



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

FERNANDA DOS ANJOS PESSOA

**QUALIDADE DA ÁGUA DO ABASTECIMENTO PÚBLICO DO MUNICÍPIO DE
AREIA-PB**

AREIA

2025

FERNANDA DOS ANJOS PESSOA

**QUALIDADE DA ÁGUA DO ABASTECIMENTO PÚBLICO DO 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 Bacharelada em Química.

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

AREIA

2025

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

P475q Pessoa, Fernanda dos Anjos.

Qualidade da água do abastecimento público do
município de Areia-PB / Fernanda dos Anjos Pessoa. -
Areia:UFPB/CCA, 2025.
64 f. : il.

Orientação: Maria Betania Hermenegildo dos Santos.
TCC (Graduação) - UFPB/CCA.

1. Química. 2. Abastecimento urbano. 3. Análises
físico-químicas. 4. Parâmetros microbiológicos. 5.
Potabilidade. I. Santos, Maria Betania Hermenegildo
dos. II. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 54(02)

FERNANDA DOS ANJOS PESSOA

QUALIDADE DA ÁGUA DO ABASTECIMENTO PÚBLICO DO 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
Bacharelada em Química.

Aprovado em: 17/12/2024.

BANCA EXAMINADORA



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



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



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

Aos meus pais, Rosa Maria dos Anjos Pessoa e Rogério José dos Anjos Teteo, por todo o apoio, incentivo, educação, cuidado e amor, DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus, fonte infinita de amor, por se fazer presente em minha vida de tantas formas, guiando cada passo do meu caminho. Sua presença em minha vida tem sido essencial para superar todos os desafios e alcançar meus sonhos. Sem Sua luz, nada disso seria possível.

Com todo o amor, agradeço às minhas maiores inspirações, meus pais, Rosa Maria dos Anjos Pessoa e Rogério José dos Anjos Teteo, que sempre me apoiaram e incentivaram a lutar pelos meus sonhos, sendo meu alicerce em todos os momentos. Sou imensamente grata por todas as orações, pelo cuidado e por me colocarem sempre em primeiro lugar, acreditando em mim e nos meus objetivos. Vocês são os meus maiores exemplo de vida, e tudo que sou devo a vocês.

Ao meu pequeno irmão, Pedro Pessoa Teteo, por todo amor recebido. Embora ele ainda não entenda completamente, ele foi essencial para me manter firme no meu objetivo.

À minha irmã de coração, Ana Beatriz Pessoa dos Santos, por todas as risadas, conversas e momentos compartilhados, e por sempre torcer por mim.

Aos meus avós, Maria Pessoa, José Pessoa, Regina dos Anjos e Severino Teteo (*in memoriam*), que, com muito amor, sempre me desejam o melhor.

À minha tia, Beatriz Pessoa (*in memoriam*), eu sei que, de onde você está, cuida de mim. Você sempre terá um lugar especial no meu coração.

A toda minha família, que também contribuiu para minha formação, em especial às minhas tias, Maria Pessoa e Rejane dos Anjos, que sempre me incentivaram e apoiaram.

À minha orientadora, Maria Betania Hermenegildo dos Santos, um exemplo admirável de ser humano e profissional. Sou profundamente grata por tê-la conhecido e por ter tido a oportunidade de aprender com a senhora. Agradeço por seu acolhimento, ajuda, bondade, oportunidades, amizade e incentivo. Levarei um pouco da senhora comigo ao longo de toda a minha vida.

À minhas avaliadoras, Luzia Maria Castro Honório e Tereziana Silva da Costa, pela disposição em integrar minha banca avaliadora e pelas valiosas contribuições ao meu Trabalho de Conclusão de Curso, bem como pelo enriquecimento acadêmico e pessoal proporcionado.

Às minhas amigas, Leidy Daiany e Maria Lacerda, por marcarem minha história. Pela amizade verdadeira, por todos os momentos em que nos reunimos e pelas inúmeras risadas que tornaram a jornada mais leve. Sou grata por toda a ajuda e contribuições. Obrigada, vocês fizeram toda a diferença, e eu nunca esquecerei.

Aos meus amigos, Emmanuely, Leila, Karol, Vanderson, Valdei, Luan, Dyego, Sandro, Rose, Andreia, Vivian, Levi, Diego e Thaêlysson, cada momento ao lado de vocês foi essencial e jamais será esquecido, pois vocês contribuíram para que essa experiência universitária fosse ainda mais significativa.

À Magda Fernandes, que me acolheu nos primeiros meses em Areia (PB).

A todos os orientadores que fizeram parte da minha trajetória acadêmica, Profa. Dra. Dayse Moreira, Prof. Dr. José Rufino e Profa. Dra. Edilene Moreira. Com certeza vocês contribuíram para minha evolução.

Ao técnico do laboratório, Deydeby Illan, por toda ajuda e apoio nas práticas laboratoriais.

À Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e ao Centro de Ciências Agrárias (CCA), por se tornarem minha segunda casa durante a graduação e por me proporcionarem momentos, aprendizados e amizades que levarei comigo para sempre.

Obrigada!

“Tenha coragem e seja gentil”.
(Cinderela)

RESUMO

A água é essencial para a existência, sendo indispensável tanto para os seres humanos quanto para todas as formas de seres vivos no planeta. Além de desempenhar um papel vital no equilíbrio dos ecossistemas, ela é um recurso imprescindível para atender às necessidades básicas e para o desenvolvimento das atividades domésticas, comerciais e industriais. A água de abastecimento público, fornecida pelas autoridades governamentais, deve ser tratada e garantir segurança, cumprindo sua função de atender às diversas demandas da sociedade de maneira confiável e sustentável. Para isso, é fundamental que, antes de ser disponibilizada para o consumo, a água passe por processos rigorosos de tratamento e esteja em conformidade com as normas técnicas. Diante desse contexto, esta pesquisa teve como objetivo analisar a qualidade da água que abastece o município de Areia (PB), por meio de análises físico-químicas e microbiológicas. As amostras foram coletadas entre agosto de 2023 e abril de 2024, em um bairro localizado no ponto final do sistema de distribuição de água da CAGEPA. Essas amostras foram armazenadas em frascos esterilizados e enviadas ao Laboratório de Química Analítica da UFPB, no Centro de Ciências Agrárias. Os parâmetros físico-químicos analisados incluíram: pH, temperatura, condutividade, turbidez, oxigênio dissolvido, cloro residual, dióxido de carbono, alcalinidade, magnésio, cálcio, dureza total, cloreto, sódio, potássio, fósforo total, amônia, nitrato, sulfato e salinidade, seguindo as metodologias do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, exceto a análise de amônia, que foi baseada no *Standard Test Methods for Ammonia Nitrogen In Water ASTM D 1426*. Para a determinação da presença ou ausência de coliformes totais e *Escherichia coli*, utilizou-se o método do substrato enzimático Colilert®. Com base nos resultados obtidos, os parâmetros físico-químicos estão em conformidade com os limites estabelecidos pelas normativas vigentes, exceto para cloro residual e fósforo total. Em relação à qualidade microbiológica, apenas a amostra de março atendeu aos padrões desejados, evidenciando a necessidade de adotar práticas rigorosas para preservar a qualidade da água e proteger a saúde da comunidade. Isso inclui identificar possíveis fontes de contaminação, implementar medidas preventivas adequadas e manter um monitoramento contínuo.

Palavras-Chave: abastecimento urbano; análises físico-químicas; parâmetros microbiológicos; potabilidade.

ABSTRACT

Water is essential for the existence of all humans and living organisms on the planet. In addition to playing a vital role in ecosystem balance, it is a critical resource for meeting basic needs and supporting domestic, commercial, and industrial activities. Public water supply, provided by government authorities, must be safely treated, fulfilling its function of reliably and sustainably to meet the demands of society. For this, rigorous treatment processes and compliance with technical standards are essential before water is available for consumers. This study aimed to analyze the quality of the water supply in the municipality of Areia (Paraíba, Brazil), through physicochemical and microbiological analyses. Samples were collected between August 2023 and April 2024 in a neighborhood located at the endpoint of CAGEPA's water distribution system. These samples were stored in sterilized bottles and sent to the Analytical Chemistry Laboratory at the Universidade Federal da Paraíba (UFPB) Center for Agricultural Sciences. The physicochemical parameters analyzed included pH, temperature, conductivity, turbidity, dissolved oxygen, residual chlorine, carbon dioxide, alkalinity, magnesium, calcium, total hardness, chloride, sodium, potassium, total phosphorus, ammonia, nitrate, sulfate, and salinity. The methodologies followed the *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, except for ammonia analysis, which was based on *ASTM D 1426: Standard Test Methods for Ammonia Nitrogen in Water*. The enzymatic substrate method Colilert® was used to determine the presence or absence of total coliforms and *Escherichia coli*. Based on the results, the physicochemical parameters complied with the limits established by current regulations, except for residual chlorine and total phosphorus. According to microbiological quality assay, only the March sample met the desired standards, highlighting the need for strict practices to preserve water quality and protect the community health. This includes identifying potential contamination sources, implementing preventive measures, and maintaining continuous monitoring.

Keywords: urban water supply; physicochemical analysis; microbiological parameters; potability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Coleta da água no ponto de abastecimento.....	32
Figura 2 - Amostras de água.....	33
Figura 3 - Identificação da presença das bactérias coliformes totais (A) e Escherichia coli (B)	34

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Parâmetros e métodos utilizados.....	33
Quadro 2 - Resultados das análises microbiológicas.....	54

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Resultados obtidos para pH nas amostras coletadas no ponto de abastecimento..	35
Gráfico 2 - Resultados obtidos para temperatura nas amostras coletadas no ponto de abastecimento.....	36
Gráfico 3 - Resultados obtidos para condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}^2$) nas amostras coletadas no ponto de abastecimento.....	37
Gráfico 4 - Resultados obtidos para turbidez (uT) nas amostras coletadas no ponto de abastecimento.....	38
Gráfico 5 - Resultados obtidos para oxigênio dissolvido (mg/L) nas amostras coletadas no ponto de abastecimento.....	39
Gráfico 6 - Resultados obtidos para cloro residual (mg Cl/L) nas amostras coletadas no ponto de abastecimento.....	40
Gráfico 7 - Resultados obtidos para dióxido de carbono (mg CO_2/L) nas amostras coletadas no ponto de abastecimento.....	41
Gráfico 8 - Resultados obtidos para alcalinidade (mg CaCO_3/L) nas amostras coletadas no ponto de abastecimento.....	42
Gráfico 9 - Resultados obtidos para magnésio (mg Mg/L) nas amostras coletadas no ponto de abastecimento.....	43
Gráfico 10 - Resultados obtidos para cálcio (mg Ca/L) nas amostras coletadas no ponto de abastecimento.....	44
Gráfico 11 - Resultados obtidos para dureza total (mg CaCO_3/L) nas amostras coletadas no ponto de abastecimento.....	45
Gráfico 12 - Resultados obtidos para cloretos (mg Cl/L) nas amostras coletadas no ponto de abastecimento.....	46
Gráfico 13 - Resultados obtidos para sódio (mg Na/L) nas amostras coletadas no ponto de abastecimento.....	47
Gráfico 14 - Resultados obtidos para potássio (mg K/L) nas amostras coletadas no ponto de abastecimento.....	48
Gráfico 15 - Resultados obtidos para fósforo total (mg P/L) nas amostras coletadas no ponto de abastecimento.....	49
Gráfico 16 - Resultados obtidos para amônia (mg N/L) nas amostras coletadas no ponto de abastecimento.....	50
Gráfico 17 - Resultados obtidos para nitrato (mg N/L) nas amostras coletadas no ponto de abastecimento.....	51

Gráfico 18 - Resultados obtidos para sulfato ($\text{mg SO}_4^{2-}/\text{L}$) nas amostras coletadas no ponto de abastecimento.....52

Gráfico 19 - Resultados obtidos para salinidade nas amostras coletadas no ponto de abastecimento.....53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

°C – Graus Celsius

ANA – Agência Nacional de Águas

Ca²⁺ – Cálcio

CaCO₃ – Carbonato de Cálcio

CAGEPA – Companhia de Água e Esgoto da Paraíba

CCA – Centro de Ciências Agrárias

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

Cl⁻ – Cloreto

cm – Centímetros

CO₂ – Dióxido de Carbono

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

DQF – Departamento de Química e Física

DSER – Departamento de Solo e Engenharia Rural

EDTA – Etilenodiaminotetracético

ETA – Estação de Tratamento de Água

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

K⁺ – Potássio

L – Litro

Mg²⁺ – Magnésio

mg – Miligramas

MS – Ministério da Saúde

Na⁺ – Sódio

NH₃ – Amônia

NH₄⁺ – Íon Amônio

NO₃⁻ – Nitrato

O₂ – Oxigênio

OMS – Organização Mundial da Saúde

P – Fósforo

PB – Paraíba

pH – Potencial Hidrogeniônico

PLANASA – Plano Nacional de Saneamento

PMSB – Plano Municipal de Saneamento Básico

SAA – Sistema de Abastecimento de Água

SAC – Sistema de Abastecimento Coletivo

SAI – Sistema de Abastecimento Individual

SO_4^{2-} – Sulfato

T – Turbidez

UFPB – Universidade Federal da Paraíba

UV – Ultravioleta

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	19
2.1 RECURSOS HÍDRICOS.....	19
2.2 MARCO LEGAL DO SANEAMENTO	19
2.3 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	20
2.4 QUALIDADE DA ÁGUA	21
2.5 PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS DA QUALIDADE DA ÁGUA	22
2.5.1 pH.....	22
2.5.2 Temperatura	23
2.5.3 Condutividade elétrica	23
2.5.4 Turbidez	24
2.5.5 Oxigênio dissolvido	24
2.5.6 Cloro residual.....	24
2.5.7 Dióxido de carbono.....	25
2.5.8 Alcalinidade.....	25
2.5.9 Magnésio.....	26
2.5.10 Cálcio	26
2.5.11 Dureza total.....	26
2.5.12 Cloretos.....	27
2.5.13 Sódio.....	27
2.5.14 Potássio	28
2.5.15 Fósforo total	28
2.5.16 Amônia.....	28
2.5.17 Nitrato.....	29
2.5.18 Sulfato	29
2.5.19 Salinidade	29
2.6 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA	30
3 METODOLOGIA.....	32
3.1 LOCAL DE ESTUDO E COLETA DA AMOSTRA	32
3.2 ANÁLISES DE VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICAS	33
3.3 ANÁLISES MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO	34

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICA	35
4.1.1 pH.....	35
4.1.2 Temperatura	36
4.1.3 Condutividade elétrica	37
4.1.4 Turbidez	38
4.1.5 Oxigênio dissolvido	38
4.1.6 Cloro Residual	39
4.1.7 Dióxido de carbono	40
4.1.8 Alcalinidade.....	41
4.1.9 Magnésio.....	42
4.1.10 Cálcio	43
4.1.11 Dureza total.....	44
4.1.12 Cloretos.....	46
4.1.13 Sódio.....	46
4.1.14 Potássio	47
4.1.15 Fósforo total	48
4.1.16 Amônia.....	49
4.1.17 Nitrato.....	50
4.1.18 Sulfato	51
4.1.19 Salinidade	52
4.2 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA	53
5 CONCLUSÕES.....	55
REFERÊNCIAS	56

1 INTRODUÇÃO

A água é imprescindível para a sobrevivência de todas as formas de vida, incluindo os seres humanos. É um dos recursos naturais mais importantes do planeta e está intimamente ligada à qualidade de vida, desenvolvimento e sobrevivência das civilizações (Colet *et al.*, 2021). No organismo humano, a água exerce diversas funções essenciais, como atuar no transporte de substâncias e contribuir para a regulação da temperatura corporal, correspondendo a aproximadamente 70% da massa do corpo (Araújo; Andrade, 2020).

A superfície terrestre é composta por aproximadamente 71% de água, totalizando um volume de 1,4 bilhões de quilômetros cúbicos. Entretanto, a quantidade de água doce disponível para uso humano é limitada pelas condições naturais do planeta. Apenas 2,5% da água na Terra é doce, enquanto os restantes 97,5% são água salgada (ANA, 2018).

Conforme destacado por Jade (2018) e Abreu (2018), o território brasileiro detém aproximadamente 12% da totalidade da água doce disponível globalmente. Apesar dessa considerável reserva, a região Nordeste enfrenta desafios significativos em relação à escassez hídrica, decorrentes de uma distribuição desigual no contexto geográfico. É observado que cerca de 80% desse volume se concentra na região Norte, enquanto apenas 3% estão disponíveis no território nordestino. Além disso, é relevante ressaltar que o Nordeste, por ocupar o segundo lugar em densidade populacional no país, possui uma demanda elevada por recursos hídricos.

De acordo com Souza *et al.* (2014), a água desempenha um papel essencial tanto para atender às necessidades básicas da população quanto para impulsionar atividades econômicas, como a agricultura e a indústria. Rodrigues (2014) enfatiza que, devido a essa relevância, o abastecimento de água deve receber atenção especial das autoridades sanitárias para evitar riscos à saúde pública. Rosa *et al.* (2021) destacam que a falta de atenção às questões relacionadas à água pode levar a sérios riscos à saúde, incluindo a propagação de doenças. A distribuição eficiente e segura da água é essencial para evitar tais problemas.

A água de abastecimento público é um recurso indispensável, fornecido de forma tratada e segura pelas autoridades responsáveis para atender às necessidades residenciais, comerciais e industriais. As fontes da água podem ser superficiais ou subterrâneas, contudo é fundamental que ela passe por etapas criteriosas de captação, transporte, tratamento, armazenamento e distribuição, atendendo rigorosamente aos padrões de qualidade estabelecidos pela legislação brasileira (Brasil, 2021a).

Em Areia, na Paraíba (PB), o fornecimento de água para a população local é responsabilidade da Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA), que se encarrega de

distribuir água potável à comunidade. Para garantir que a água atenda aos padrões de potabilidade estabelecidos pela Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2005), e pela Portaria nº 888, de 4 de maio de 2021, do Ministério da Saúde (Brasil, 2021b), que atuam como autoridades reguladoras, a CAGEPA realiza tratamentos específicos. Esses tratamentos incluem processos físico-químicos e microbiológicos, destinados a remover impurezas e eliminar micro-organismos nocivos, promovendo a saúde dos consumidores.

No entanto, durante o sistema de distribuição, problemas na tubulação podem comprometer a qualidade da água, tornando-a inadequada para o consumo e representando riscos à saúde pública. Assim, análises regulares e a comparação de resultados entre diferentes pontos de coleta são essenciais para avaliar a eficácia dos processos de tratamento e garantir a segurança da água distribuída.

Diante desse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade da água do abastecimento público localizada na cidade de Areia, no estado da Paraíba, por meio de análises físico-químicas e microbiológicas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 RECURSOS HÍDRICOS

Segundo Abreu (2018), o Brasil desfruta de uma posição geográfica privilegiada, pois seu território é atravessado por várias bacias hidrográficas, o que o torna detentor da maior reserva de água doce superficial do mundo, representando aproximadamente 12% do total global. Além disso, conforme observado por Carvalho (2016), ao considerarmos também a água proveniente de outros países que passa por aqui, o Brasil dispõe de cerca de 18% da água doce disponível no planeta.

A água é um recurso indispensável para a sobrevivência de todos os seres vivos e desempenha um papel importante nos ecossistemas, agindo como solvente universal e facilitando a absorção de nutrientes pelas plantas. No corpo humano, ela representa cerca de 75% da composição total. Contudo, esse elemento vital enfrenta ameaças crescentes devido às atividades humanas, que comprometem sua qualidade e impactam negativamente os ecossistemas (Paz; Teodoro; Mendonça, 2000).

O aumento populacional e o avanço econômico e tecnológico têm alterado significativamente o ciclo hidrológico em escala global, intensificando os desafios relacionados à preservação dos recursos hídricos (One, 2022). De acordo com o Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil de 2021 (ANA, 2022), a demanda por água no país continua crescendo, com destaque para os setores urbano, industrial e agrícola. Em 2020, o abastecimento urbano representou aproximadamente 25% do volume total retirado para usos consuntivos setoriais, sendo superado apenas pela irrigação.

2.2 MARCO LEGAL DO SANEAMENTO

A evolução das diretrizes para o saneamento básico no Brasil reflete um processo gradual de construção de políticas e regulamentações mais abrangentes e modernas. Esse desenvolvimento começou com o Decreto de Lei do Código de Águas, em 1934, que marcou a primeira legislação nacional voltada para a gestão e uso dos recursos hídricos. O Código estabeleceu normas gerais sobre o uso das águas, como a proteção das fontes de água e diretrizes para a distribuição pública e privada de recursos hídricos. Embora seu foco fosse mais direcionado aos aspectos de uso e gestão da água, ele lançou as bases para futuros regulamentos em saneamento (Brasil, 1934).

Na década de 1970, o governo federal lançou o Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), um programa voltado para a ampliação dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, especialmente em áreas urbanas. O PLANASA representou um avanço significativo no investimento em infraestrutura de saneamento e impulsionou a criação das empresas estaduais de saneamento, que passaram a coordenar esses serviços. Apesar disso, o PLANASA apresentava limitações, como a falta de abrangência em áreas rurais e o foco mais restrito no setor de água e esgoto, sem integrar a gestão de resíduos sólidos e drenagem urbana (Saiani; Toneto Júnior, 2010).

A necessidade de uma legislação abrangente e integradora resultou, em 2007, na criação da Lei nº 11.445, que estabeleceu as diretrizes nacionais para o saneamento básico. Pela primeira vez, todos os aspectos do saneamento foram abordados em um único marco regulatório, incluindo abastecimento de água, esgotamento sanitário, gestão de resíduos sólidos e drenagem urbana. A lei destacou a importância do acesso universal, do controle social e da responsabilidade dos municípios e estados na prestação de serviços de saneamento (Brasil, 2007).

Finalmente, em 2020, a Lei nº 14.026 atualizou e modernizou a Lei nº 11.445, criando o novo marco regulatório do saneamento. Com foco na ampliação do investimento e na universalização dos serviços, a nova legislação introduziu metas ambiciosas para 2033, como garantir que 99% da população tenha acesso à água potável e 90% ao esgoto tratado. Além disso, a lei trouxe mudanças no modelo de concessão, promovendo licitações abertas e permitindo maior participação da iniciativa privada. A Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) passou a coordenar a regulação do setor, unificando diretrizes para assegurar maior padronização e eficiência nos serviços de saneamento (Brasil, 2020a).

2.3 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

De acordo com Heller e Pádua (2010), um sistema de abastecimento de água para consumo humano é composto por obras civis, materiais e equipamentos destinados à produção e distribuição canalizada de água potável para população. A presença de uma rede de distribuição é um dos principais elementos que diferenciam esses sistemas de outras formas de abastecimento, sejam coletivas ou individuais.

Ao longo do século XX, surgiram diversos serviços coletivos de abastecimento de água, possibilitando a captação, tratamento e transporte em larga escala, conectando os centros de produção aos consumidores. No Brasil, o período entre 1970 e 1980, marcou um avanço

significativo com a implementação do PLANASA, o que permitiu ao país alcançar cerca de 90% de atendimento à população urbana (Tsutiya, 2006).

Segundo o Ministério da Saúde (MS), existem três formas distintas de abastecimento. A mais comum é o Sistema de Abastecimento de Água (SAA), que fornece água potável de forma coletiva por meio de uma rede de distribuição. O Sistema de Abastecimento Individual (SAI) atende domicílios residenciais compostos por uma única família, e o Sistema de Abastecimento Coletivo (SAC) fornece água para uso coletivo, captada de fontes subterrâneas ou superficiais, com ou sem canalização e sem rede de distribuição (Brasil, 2021b).

Conforme o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB, 2021) de Areia (PB), o fornecimento de água na zona urbana é majoritariamente realizado pela Companhia de Água e Esgoto da Paraíba (CAGEPA), através do Sistema Integrado Saulo Maia, que utiliza como fonte o açude de mesmo nome. Para os locais não contemplados por esse sistema, a CAGEPA utiliza o Sistema Integrado Vaca Brava, com captação no açude Vaca Brava. Além disso, há redes de abastecimento gerenciadas diretamente pela Prefeitura.

Em 2010, o município de Areia (PB) contava com 93% dos domicílios atendidos pelo abastecimento de água via rede de distribuição, enquanto 6% recorriam a outras formas, como o carro-pipa, e 1% obtinha água de poços ou nascentes localizadas em suas propriedades. Na área rural, 45% dos domicílios utilizavam poços ou nascentes, 38% dependiam de outras fontes de abastecimento, 10% eram atendidos pela rede de distribuição, e 6% usavam água captada da chuva, armazenada em cisternas (PMSB, 2021).

2.4 QUALIDADE DA ÁGUA

Silva, Brito e Silva Filho (2020) ressaltam a importância do controle da qualidade da água, demandando a atenção tanto das autoridades sanitárias quanto dos consumidores em geral, especialmente no que diz respeito à água destinada ao consumo humano. Isso se deve ao fato de que a água pode se tornar um meio de propagação de patógenos e substâncias prejudiciais, afetando diretamente a saúde da população (Castro; Cruvinel; Oliveira, 2019).

As doenças de veiculação hídrica podem ser classificadas em dois tipos: doenças de origem hídrica e doenças de transmissão hídrica. As doenças de origem hídrica são causadas por substâncias orgânicas ou inorgânicas presentes na água em concentrações acima dos níveis permitidos para consumo humano. Já nas doenças de transmissão hídrica, a água serve como meio para a propagação de agentes infecciosos, como microrganismos patogênicos (Bezerra *et al.*, 2017).

Dessa forma, o controle e a avaliação dos componentes físico-químicos e bacteriológicos da água destinada ao consumo se tornam ferramentas importantes para avaliar a qualidade e a segurança da saúde pública, já que esses microrganismos são responsáveis por diversos surtos de doenças (Coelho *et al.*, 2017).

Para garantir a qualidade da água destinada ao consumo humano, é fundamental seguir os valores estabelecidos para os parâmetros definidos na Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde, que regulamenta os procedimentos de controle e monitoramento da água. Essas diretrizes visam prevenir doenças de veiculação hídrica e proteger a saúde da população. Além disso, é essencial observar a Resolução CONAMA nº 357/2005, que trata da classificação dos corpos de água e estabelece condições e padrões ambientais para o lançamento de efluentes.

2.5 PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS DA QUALIDADE DA ÁGUA

As análises dos parâmetros físico-químicos da água visam avaliar sua qualidade e detectar possíveis contaminações que possam representar riscos à saúde humana e aos organismos que dependem desse recurso. Além disso, essas análises permitem o monitoramento de eventuais impactos ambientais (Silva; Lisboa; Oliveira, 2017).

A qualidade da água é determinada por meio da análise de diversos parâmetros físico-químicos, incluindo pH, temperatura, condutividade elétrica, turbidez, oxigênio dissolvido, cloro residual, dióxido de carbono, alcalinidade, magnésio, cálcio, dureza total, cloretos, sódio, potássio, fósforo total, amônia, nitrato, sulfato, salinidade. A seguir, serão apresentados detalhes sobre cada um desses parâmetros.

2.5.1 pH

O potencial hidrogeniônico (pH) é uma medida da intensidade das condições ácidas ou alcalinas de um meio líquido, determinada pela concentração de íons hidrogênio (Santos *et al.*, 2019). De acordo com a World Health Organization (WHO), o pH é um dos parâmetros mais relevantes para avaliar a qualidade da água, pois indica o seu grau de acidez ou alcalinidade. Esse valor varia em uma escala de 0 a 14, onde pH inferior a 7 caracteriza a água como ácida, e valores superiores a 7 indicam alcalinidade (Lenzi; Favero; Luchese, 2009; WHO, 2022).

O pH influencia diretamente a forma livre e ionizada de diversos compostos químicos, afetando a solubilidade de substâncias e determinando o potencial de toxicidade de muitos elementos (Cruz, 2018). No tratamento de água, seu controle é essencial, pois influencia

diretamente a eficiência de etapas como coagulação, floculação e desinfecção, além de assegurar a qualidade e segurança da água distribuída à população (FUNASA, 2013).

Nos sistemas de abastecimento, o pH é um fator crítico: níveis baixos podem intensificar a corrosão das tubulações, enquanto valores altos promovem a formação de incrustações devido à precipitação de sais (FUNASA, 2014). Manter o pH dentro da faixa adequada otimiza a remoção de partículas e turbidez, potencializa a ação de desinfetantes como o cloro e previne danos estruturais, reduzindo custos de manutenção. Assim, o monitoramento contínuo e a correção do pH nas estações de tratamento são fundamentais para atender às normas regulatórias, preservar a eficiência dos sistemas de abastecimento e proteger tanto a infraestrutura quanto a saúde pública (Marchesan *et al.*, 2021).

2.5.2 Temperatura

A temperatura é uma medida que expressa a intensidade do calor em um determinado sistema (FUNASA, 2014). Variações de temperatura podem ocorrer devido a fontes naturais, como a energia solar, e fontes antropogênicas, como despejos industriais e águas de resfriamento (Soares; Ferreira, 2017). Esse parâmetro exerce uma influência significativa na velocidade das reações químicas, nas atividades metabólicas dos organismos e na solubilidade de substâncias (FUNASA, 2014). Além disso, é um parâmetro que atinge várias propriedades da água, como viscosidade, densidade, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e a tensão superficial (ANA, 2017; Nolasco *et al.*, 2020).

2.5.3 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica da água reflete sua capacidade de conduzir corrente elétrica, sendo influenciada pela presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions (Durand Filho, 2019). Trata-se de uma medida simples e indireta da presença de íons derivados de substâncias polares, como cloretos, sulfatos, fosfatos e cálcio, frequentemente originados de sais inorgânicos dissolvidos na água. Esses íons elevam a condutividade, facilitando a passagem de corrente elétrica (Alves, 2016). À medida que a concentração de íons na solução aumenta, a capacidade eletrolítica da água também cresce, resultando em uma maior condutividade elétrica (FUNASA, 2014).

2.5.4 Turbidez

A turbidez é uma medida que avalia a dificuldade de um feixe de luz atravessar uma determinada quantidade de água, conferindo-lhe um aspecto turvo. Essa característica é causada pela presença de partículas em suspensão, como poluentes, plânctons, argila, bactérias e areia, que reduzem a intensidade do feixe de luz ao atravessar a água (ANA, 2017; Birkheuer *et al.*, 2017). Os valores de turbidez são expressos em Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU), mas sua medição pode ser prejudicada pela cor da água, que absorve parte da luz, interferindo na precisão do resultado (WHO, 2022).

2.5.5 Oxigênio dissolvido

O oxigênio dissolvido é a quantidade de oxigênio (O_2) presente na água (Rocha, 2021). Esse é um dos principais parâmetros que refletem a qualidade do ambiente aquático, desempenhando papel fundamental nos ecossistemas aquáticos, que simultaneamente produzem e consomem esse elemento. O oxigênio é incorporado à água a partir da atmosfera, na interface entre água e ar, e também é produzido por atividades fotossintéticas de algas e plantas, conforme destacado por Braga *et al.* (2005).

A solubilidade dos gases na água é influenciada por fatores ambientais como temperatura, pressão atmosférica e salinidade (Brasil, 2006). Em temperaturas mais baixas, a capacidade da água de dissolver oxigênio é maior, enquanto em altitudes elevadas, onde a pressão atmosférica é reduzida, a solubilidade do oxigênio é menor (Schautz, 2015). Além disso, a concentração de oxigênio dissolvido também é impactada pela fonte de água, pela temperatura da água bruta e pelos tratamentos e processos químicos ou biológicos que ocorrem no sistema de distribuição (WHO, 2022).

2.5.6 Cloro residual

O cloro é amplamente utilizado como desinfetante na água devido à sua eficácia contra microrganismos patogênicos. Além de ser econômico, ele não altera as características da água, é de fácil aplicação e mantém um residual ativo, prolongando sua ação após a aplicação (FUNASA, 2014). No entanto, por ser uma substância altamente reativa, a concentração de cloro livre na água tende a diminuir ao longo da rede de distribuição, resultando em diferenças

de concentração entre a saída da Estação de Tratamento de Água (ETA) e os pontos finais, como as residências (Salgado, 2008; Fonseca, 2014).

Essa redução pode levar a níveis de cloro residual abaixo do mínimo desinfetante exigido pela legislação nacional, comprometendo a segurança da água distribuída e aumentando os riscos à saúde pública. Por outro lado, a adição excessiva de cloro na saída da ETA não é uma solução viável, pois pode causar problemas de sabor, odor e a formação de subprodutos de desinfecção prejudiciais à saúde (Blokker; Vreeburg; Speight, 2014).

O cloro residual combinado é um parâmetro essencial para avaliar a potabilidade da água, pois permite confirmar a presença do residual desinfetante em todo o sistema de distribuição (Araujo *et al.*, 2022). Lenzi, Favero e Luchese (2009) destacam que a manutenção do cloro residual na água previne a proliferação de algas e bactérias, reduzindo o risco de doenças e epidemias transmitidas pela água. Os compostos de cloro mais comumente utilizados no tratamento incluem hipoclorito de sódio, hipoclorito de cálcio, cal clorada e dióxido de cloro, que desempenham papel fundamental na higienização do sistema de abastecimento e dos reservatórios.

2.5.7 Dióxido de carbono

O dióxido de carbono (CO_2), conhecido como gás carbônico, é o gás presente em maior quantidade na atmosfera terrestre e exerce uma função essencial na vida, participando da fotossíntese das plantas e da respiração dos organismos aeróbicos. Quando se dissolve na água, o CO_2 pode influenciar a corrosão de estruturas metálicas e materiais à base de cimento, como tubos de fibrocimento em sistemas de abastecimento de água, resultando na formação de carbonato de cálcio insolúvel em água (Rodrigues, 2020). Geralmente, o dióxido de carbono livre presente em águas superficiais é encontrado em concentrações inferiores a 10 mg/L, enquanto em águas subterrâneas, podem ocorrer concentrações mais elevadas (FUNASA, 2013).

2.5.8 Alcalinidade

A alcalinidade representa a capacidade da água de neutralizar ácidos, sendo resultado da presença de substâncias que atuam como tampões, como hidróxidos, carbonatos e bicarbonatos (Bezerra *et al.*, 2018). Essa propriedade é expressa, geralmente, em termos de carbonato de cálcio e é determinada pela soma das diferentes formas de alcalinidade presentes

na amostra (FUNASA, 2013). Essa capacidade está associada à presença de íons na água que interagem com os íons de hidrogênio, contribuindo para o equilíbrio do pH e influenciando diretamente a estabilidade química do meio aquático (Brasil, 2006).

O pH da água determina a predominância das formas de alcalinidade: acima de 9,4, predominam hidróxidos e carbonatos; entre 8,3 e 9,4, há carbonatos e bicarbonatos; entre 4,4 e 8,3, predominam bicarbonatos. Elevados níveis de alcalinidade estão associados à decomposição de matéria orgânica e à alta atividade microbiana, o que provoca a liberação de gás carbônico na água (FUNASA, 2014). Isso pode resultar em um sabor amargo e desagradável, tornando a água menos adequada para o consumo (Queiroz; Oliveira, 2018).

2.5.9 Magnésio

O magnésio é um elemento essencial para os organismos vivos, desempenhando um papel fundamental na manutenção de diversas funções biológicas. Em concentrações normais, não apresenta riscos à saúde humana ou à vida aquática; no entanto, em níveis elevados, pode comprometer as características sensoriais da água, conferindo-lhe um sabor amargo. Por esse motivo, a análise de magnésio na água de abastecimento é importante para garantir a qualidade da água consumida pela população e prevenir impactos ambientais e industriais decorrentes de sua presença em concentrações inadequadas (Lucas *et al.*, 2014).

2.5.10 Cálcio

O cálcio é um elemento nutricional fundamental para a vida, e a água fornece uma pequena quantidade desse e de outros elementos essenciais, auxiliando na ingestão da quantidade diária recomendada, elevadas concentrações são relativamente inofensivas ao organismo. Além disso, é um dos elementos mais responsáveis pela dureza da água (Lucas *et al.*, 2014; WHO, 2022).

2.5.11 Dureza total

De acordo com Silva Neto (2013), a dureza da água é um parâmetro essencial para avaliar sua qualidade para usos domésticos e industriais, sendo resultado da presença de sais de cálcio e magnésio, como bicarbonatos, sulfatos, cloretos e nitratos, dissolvidos na água. Concentrações elevadas desses sais podem conferir um sabor desagradável à água e causar

efeitos laxativos, além de reduzir a formação de espuma do sabão, aumentando seu consumo, e provocar incrustações em tubulações e equipamentos, como caldeiras (Medeiros Filho, 2015). Vilhena (2017) complementa afirmando que, quanto maior a concentração desses sais, maior será a classificação da água como “dura”.

A dureza da água pode ser classificada como carbonatada (temporária) ou não carbonatada (permanente). A dureza temporária, associada à presença de bicarbonatos de cálcio e magnésio, pode ser removida pelo calor, que transforma esses compostos em carbonatos insolúveis, enquanto a permanente, causada por sulfatos, cloretos e nitratos, não é afetada pelo calor devido à solubilidade desses sais (FUNASA, 2014).

A classificação da dureza é baseada na concentração de CaCO_3 na água: valores inferiores a 50 mg/L indicam água mole ou branda; entre 50 e 150 mg/L, a dureza é moderada; de 150 a 300 mg/L, a água é considerada dura; e acima de 300 mg/L, é classificada como muito dura (Sousa, 2023).

2.5.12 Cloretos

Os cloretos podem ser encontrados na água, como o cloreto de sódio, de cálcio ou de magnésio. Sua ocorrência nos corpos hídricos é resultado da interação com a água salgada do mar ou da influência de resíduos domésticos e industriais (Medeiros Filho, 2015). Os cloretos são componentes encontrados em águas brutas e tratadas, com concentrações que podem variar desde quantidades mínimas até centenas de mg/L. Concentrações elevadas de cloretos podem afetar o sabor da água, conferindo-lhe um gosto salgado e com propriedades laxativas (FUNASA, 2013; WHO, 2022).

2.5.13 Sódio

De acordo com Parron, Muniz e Pereira (2011), a presença de sódio nas águas naturais deve-se à sua abundância e à alta solubilidade de seus sais, que se apresentam na forma iônica. Suas concentrações nos recursos hídricos variam significativamente, influenciadas pelas condições geológicas da região e pelo descarte de efluentes no ambiente. A concentração de sódio dissolvido na água é um dos principais aspectos que afetam sua qualidade e potabilidade (Araújo, 2022).

2.5.14 Potássio

O potássio desempenha um papel fundamental no desenvolvimento e na nutrição dos seres vivos. Sua presença na água está frequentemente associada à dissolução de minerais de material vegetal em decomposição ou à liberação de resíduos provenientes de atividades agrícolas (Parron; Muniz; Pereira, 2011). Ele é encontrado em concentrações baixas nas águas naturais, pois as rochas que contêm esse elemento são relativamente resistentes à ação do intemperismo.

No entanto, o potássio é amplamente utilizado na indústria e na produção de fertilizantes agrícolas, o que pode resultar em sua introdução nos corpos d'água por meio de descargas industriais e escoamento agrícola (Cetesb, 2023). Além disso, pode estar presente na água potável devido ao uso de permanganato de potássio como agente oxidante no processo de tratamento. Em geral, as concentrações de potássio encontradas em águas destinadas ao consumo humano são baixas e não apresentam riscos à saúde (Cetesb, 2020).

2.5.15 Fósforo total

O fósforo é um nutriente muito importante para o desenvolvimento dos processos biológicos na água, armazenando energia e atuando na estruturação celular (ANA, 2017; Pereira, 2023). A presença de fósforo na água está associada a processos naturais, como dissolução de rochas, erosão do solo, decomposição de matéria orgânica e precipitação (Brasil, 2006). No entanto, atividades antropogênicas também contribuem significativamente para o aumento de fósforo, principalmente por meio de fertilizantes agrícolas, detergentes, efluentes domésticos, inseticidas e pesticidas (Feitosa *et al.*, 2008). O excesso de fósforo introduzido no ambiente aquático pode desencadear o processo de eutrofização, levando a um aumento significativo do crescimento de algas, como ressaltado pela ANA (2017) e Pereira (2023).

2.5.16 Amônia

A amônia pode estar presente na forma ionizada (NH_4^+) ou não ionizada (NH_3) em soluções aquosas e a soma dessas duas espécies resulta na quantificação da amônia total (Gonçalves; Silvério, 2023). A amônia é classificada como um poluente devido aos seus efeitos tóxicos. A análise de amônia na água de abastecimento é importante para garantir a qualidade da água e a segurança da saúde pública. Quando presente em concentrações elevadas, pode ser

um indicativo de poluição orgânica, proveniente de esgoto doméstico, efluentes industriais ou decomposição de matéria orgânica (Reis; Mendonça, 2009).

2.5.17 Nitrato

Nos corpos hídricos, o nitrogênio pode ser encontrado em diferentes formas, tais como nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato (ANA, 2017). O nitrato na água é encontrado em concentrações geralmente baixas e representa o estágio final da oxidação da matéria orgânica (Feitosa *et al.*, 2008). Altas concentrações de nitrato na água potável podem ser prejudiciais à saúde, pois essa substância é considerada um fator de risco para o desenvolvimento de certos tipos de câncer (Cetesb, 2020). Além disso, quando ingerido em grandes quantidades, o nitrato no organismo pode ser convertido em nitrito, substância que interfere no transporte de oxigênio pelo sangue. Levando ao desenvolvimento de uma condição potencialmente fatal chamada metahemoglobinemia, conhecida como “síndrome do bebê azul”. Esta condição é especialmente perigosa para crianças, gestantes e pessoas com o sistema imunológico comprometido, conforme destaca a ANA (2017) e a WHO (2011).

2.5.18 Sulfato

O sulfato é um íon comum na natureza, encontrado em águas naturais com concentrações variáveis, resultante da dissolução de solos, rochas e oxidação de sulfetos em corpos d'água naturais. Suas fontes humanas incluem o descarte de esgoto doméstico, efluentes industriais e o uso de coagulantes em águas tratadas. Em altas concentrações, o sulfato pode representar um risco de incrustações em equipamentos industriais, como caldeiras e trocadores de calor (Cetesb, 2023). Além disso, em concentrações elevadas também podem conferir à água um sabor amargo ou adstringente, levando à rejeição por parte dos consumidores, e causando efeitos laxativos, como diarreia e desidratação (Vasconcelos; Oliveira, 2017).

2.5.19 Salinidade

A salinidade da água se refere à quantidade de sais dissolvidos em uma determinada massa de água, sendo empregada para avaliar a concentração total de sais, como cloreto de sódio, magnésio e cálcio, presentes na água na forma de íons. Sua medição pode ser realizada por meio da condutividade elétrica. A quantidade de sais na água pode variar consideravelmente

entre diferentes regiões do mundo devido a fatores como evaporação, precipitação, fluxo de rios e interação com o gelo marinho (Feitosa *et al.*, 2008).

Segundo o estabelecido na Resolução Conama nº 357, de 17 de março de 2005, as águas podem ser classificadas em três categorias: doces, com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰; salobras, com salinidade superior a 0,5 ‰ e inferior a 30 ‰; ou salinas, com salinidade igual ou superior a 30 ‰.

A água doce é aquela que apresenta salinidade igual ou inferior a 0,5 partes por mil e pode ser utilizada para o consumo humano. Apesar do nome, não está relacionada ao açúcar, mas sim à baixa concentração de sais dissolvidos. Esse tipo de água é encontrado em rios, lagos e córregos, e geralmente necessita de tratamento antes de seu uso. Além de ser apropriada para o abastecimento humano, também é fundamental para a agricultura, a pecuária e diversas atividades industriais (Cetesb, 2017).

2.6 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

A água destinada ao consumo humano deve estar isenta de microrganismos patogênicos, destacando-se a importância da análise microbiológica (Brasil, 2018). A Organização Mundial da Saúde (OMS) destaca que milhões de pessoas morrem anualmente devido a doenças decorrentes do consumo de água inadequada, e um número ainda maior sofre com essas enfermidades, especialmente crianças com menos de cinco anos. Portanto, é fundamental o tratamento da água, uma vez que a água contaminada apresenta sérios riscos para a saúde da população que a consome (Fiocruz, 2023).

De acordo com a Portaria nº 888 do Ministério da Saúde, a água destinada ao consumo humano deve estar livre de coliformes totais e *Escherichia coli*. O Capítulo 5, artigo 27, parágrafo 1º, estabelece que, caso sejam detectadas amostras positivas para coliformes totais, o responsável pelo SAA deve adotar ações corretivas e realizar novas coletas em dias consecutivos até obter resultados satisfatórios. Além disso, para sistemas que abastecem populações acima de 20.000 habitantes, como no caso de Areia, a portaria determina a ausência de coliformes totais e de *Escherichia coli* em 100 mL de água (Brasil, 2021b).

Os coliformes são classificados em dois grupos principais: coliformes totais e coliformes termotolerantes. Os coliformes totais são bactérias caracterizadas pela capacidade de fermentar lactose com produção de ácidos, aldeídos e gás a 35°C, em um período de 24 a 48 horas (Santos; Silva; Rezende, 2014). Dentre os coliformes termotolerantes, destaca-se a *Escherichia coli*, considerada um indicador de contaminação fecal devido à sua habilidade de

fermentar lactose a temperaturas entre 44°C e 45°C ($\pm 0,2$), também em um período 24 a 48 horas. A ingestão desse microrganismo, seja por meio de água contaminada ou alimentos manuseados em condições higiênicas inadequadas, pode causar sintomas como vômitos, febre, mal-estar, diarreia, calafrios, cólicas e, em casos graves, episódios de diarreia sanguinolenta (Cruz, 2018).

3 METODOLOGIA

3.1 LOCAL DE ESTUDO E COLETA DA AMOSTRA

O local de estudo foi um ponto de abastecimento de água público em um dos bairros que representa o ponto final do sistema de distribuição de água da CAGEPA, localizado no município de Areia, no estado da Paraíba.

As coletas foram realizadas entre 29 de agosto de 2023 e 29 de abril de 2024, no período da manhã, por volta das 6h30 (Figura 1).

Figura 1 - Coleta da água no ponto de abastecimento.



Fonte: elaboração própria, 2024.

As amostras de água foram armazenadas em recipientes de vidro devidamente higienizados e identificados para análises físico-químicas (Figura 2) e sendo esterilizadas quando destinadas a análises bacteriológicas, conforme indicado por Brasil (2016). Após a coleta, os recipientes foram colocados em caixas de isopor e transportados imediatamente para análise no Laboratório de Química Analítica do Departamento de Química e Física (DQF) do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Além disso, as amostras foram enviadas ao Laboratório de Matéria Orgânica do Departamento de Solo e Engenharia Rural (DSER) do CCA da UFPB.

Figura 2 - Amostras de água.

Fonte: elaboração própria, 2024.

3.2 ANÁLISES DE VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICAS

Os parâmetros físico-químicos analisados foram: alcalinidade, cálcio, cloreto, cloro residual, condutividade elétrica, dióxido de carbono livre, dureza total, fósforo total, magnésio, nitrato, oxigênio dissolvido, pH, potássio, salinidade, sódio, sulfato e turbidez determinados, utilizando a metodologia proposta por APHA; AWWA; WEF, (2017), com exceção da amônia, na qual foi usada a metodologia de ASTM D 1426 (2008), que consiste em determinar os íons de amônia por meio de análise colorimétrica, utilizando-se o reagente Nessler e um espectrofotômetro em um determinado comprimento de onda. Todas essas análises foram realizadas em triplicata e os métodos são descritos no Quadro 1.

Quadro 1 - Parâmetros e métodos utilizados.

Variáveis	Métodos
Alcalinidade	2320 B – Método de titulação
Cálcio	3500-Ca B – Método titulométrico (EDTA)
Cloreto	4500-Cl ⁻ B – Método argentométrico
Cloro residual	4500-Cl G – DPD Método colorímetro
Condutividade elétrica	2510 B – Método laboratorial
Dióxido de carbono livre	4500-CO ₂ C – Método titulométrico para dióxido de carbono livre
Dureza total	2340 C – Método titulométrico (EDTA)
Fósforo total	4500-P C – Método colorimétrico do ácido vanadomolibdofosfórico
Magnésio	3500-Mg B – Método de cálculo
Nitrato	4500-NO ₃ ⁻ B – Método de triagem espectrofotométrica ultravioleta
Oxigênio dissolvido	4500-O G – Método membrana-eletrodo
pH	4500-H ⁺ B – Método eletrométrico
Potássio	3500-K B – Método fotométrico de chama
Salinidade	2520 B – Método de Condutividade elétrica
Sódio	3500-Na B – Método fotométrico de emissão de chama
Sulfato	4500-SO ₄ ²⁻ E – Método turbidimétrico
Turbidez	2130 B – Método nefelométrico

Fonte: adaptado de Neves, 2023; APHA; AWWA; WEF, 2017.

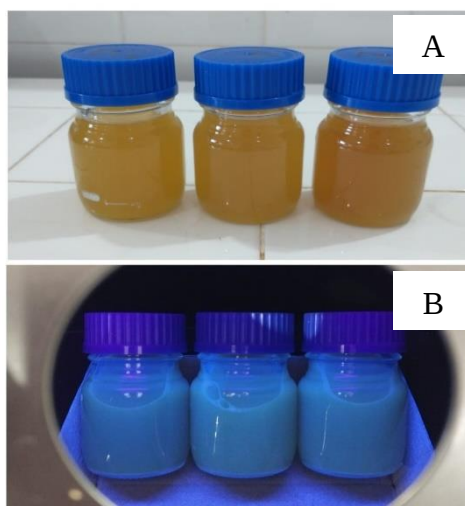
Os equipamentos utilizados nas análises de condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, pH e turbidez foram: condutímetro MS Tecnon, modelo Luca-150; oxímetro Lutron, modelo DO 5519; pHmetro Ms Tecnon, modelo Luca-210; e turbidímetro Del Lab, modelo DLT WV, respectivamente. Além disso, foi utilizado o espectrofotômetro Thermo Genesys, modelo 10 UV, para análises por métodos colorimétricos, e o fotômetro de chama Analyser, modelo 910M, para análises de sódio e potássio.

3.3 ANÁLISES MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO

As análises microbiológicas foram realizadas com o intuito de identificar a presença ou ausência de coliformes totais e da bactéria *Escherichia coli*. Todas as análises foram feitas em triplicata, utilizando o substrato cromogênico enzimático Colilert®, com incubação a 35°C durante 24 horas. Após esse período, as amostras foram expostas à luz ultravioleta (UV).

A identificação dessas bactérias ocorre da seguinte maneira: na presença de coliformes totais, o líquido incolor se altera para amarelo (conforme ilustrado na Figura 3A); na ausência, permanece inalterado. A presença de fluorescência após exposição à luz UV indica a presença de *Escherichia coli* (conforme ilustrado na Figura 3B), enquanto a ausência de fluorescência após a exposição à luz UV indica que não há *E. coli* presente.

Figura 3 - Identificação de presença das bactérias coliformes totais (A) e *Escherichia coli* (B).



Fonte: elaboração própria, 2024.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

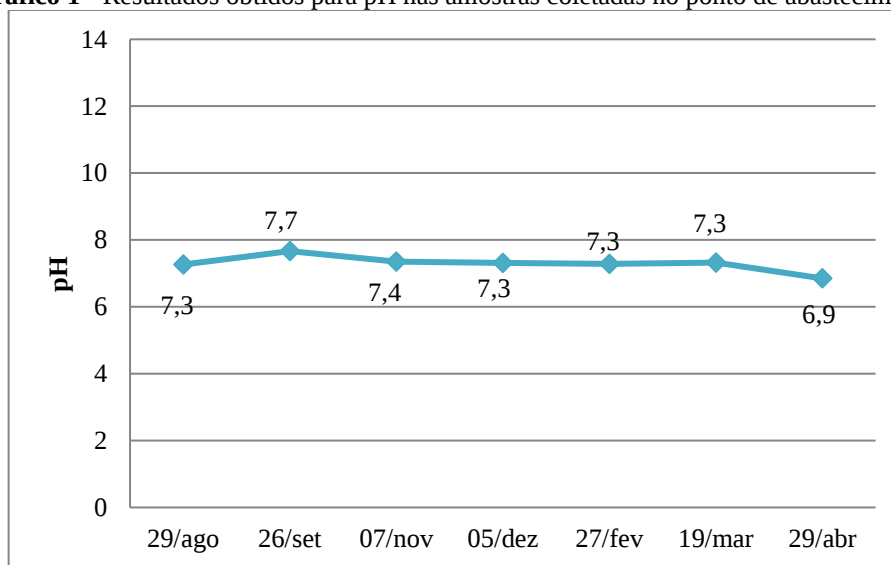
Os parâmetros de qualidade da água para consumo humano são regulamentados por legislações que estabelecem os valores padrão dessas características. Com base nesses valores, é possível determinar se a água é adequada ou inadequada para o consumo humano. No Brasil, os padrões de qualidade da água para consumo humano estão atualmente definidos pela Portaria nº 888, de 04 de maio de 2021, do Ministério da Saúde (Brasil, 2021b).

4.1 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICA

4.1.1 pH

Os valores de pH obtidos nas amostras analisadas estão representados no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Resultados obtidos para pH nas amostras coletadas no ponto de abastecimento.



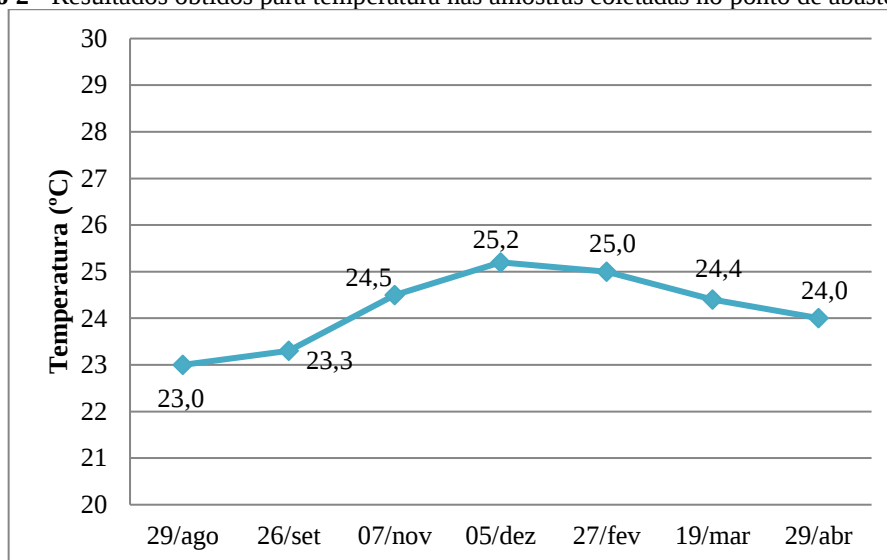
Fonte: elaboração própria, 2024.

Ao analisar os resultados apresentados no Gráfico 1, observa-se uma variação nos valores de pH ao longo do período de agosto de 2023 a abril de 2024. O pH das amostras variou de 7,7, em 26 de setembro, a 6,9, em 29 de abril. O valor mais elevado pode indicar um ponto atípico ou uma alteração nas condições de qualidade da água naquele momento. No entanto, todos os resultados estão em conformidade com os limites estabelecidos pela Resolução Conama nº 357/2005, que determina que o pH adequado para a água de abastecimento deve estar entre 6 e 9.

4.1.2 Temperatura

O Gráfico 2 apresenta a variação dos níveis de temperatura observada entre as amostras.

Gráfico 2 - Resultados obtidos para temperatura nas amostras coletadas no ponto de abastecimento.



Fonte: elaboração própria, 2024.

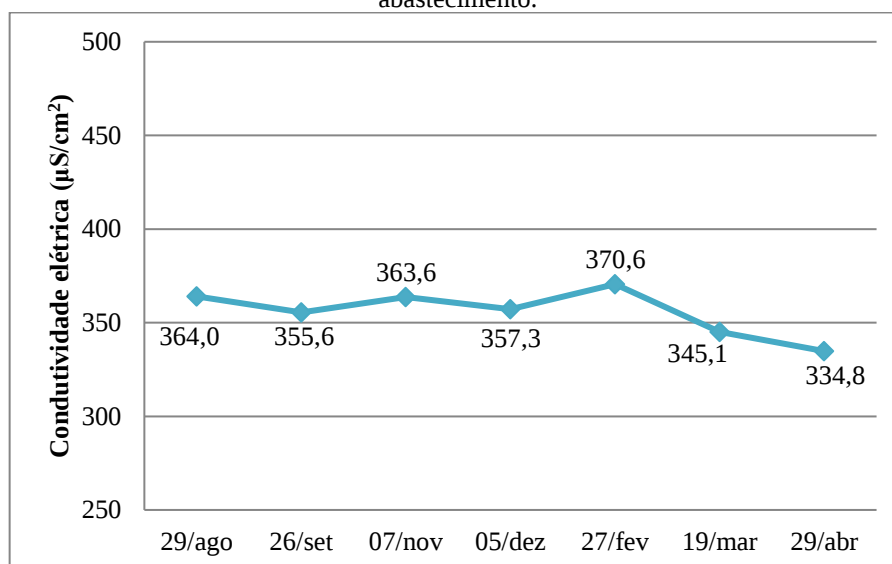
No Gráfico 2, observa-se uma variação na temperatura ao longo do período avaliado. Inicialmente, há um aumento progressivo, partindo de 23,0 °C em 29 de agosto de 2023 e alcançando o pico máximo de 25,2 °C em 5 de dezembro do mesmo ano. A partir desse ponto, a temperatura começa a diminuir gradualmente nos meses seguintes, registrando 25,0 °C em 27 de fevereiro de 2024, 24,4 °C em 19 de março e estabilizando-se em 24,0 °C em 29 de abril.

Esse comportamento pode estar relacionado a fatores climáticos sazonais, como variações na radiação solar e condições atmosféricas específicas do período analisado. O aumento inicial até dezembro coincide, possivelmente, com o final da primavera e o início do verão, quando as temperaturas tendem a ser mais altas. Já o decréscimo posterior reflete a transição para o outono, caracterizado por temperaturas mais amenas. Embora a Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde não estabeleça um limite para a temperatura da água potável, sua análise em sistemas de abastecimento é importante, pois a temperatura influencia processos físico-químicos, como solubilidade de gases, reações químicas e atividade biológica, podendo impactar diretamente a qualidade da água e sua adequação para diferentes usos (FUNASA, 2014; ANA, 2017).

4.1.3 Condutividade elétrica

Os valores de condutividade elétrica obtidos nas amostras analisadas estão apresentados no Gráfico 3.

Gráfico 3 - Resultados obtidos para condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}^2$) nas amostras coletadas no ponto de abastecimento.



Fonte: elaboração própria, 2024.

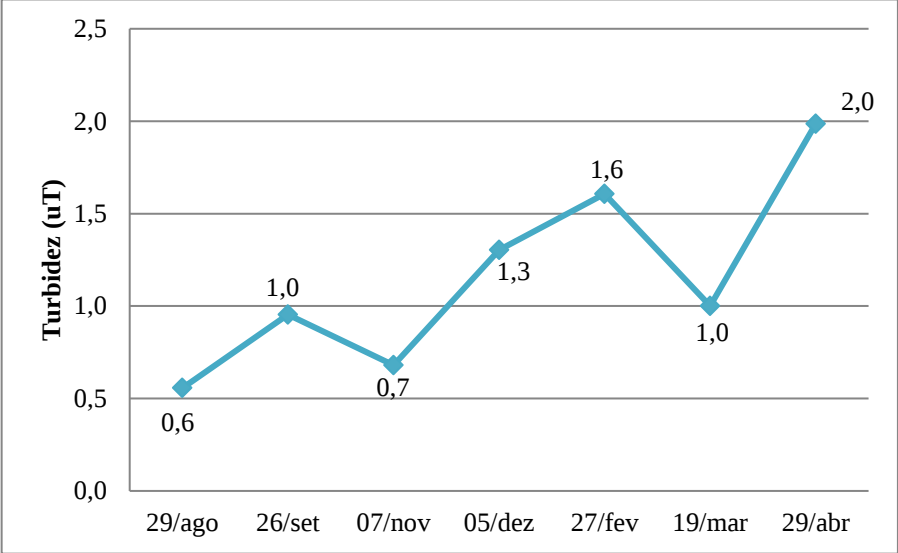
Nota-se no Gráfico 3, inicialmente, uma leve redução da condutividade de 364,0 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ em 29 de agosto para 355,6 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ em 26 de setembro, seguida por um aumento gradual que chega em 363,6 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ em 7 de novembro. Posteriormente, há uma nova redução para 357,3 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ em 5 de dezembro, antes de alcançar o valor máximo de 370,6 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ em 27 de fevereiro. Após este pico, ocorre uma diminuição acentuada, com valores de 345,1 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ em 19 de março e 334,8 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ em 29 de abril.

Essas flutuações podem estar associadas a fatores sazonais, como variações no regime de chuvas, que diluem os sais dissolvidos na água. A condutividade elétrica está diretamente relacionada à presença de íons na água, podendo indicar alterações na qualidade ou na concentração de sais minerais dissolvidos. Embora a Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde não estabeleça um limite específico para esse parâmetro em água potável, sua análise é fundamental para avaliar a adequação da água aos padrões de qualidade e identificar possíveis impactos em sistemas de tratamento e distribuição (FUNASA, 2014; Alves, 2016).

4.1.4 Turbidez

A variação dos níveis de turbidez nas amostras analisadas está representada no Gráfico 4.

Gráfico 4 - Resultados obtidos para turbidez (uT) nas amostras coletadas no ponto de abastecimento.



Fonte: elaboração própria, 2024.

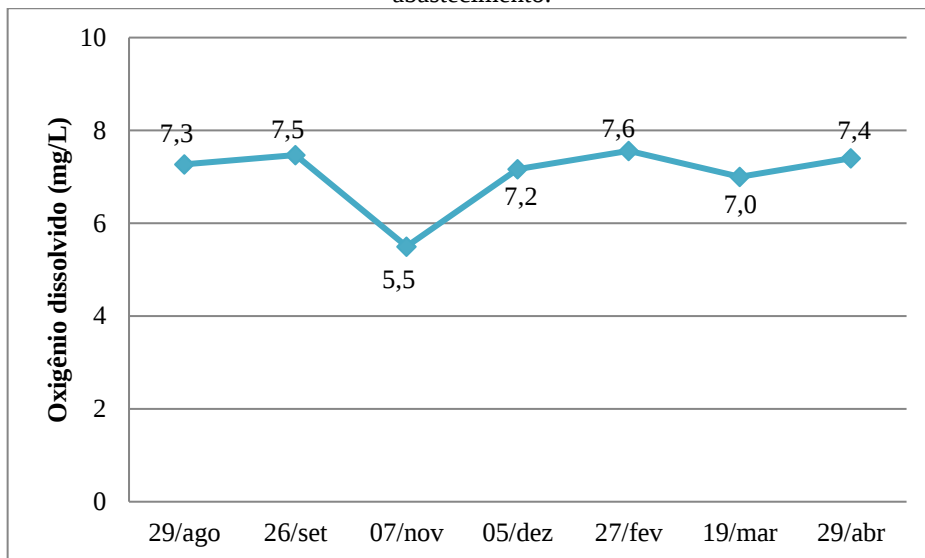
Os valores de turbidez mostrados no Gráfico 4 indicam variações na concentração de partículas em suspensão ao longo do período analisado. Observa-se um aumento gradual, com valores de 0,6 NTU em agosto e 2,0 NTU em abril, porém todos os valores estão dentro dos limites estabelecidos pela Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde, que define o limite máximo de turbidez em 5,0 uT para água destinada ao consumo humano.

Essas oscilações podem ser influenciadas por fatores climáticos, processos naturais ou atividades humanas. O monitoramento constante da turbidez é essencial para garantir a qualidade da água, atendendo aos padrões regulamentares.

4.1.5 Oxigênio dissolvido

O Gráfico 5 apresenta os valores de oxigênio dissolvido obtidos nas amostras analisadas.

Gráfico 5 - Resultados obtidos para oxigênio dissolvido (mg/L) nas amostras coletadas no ponto de abastecimento.



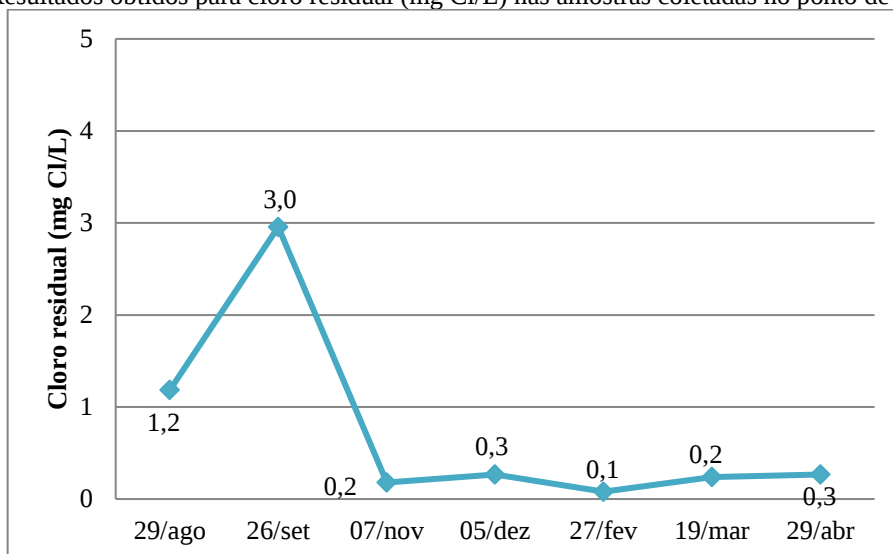
Fonte: elaboração própria, 2024.

Conforme apresentado no Gráfico 5, os valores de oxigênio dissolvido variaram entre 5,5 e 7,6 mg/L ao longo do período analisado. Todos os resultados estão dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, que determina um valor mínimo de 5,0 mg/L para águas doces Classe 2. No entanto, o monitoramento contínuo desse parâmetro é fundamental para garantir a preservação da vida aquática e a manutenção da qualidade da água destinada ao abastecimento público (Schautz, 2015).

4.1.6 Cloro residual

A variação dos níveis de cloro residual nas amostras analisadas está representada no Gráfico 6.

Gráfico 6 - Resultados obtidos para cloro residual (mg Cl/L) nas amostras coletadas no ponto de abastecimento.



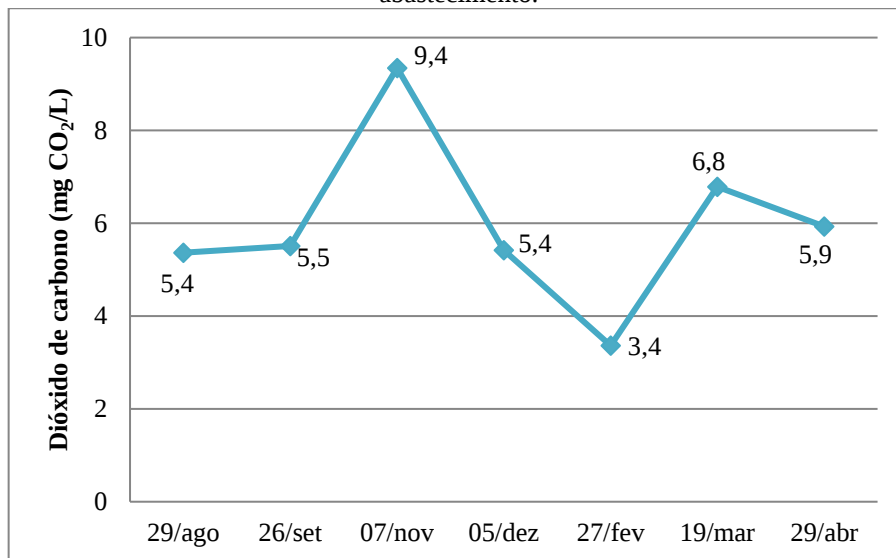
Fonte: elaboração própria, 2024.

Visualiza-se no Gráfico 6 que os valores de cloro residual variaram de 0,1 a 3,0 mg/L. Apenas a amostra coletada em 26 de setembro, com um valor de 3,0 mg/L, atende aos limites estabelecidos pela Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde, que determina um teor mínimo de 2 mg/L de cloro residual combinado na água destinada ao consumo humano. Os demais valores ficaram abaixo do limite recomendado, indicando a necessidade de atenção ao controle desse parâmetro para garantir a eficiência da desinfecção e a segurança da água consumida, conforme destacado por Blokker, Vreeburg e Speight (2014).

4.1.7 Dióxido de carbono

Os valores de dióxido de carbono obtidos nas amostras estão apresentados no Gráfico 7.

Gráfico 7 - Resultados obtidos para dióxido de carbono ($\text{mg CO}_2/\text{L}$) nas amostras coletadas no ponto de abastecimento.



Fonte: elaboração Própria, 2024.

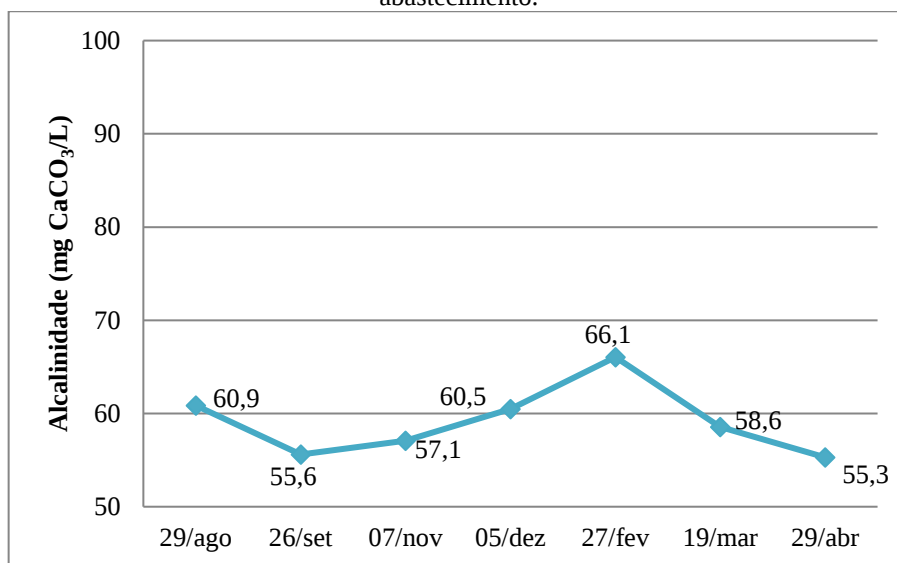
Os níveis de dióxido de carbono apresentados no Gráfico 7 variaram entre 3,4 mg/L em 27 de fevereiro e 9,4 mg/L em 7 de novembro. Embora a Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde não estabeleça limites específicos para esse parâmetro em água potável, sua análise é essencial como indicador da qualidade da água.

Essas variações podem estar associadas a fatores ambientais, como temperatura, pH e presença de matéria orgânica, que afetam a dissolução do gás carbônico na água. O dióxido de carbono exerce um papel fundamental no equilíbrio químico da água, influenciando sua acidez e a concentração de íons carbonato e bicarbonato, essenciais para os processos biológicos e a manutenção da vida aquática.

4.1.8 Alcalinidade

O Gráfico 8 ilustra os resultados de alcalinidade obtidos nas amostras analisadas.

Gráfico 8 - Resultados obtidos para alcalinidade (mg CaCO_3/L) nas amostras coletadas no ponto de abastecimento.



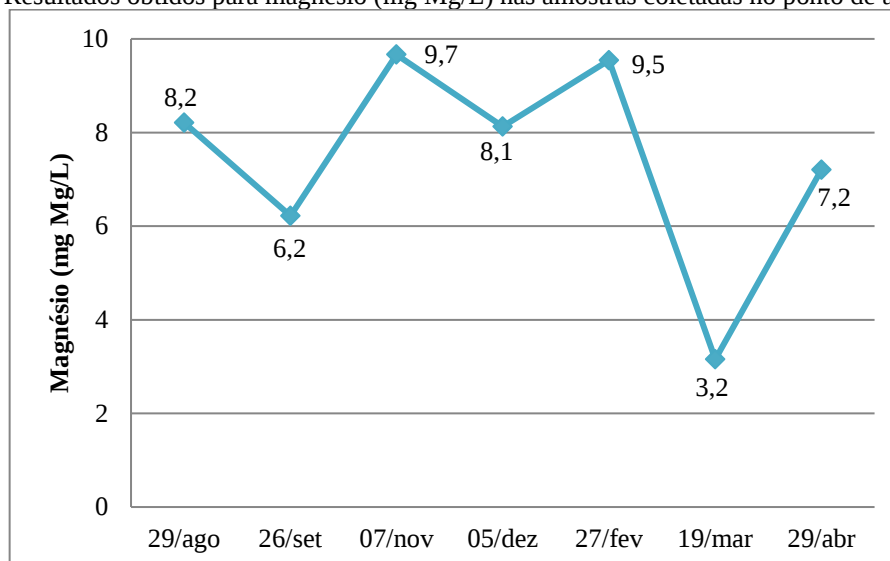
Fonte: elaboração própria, 2024.

Nos resultados apresentados no Gráfico 8, os níveis de alcalinidade variaram de 55,3 a 66,1 mg/L. Embora a Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde não estabeleça um limite específico para esse parâmetro em água potável, sua análise é importante, pois serve como um indicador da qualidade da água.

Essas variações nos valores podem estar relacionadas a fatores ambientais, como a decomposição de matéria orgânica e a intensa atividade microbiana, que promovem a liberação de gás carbônico na água. Esse processo pode alterar suas características sensoriais, conferindo um sabor amargo e desagradável, o que compromete sua aceitação para consumo (FUNASA, 2014; Queiroz; Oliveira, 2018).

4.1.9 Magnésio

Os valores de magnésio obtidos nas amostras analisadas estão demonstrados no Gráfico 9.

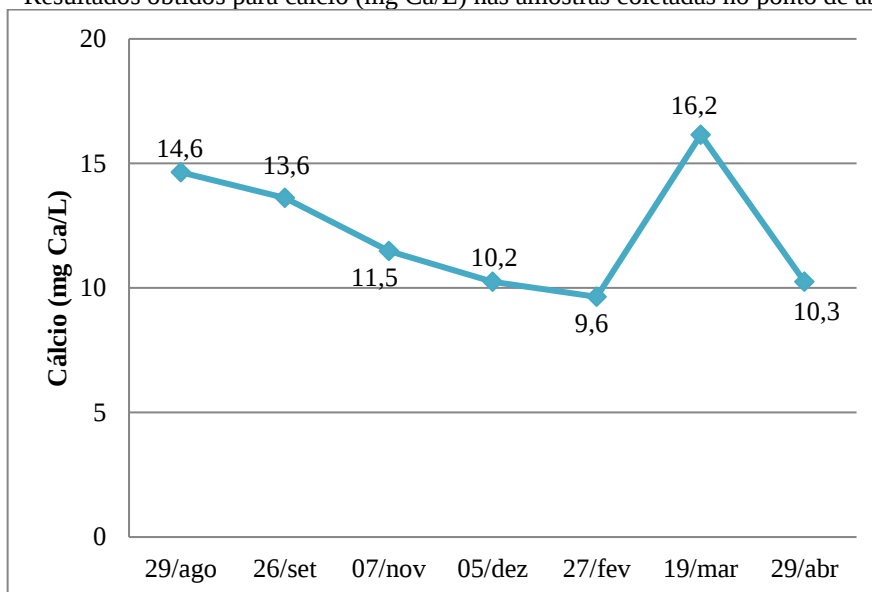
Gráfico 9 - Resultados obtidos para magnésio (mg Mg/L) nas amostras coletadas no ponto de abastecimento.

Fonte: elaboração própria, 2024.

Ao analisar o Gráfico 9, nota-se que os níveis de magnésio variaram entre 3,2 e 9,7 mg/L. A Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde não estabelece um limite para a concentração de magnésio em água potável. De acordo com Queiroz e Oliveira (2018), o magnésio, quando presente na água em concentrações dentro dos limites recomendados para o consumo humano, geralmente inferiores a 50 mg/L, conforme diretrizes de qualidade da água, não representa risco à saúde e pode, inclusive, trazer benefícios ao organismo.

4.1.10 Cálcio

O Gráfico 10 mostra os valores de cálcio encontrados nas amostras analisadas.

Gráfico 10 - Resultados obtidos para cálcio (mg Ca/L) nas amostras coletadas no ponto de abastecimento.

Fonte: elaboração própria, 2024.

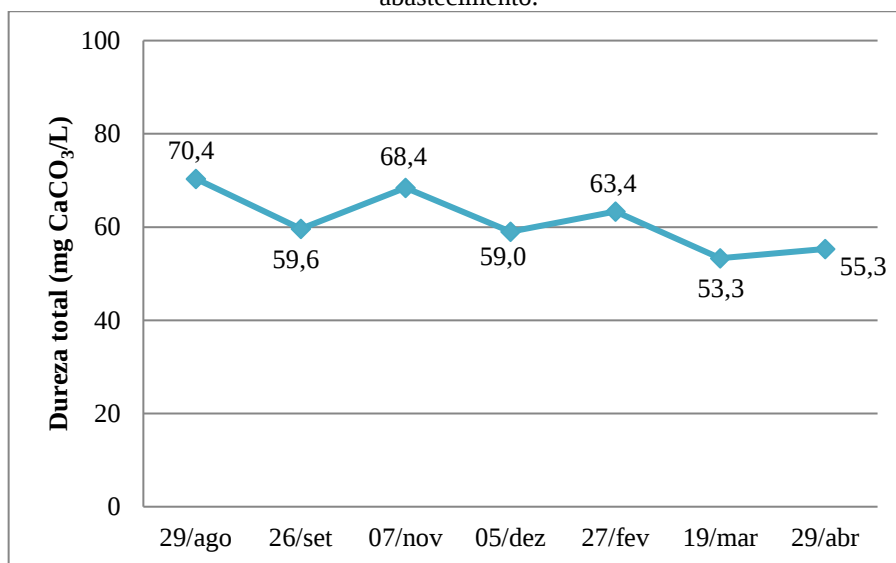
Os resultados observados no Gráfico 10 mostram uma variação na concentração de cálcio na água de abastecimento público entre agosto e abril. Os valores oscilaram de 9,6 a 16,2 mg/L, conforme apresentado no gráfico. Observa-se uma tendência de queda entre agosto (14,6 mg/L) e fevereiro (9,6 mg/L), seguida por um pico em março (16,2 mg/L) e nova redução em abril (10,3 mg/L).

A Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde não estabelece um limite para a concentração de cálcio em água potável. No entanto, a variação observada pode refletir a influência de fatores sazonais e ambientais, sendo importante monitorar continuamente a qualidade da água.

4.1.11 Dureza total

As medições de dureza total das amostras estão dispostas no Gráfico 11.

Gráfico 11 - Resultados obtidos para dureza total (mg CaCO₃/L) nas amostras coletadas no ponto abastecimento.



Fonte: elaboração própria, 2024.

Os níveis de dureza total observados nas amostras coletadas, conforme exibidas no Gráfico 11, variaram entre 53,3 e 70,4 mg/L. Esses valores estão bem abaixo do limite máximo de 300 mg/L estabelecido pela Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde para águas destinadas ao consumo humano, expressa como CaCO₃.

De acordo com Sousa (2023), a dureza da água é classificada em quatro faixas: abaixo de 50 mg/L (água mole), entre 50 e 150 mg/L (moderada), de 150 a 300 mg/L (dura) e acima de 300 mg/L (muito dura). Com base nessa classificação, as amostras analisadas enquadram-se na categoria de dureza moderada.

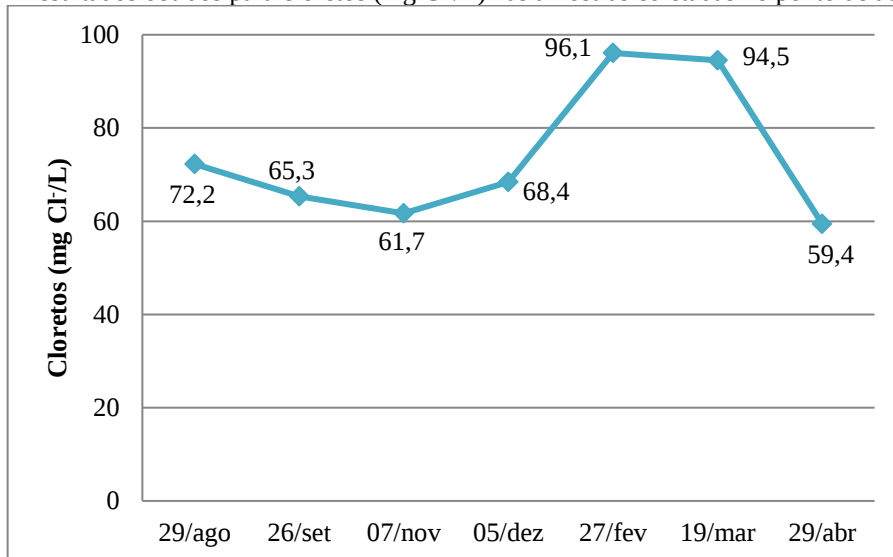
A dureza da água está relacionada à presença de sais de cálcio e magnésio dissolvidos, sendo um parâmetro importante para avaliar sua qualidade (Medeiros Filho, 2015). Quanto maior a concentração desses íons, maior será a dureza, como explica Vilhena (2017). No caso das amostras estudadas, a classificação como moderada está de acordo com as concentrações relativamente baixas de cálcio e magnésio detectadas, o que contribui para a adequação da água tanto para o uso doméstico quanto industrial.

Além disso, manter a dureza dentro dessa faixa evita problemas como incrustações em tubulações e perdas de eficiência na ação de sabões e detergentes. Concentrações elevadas, segundo Medeiros Filho (2015), podem comprometer o sabor da água e prejudicar processos industriais e domésticos, o que não se aplica às amostras analisadas neste estudo.

4.1.12 Cloretos

Os níveis referentes à concentração de cloretos nas amostras estão ilustrados no Gráfico 12.

Gráfico 12 - Resultados obtidos para cloretos (mg Cl⁻/L) nas amostras coletadas no ponto de abastecimento.



Fonte: elaboração própria, 2024.

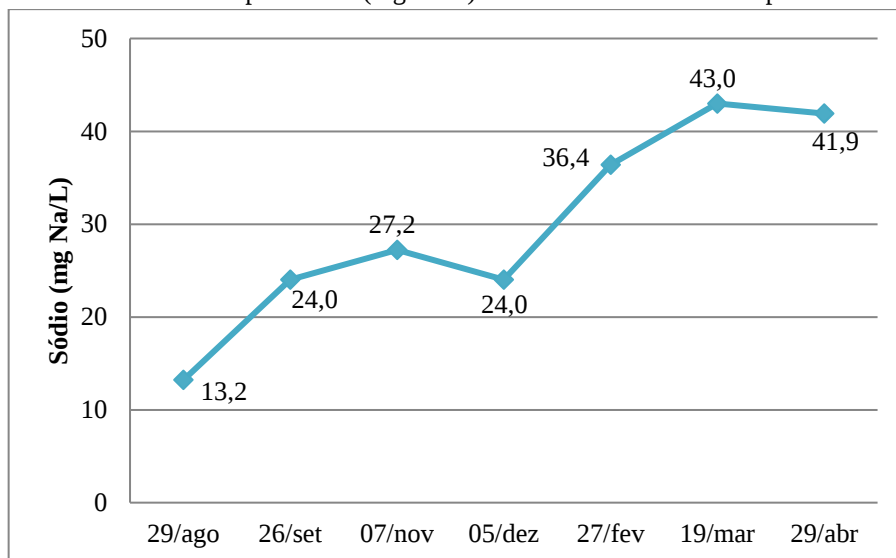
Os resultados apresentados no Gráfico 12 mostram uma variação nas concentrações de cloretos entre 59,4 e 96,1 mg/L, indicando que os valores permanecem dentro dos limites estabelecidos pela Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde, que determina o valor máximo permitido de 250 mg/L para a água destinada ao consumo humano.

De acordo com a WHO (2022), níveis baixos de cloretos costumam estar presentes na água e, geralmente, não representam risco à saúde humana. Por outro lado, em concentrações elevadas podem afetar o sabor da água, conferindo-lhe um gosto salgado, o que pode ser desagradável para o consumo.

4.1.13 Sódio

Os resultados de sódio obtidos nas amostras analisadas podem ser visualizados no Gráfico 13.

Gráfico 13 - Resultados obtidos para sódio (mg Na/L) nas amostras coletadas no ponto de abastecimento.



Fonte: elaboração própria, 2024.

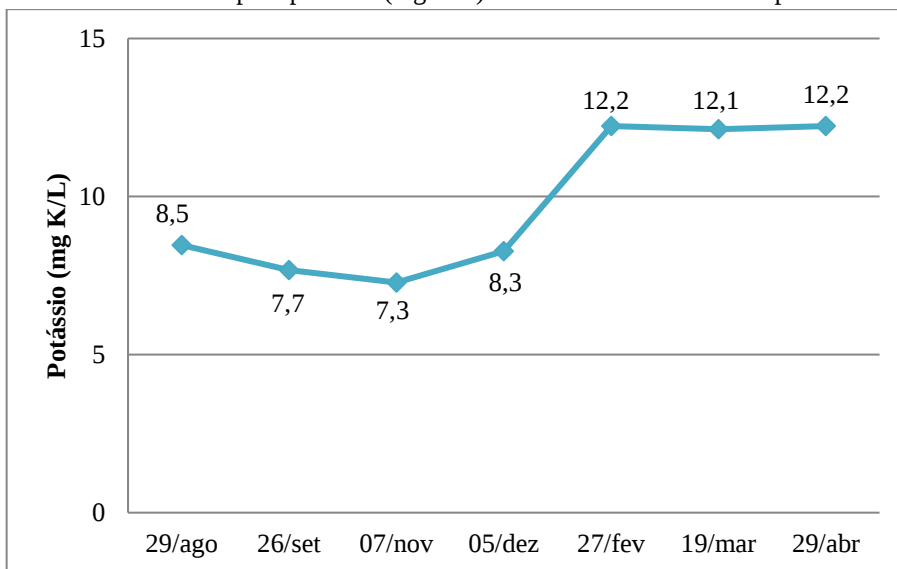
Nos resultados apresentados no Gráfico 13, os valores de sódio variaram entre 13,2 e 43,0 mg/L, mantendo-se em conformidade com os limites estabelecidos pela Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde, que estipula um valor máximo de 200 mg/L de sódio na água destinada ao consumo humano.

A presença de sódio dissolvido é um parâmetro relevante na avaliação da qualidade e potabilidade da água, uma vez que concentrações elevadas podem comprometer sua adequação para o abastecimento público (Araújo, 2022).

4.1.14 Potássio

Os valores de potássio obtidos nas amostras analisadas estão representados no Gráfico 14.

Gráfico 14 - Resultados obtidos para potássio (mg K/L) nas amostras coletadas no ponto de abastecimento.



Fonte: elaboração própria, 2024.

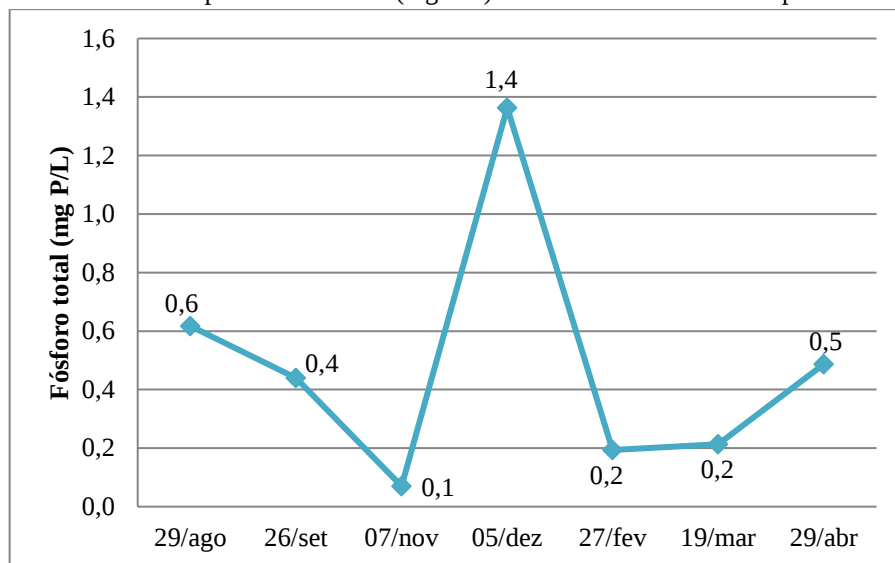
Os resultados obtidos no Gráfico 14 exibiram uma variação nos níveis de potássio de 7,3 a 12,2 mg/L. No entanto, a Portaria do Ministério da Saúde nº 888/2021 não estabelece um limite específico para a concentração de potássio em água destinada ao consumo humano.

De acordo com a Cetesb (2020), o potássio pode ser encontrado na água potável devido ao uso de permanganato de potássio como oxidante no tratamento. Geralmente, suas concentrações em águas para consumo humano são baixas e não oferecem riscos à saúde.

4.1.15 Fósforo total

Os teores de fósforo total detectados nas amostras podem ser visualizados no Gráfico 15.

Gráfico 15 - Resultados obtidos para fósforo total (mg P/L) nas amostras coletadas no ponto de abastecimento.



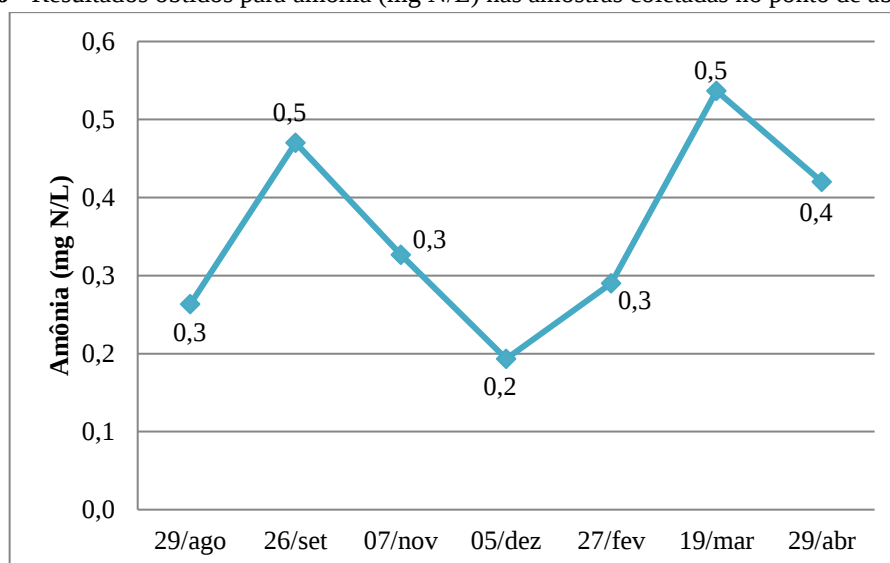
Fonte: elaboração própria, 2024.

Conforme demonstrado no Gráfico 15, houve uma oscilação nos níveis de fósforo, variando entre 0,1 e 1,4 mg/L. De acordo com a Resolução nº 357/2005 do Conama, o valor máximo permitido para fósforo total é de 0,020 mg/L. Em todas as amostras coletadas, os níveis de fósforo estavam acima do limite estabelecido pela resolução. Embora o fósforo seja um nutriente essencial para os processos biológicos nos ecossistemas aquáticos, seu excesso pode causar eutrofização das águas, conforme destacado por Pereira (2023).

4.1.16 Amônia

No Gráfico 16, estão representados os resultados de amônia encontrados nas amostras.

Gráfico 16 - Resultados obtidos para amônia (mg N/L) nas amostras coletadas no ponto de abastecimento.



Fonte: elaboração própria, 2024.

Os resultados obtidos no Gráfico 16 exibiram uma variação nos níveis de amônia de 0,2 a 0,5 mg/L. Esses valores estão em conformidade com os padrões estabelecidos pela Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde, que define um limite máximo de 1,2 mg/L para a presença de amônia na água destinada ao consumo humano.

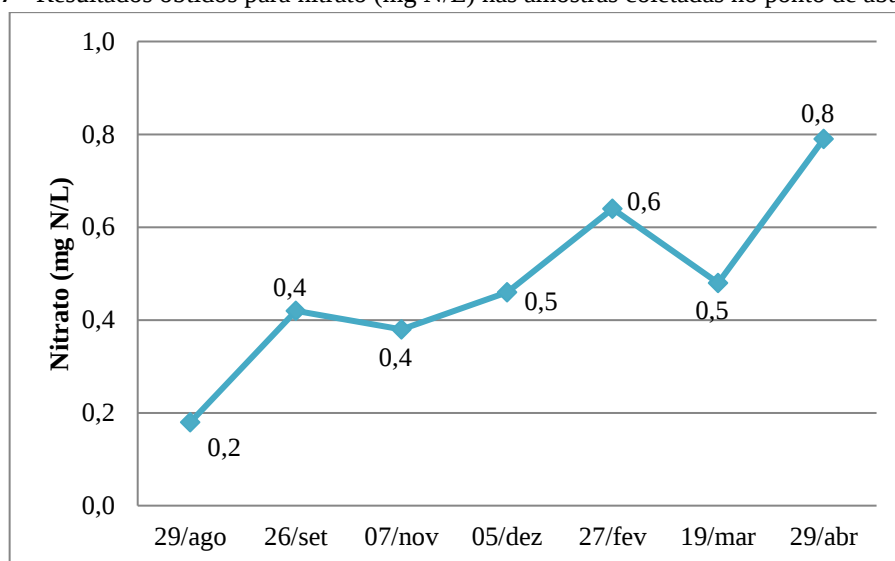
De acordo com Neves (2023), valores baixos de amônia na água indicam menor contaminação e uma melhor qualidade da água.

Embora a amônia em si não seja altamente tóxica, ela pode se transformar em compostos mais nocivos, como os nitritos e nitratos, quando em contato com o oxigênio, representando riscos à saúde. Além disso, sua presença pode favorecer o crescimento de microrganismos patogênicos. Em corpos d'água, altas concentrações de amônia podem causar danos à fauna aquática, afetando a qualidade do ecossistema. Portanto, a análise de amônia é essencial para monitorar a poluição, proteger a saúde humana e preservar os ecossistemas aquáticos.

4.1.17 Nitrato

Os valores de nitrato obtidos nas amostras analisadas estão representados no Gráfico 17.

Gráfico 17 - Resultados obtidos para nitrato (mg N/L) nas amostras coletadas no ponto de abastecimento.



Fonte: elaboração própria, 2024.

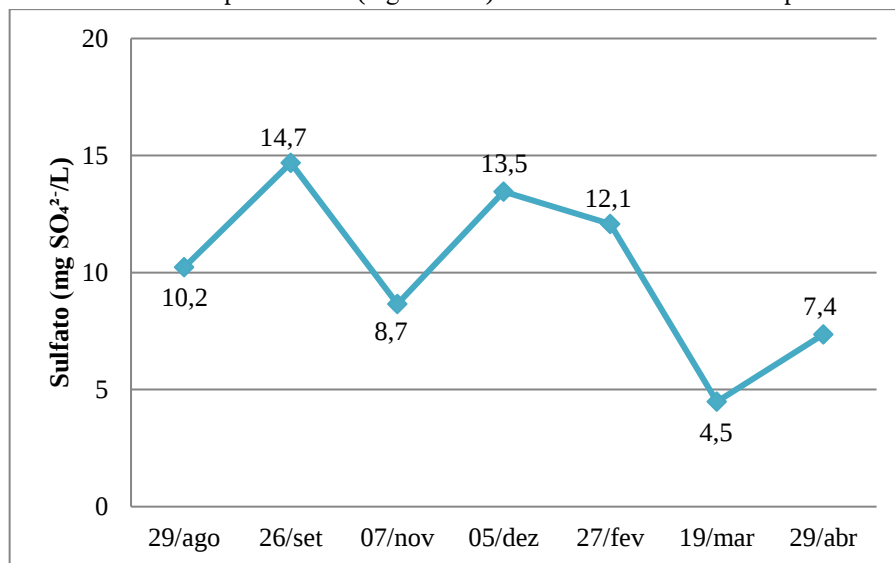
De acordo com o Gráfico 17, as concentrações de nitrato nas amostras analisadas foram baixas, variando de 0,2 a 0,8 mg/L. Esses valores estão em conformidade com as diretrizes estabelecidas pela Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde, a qual estabelece que o limite máximo permitido de nitrato na água destinada ao consumo humano é de 10 mg/L.

Neves (2023) ressalta que níveis reduzidos de nitrato na água potável são desejáveis para minimizar os riscos à saúde humana. A ingestão de nitrato em concentrações elevadas pode ser prejudicial, sendo associada ao aumento do risco de desenvolvimento de certos tipos de câncer (Cetesb, 2020). Além disso, essa substância pode desencadear a metahemoglobinemia, conhecida como “síndrome do bebê azul”, uma condição potencialmente fatal, especialmente perigosa para crianças, gestantes e pessoas com o sistema imunológico comprometido (ANA, 2017; WHO, 2011).

Ainda, a presença de nitrato em concentrações elevadas pode indicar poluição da água e degradação ambiental. Portanto, o monitoramento regular dos níveis de nitrato é essencial para garantir que a água consumida pela população atenda aos padrões de qualidade e não represente uma ameaça à saúde.

4.1.18 Sulfato

A variação dos níveis de sulfato nas amostras analisadas está representada no Gráfico 18.

Gráfico 18 - Resultados obtidos para sulfato ($\text{mg SO}_4^{2-}/\text{L}$) nas amostras coletadas no ponto de abastecimento.

Fonte: elaboração própria, 2024.

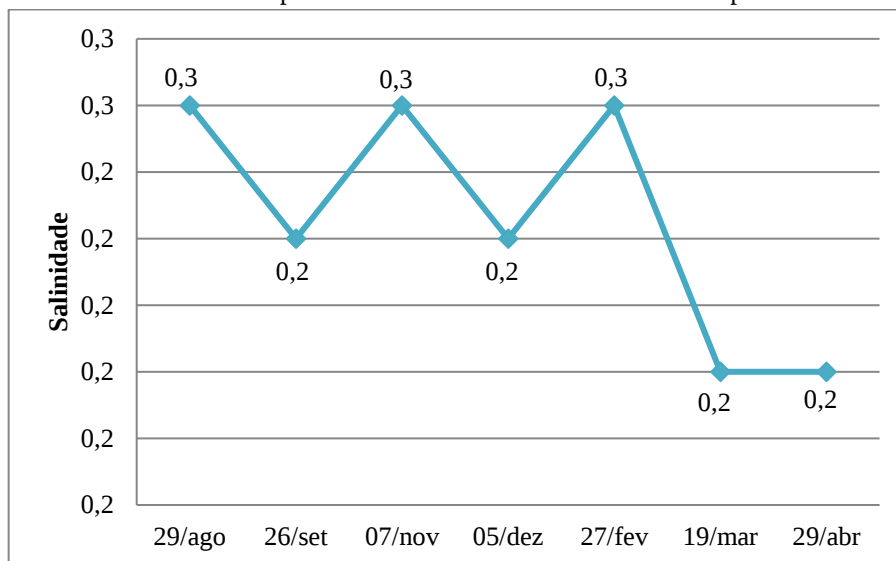
Nos resultados apresentados no Gráfico 18, os valores de sulfato variaram entre 4,5 e 14,7 mg/L, mantendo-se em conformidade com os limites estabelecidos pela Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde, que estipula um valor máximo de 250 mg/L de sulfato na água destinada ao consumo humano.

Cetesb (2023) e Vasconcelos e Oliveira (2017) ressaltam a importância da manutenção dos níveis de sulfato dentro dos padrões normativos, uma vez que concentrações elevadas dessa substância podem causar efeitos laxativos e distúrbios gastrointestinais na população. Além dos impactos à saúde, teores excessivos de sulfato também podem alterar o sabor da água, tornando-a desagradável, e contribuir para a corrosão dos sistemas de distribuição, comprometendo a integridade das tubulações e a qualidade do abastecimento.

4.1.19 Salinidade

Os valores de salinidade obtidos nas amostras analisadas estão apresentados no Gráfico 19.

Gráfico 19 - Resultados obtidos para salinidade nas amostras coletadas no ponto de abastecimento.



Fonte: elaboração própria, 2024.

Conforme observado no Gráfico 19, os valores obtidos para salinidade tiveram uma pequena variação de 0,2 a 0,3. A Resolução Conama nº 357/2005 estabelece diferentes categorias para a classificação das águas, com base em sua salinidade. A primeira categoria corresponde à água doce, cuja salinidade deve ser igual ou inferior a 0,5 ‰. A segunda refere-se à água salobra, caracterizada por salinidade superior a 0,5 ‰ e inferior a 30 ‰. Por fim, as águas salinas apresentam salinidade igual ou superior a 30 ‰.

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que a água de abastecimento analisada se enquadra na classificação de água doce, pois apresentou valores de salinidade inferiores a 0,5 ‰, conforme estabelece a legislação vigente. De acordo com a Cetesb (2017), essa classificação refere-se à baixa concentração de sais dissolvidos na água.

4.2 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

Neste trabalho, foi realizada apenas a análise qualitativa para coliformes totais e *Escherichia coli*, utilizando o substrato cromogênico enzimático Colilert®, cujos resultados podem ser visualizados no Quadro 2.

Quadro 2 – Resultados das análises microbiológicas.

Dia das coletas	Coliformes totais	<i>Escherichia coli</i>
29 de agosto de 2023	Presente	Ausente
26 de setembro de 2023	Presente	Ausente
07 de novembro de 2023	Presente	Ausente
05 de dezembro de 2023	Presente	Ausente
27 de fevereiro de 2024	Presente	Ausente
19 de março de 2024	Ausente	Ausente
29 de abril de 2024	Presente	Ausente

Fonte: elaboração própria, 2024.

Com base nos resultados obtidos nas análises microbiológicas apresentadas no Quadro 2, observa-se que todas as amostras analisadas, com exceção da coletada em março, indicaram presença de coliformes totais, enquanto a bactéria *Escherichia coli* esteve ausente em todas as amostras ao longo do período.

A presença de coliformes totais em seis das sete coletas indica possível contaminação ambiental, podendo estar associada a falhas na proteção da fonte de água, no sistema de distribuição ou em condições inadequadas de armazenamento. De acordo com a Portaria GM/MS nº 888/2021, do Ministério da Saúde, a presença de coliformes totais em água potável não é aceitável, sendo necessária a adoção imediata de medidas corretivas, mesmo na ausência de *E. coli*, que é considerada um indicador mais direto de contaminação fecal recente.

A ausência de *Escherichia coli* em todas as amostras é um aspecto positivo, pois indica que não houve contaminação fecal recente, reduzindo consideravelmente o risco de transmissão de doenças de origem hídrica, como diarreias e infecções intestinais (FUNASA, 2013). Conforme Brasil (2020b), os coliformes totais não são tão precisos para indicar esse tipo de contaminação, pois alguns gêneros e espécies desse grupo vivem livremente no solo, na água e em plantas, sem estarem necessariamente associados à poluição por material fecal.

É importante destacar a coleta realizada em 19 de março de 2024, quando não foram detectados coliformes totais nem *E. coli*, configurando um padrão ideal de qualidade para o consumo humano. Essa variação nos resultados ao longo do tempo pode indicar instabilidades nos processos de tratamento ou distribuição da água, ressaltando a importância da manutenção contínua do sistema e do monitoramento periódico, conforme recomendam Brasil (2021; 2025), para garantir a qualidade microbiológica da água distribuída à população.

5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, é possível afirmar que os parâmetros físico-químicos de pH, turbidez, oxigênio dissolvido, magnésio, cálcio, dureza total, cloreto, sódio, amônia, nitrato, sulfato e salinidade encontram-se em conformidade com os limites estabelecidos pela Portaria do Ministério da Saúde e pela Resolução do Conama. Contudo, para temperatura, condutividade elétrica, dióxido de carbono, alcalinidade e potássio não há valores de referência definidos pela legislação.

Comparando os resultados com os limites estabelecidos na Resolução e na Portaria, o cloro residual esteve abaixo dos níveis permitidos, provavelmente devido à redução de sua concentração ao longo da rede de distribuição. Por outro lado, o fósforo total excedeu os limites permitidos, sugerindo uma possível contaminação.

No que se refere às análises microbiológicas, todas as amostras coletadas, exceto a do mês de março, apresentaram resultados positivos para coliformes totais. No entanto, os valores referentes à bactéria *Escherichia coli* encontram-se em conformidade com as diretrizes estabelecidas. Os resultados indicam que a qualidade microbiológica da água está fora dos padrões exigidos pelas regulamentações vigentes, possivelmente devido a falhas na desinfecção ou na rede de distribuição. Para garantir sua adequação ao consumo humano e a ausência de contaminações, são necessários ajustes na dosagem de cloro, manutenção da rede e monitoramento frequente.

Conclui-se que a água de abastecimento da cidade de Areia (PB) atende aos padrões de qualidade para consumo e uso diário. No entanto, é necessário ajustar a dosagem de cloro para garantir o residual mínimo exigido, considerando a inclusão de pontos de reforço ao longo da rede de distribuição. Para corrigir o excesso de fósforo total, é fundamental realizar um monitoramento contínuo e investigar as fontes de contaminação próximas ao ponto de coleta da água. Por fim, enfatiza-se a importância do acompanhamento regular para garantir que todos os parâmetros permaneçam dentro dos limites regulamentados.

REFERÊNCIAS

- ABREU, N. **Qual a situação da água no Brasil? Como funciona a gestão de recursos hídricos no país?** 2018. Disponível em: <https://autossustentavel.com/2018/03/gestao-hidrica-brasil.html>. Acesso em: 30 out. 2024.
- ALVES, L. S. **Desenvolvimento de medidor de condutividade elétrica da água para fins de monitoramento ambiental**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/150061/001005224.pdf?sequenc>. Acesso em: 30 mai. 2024.
- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Água no mundo**. 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/cooperacao-internacional/agua-no-mundo>. Acesso em: 26 jul. 2024.
- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Indicadores de qualidade – Índice de Qualidade das Águas (IQA)**. 2017. Disponível em: https://www.ana.gov.br/portallpnqa/indicadores-indice-aguas.aspx#_ftn8. Acesso em: 01 set. 2024.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Relatório de conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2021**. Brasília: ANA, 2022. Disponível em: https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjuntura_2021_pdf_final_revdirec.pdf/view. Acesso em: 27 out 2024.
- 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.
- ARAÚJO, C. R. S. O uso da água subterrânea no semiárido cearense: reflexões necessárias. In: Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências. In: Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências, 7., 2022, Campina Grande. **Anais [...]** Campina Grande: Realize Editora, 2022.
- ARAÚJO, D. L.; ANDRADE, R. F. Qualidade Físico-Química e Microbiológica da Água Utilizada em Bebedouros de Instituições de Ensino no Brasil: Revisão Sistemática da Literatura. **Brazilian Journal of Health Review**, São José dos Pinhais, v. 3, n. 4, p. 7301-7324, 2020. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJHR/article/view/12609/10584>. Acesso em: 07 jun. 2024
- ARAUJO, L. F.; CAMARGO, F. P.; NETTO, A. T.; VERNIN, N. S.; ANDRADE, R. C. Análise da cobertura de abastecimento e da qualidade da água distribuída em diferentes regiões do Brasil no ano de 2019. **Ciência e Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 27, n. 7, p. 2935-2947, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/df4BcYHkpmXbth4pjypfm-Sp/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 18 out. 2024.
- ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 1426**. Standard Test Methods for Ammonia Nitrogen in Water. West Conshohocken: ASTM, 2008.

BEZERRA, A. D. A.; NOGUEIRA, E. R.; ARAÚJO, F. G. D. M.; BRANDÃO, M. G. A.; CHAVES, B. E.; PANTOJA, L. D. M. Análise da potabilidade da água de chafarizes em dois bairros do município de Fortaleza, Ceará. **Acta Biomedica Brasiliensia**, Itaperuna, v. 8, n. 1, p. 24-34, 2017. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6060940>. Acesso em: 08 nov. 2024.

BEZERRA, A. D. A.; ROCHA, J. C.; NOGUEIRA, E. R.; SOUSA, D. M. L.; ARAÚJO, F. G. D. M.; BRANDÃO, M. G. A.; PANTOJA, L. D. M. Análise situacional da qualidade de água subterrânea oriunda de poços da região metropolitana de Fortaleza, Ceará, Brasil. **Acta Biomedica Brasiliensia**, Itaperuna, v. 9, n. 1, p. 94-104, 2018. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6548901>. Acesso em: 19 jul. 2024.

BIRKHEUER, C. F.; ARAUJO, J.; REMPEL, C.; MACIEL, M. J. Qualidade físico-química e microbiológica da água de consumo humano e animal do Brasil: análise sistemática. **Caderno pedagógico**, Lajeado, v. 14, n. 1, p. 134-145, 2017. Disponível em: <https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/cadped/article/view/1362/1229>. Acesso em: 03 mai. 2024.

BLOKKER, E. J. M.; VREEBURG, J.; SPEIGHT, V. Residual Chlorine in the Extremities of the Drinking Water Distribution System: The Influence of Stochastic Water Demands. *Procedia Engineering*, **Elsevier**, Rio de Janeiro, v. 70, p.172-180, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705814000228>. Acesso em: 05 set. 2024.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à Engenharia Ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável**. 2. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

BRASIL. Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente. **Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano – Viagiagua**. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/svsa/saude-ambiental/viagiagua>. Acesso em: 14 maio 2025.

BRASIL. Decreto-Lei nº 24.643, de 10 de jul. de 1934. **Código de Águas**. Rio de Janeiro, RJ: Planalto, 1934. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643compilado.htm. Acesso em: 09 nov. 2024.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de jan. de 2007. **Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico**. Brasília, DF: Câmara dos Deputados, 2007. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2007/lei-11445-5-janeiro-2007-549031-publicacaooriginal-64311-pl.html>. Acesso em: 10 out. 2024.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de jul. de 2020. **Atualiza o Marco Legal do Saneamento Básico**. Brasília, DF: Planalto, 2020a. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm. Acesso em: 11 out. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Diretriz nacional do plano de amostragem da vigilância da qualidade da água para consumo humano**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2016.

Disponível em: https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretriz_nacional_plano_amostragem_agua.pdf. Acesso em: 4 mai. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021**. Brasília, DF, 2021b. Disponível em: https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html. Acesso em: 11 jul. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Qualidade da água para consumo humano: cartilha para promoção e proteção da saúde**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2018. Disponível em: https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/qualidade_agua_consumo_humano_cartilha_promocao.pdf. Acesso em: 11 jul. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Saúde Ambiental, do Trabalhador e Vigilância das Emergências em Saúde Pública. **Curso básico de vigilância da qualidade da água para consumo humano: módulo III: qualidade de água para consumo humano: aula 1: padrão de potabilidade** [recurso eletrônico]. Brasília: Ministério da Saúde, 2020b. 20 p. Disponível em: https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/curso_basico_vigilancia_qualidade_agua_modulo_III_aula_1.pdf. Acesso em: 14 mai. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2006. Disponível em: https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia_controle_qualidade_agua.pdf. Acesso em: 28 set. 2024.

BRASIL. Ministério Nacional de Saneamento. **Panorama do Saneamento Básico no Brasil 2021**. Brasília, DF: Ministério Nacional de Saneamento, 2021a. Disponível em: https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis-/produtos-do-snis/PANORAMA_DO_SANEAMENTO_BASICNO_NO_BRASIL_SNIS_2021compactado.pdf. Acesso em: 12 jun. 2024.

CARVALHO, W. **INFOGRÁFICO: dados mostram panorama mundial da situação da água**. 2016. Disponível em: <https://www.boavontade.com/pt/ecologia/infografico-dados-mostrar-panorama-mundial-da-situacao-da-agua>. Acesso em: 27 ago. 2024.

CASTRO, R. S.; CRUVINEL, V. R. N.; OLIVEIRA, J. L. M. Correlação entre qualidade da água e ocorrência de diarreia e hepatite A no Distrito Federal/Brasil. **Saúde Debate**, Rio de Janeiro, v. 43, n. especial 3, p. 8-19, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sdeb/a/kDsVZRQxJ4w4Z9YZCsc4w6w/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 23 ago. 2024.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Apêndice E - Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem**. 2023. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/12/2018/03/Apendice-E-Significado-Ambiental-e-Sanitario-das-Variaveis-de-Qualidade-2016.pdf>. Acesso em: 25 set. 2024.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Conheça os diferentes tipos de água**. 2017. Disponível em:

<https://cetesb.sp.gov.br/blog/2017/03/20/conheca-os-diferentes-tipos-de-agua/>. Acesso em: 6 ago. 2024.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Ficha de Informações Toxicológicas**. 2020. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/servicos/informacoes-toxicologicas/>. Acesso em: 26 ago. 2024.

COELHO, S. C.; DUARTE, A. N.; AMARAL, L. S.; SANTOS, P. M.; SALLES, M. J.; SANTOS, J. A. A.; SOTERO-MARTINS, A. Monitoramento da água de poços como estratégia de avaliação sanitária em Comunidade Rural na Cidade de São Luís, MA, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 12, n. 1, p. 156-167, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/q6YqwDvZ5ctjNMYs3fzD8bg/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 05 mai. 2024.

COLET, C.; PIEPER, M.; KAUFMANN, J. V.; SCHWAMBACH, K.; PLETSCH, M. Qualidade microbiológica e perfil de sensibilidade a antimicrobianos em águas de poços artesianos em um município do noroeste do Rio Grande do Sul. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 4, p. 683-690, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/LnNF5nbRqyqwvBTfCfXcL9B/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 06 jun. 2024.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Brasília, DF: Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2005. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcd_a_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf. Acesso em: 24 abr. 2024.

CRUZ, G. J. R. **Parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água dos bebedouros de escolas públicas estaduais de tempo integral de Teresina-PI**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Alimentos) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Teresina, 2018. Disponível em: http://bia.ifpi.edu.br:8080/jspui/bitstream/123456789/34/2/2018_tcc_gjrcruz.pdf. Acesso em: 29 set. 2024.

DURAND FILHO, C. R. **Caracterização da qualidade da água de Pau dos Ferros quanto a parâmetros físico-químicos**. 2019. Monografia (Bacharelado em Ciência e Tecnologia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Pau dos Ferros, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/server/api/core/bitstreams/be21b40b-e904-4670-9d8f-08e2bb353fe3/content>. Acesso em: 07 set. 2024.

FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J.; FEITOSA, E. C.; DEMETRIO, J. G. A. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. 3. ed. Rio de Janeiro: CPRM: LABHID, 2008.

FIOCRUZ. **Água potável segundo a OMS**. Rio de Janeiro, 2023.

FONSECA, D. L. **Modelagem hidráulica e de cloro residual em redes de distribuição de água: Uma discussão sobre a implementação de modelos detalhados**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Rio de Janeiro/Escola Politécnica, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em:

<https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/11918/1/monopoli10009363.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2024.

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Fundação Nacional de Saúde - Brasília: Funasa, 2014. Disponível em: https://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manualcont_quali_agua_tecnicos_trab_emetas.pdf. Acesso em: 01 jun. 2024.

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde. **Manual Prático de Análise de Água**. 4. ed. Fundação Nacional de Saúde - Brasília: Funasa, 2013. Disponível em: https://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manual_pratico_de_analise_de_agua_2.pdf. Acesso em: 09 jul. 2024.

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, v. 6, n. 3, p. 2053-2057, 2023. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJAER/article/view/61293/44171>. Acesso em: 13 jul. 2024.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2. ed. v. 2, 2010. Disponível em: https://www.academia.edu/40298749/Abastecimento_de_agua_para_consumo_humano_volu_me. Acesso em: 03 set. 2024.

JADE, L. **Especiais Água: Onde está a Água no Brasil?** 2018. Disponível em: <https://www.ebc.com.br/especiais-agua/agua-no-brasil/>. Acesso em: 01 mai. 2024.

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

LUCAS, A. A. T.; MOURA, A. S. A; AGUIAR NETTO, A. O.; FACCIOLI, G. G; SOUSA, I. F. Qualidade da água no riacho Jacaré, Sergipe Brasil usada para irrigação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 8, n. 2, p. 98-105, 2014. Disponível em: https://inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/view/228/pdf_164. Acesso em: 19 mai. 2024.

MARCHESAN, L.; CARISSIMI, E.; GRAEPIN, C.; BRACHER, G. H. Influência do pH Inicial no Tratamento de Água por Eletrocoagulação-Flotação. **Revista Brasileira de Iniciação Científica**, Itapetininga, v.8, p. 1-11, 2021. Disponível em: <https://periodicoscientificos.itp.ifsp.edu.br/index.php/rbic/article/view/591/283>. Acesso em: 07 set. 2024.

MEDEIROS FILHO, C. F. **Abastecimento de Água**. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, 2015. Disponível em: https://margaritadea.unir.br/uploads/11523232/arquivos/Apostilha_Abast_de_Agua_UFCG_1632633735.pdf. Acesso em: 18 set. 2024.

NEVES, Q. K. D. **Influência da piscicultura na qualidade da água da barragem Saulo Maia**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/27374/1/QKDN06072023%20-%20MQ083.pdf>. Acesso em: 03 nov. 2024.

NOLASCO, G. M.; GAMA, E. M.; REIS, B. M.; REIS, A. C. P.; GOMES, F. J. S.; MATOS, R. P. Análise da alcalinidade, cloretos, dureza, temperatura e condutividade em amostras de água do município de Almenara/MG. **Recital - Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG**, Minas Gerais, v. 2, n. 2, p. 52–64, 2020. Disponível em: <https://recital.almenara.ifnmg.edu.br/recital/article/view/60/53>. Acesso em: 04 nov. 2024.

ONE, G. M. C. **Meio Ambiente: os desafios do novo cenário**. João Pessoa: IMEA (Instituto Medeiros de Educação Avançada), 2022. Disponível em: <https://cinasama.com.br/wp-content/uploads/2022/03/Livro-meio-ambiente-ano-2022-1.pdf>. Acesso em: 08 nov. 2024.

PARRON, L. M.; MUNIZ, D. H. F.; PEREIRA, C. M. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água**. Colombo, PR: Embrapa Florestas. 2011. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/921050/1/-Doc232ultimaversao.pdf>. Acesso em: 17 out. 2024.

PAZ, V. P. S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 465-473, 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/FWpZyjgjyWwnxN8v4rbq9c/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 21 out. 2024.

PEREIRA, D. Q. M. **Análise da qualidade da água do poço que abastece o residencial Casa Forte no bairro do Antares em Maceió - AL**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Instituto Federal de Alagoas, Maceió, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ifal.edu.br/server/api/core/bitstreams/e1f52f1e-81bd-4765-8522-ed8177216e67/content>. Acesso em: 02 ago. 2024.

PMSB - Plano Municipal de Saneamento Básico. **Produto C (Diagnóstico Técnico-Participativo)**. Areia, PB: 2021. Disponível em: https://onedrive.live.com/view.aspx?resid=7BD67C08C888DD85!88770&redeem=aHR0cHM6Ly8xZHJ2Lm1zL2IvcyFBb1hkaU1nSjZOWjdoYlZDeEdLMkhuZnZRNlpEekE_ZT1nVELLWDI. Acesso em: 22 ago. 2024.

QUEIROZ, T. M.; OLIVEIRA, L. C. P. Qualidade da água em comunidades quilombolas do Vão Grande, município de Barra do Bugres (MT). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 1, p. 173-180, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/BmD74Jt9sgWTyTLXSrCHgxt/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 01 nov. 2024.

REIS, J. A. T.; MENDONÇA, A. S. F. Análise técnica dos novos padrões brasileiros para amônia em efluentes e corpos d'água. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 3, p. 353-362, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/vN4F6ZcWtvxcDgQpZdSLFbC/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 31 jul. 2024.

ROCHA, W. L. **Qualidade da água de poços artesianos do município de Ereré - CE**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Pau dos Ferros, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/server/api/core/bitstreams/5381b410-caa9-4d1e-8b94-440a3e1be83c/content>. Acesso em: 11 nov. 2024.

RODRIGUES, A. B. **Avaliação de risco da qualidade da água de abastecimento de um hospital público regional de urgência e emergência**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2014. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/bitstream/riufcg/8133/3/ALESCA%20BARBOSA%20RODRIGUES%20-%20DISSERTA%c3%87%c3%83O%20PPGECA%202014.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2024.

RODRIGUES, M. V. F. **Avaliação da presença de dióxido de carbono em águas subterrâneas e sua influência no processo de corrosão**. 2020. Monografia (Bacharelado em Química) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/55559/1/2020_tcc_mvfrdrigues.pdf. Acesso em: 31 ago. 2024.

ROSA, B. B.; MELLO, D. C.; RESENDE, E. S.; BADEM, I. F.; MORON, M. E.; VERI, N. C. K.; CATALAN, D. T. Evolução do saneamento básico e a sua relação com a saúde pública. **Journal of the Health Science Institute**, São Paulo, v. 39, n. 1, p. 33-41, 2021. Disponível em: https://repositorio.unip.br/wp-content/uploads/tainacan-items/34088/78543/06V39_n1_2021_p33a41.pdf. Acesso em: 8 ago. 2024.

SAIANI, C. C. S.; TONETO JÚNIOR, R. Evolução do acesso a serviços de saneamento básico no Brasil (1970 a 2004). **Economia e Sociedade**, Campinas, v. 19, n. 1 (38), p. 79-106, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ecos/a/c3WbdYjbktSPqPtDtsK49Fk/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 7 jul. 2024.

SALGADO, S. R. T. **Estudo dos parâmetros de decaimento do cloro residual em sistema de distribuição de água tratada considerando vazamento**. 2008. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos. 2008. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis-18/18138/tde-15052008-205535/publico/VFinalSalgado.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2024.

SANTOS, J. A.; SILVA, J. X.; REZENDE, A. J. Avaliação Microbiológica de Coliformes Totais e Termotolerantes em Água e Bebedouros de Uma Escola Pública no Gama - Distrito Federal. **Revisa - Revista de Divulgação Científica Sena Aires**, v. 3, n. 1, p. 11-18, 2014. Disponível em: <https://rdcsa.emnuvens.com.br/revista/article/view/836/1240>. Acesso em: 27 jun. 2024.

SANTOS, M. C.; SILVA, F. S. M.; ARAÚJO, A. M. S.; FERREIRA, B. N.; SILVA, D. D. Determinação de propriedades físico-químicas de águas do chafariz do município de Cuité - PB. **Educação, Ciência e Saúde**, Cuité, v. 6, n. 1, p. 17-35, 2019. Disponível em: https://periodicos.ces.ufcg.edu.br/periodicos/index.php/99cienciaeducacaosaude25/article/view/217/pdf_58. Acesso em: 19 set. 2024.

SCHAUTZ, L. C. A. **Avaliação da qualidade da água do Rio Dourados/MS - Variáveis físico-químicas**. 2015. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/bitstream-/prefix/120/1/LilianCristinaApolinarioSchautz.pdf>. Acesso em: 17 set. 2024.

SILVA NETO, J. L. **Análise físico-química de parâmetros de qualidade da água de abastecimento de uma cidade localizada no alto sertão do estado de Pernambuco**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) - Universidade Estadual da

Paraíba, Campina Grande, 2013. Disponível em:
<https://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream/123456789/3974/1/PDF%20-%20Jo%-c3%a3o%20Lopes%20da%20Silva%20Neto.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2024.

SILVA, A. B.; BRITO, J. M.; SILVA FILHO, E. D. Inspeção Microbiológica da Água de um Poço Artesiano Localizado no Sítio Macacos na Zona Rural de Areia-PB, Brasil. **Águas Subterrâneas** - Seção Estudos de Caso e Notas Técnicas, São Paulo, v. 34, n. 1, 2020. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/29770/19237>. Acesso em: 15 jul. 2024.

SILVA, A. K. S.; LISBÔA, C. G. C.; OLIVEIRA, A. P. Avaliação físico-química e microbiológica da água utilizada na preparação de merendas escolares de três escolas do município de Missão Velha - CE. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 2., 2017, Natal. **Anais [...]**. Recife: COINTER, 2017.

SOARES, E. M.; FERREIRA, R. L. Avaliação da qualidade da água e a importância do saneamento básico no Brasil. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, Curitiba, v. 13, n. 6, p. 50-76, 2017. Disponível em: <https://www.revistasuninter.com/revistameioambiente/-index.php/meioAmbiente/article/view/762>. Acesso em: 19 set. 2024.

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, Carnaúbas, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/server/api/core/bitstreams/1787baeb-3b7c-49c2-a7f1-9272ef12c8a5/content>. Acesso em: 31 out. 2024.

SOUZA, J. R.; MORAES, M. E. B.; SONODA, S. L.; SANTOS, H. C. R. G. A Importância da Qualidade da Água e os seus Múltiplos Usos: Caso Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil. **REDE - Revista Eletrônica do PRODEMA**, Fortaleza, v. 8, n. 1, p. 26-45, 2014. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/73898246/a-importancia-da-qualidade-da-agua-e-os-seus-multiplos-usos>. Acesso em: 17 jun. 2024.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. São Paulo: ABES, 2006.

VASCONCELOS, M. A.; OLIVEIRA, I. B. Caracterização preliminar da qualidade da água subterrânea no estado da Bahia quanto aos teores de sulfato. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 19., 2017, Salvador. **Anais [...]** São Paulo: Águas Subterrâneas, 2017. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/28750/18652>. Acesso em: 31 jul. 2024.

VILHENA, J. L. **Dureza da água: o que é e como ela influencia na qualidade**. Grupo Hídrica, 2017. Disponível em: <https://grupohidrica.com.br/dureza-da-agua/>. Acesso em: 8 nov. 2023.

WHO - World Health Organization. **Guidelines for Drinking Water Quality**. 4. ed. Geneva: WHO, 2011. Disponível em: <https://apublica.org/wp-content/uploads/2014/03/Guidelines-OMS-2011.pdf>. Acesso em: 07 out. 2024.

WHO - World Health Organization. **Guidelines for Drinking-Water Quality: Fourth Edition Incorporating the First and Second Addenda**. 4. ed. Geneva: WHO, 2022.

Disponível em: https://www.pseau.org/outils/ouvrages/who_guidelines_for_drinking_water_quality_4th_edition_2022.pdf. Acesso em: 14 out. 2024.