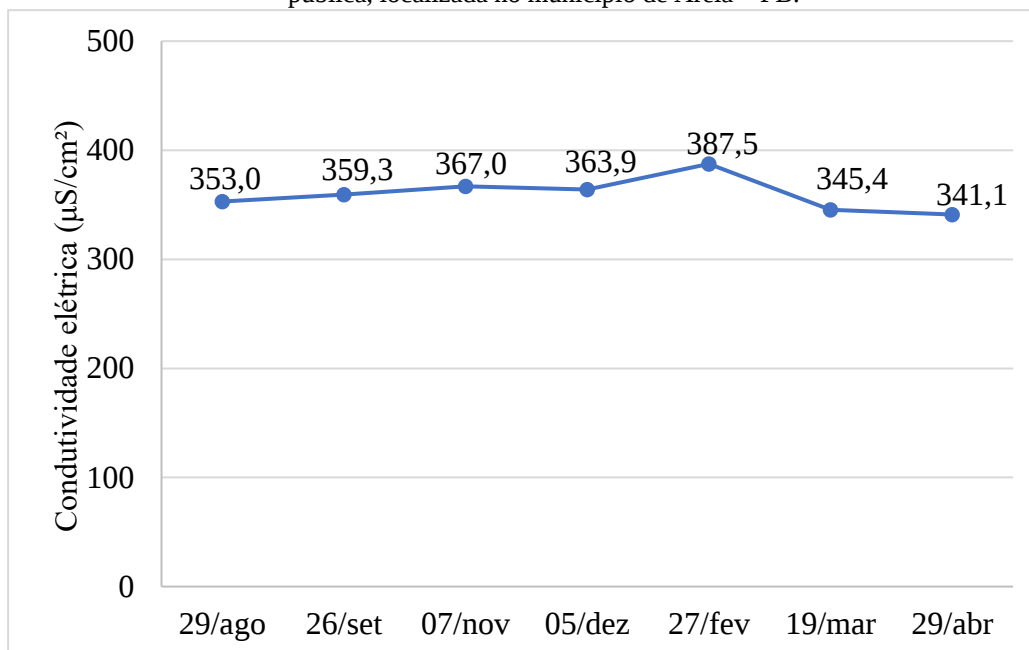
A análise do Gráfico 8 revela que os níveis de oxigênio dissolvido nas amostras coletadas variaram entre 6,9 e 7,7 mg/L, atendendo aos requisitos da Resolução CONAMA 357/2005, que estabelece um valor mínimo de 5,0 mg/L para a preservação da vida aquática.

As variações observadas podem estar relacionadas a fatores sazonais, como mudanças de temperatura, presença de matéria orgânica em decomposição e flutuações na atividade fotossintética das algas. O menor valor registrado em novembro pode indicar um aumento na carga de matéria orgânica ou uma redução na fotossíntese, enquanto os picos observados em setembro e fevereiro sugerem condições ambientais mais favoráveis ao processo fotossintético (Libânio, 2010).

5.1.9 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica é uma propriedade que mede a capacidade de um material conduzir corrente elétrica quando submetido a uma tensão elétrica. Os valores de condutividade elétrica obtidos nesta pesquisa estão apresentados no Gráfico 9.

Gráfico 9 - Resultados obtidos para Condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}^2$) nas amostras coletadas em uma escola pública, localizada no município de Areia – PB.



Fonte: elaboração própria, 2024.

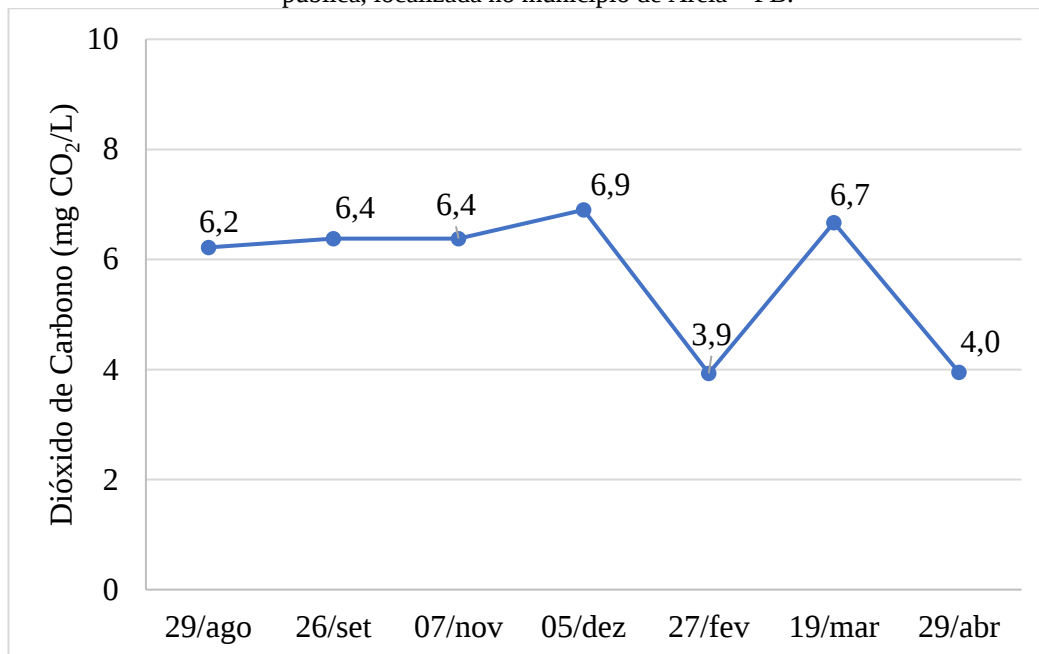
Conforme demonstrado no Gráfico 9, a condutividade elétrica da água do reservatório apresentou variações significativas ao longo do período analisado, com um aumento gradual entre agosto e fevereiro, atingindo o valor máximo de $387,5 \mu\text{S}/\text{cm}^2$ no final de fevereiro. Em seguida, observou-se uma redução acentuada, chegando a $341,1 \mu\text{S}/\text{cm}^2$ em abril. Essas oscilações podem ser atribuídas a fatores sazonais, como a intensificação da evaporação nos meses mais secos, que eleva a concentração de sais dissolvidos, e o aumento das chuvas no início do ano, que promove a diluição dos íons presentes na água.

A Resolução CONAMA nº 357/2005 e a Portaria GM/MS nº 888/2021 não estabelecem limites específicos para a condutividade elétrica, mas esse parâmetro é importante como indicador complementar da qualidade da água, refletindo a concentração de íons dissolvidos e auxiliando na avaliação ambiental e do tratamento.

5.1.10 Dióxido de carbono

O dióxido de carbono livre (CO_2) em águas superficiais geralmente apresenta concentrações inferiores a 10 mg/L , enquanto em águas subterrâneas esses valores tendem a ser mais elevados (Brasil, 2006). O Gráfico 10 apresenta os níveis de dióxido de carbono medidos ($\text{mg CO}_2/\text{L}$) neste estudo.

Gráfico 10 - Resultados obtidos para Dióxido de Carbono ($\text{mg CO}_2/\text{L}$) nas amostras coletadas em uma escola pública, localizada no município de Areia – PB.



Fonte: elaboração própria, 2024.

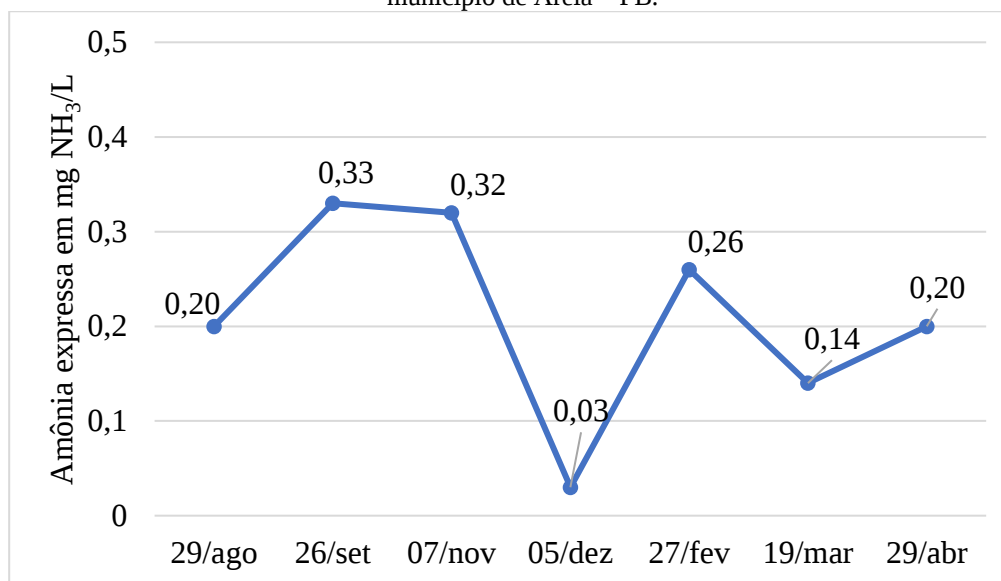
Com base nos resultados apresentados no Gráfico 10, observa-se variações na concentração de dióxido de carbono ($\text{mg CO}_2/\text{L}$) ao longo do período analisado. Entre agosto e novembro, os valores permaneceram relativamente estáveis (6,2 a 6,9 mg/L), seguidos por uma redução significativa em fevereiro (3,9 mg/L), um novo aumento em março (6,7 mg/L) e outra queda em abril (4,0 mg/L).

Essas flutuações podem estar relacionadas a fatores sazonais, como variações de temperatura, atividade biológica (respiração e decomposição) e trocas gasosas com a atmosfera. Os valores mais baixos em fevereiro e abril sugerem maior ventilação ou intensificação das trocas gasosas, enquanto os picos em novembro e fevereiro podem estar associados a uma maior atividade biológica ou ao aporte de matéria orgânica. No entanto, todas as concentrações registradas permanecem dentro dos padrões típicos de águas superficiais (<10 mg/L), indicando um equilíbrio com os processos naturais de produção e liberação de CO_2 .

5.1.11 Amônia

Os resultados das análises de amônia nas amostras coletadas estão apresentados no Gráfico 11.

Gráfico 11 - Resultados obtidos para amônia nas amostras coletadas em uma escola pública, localizada no município de Areia – PB.



Fonte: elaboração própria, 2024.

Ao analisar o Gráfico 11, observam-se variações significativas na concentração de amônia ao longo do período avaliado. Em agosto, a concentração foi de 0,20 mg/L, aumentando para 0,33 mg/L em setembro e mantendo-se elevada em outubro (0,32 mg/L). Em dezembro, houve uma redução acentuada para 0,03 mg/L. Nos meses seguintes, registrou-se um novo aumento, com 0,26 mg/L em fevereiro, seguido por uma discreta queda em março (0,14 mg/L) e um subsequente acréscimo em abril, alcançando 0,20 mg/L.

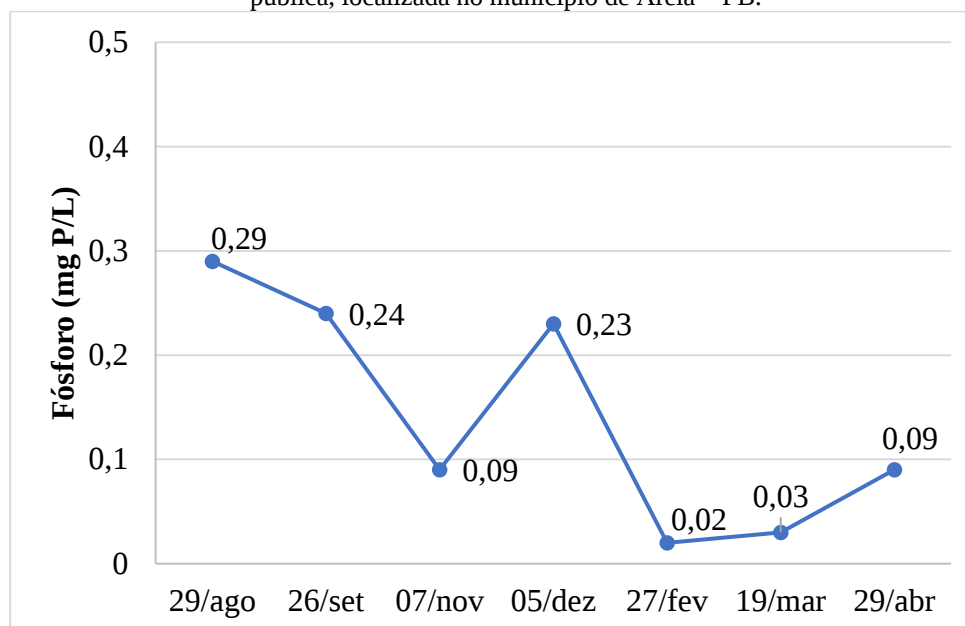
Essas oscilações podem estar relacionadas a fatores como a decomposição de matéria orgânica, o aporte de nutrientes e mudanças sazonais nas condições ambientais, como temperatura e níveis de oxigenação da água (Diniz; Santos, 2022). A baixa concentração registrada em dezembro pode indicar maior atividade de nitrificação ou diluição devido às chuvas, enquanto os picos observados em setembro e novembro podem estar associados a um aumento na carga orgânica ou a uma menor taxa de assimilação pelos organismos.

É importante ressaltar que os valores obtidos estão em conformidade com a Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde, que estabelece o limite máximo de 1,2 mg NH₃/L, garantindo que a água analisada esteja dentro dos padrões adequados para consumo humano.

5.1.12 Fósforo

O Gráfico 12 apresenta os resultados obtidos para fósforo (mg P/L) nas amostras coletadas em uma escola pública, localizada no município de Areia – PB.

Gráfico - 12 Resultados obtidos para fósforo (mg P/L) nas amostras coletadas na coletadas em uma escola pública, localizada no município de Areia – PB.



Fonte: elaboração própria, 2024.

Os resultados das análises de fósforo total revelaram variações significativas ao longo do período de monitoramento (Gráfico 12). Os valores obtidos oscilaram entre 0,02 mg/L (27/fev) e 0,29 mg/L (29/ago), sendo que em todas as campanhas, com exceção das datas de 27/fev, 19/mar e 29/abr, os teores de fósforo total ultrapassaram o limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005, que define o valor máximo de 0,020 mg/L para corpos hídricos de classe 2. Esse fato indica uma condição potencial de eutrofização.

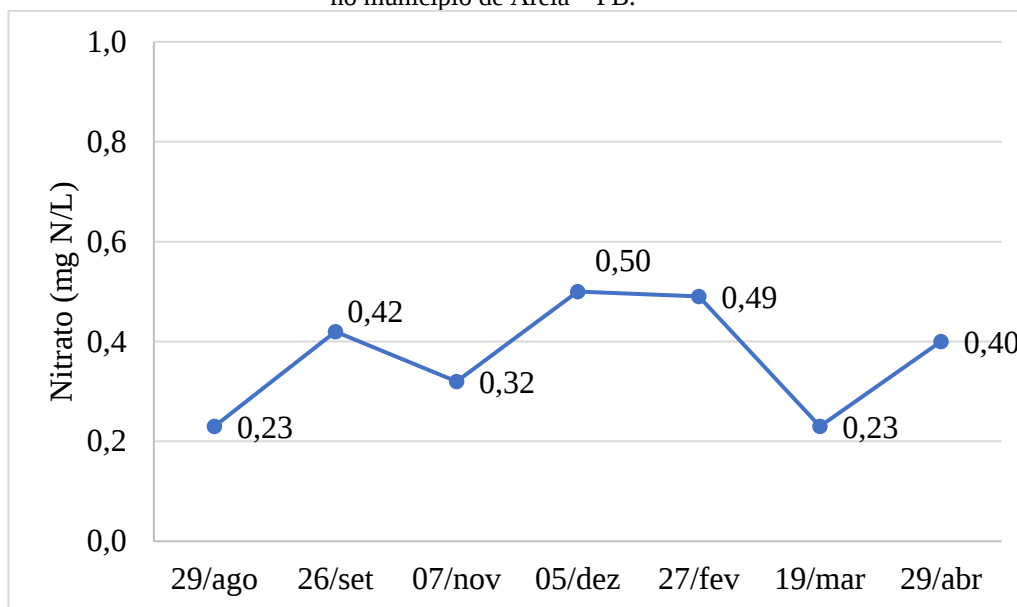
Segundo Esteves (2011), concentrações elevadas de fósforo favorecem o crescimento acelerado de organismos fotossintetizantes, como cianobactérias, podendo causar floração algal, redução do oxigênio dissolvido e degradação da qualidade da água. A elevação pontual do fósforo em 05 de dezembro (0,23 mg/L) pode estar relacionada ao acúmulo de nutrientes ao longo da primavera, seguido por aumento de temperatura e maior atividade biológica, que favorecem a mobilização do fósforo no sistema aquático.

Esses dados apontam para a necessidade de controle rigoroso das fontes externas de nutrientes, especialmente fósforo, para evitar o agravamento do processo de eutrofização, que pode comprometer os usos múltiplos da água e afetar a biota aquática. A adoção de práticas sustentáveis, como o tratamento adequado de efluentes e o manejo correto de fertilizantes, é fundamental para a preservação da qualidade da água (Esteves, 2011; Brasil, 2005).

5.1.13 Nitrato

Conforme Feitosa *et al.* (2008), a presença de nitrato em águas subterrâneas resulta da etapa final de oxidação da matéria orgânica nos corpos hídricos. Os resultados desse parâmetro estão apresentados no Gráfico 13.

Gráfico 13 - Resultados obtidos para nitrato (mg N/L) nas amostras coletadas em uma escola pública, localizada no município de Areia – PB.



Fonte: elaboração própria, 2024.

O Gráfico 13 apresenta a variação da concentração de nitrato (mg N/L) ao longo do período analisado, evidenciando variações entre 0,23 e 0,50 mg N/L. Inicialmente, houve um aumento de 0,23 mg N/L em agosto para 0,42 mg N/L em setembro, possivelmente devido à lixiviação do solo ou ao aporte de matéria orgânica. Em novembro, ocorreu uma leve redução para 0,32 mg N/L, seguida por um pico máximo de 0,50 mg N/L em dezembro, o que pode estar relacionado a chuvas intensas e escoamento superficial.

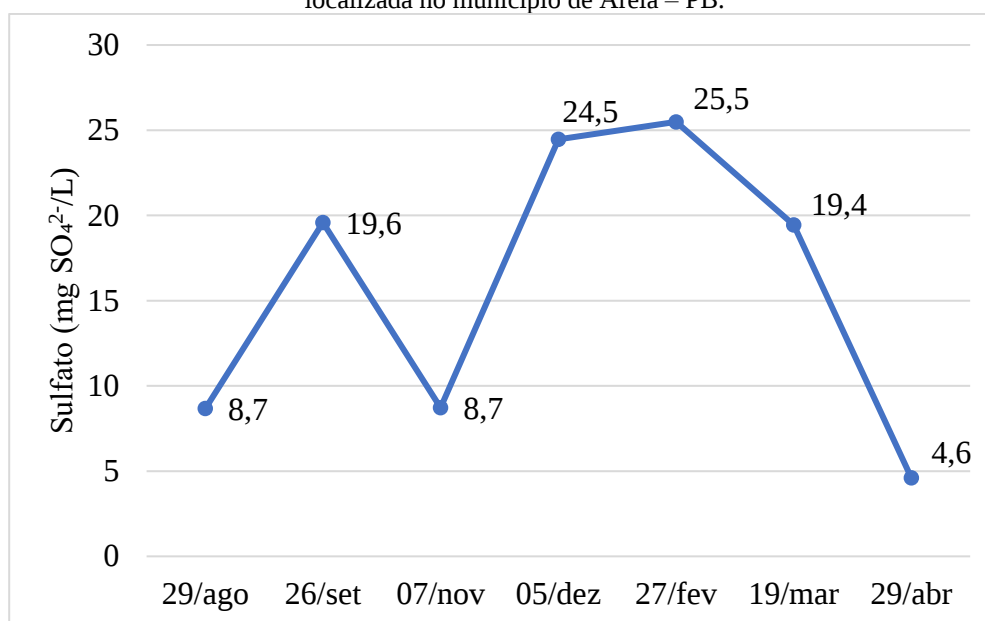
No mês de fevereiro, o valor permaneceu relativamente estável, em torno de 0,49 mg N/L, sugerindo um equilíbrio entre a entrada e o consumo de nitrato. Em março, houve uma queda acentuada para 0,23 mg N/L, possivelmente devido à assimilação biológica ou diluição por chuvas, seguida de uma recuperação para 0,40 mg N/L em abril.

De acordo com a Portaria nº 888/21 do Ministério da Saúde, o limite máximo permitido para nitrato é de 10,0 mg N/L, indicando que todas as amostras analisadas estão dentro dos padrões estabelecidos para consumo.

5.1.14 Sulfato

As concentrações de sulfato nas amostras coletadas em uma escola pública, localizada no município de Areia – PB são apresentados no Gráfico 14.

Gráfico 14 - Resultados obtidos para sulfato ($\text{mg SO}_4^{2-}/\text{L}$) nas amostras coletadas em uma escola pública, localizada no município de Areia – PB.



Fonte: elaboração própria, 2024.

A análise do Gráfico 14 revela que, ao longo do período estudado, as concentrações de sulfato variaram entre 4,6 e 25,5 $\text{mg SO}_4^{2-}/\text{L}$. Em 29 de agosto, o valor inicial registrado foi de 8,7 mg/L , seguido por um aumento expressivo para 19,6 mg/L em setembro, possivelmente devido à influência de chuvas ou variações na composição das fontes de abastecimento. No entanto, em novembro, houve uma queda acentuada para 8,7 mg/L , sugerindo possíveis processos de diluição ou menor aporte de sulfato na água.

A partir de novembro, observou-se um pico de 24,5 mg/L , com valores mantidos próximos a esse patamar até fevereiro, atingindo o máximo de 25,5 mg/L . Esse aumento pode estar relacionado a variações na composição geológica do aquífero, descargas industriais ou processos naturais como a dissolução de minerais contendo sulfato. Nos meses seguintes, ocorreu uma redução progressiva para 19,4 mg/L em março e uma queda mais acentuada em abril, chegando ao menor valor de 4,6 mg/L , o que pode indicar maior diluição por chuvas ou alterações no tratamento da água.

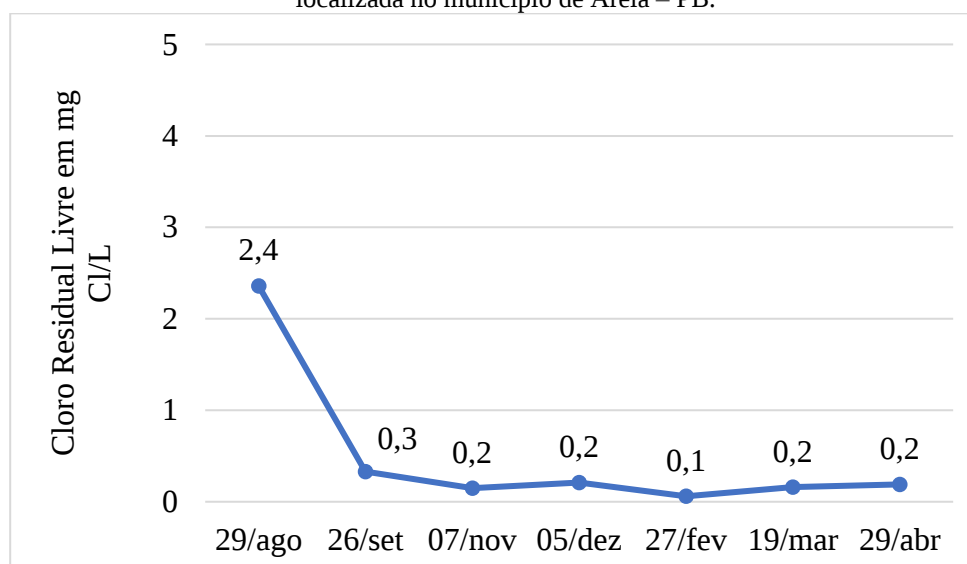
De acordo com Brasil (2021), o limite máximo permitido para sulfato é de 250 $\text{mg SO}_4^{2-}/\text{L}$, indicando que todas as amostras analisadas estão dentro do padrão estabelecido para consumo. As flutuações nas concentrações de sulfato podem estar associadas a fatores

ambientais, sazonais e antrópicos, sendo um parâmetro relevante para a qualidade da água, pois concentrações elevadas podem conferir sabor desagradável e efeito laxativo quando em excesso. O monitoramento contínuo desse parâmetro é essencial para compreender suas variações e possíveis impactos na qualidade da água.

5.1.15 Cloro residual

O Gráfico 15 apresenta os resultados de cloro residual (mg Cl/L) obtidos nas amostras de água coletadas em uma escola pública localizada no município de Areia – PB.

Gráfico 15 - Resultados obtidos para cloro residual em mg Cl/L nas amostras coletadas em uma escola pública, localizada no município de Areia – PB.



Fonte: elaboração própria, 2024.

A concentração de cloro residual livre variou consideravelmente ao longo do período de análises. O valor mais elevado foi registrado em 29 de agosto, com 2,4 mg/L, ultrapassando o limite máximo permitido pela Portaria GM/MS nº 888/2021, que estabelece que o teor de cloro residual livre na água destinada ao consumo humano deve estar entre 0,2 mg/L e 2,0 mg/L. Concentrações acima desse intervalo podem causar sabor e odor desagradáveis, além de irritações nas mucosas e na pele dos usuários, o que indica possível excesso de dosagem ou falha no controle operacional da desinfecção da água.

Nos meses seguintes, os valores de cloro apresentam uma queda expressiva, atingindo 0,3 mg/L em setembro e 0,2 mg/L em novembro. Embora esses resultados estejam dentro da faixa permitida pela legislação (0,2 a 2,0 mg/L), a proximidade com o limite inferior indica

possível instabilidade no controle da dosagem ou deficiência no processo de homogeneização da substância na água.

A situação se agrava em fevereiro, quando o nível de cloro residual livre cai para 0,1 mg/L, ficando abaixo do valor mínimo recomendado. Essa deficiência representa um risco à qualidade microbiológica da água, já que o cloro residual é essencial para garantir proteção contra contaminações ao longo do sistema de distribuição. A recuperação observada em março e abril, com valores de 0,2 mg/L, indica uma leve retomada no controle da desinfecção, porém ainda sem margem de segurança.

Esses resultados evidenciam falhas na manutenção da concentração adequada de cloro residual livre, apontando para a necessidade de melhorias na gestão da cloração. A adoção de práticas como monitoramento frequente, ajuste correto da dosagem e avaliação contínua da qualidade da água é fundamental para assegurar o cumprimento da legislação e garantir a segurança sanitária da água fornecida à população escolar.

5.2 ANÁLISES BACTERIOLÓGICAS

O Quadro 2 apresenta os resultados obtidos nas análises bacteriológicas das amostras de água coletadas em uma escola pública localizada no município de Areia - PB.

Quadro 1 - Resultados das análises bacteriológicas nas amostras coletadas em uma escola pública, localizada no município de Areia – PB.

DIAS DAS COLETAS	COLIFORMES TOTAIS	<i>ESCHERICHIA COLI</i>
29/agosto/2023	Presença	Ausente
26/setembro/2023	Presença	Ausente
07/novembro/2023	Presença	Ausente
05/dezembro/2023	Presença	Ausente
27/fevereiro/2024	Presença	Ausente
19/março/2024	Ausente	Ausente
29/abril/2024	Presença	Ausente

Fonte: elaboração própria, 2024.

A análise do Quadro 2 revela que todas as amostras coletadas entre agosto de 2023 e abril de 2024, com exceção da amostra de março, apresentaram resultados positivos para coliformes totais. Entretanto, em relação à *Escherichia coli*, todos os resultados foram negativos. De acordo com as recomendações do Ministério da Saúde (Brasil, 2006), a água

potável deve estar isenta de bactérias indicadoras de contaminação fecal, como coliformes totais e *Escherichia coli*.

A presença de coliformes totais nas amostras analisadas é preocupante, pois, conforme a Portaria nº 888/2021, esses microrganismos devem estar ausentes na água destinada ao consumo humano, uma vez que indicam possível contaminação e risco à saúde. Essa contaminação pode decorrer de falhas no tratamento, armazenamento inadequado ou contato com fontes externas de poluição. Embora *Escherichia coli* não tenha sido detectada, a presença de coliformes totais sugere que a água pode não atender plenamente aos padrões de potabilidade.

A contaminação da água é um fator significativo para a propagação de doenças infecciosas, como diarreia e cólera, representando um grave risco à saúde pública. O consumo de água sem tratamento adequado pode expor a população a agentes patogênicos e substâncias tóxicas prejudiciais à saúde (Brasil, 2006).

Diante disso, a adoção de tecnologias eficientes de tratamento, a manutenção adequada da infraestrutura de abastecimento e a implementação de programas contínuos de monitoramento são essenciais para garantir a qualidade da água. Além disso, políticas públicas rigorosas e ações de conscientização sobre a importância do consumo de água potável são fundamentais para prevenir surtos de doenças e proteger a saúde da população.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos da água coletada em uma escola pública no município de Areia – PB, ao longo do período de agosto de 2023 a abril de 2024, demonstrou que a maioria dos indicadores físico-químicos esteve dentro dos limites estabelecidos pela legislação vigente, como a Resolução nº 357/2005 do CONAMA e a Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde. Parâmetros como cloretos, pH, turbidez, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, nitrato e sulfato apresentaram conformidade com os padrões recomendados.

Contudo, os níveis de fósforo total mostraram-se elevados em grande parte das amostras, excedendo o limite máximo permitido para corpos d'água de classe 2. Essa situação sugere uma possível condição de eutrofização, com potencial impacto ambiental sobre os ecossistemas aquáticos.

No que diz respeito à qualidade microbiológica, a detecção de coliformes totais em quase todas as amostras analisadas, com exceção do mês de março, configura um risco à saúde pública. De acordo com a Portaria nº 888/2021, tanto coliformes totais quanto *Escherichia coli* devem estar ausentes em águas destinadas ao consumo humano. A presença desses microrganismos aponta para falhas no processo de tratamento ou na etapa de distribuição da água.

A detecção de coliformes totais evidencia a necessidade de uma avaliação mais rigorosa da qualidade da água fornecida pela Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA), especialmente no que se refere à eficácia dos processos de desinfecção e à integridade do sistema de distribuição. Além disso, recomenda-se que os gestores escolares adotem medidas preventivas e corretivas, como a limpeza regular e a adequada manutenção dos reservatórios, a fim de garantir a segurança e a potabilidade da água consumida no ambiente escolar.

Diante desse cenário, é fundamental intensificar o monitoramento da qualidade da água, promover investimentos em infraestrutura de saneamento e adotar tecnologias de tratamento mais eficazes. A realização periódica de análises laboratoriais, o cumprimento das normas sanitárias e ambientais, e a implementação de ações educativas sobre o uso seguro da água são estratégias indispensáveis para proteger a saúde da comunidade escolar e assegurar o acesso a um recurso essencial com qualidade e segurança.

REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9898**: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro: ABNT, 2013. Disponível em: https://sistema.ceteclins.com.br/Uploads/PDF/B8E15D63-B64B-4106-81AB-0E807999C6DD_29012020115558.pdf. Acesso em: 19 abr. 2025.
- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA E SANEAMENTO BÁSICO. **Conjuntura de recursos hídricos no Brasil**. Brasília, ANA, 2023. Disponível em: https://biblioteca.ana.gov.br/sophia_web/acervo/detalhe/101813. Acesso em: 24 mar. 2025.
- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA E SANEAMENTO BÁSICO. **Plano Nacional de Segurança Hídrica**. Brasília: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2019. Disponível em: <https://sinapse.gife.org.br/download/plano-nacional-de-seguranca-hidrica>. Acesso em: 19 abr. 2025.
- APHA, AWWA, WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 23th ed., Washington, D.C: American Public Health Association/ American Water Works Association/ Water Environment Federation, 2017.
- ASTM – AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 1426**. Standard Test Methods for Ammonia Nitrogen in Water. 2008.
- BARROS JUNIOR, L. P. **Avaliação da qualidade das águas do poço e da caixa d'água utilizadas em irrigação na área experimental do CDSA/UFCG, Sumé-PB**. 2024. Monografia (Bacharelado em Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos) - Universidade Federal de Campina Grande, Sumé, 2024. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/36493>. Acesso em: 24 mar. 2025.
- BORTOLI, J. **Qualidade físico-química e microbiológica da água utilizada para consumo humano e dessedentação animal em propriedades rurais produtoras de leite na região do Vale do Taquari/RS**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Desenvolvimento) - Centro Universitário Univates, Lajeado, 2016. Disponível em: <https://www.univates.br/bduserver/api/core/bitstreams/ec90f189-4464-42eb-9d0b-8dfc51774e3c/content>. Acesso em: 08 abr. 2025.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 664, de 30 de março de 2022. Estabelece as boas práticas sanitárias para operação e manutenção do sistema de abastecimento de água ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água para consumo humano. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 31 mar. 2022. Disponível em: <https://anvisa.gov.br/legis/legislacao/resolucao-664-2022>. Acesso em: 08 abr. 2025.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 216, de 15 de setembro de 2004. Dispõe sobre o regulamento técnico de boas práticas para serviços de alimentação. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 16 set. 2004. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2004/res0216_15_09_2004.html. Acesso em: 24 mar. 2025.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. **Diário Oficial da União: seção 1**, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/?id=450&option=com_sisconama&task=arquivo.download. Acesso em: 19 abr. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. 4. ed. Brasília: Brasil, 2013. Disponível em: https://www.Brasil.gov.br/site/wp-content/files_mf/manual_pratico_de_analise_de_agua_2.pdf. Acesso em: 19 abr. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. **Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021**. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 07 maio 2021. Seção 1, ed. 58, p. 127. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>. Acesso em: 19 abr. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Qualidade da água para o consumo humano**: cartilha para promoção e proteção da saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/svsa/vigilancia-ambiental/qualidade-da-agua-para-consumo-humano.pdf/view>. Acesso em: 19 abr. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Secretaria de Vigilância em Saúde, 2006. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia_controle_qualidade_agua.pdf. Acesso em: 19 abr. 2025.

CASTRO, C. N. **Água, problemas complexos e o Plano Nacional de Segurança Hídrica**. Rio de Janeiro: Ipea, 2022. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/11115/1/%C3%81gua_problemas_complexos.pdf. Acesso em: 19 abr. 2025.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem**. São Paulo: CETESB, 2009. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2022/04/variaveis.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2025.

CEVS - CENTRO ESTADUAL DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE. Nota técnica nº 01/2018: limpeza e desinfecção de reservatórios de água. **Centro Estadual de Vigilância em Saúde**, 11 jul. 2018. Disponível em: <https://www.cevs.rs.gov.br/upload/arquivos/201807/25132903-notatecnica-limpeza-de-reservatorios-agua.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2025.

COELHO, C. L. **Análise microbiológica da água**: técnica de PCR. 2020. Monografia (Mestrado Integrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade de Lisboa - Faculdade de Farmácia, Lisboa, 2020. Disponível em: https://repositorio.ulisboa.pt/bitstream/10451/52510/1/MICF_Carolina_Coelho.pdf. Acesso em: 24 mar. 2025.

COSTA, J. P. S. **Análise sazonal da qualidade da água de poços artesianos no município de Passira/PE**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/54411.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2025.

DINIZ, J. F.; SANTOS, W. J. S. dos. Segurança hídrica e o desafio do abastecimento de água brasileiro. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, São Paulo, v. 7, n. 11, p. 05–26, nov. 2022. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/seguranca-hidrica>. Acesso em: 19 abr. 2025.

ESTEVES, F. A.; **Fundamentos de limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 826 p.

FEITOSA, F. A. C. *et al.* **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. 3. ed. Rio de Janeiro: CPRM: LABHID, 2008.

FORTES, C. S.; ALMEIDA G., M. R. Análise microbiológica da água de nascentes no município de Pirai/RJ. **Episteme Transversalis**, [S.l.], v. 13, n. 1, abr. 2022. ISSN 2236-2649. Disponível em: <http://revista.ugb.edu.br/ojs302/index.php/episteme/article/view/2612>>. Acesso em: 21 abr. 2025.

FRINHANI, E. M. D.; RESTELATTO, N. da R. Validação do método para determinação de alcalinidade total em água. **Unoesc & Ciência – ACET**, Joaçaba, v. 6, n. 1, p. 99–106, 2015. Disponível em: <https://periodicos.unoesc.edu.br/acet/article/view/5012>. Acesso em: 19 abr. 2025.

GONÇALVES, C.; SILVÉRIO, P. F. Comparação entre níveis de nitrogênio amoniacal e amônia não-ionizável em amostras de água subterrânea. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, Curitiba, São José dos Pinhais, v. 6, n.3, p. 2053-2057, 2023. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJAER/article/view/61293>. Acesso em: 19 abr. 2025.

IAS - **INSTITUTO ÁGUA E SANEAMENTO**. Municípios e Saneamento. 2024. Disponível em: <https://www.aguaesaneamento.org.br/municipios-e-saneamento/pb/areia?> Acesso em: 29 mar. 2025.

LENZI, E.; FAVERO, L. O. B.; LUCHESE, E. B. **Introdução à química da água: ciência, vida e sobrevivência**. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

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

MATIAS, A. B. *et al.* Análise da qualidade da água para o consumo humano do assentamento. **Revista Núcleo do Conhecimento**, 2019. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-agricola/qualidade-da-agua>. Acesso em: 25 maio 2025.

MEDEIROS FILHO, C. F. **Abastecimento de Água, Universidade Federal de Campina Grande** – UFCG. Campina Grande – PB, 2009. Disponível em: <http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/Abastece.pdf>. Acesso em: 19 jan. 2025.

MEDEIROS, E. O. **Análise físico-química da água em escolas públicas do município de Sousa-PB**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Alimentos) – Instituto Federal da Paraíba, Campus Sousa, Sousa, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ifpb.edu.br/handle/177683/2961>. Acesso em: 21 abr. 2025.

MORAES, M. S. de *et al.* Avaliação microbiológica de fontes de água de escolas públicas e privadas da cidade de Santa Rita (PB). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, São Paulo, v. 23, n. 3, p. 431–435, maio/jun. 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/PgsBtJyXMbFhBMJrWpcGVsp/?lang=pt>. Acesso em: 19 abr. 2025.

MOURA, L. H. A.; BOAVENTURA, G. R.; PINELLI, M. P. A qualidade de água como indicador de uso e ocupação do solo: bacia do Gama - Distrito Federal. **Química Nova**, São Paulo. v. 33, n. 1, p. 18–27, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/43zKtg9FghnLNXcQLRhqb5L/?lang=pt>. Acesso em: 19 abr. 2025.

NASCIMENTO, M. R. R. **Avaliação da qualidade das águas do açude Caraibeiras na cidade de Picuí/PB**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/server/api/core/bitstreams/6dd169bd-292e-488f-b673-6ea41e7e92d7/content>. Acesso em: 8 abr. 2025.

NOGUEIRA, F. F.; COSTA, I. A.; PEREIRA, U. A. **Análise de parâmetros físico-químicos da água e do uso e ocupação do solo na sub-bacia do Córrego da Água Branca no município de Nerópolis – Goiás**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/140/o/An%C3%A1lise_de_par%C3%A2metros_f%C3%ADsico-qu%C3%ADmicos_da_%C3%A1gua_e_do_uso_e_ocupa%C3%A7%C3%A3o_do_solo_na_sub-bacia_do_C%C3%B3rrego_da_%C3%81gua_Branca_no_munic%C3%ADpio_de_Ner%C3%B3polis_%E2%80%93_Goi%C3%A1s.pdf. Acesso em: 8 abr. 2025.

NOLASCO, K. A. A.; OLIVEIRA, E. C. S.; SILVA, J. C. S. Parâmetros físico-químicos e microbiológicos em amostras de água do município de Almenara-MG. **Recital Científico**, Almenara, v. 2, n. 1, p. 1-8, 2020. Disponível em: <https://recital.almenara.ifnmg.edu.br/index.php/recital/article/view/60>. Acesso em: 8 abr. 2025.

PARRON, L. M.; MUNIZ, D. H. F.; PEREIRA, C. M. **Manual de procedimentos de Amostragem e análise físico-química de água**. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 68 p. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/15440973.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2024.

PEREIRA, S. de F. P. *et al.* Condições de potabilidade da água consumida pela população de Abaetetuba-Pará. **Revista de Estudos Ambientais**, [S. l.], v. 12, n. 1, p. 50–62, 2010. Disponível em: <https://ojsrevista.furb.br/ojs/index.php/rea/article/view/1783>. Acesso em: 06 mai. 2025.

REIS, J. A. T.; MENDONÇA, A. S. F. Análise técnica dos novos padrões brasileiros para Amônia em efluentes e corpos d'água. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 3, p. 353-362, jul./set., 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/vN4F6ZcWtvxcDgQpZdSLFbC/>. Acesso em: 16 abr. 2025.

SCURACCHIO, P. **Qualidade da água utilizada para consumo em escolas no município de São Carlos - SP.** 2010.

SILVA, F. P.; CARVALHO, C. V. A.; CARDOSO, A. M. Gestão da água: a importância de políticas públicas para a implementação do reuso de água no Brasil. **Episteme Transversalis**, Volta Redonda, v. 10, n. 2, p. 309–332, 2019. Disponível em: <http://revista.ugb.edu.br/ojs302/index.php/episteme/article/download/1347/1068>. Acesso em: 19 fev. 2025.

SOUSA, B. R. B. **Avaliação físico-química da água mineral comercializada em chafarizes no município de Catolé do Rocha – Paraíba.** 2023. Monografia (Bacharelado em Ciências e Tecnologias) – Universidade Federal Rural do Semi-árido, Carnaúba, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/items/363cb595-b781-4574-a610-4b08f30983e4>. Acesso em: 24 mar. 2025.

SOUZA, F. F. G. de *et al.* Análise dos parâmetros sentinelas da qualidade da água da rede de distribuição de abastecimento público no município de Ibatiba-ES, Brasil. **Revista Caribeña de Ciências Sociais**, Miami, v. 14, n. 2, p. 1–17, 2025. Disponível em: <https://revistacaribena.com/ojs/index.php/rccs/article/view/4444>. Acesso em: 25 maio 2025.

TALAMONE, R.; FERREIRA JUNIOR, F. A complexa geografia da água no Brasil e no mundo. **Jornal da USP**, Campus Ribeirão Preto, 27 mar. 2024. Disponível em: <https://jornal.usp.br/campus-ribeirao-preto/a-complexa-geografia-da-agua-no-brasil-e-no-mundo/>. Acesso em: 19 abr. 2025.

UENO, A. Beber água é importante, mas dois litros por dia não é regra. **Jornal da USP**, São Paulo, 2 jan. 2023. Disponível em: <https://jornal.usp.br/atualidades/beber-agua-e-importante-mas-dois-litros-por-dia-nao-e-regra/>. Acesso em: 19 abr. 2025.

VASCONCELOS, M. A.; OLIVEIRA, I. B. de. Especificação Química do Sulfato em Águas Subterrâneas do Domínio Hidrogeológico Sedimentar do Estado da Bahia Brasil, utilizando o Método Tableau. **Águas Subterrâneas**, v. 32, n. 2, p. 256-266, 2018. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/29119>. Acesso em: 19 abr. 2025.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos:** princípios do tratamento biológico de águas residuárias. v. 1. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2005.

WORLD BANK. **Water security and climate change:** insights from Country Climate and Development Reports. Washington, DC: World Bank, 2024. Disponível em: <https://waterforclimate.net/resources/water-security-and-climate-change-insights-from-country-climate-and-development-reports/>. Acesso em: 19 abr. 2025.

WORLD HEALTH ORGANIZATION *et al.* **Guidelines for drinking-water quality:** first addendum to the fourth edition, 2017.