



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

**LEIDY DAIANY RODRIGUES DA SILVA**

**MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DE POÇOS  
COMERCIALIZADAS NO MUNICÍPIO DE AREIA-PB**

**AREIA  
2024**

**LEIDY DAIANY RODRIGUES DA SILVA**

**MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DE POÇOS  
COMERCIALIZADAS NO MUNICÍPIO DE AREIA-PB**

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

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

**AREIA  
2024**

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

S586m Silva, Leidy Daiany Rodrigues da.  
Monitoramento da qualidade das águas de poços  
comercializadas no Município de Areia-PB / Leidy Daiany  
Rodrigues da Silva. - Areia:UFPB/CCA, 2024.  
55 f. : il.

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

1. Química. 2. Água de subterrânea. 3. Potabilidade.  
4. Comercialização de água potável. I. Santos, Maria  
Betania Hermenegildo dos. II. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 54(02)

LEIDY DAIANY RODRIGUES DA SILVA

MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DE POÇOS  
COMERCIALIZADAS NO MUNICÍPIO DE AREIA-PB

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

Aprovado em: 30/10/2024

**BANCA EXAMINADORA**

*Maria Betania Hermenegildo dos Santos*

---

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

*Tereziana Silva da Costa*

---

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

*Fábio Pedrosa Lins Silva*

---

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

A Deus, por me conceder força, sabedoria e perseverança ao longo desta jornada, e à minha família, por todo o apoio e amor, DEDICO.

## AGRADECIMENTOS

A **Deus**, que guiou meus passos e me deu a força necessária para trilhar este caminho, deixo meu mais profundo agradecimento.

À minha mãe, **Maria José Rodrigues**, pelo amor e dedicação que sustentaram cada etapa dessa jornada; ao meu pai, **Severino Mota da Silva**, por ser exemplo de coragem e determinação; ao meu irmão, **José Daniel**, sou imensamente grata pela parceria, pelas caronas de moto até as aulas no início do curso, mesmo em dias de chuva, e pela paciência ao me esperar até tarde. À minha irmãzinha, **Dyana Maria**, agradeço pelo carinho, pelas risadas e pelo apoio nos momentos mais difíceis; e ao meu sobrinho, **José Miguel**, cuja pureza e amor trouxeram uma luz especial à minha vida.

Ao meu esposo, **Dyego Mota da Silva**, agradeço por seu amor, companheirismo e paciência, sendo meu pilar nos momentos mais desafiadores; à minha sogra, **Maria da Silva**, e ao meu sogro, **Lourivan**, por todo o apoio; e às minhas cunhadas, **Deborah e Mirelly**, por sua presença e afeto.

Às minhas amigas, **Fernanda dos Anjos Pessoa e Maria das Graças Batista Lacerda**, presentes valiosos que a universidade me ofereceu, pela parceria e apoio incondicional. Aos amigos acadêmicos **Vandersson, Valdeir, Luan, Levi, Emmanuely, Rosiane, Leila, Sandro, Daniele e Diego Eduardo**, minha gratidão por todas as memórias e aprendizados compartilhados.

A **Jean Félix**, amigo de longa data, e ao meu primo, **Givanildo Zildo**, meu agradecimento pelo incentivo constante. À minha prima, **Ana Jessyca**, pela amizade e cuidado quando precisei, e a **Taêlysson**, por todo o apoio no laboratório.

À minha orientadora, **Maria Betania Hermenegildo dos Santos**, que foi como uma mãe ao longo desta jornada, com ensinamentos valiosos e apoio incondicional.

À **Tereziana Silva da Costa**, por sua significativa contribuição ao meu trabalho.

Aos professores do **Departamento de Química e Física (DQF)**, que foram fundamentais na minha formação, e aos membros da banca avaliadora, cujas críticas construtivas foram essenciais para o aprimoramento do meu trabalho.

À **Universidade Federal da Paraíba (UFPB)** e ao **Centro de Ciências Agrárias (CCA)**, por todo o suporte e por se tornarem minha segunda casa ao longo dessa jornada acadêmica.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, me incentivaram e contribuíram para essa conquista. Cada palavra de encorajamento e gesto de carinho foram fundamentais para minha formação.

“A água é a força motriz de toda a natureza”.

(Leonardo da Vinci)

## RESUMO

A água é um recurso natural essencial para a sobrevivência e o desenvolvimento socioeconômico. Embora o planeta possua 1,4 bilhões de km<sup>3</sup> de água, apenas 2,5% é doce, e o Brasil concentra 12% dessa água doce superficial, especialmente na região Norte. No entanto, o Nordeste enfrenta grandes desafios, com 23,2% da população sem acesso a água tratada, dependendo de fontes alternativas que nem sempre são seguras. Essa escassez tem aumentado o uso de águas subterrâneas, especialmente de poços, o que gera preocupações quanto à qualidade e ressalta a importância de legislações para assegurar a potabilidade e a proteção da saúde pública. Diante disso, o objetivo deste estudo foi monitorar a qualidade físico-química e microbiológica das águas de poços comercializadas no município de Areia-PB. As amostras foram coletadas de dois poços: o Poço 1, escavado, localizado no Bairro Mutirão, e o Poço 2, tubular, situado no Sítio Macacos. As coletas foram realizadas quinzenalmente entre julho e outubro de 2024, e as análises ocorreram no laboratório de Química Analítica do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba e no laboratório de Matéria Orgânica do Departamento de Solos e Engenharia Rural da mesma instituição. Os parâmetros físico-químicos analisados incluíram pH, condutividade, turbidez, oxigênio dissolvido, dióxido de carbono, alcalinidade total, dureza cálcio, dureza total, cloreto, sódio, potássio, fósforo total, sulfato e salinidade, conforme metodologias do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. A amônia foi analisada segundo o *Standard Test Methods for Ammonia Nitrogen in Water (ASTM D 1426)*. E a análise de dureza em magnésio foi feita por diferença de cálculos. Para identificar coliformes totais e *Escherichia coli*, utilizou-se o substrato cromogênico e fluorogênico Colitest®. Os resultados indicaram que as amostras de ambos os poços atendem aos padrões de potabilidade exigidos pelo Ministério da Saúde e pelas Resoluções do Conama. Os resultados indicaram que as amostras de ambos os poços atendem aos padrões de potabilidade estabelecidos pelo Ministério da Saúde e pelas Resoluções do Conama. Embora os níveis de pH e fósforo estivessem fora dos valores recomendados, esses resultados não representam risco à saúde. No entanto, o nível elevado de fósforo pode indicar possível contaminação, sugerindo a necessidade de monitoramento contínuo e investigação de fontes de contaminação no entorno dos poços. Em termos de salinidade, as amostras foram classificadas como água doce, e nas análises bacteriológicas, testaram negativo para coliformes totais e *Escherichia coli*, indicando que essas águas são adequadas para consumo e comercialização. Além das análises de qualidade, é essencial que aqueles que desejam construir poços solicitem a outorga de uso dos recursos hídricos, a fim de garantir um controle adequado e sustentável dessas fontes.

**Palavras-chave:** água subterrânea; potabilidade; comercialização de água potável.

## ABSTRACT

Water is a natural resource essential for life maintenance and socioeconomic development. Although the planet holds 1.4 billion km<sup>3</sup> of water, only 2.5% is considered freshwater. Brazil contains 12% of the surface freshwater, concentrated mainly in the northern region. However, the northeastern region faces significant challenges, with 23.2% of the population lacking access to treated water and relying on alternative sources that are not always safe. This scarcity on water access has led to increased use of groundwater, mainly from wells, which raises concerns about water quality and the importance of legislation to ensure potability and public health protection. This study aimed to monitor the physicochemical and microbiological quality of water from wells sold in the municipality of Areia-PB. Samples were collected from two wells: Well 1, a dug well located in the neighborhood named Mutirão, and Well 2, a tubular well located in the Macacos settlement. The samples were collected biweekly between July and October 2024, and analyses were conducted at the Analytical Chemistry Laboratory of the Centro de Ciências Agrárias and the Organic Matter Laboratory of the Department of Soils and Rural Engineering at the Universidade Federal da Paraíba. The pH, conductivity, turbidity, dissolved oxygen, carbon dioxide, total alkalinity, calcium hardness, total hardness, chloride, sodium, potassium, total phosphorus, sulfate, and salinity were evaluated following methodologies from the Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Ammonia was analyzed according to the Standard Test Methods for Ammonia Nitrogen in Water (ASTM D 1426), and magnesium hardness was determined by calculation. The Colitest® chromogenic and fluorogenic substrate was used to detect total coliforms and *Escherichia coli*. The results indicated that water samples from both wells met the potability standards established by the Ministry of Health and Conama Resolutions. Although the pH and phosphorus levels were outside the recommended values, these results are not hazardous to human health. However, the elevated phosphorus level may indicate possible contamination, suggesting the need for continuous monitoring and investigation of contamination sources near the wells. For the salinity, the samples were classified as freshwater, and the bacteriological analyses were negative for total coliforms and *Escherichia coli*, indicating that the water is suitable for consumption and commercialization. In addition to quality analyses, the water use permit must be acquired to ensure proper and sustainable management of these resources.

**Keywords:** groundwater; potability; freshwater commercialization.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Coleta das águas dos poços 1 e 2 para análises físico-químicas (A) e microbiológicas (B).....	27
<b>Figura 2</b> - Realização das análises bacteriológicas.....	29
<b>Figura 3</b> - Identificação das bactérias coliformes totais (A) e Escherichia coli (B) nas águas dos poços 1 e 2. ....	30

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Resultados obtidos para temperatura nas amostras coletadas nos poços 1 e 2.....	32
<b>Tabela 2</b> - Resultados obtidos para dureza total nas amostras coletadas nos poços 1 e 2.....	33
<b>Tabela 3</b> - Resultados obtidos para dureza magnésio nas amostras coletadas nos poços 1 e 2.....	34
<b>Tabela 4</b> - Resultados obtidos para dureza cálcio nas amostras coletadas nos poços 1 e 2.....	34
<b>Tabela 5</b> - Resultados obtidos para alcalinidade nas amostras coletadas nos poços 1 e 2.....	35
<b>Tabela 6</b> - Resultados obtidos para pH nas amostras coletadas nos poços 1 e 2. ...	36
<b>Tabela 7</b> - Resultados obtidos para turbidez nas amostras coletadas nos poços 1 e 2. ....	37
<b>Tabela 8</b> - Resultados obtidos para cloreto nas amostras coletadas nos poços 1 e 2. ....	37
<b>Tabela 9</b> - Resultados obtidos para sulfato nas amostras coletadas nos poços 1 e 2. ....	38
<b>Tabela 10</b> - Resultados obtidos para condutividade elétrica nas amostras coletadas nos poços 1 e 2. ....	39
<b>Tabela 11</b> - Resultados obtidos para dióxido de carbono nas amostras coletadas nos poços 1 e 2. ....	40
<b>Tabela 12</b> - Resultados obtidos para oxigênio dissolvido nas amostras coletadas nos poços 1 e 2.....	41
<b>Tabela 13</b> - Resultados obtidos para salinidade nas amostras coletadas nos poços 1 e 2.....	41
<b>Tabela 14</b> - Resultados obtidos para amônia total nas amostras coletadas nos poços 1 e 2.....	42
<b>Tabela 15</b> - Resultados obtidos para fósforo total nas amostras coletadas nos poços 1 e 2.....	43
<b>Tabela 16</b> - Resultados obtidos para sódio nas amostras coletadas nos poços 1 e 2. ....	44
<b>Tabela 17</b> - Resultados obtidos para potássio nas amostras coletadas nos poços 1 e 2.....	44
<b>Tabela 18</b> - Resultados microbiológico obtidos nas amostras coletadas nos poços 1 e 2.....	45

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AESA	Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba
ANA	Agência nacional de Águas e Saneamento Básico
CCA	Centro de Ciências Agrárias
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DQF	Departamento de Química e Física
EDTA	Etilenodiaminotetracético
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
FUNDAJ	Fundação Joaquim Nabuco
MS	Ministério da Saúde
PB	Paraíba
pH	Potencial Hidrogeniônico
UFPB	Universidade Federal da Paraíba
UNT	Unidade Nefelométrica de Turbidez
UV	Ultravioleta
VPM	Valor Máximo Permitido

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>16</b>
2.1 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS .....	16
2.2 OUTORGA DO USO DO RECURSO HÍDRICOS SUBTERRÂNEO .....	17
2.3 QUALIDADE DA ÁGUA .....	19
2.4 PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS DA QUALIDADE DA ÁGUA .....	19
<b>2.4.1 Temperatura</b> .....	<b>20</b>
<b>2.4.2 Dureza total, Magnésio e Cálcio</b> .....	<b>20</b>
<b>2.4.3 Alcalinidade</b> .....	<b>21</b>
<b>2.4.4 pH</b> .....	<b>21</b>
<b>2.4.5 Turbidez</b> .....	<b>22</b>
<b>2.4.6 Cloreto</b> .....	<b>22</b>
<b>2.4.7 Sulfato</b> .....	<b>22</b>
<b>2.4.8 Condutividade elétrica</b> .....	<b>23</b>
<b>2.4.9 Dióxido de Carbono</b> .....	<b>23</b>
<b>2.4.10 Oxigênio Dissolvido</b> .....	<b>23</b>
<b>2.4.11 Salinidade</b> .....	<b>24</b>
<b>2.4.12 Amônia total</b> .....	<b>24</b>
<b>2.4.13 Fósforo total</b> .....	<b>24</b>
<b>2.4.14 Sódio</b> .....	<b>25</b>
<b>2.4.15 Potássio</b> .....	<b>25</b>
2.5 PARÂMETRO MICROBIOLÓGICO DA QUALIDADE DA ÁGUA .....	26
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>27</b>
3.1 FONTES HÍDRICAS E COLETA DAS AMOSTRAS .....	27
3.2 ANÁLISE DE VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICAS .....	28
3.3 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DAS ÁGUAS DE POÇOS .....	29
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>31</b>
4.1 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS .....	32
<b>4.1.1 Temperatura</b> .....	<b>32</b>
<b>4.1.2 Dureza total, Magnésio e Cálcio</b> .....	<b>33</b>
<b>4.1.3 Alcalinidade</b> .....	<b>34</b>
<b>4.1.4 pH</b> .....	<b>35</b>

<b>4.1.5 Turbidez .....</b>	<b>36</b>
<b>4.1.6 Cloreto .....</b>	<b>37</b>
<b>4.1.7 Sulfato .....</b>	<b>38</b>
<b>4.1.8 Condutividade elétrica.....</b>	<b>39</b>
<b>4.1.9 Dióxido de carbono.....</b>	<b>40</b>
<b>4.1.10 Oxigênio Dissolvido.....</b>	<b>40</b>
<b>4.1.11 Salinidade .....</b>	<b>41</b>
<b>4.1.12 Amônia total.....</b>	<b>42</b>
<b>4.1.13 Fósforo total .....</b>	<b>43</b>
<b>4.1.14 Sódio.....</b>	<b>43</b>
<b>4.1.15 Potássio .....</b>	<b>44</b>
<b>4.2 ANÁLISES MICROBIOLÓGICA.....</b>	<b>45</b>
<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>47</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>48</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural abundante em nosso planeta e fundamental para a sobrevivência dos seres vivos. Sem ela, o desenvolvimento econômico, social e a qualidade de vida são prejudicados (Tundisi; Matsumura-Tundisi, 2020).

Segundo Bosquetti (2019), o planeta Terra possui cerca de 1,4 bilhões de km<sup>3</sup> de água, cobrindo 71% de sua superfície. No entanto, 97,5% desse total é de água salgada, restando apenas 2,5% de água doce. Desse pequeno percentual, 69% estão em geleiras, de difícil acesso, 30% em aquíferos subterrâneos, e apenas 1% nos rios (ANA, 2024).

O Brasil detém a maior reserva de água doce superficial do mundo, com cerca de 12% do total global. Além disso, possui uma grande reserva de águas subterrâneas, com volume aproximado de 112 mil km<sup>3</sup>, concentrado principalmente no Aquífero Guarani, que se estende pelo Brasil, Uruguai, Paraguai e Argentina, abrangendo cerca de 1,2 milhão de km<sup>2</sup>. A distribuição da água doce no Brasil é desigual: 68% estão concentrada na região Norte, onde se encontra a maior parte desse recurso, enquanto 16% estão no Centro-Oeste, 7% no Sul, 6% no Sudeste e apenas 3% no Nordeste (Abreu, 2018).

O Nordeste é a região com menor quantidade de recursos hídricos do Brasil e possui uma alta densidade demográfica, dificultando o abastecimento de água. Além disso, essa região enfrenta longos períodos de seca, com uma estação chuvosa que, em muitos locais, dura apenas quatro meses ao ano (Soldera, 2022).

De acordo com o Ministério das Cidades (2022), cerca de 23,2% da população nordestina ainda não tem acesso a água tratada. Nas áreas rurais, que representam 50% da população em 42,3% dos municípios do Nordeste, há uma preocupação com o abastecimento por fontes alternativas, que nem sempre garantem qualidade, podendo acarretar problemas de saúde (BRK Ambiental, 2021). Frente à escassez de água na região, observa-se um aumento no uso de águas subterrâneas, em grande parte provenientes de poços (Oliveira, 2018).

Segundo Aquino *et al.* (2024), a água subterrânea é amplamente utilizada para consumo humano, na agricultura, na indústria e no abastecimento doméstico. No entanto, o uso excessivo desse recurso hídrico é uma preocupação crescente, pois compromete a qualidade e a quantidade da água, tornando os corpos d'água cada vez mais vulneráveis (Monteiro, 2018).

O controle da qualidade da água é uma necessidade universal que demanda atenção das autoridades sanitárias e dos consumidores em geral, especialmente no que se refere à água de nascentes, lagos, poços e outras fontes destinadas ao consumo humano (Lima *et al.*, 2020). Isso ocorre porque a água pode atuar como vetor de patógenos, afetando diretamente a saúde humana e podendo até levar à morte (Martinho, 2024).

Brito (2019) e Pereira, Paiva e Gaiolla (2017) afirmam que a ingestão de água tratada é essencial para a preservação da saúde, pois auxilia na prevenção de doenças, melhora a digestão, regula a temperatura corporal, mantém as estruturas dos tecidos e o volume intravascular, além de apoiar as funções celulares. Brito (2019) destaca ainda que a água potável, livre de contaminações, é a ideal para o consumo humano.

Sendo um recurso essencial para os seres vivos, é indispensável controlar e assegurar a qualidade da água, seguindo as legislações vigentes que garantem a saúde e o bem-estar da população. A Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, do Ministério da Saúde, que regula a água para consumo humano, e a Resolução nº 396, de 3 de abril de 2008, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), que trata das águas subterrâneas, estabelecem que a água potável deve atender aos padrões físico-químicos e microbiológicos para evitar riscos à saúde.

Araújo e Andrade (2020) ressaltam a importância de avaliar a qualidade da água destinada ao consumo humano, enfatizando a necessidade de se conhecer os indicadores microbiológicos e físico-químicos utilizados mundialmente para verificar possíveis contaminações.

Diante desse contexto, o objetivo deste trabalho foi monitorar a qualidade físico-química e microbiológica das águas de poços comercializadas no município de Areia-PB.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Segundo a BRK Ambiental (2023), as águas subterrâneas são reservas de água encontradas sob a superfície terrestre, acumulando-se entre os poros de rochas e sedimentos, formando aquíferos. Elas representam aproximadamente 97% da água doce líquida no mundo, sendo a maior reserva de água potável do planeta.

Essenciais para o ciclo hidrológico, essas águas sustentam sistemas hídricos como rios, lagos, manguezais e pântanos. Elas mantêm o fluxo nos rios durante períodos de seca, sustentam florestas em climas tropicais e áridos e desempenham funções ecológicas vitais, como a diluição de esgoto e efluentes, transporte de sedimentos e preservação de ecossistemas (Fundaj, 2021; Hirata, Fernandes; Bertolo, 2016).

No Brasil, a extração de águas subterrâneas é realizada por meio de poços tubulares, escavados e nascentes (Hirata *et al.*, 2019). Os poços tubulares — chamados de artesianos (jorrantes ou não) ou semi-artesianos — variam em profundidade: os artesianos têm mais de 60 metros e os semi-artesianos entre 20 e 60 metros (Silva, Martins, 2024). Estes poços, de diâmetro inferior a 1 metro, são construídos com materiais como aço ou PVC (Vasconcelos, 2015). Já os poços escavados, com até 20 metros de profundidade, incluem: as cacimbas, de diâmetro superior a 0,5 metro e sem revestimento; os cacimbões, com diâmetro entre 1 e 5 metros e revestimento parcial ou total; e os poços Amazonas, com diâmetro superior a 5 metros, também com possível revestimento (Ribeiro; Malta, 2016; Vasconcelos, 2015).

Hirata *et al.* (2019) destacam que o número exato de poços no Brasil é desconhecido. Embora a legislação exija registro e autorização para extração de água, pouco mais de 1% das captações de poços tubulares estão oficialmente documentadas, e há uma grande quantidade de extração clandestina.

A proteção das águas subterrâneas no Brasil, de acordo com Rezende *et al.* (2023), é frequentemente negligenciada. Embora estejam mais protegidas que as águas superficiais e desempenhem um papel importante para o desenvolvimento socioeconômico, as águas subterrâneas estão sujeitas à contaminação por diversas fontes: chorume de lixões e aterros inadequados, acidentes com substâncias tóxicas,

descarte impróprio de resíduos, atividades minerárias, uso indevido de agrotóxicos e fertilizantes, e poços mal construídos ou operados.

## 2.2 OUTORGA DO USO DO RECURSO HÍDRICOS SUBTERRÂNEO

As águas subterrâneas são fundamentais para o abastecimento humano, a agricultura, a indústria e diversas outras atividades (Braga *et al.*, 2017). No entanto, seu uso múltiplo pode gerar conflitos entre setores e causar impactos ambientais, tornando essencial um gerenciamento integrado desse recurso para equilibrar o bem-estar social, econômico e a sustentabilidade dos ecossistemas (Hurtado *et al.*, 2024).

Até a década de 1990, o uso de águas subterrâneas ocorria de forma desordenada. Com a promulgação da Lei 9.433/97, o uso passou a ser regulamentado, alterando o processo de autorização. Além disso, resoluções do CONAMA e do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, aliadas à criação de um aparato institucional, foram implementadas para assegurar uma gestão adequada (Silveira, 1998; Braga *et al.*, 2017).

O processo pelo qual a autoridade competente concede o direito de uso ou interferência em recursos hídricos é chamado de outorga (Silveira, 1998). Esse procedimento tornou-se indispensável para o gerenciamento e planejamento dos recursos, exigindo informações detalhadas dos usuários, como localização e vazão, e garantindo que a captação de água de um usuário não seja prejudicada por poços vizinhos.

Para Braga *et al.* (2017), uma metodologia eficaz de concessão de outorga deve ser simples de implementar e manter. É fundamental considerar três aspectos: o econômico (evitando altos custos), o social (facilitando a adaptação pela sociedade) e o ambiental (avaliando os impactos no meio ambiente).

Na Paraíba, a Agência Executiva de Gestão das Águas (AESAs) estabelece a Política Estadual de Recursos Hídricos e suas diretrizes por meio da Lei nº 6.308, de 2 de julho de 1996 (Aesa, 1996). Esta lei determina que o uso dos recursos hídricos deve ser racional, assegurando desenvolvimento sustentável e preservação ambiental. Também prevê que a gestão dos recursos hídricos deve mitigar os efeitos adversos da poluição, inundações, seca, desmatamento indiscriminado, queimadas, erosão e assoreamento. Complementando essa legislação, o Decreto nº 19.260/97 regulamenta a outorga do direito de uso dos recursos hídricos e estipula que

captações e usos de águas públicas existentes estejam sob fiscalização, assegurando que toda atividade relacionada à água cumpra as normas regulamentares. Em caso de descumprimento, podem ser aplicadas penalidades, como advertências, multas, suspensão temporária ou definitiva das atividades infratoras.

Além disso, conforme a Aesa (1997), o Art. 12 do Decreto nº 19.260/97 estabelece que a outorga do direito de uso da água segue uma ordem de prioridade.

I - abastecimento doméstico, assim entendido o resultante de um serviço específico de fornecimento da água, excluídas, portanto as hipóteses do Art. 8º<sup>1</sup>;

II - abastecimento coletivo especial, compreendendo hospitais, quartéis, presídios, colégios, etc.;

III - outros abastecimentos coletivos de cidades, distritos, povoados e demais núcleos habitacionais, de caráter não residencial, compreendendo abastecimento de entidades públicas, do comércio e da indústria, ligados à rede urbana;

IV - o uso da água, mediante captação direta para fins industriais, comerciais e de prestação de serviços;

V - o uso da água, mediante captação direta ou por infra-estrutura de abastecimento para fins agrícolas, compreendendo irrigação, pecuária, piscicultura, etc.;

VI - outros usos permitidos pela legislação em vigor (Aesa, 1997, p.3).

Por fim, conforme o Decreto nº 19.260/97 do estado da Paraíba, as tarifas anuais a serem pagas são definidas pelo governo estadual com base em uma proposta do Conselho Estadual de Recursos Hídricos. Ademais, de acordo com o Art. 27 desse mesmo decreto, o consumo mínimo necessário para a solicitação de autorização para o uso de água subterrânea é de 2.000 litros por hora, sendo considerado insignificante qualquer consumo abaixo desse valor (Aesa, 1997).

---

<sup>1</sup> Art. 8º Não se concederá outorga para: I - lançamento na água de resíduos sólidos, radioativos, metais pesados e outros resíduos tóxicos perigosos; II - lançamento de poluentes nas águas subterrâneas.

## 2.3 QUALIDADE DA ÁGUA

Siqueira (2021) destaca que a água potável é caracterizada por ser um líquido incolor, inodoro, insípido e livre de micro-organismos patogênicos, desempenhando um papel vital para a sobrevivência humana. Além disso, o acesso a uma água potável, segura e isenta de riscos à saúde é um direito humano fundamental, essencial para consumo, preparo de alimentos e higiene pessoal (Bárta *et al.*, 2021).

A qualidade da água é avaliada com base em propriedades físicas, químicas e biológicas, com limites de impurezas definidos conforme sua finalidade de uso (Grumicker *et al.*, 2018). A manutenção da qualidade da água exige vigilância constante, tanto das autoridades de saúde quanto da população em geral, especialmente em fontes destinadas ao consumo humano, como poços, nascentes e lagos. A contaminação dessas fontes por resíduos de origem humana e animal pode transformá-las em vetores de doenças infecciosas e parasitárias, impactando diretamente a saúde pública (Silva *et al.*, 2017).

A avaliação da qualidade das águas subterrâneas para consumo humano deve seguir padrões de referência legislativos, conforme Scheffler *et al.* (2022). Entre eles, destacam-se a Portaria nº 888 do Ministério da Saúde, de 4 de maio de 2021, que regulamenta a água para consumo humano, e a Resolução nº 396 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), que define a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento de águas subterrâneas. Essas normas estabelecem que a água potável deve atender a parâmetros físico-químicos e microbiológicos para garantir a segurança à saúde (Brasil, 2021; Conama, 2008).

## 2.4 PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS DA QUALIDADE DA ÁGUA

De acordo com Parron, Muniz e Pereira (2011), a análise físico-química da água tem como objetivo identificar e quantificar os elementos e espécies iônicas presentes, associando as propriedades desses compostos aos efeitos ambientais. Essa abordagem permite compreender tanto os processos naturais quanto as alterações no meio ambiente.

A avaliação da qualidade da água é realizada por meio da análise de diversos parâmetros físico-químicos, como temperatura, dureza total, magnésio, cálcio,

alcalinidade, pH, turbidez, cloreto, sulfato, condutividade elétrica, dióxido de carbono, salinidade, amônia total, fósforo total, sódio e potássio, que serão descritos a seguir.

#### **2.4.1 Temperatura**

A temperatura é uma medida da intensidade do calor e representa um parâmetro que afeta várias propriedades da água, como densidade, viscosidade e níveis de oxigênio dissolvido, exercendo influência direta sobre a vida aquática, conforme mencionado por Bortoli (2016). A escala de temperatura mais amplamente utilizada é o grau Celsius (°C). As variações de temperatura fazem parte do padrão climático usual; os corpos d'água naturais exibem variações sazonais e diurnas, além de apresentarem estratificação vertical, sendo influenciados por fatores como despejos industriais (Nogueira; Costa; Pereira, 2015).

#### **2.4.2 Dureza total, Magnésio e Cálcio**

A dureza total da água está relacionada à presença de bicarbonatos, carbonatos, sulfatos e cloretos de cálcio e magnésio dissolvidos nela. Quanto maior a concentração desses sais na água, maior será a sua classificação como água dura (Vilhena, 2017).

De acordo com a Funasa (2014) e Feitosa *et al.* (2008), a dureza da água pode ser classificada em dureza carbonato (temporária) ou não carbonato (permanente), dependendo do ânion associado. A dureza carbonato está ligada à alcalinidade e pode indicar a capacidade de tamponamento da água. Além disso, essa dureza é causada pelos bicarbonatos de cálcio e magnésio, que resistem à ação do sabão e formam incrustações. Quando submetidos ao calor, os bicarbonatos se decompõem em gás carbônico, água e carbonatos insolúveis, que se precipitam. Por outro lado, a dureza não carbonatos é resultante da presença de sulfatos, cloretos e nitratos de cálcio e magnésio dissolvidos na água. Esses sais também resistem à ação do sabão, mas, ao contrário da dureza carbonato, não geram incrustações devido à sua alta solubilidade em água. Ademais, a dureza não carbonatos não se decompõe com o aquecimento.

Ainda segundo a Funasa (2014), altos níveis de dureza reduzem a formação de espuma, aumentando o consumo de sabões e xampus, e causam acúmulo de incrustações em sistemas de tubulação de água quente, caldeiras e aquecedores, devido à precipitação de cátions em altas temperaturas.

### **2.4.3 Alcalinidade**

A alcalinidade representa a capacidade da água de neutralizar ácidos (Nolasco *et al.*, 2020). Esse parâmetro é fundamental para a regulação do pH, prevenindo variações abruptas que poderiam desequilibrar o ambiente natural de um corpo d'água (Barros Junior, 2024).

Em águas subterrâneas, a alcalinidade é principalmente atribuída aos carbonatos e bicarbonatos, com contribuições secundárias de íons hidróxidos, silicatos, boratos, fosfatos e amônia. Portanto, a alcalinidade total resulta da soma da alcalinidade de todos esses íons presentes na água (Barros Junior, 2024).

### **2.4.4 pH**

O potencial hidrogeniônico, ou pH, é a medida da acidez ou alcalinidade da água, estabelecida pela concentração de íons hidrogênio ( $H^+$ ) na solução. A escala de pH varia de 0 a 14: soluções são consideradas ácidas quando o pH é inferior a 7, neutras quando o pH é igual a 7 e básicas ou alcalinas quando o pH é superior a 7 (Pereira, 2023).

É recomendado que o pH da água varie entre 6 e 9,5, garantindo níveis adequados de acidez, neutralidade ou alcalinidade, e evitando extremos que possam comprometer seu uso. Além disso, águas com pH elevado podem causar incrustações nas tubulações, diminuir a eficácia da desinfecção com cloro e conferir um sabor amargo à água. Em contrapartida, águas com pH baixo podem alterar o sabor e iniciar processos corrosivos, embora não apresentem riscos à saúde (Barros Junior, 2024).

De acordo com a Funasa (2014), o pH influencia a distribuição entre as formas livres e ionizadas de diversos compostos químicos, além de determinar o grau de solubilidade das substâncias e o potencial de toxicidade de vários elementos.

Variações no pH podem resultar de causas naturais, como a dissolução de rochas e a fotossíntese, ou de causas antropogênicas, como despejos domésticos e industriais.

#### **2.4.5 Turbidez**

A turbidez está relacionada à transparência da água e à presença de partículas em suspensão. Ela representa uma característica óptica que causa dispersão e absorção da luz, impedindo a transmissão direta da luz através da amostra (Rocha, 2019).

Em corpos d'água localizados em áreas com solos erosivos, a turbidez geralmente é elevada, pois a chuva pode transportar partículas de argila, silte, areia, pedaços de rocha e óxidos metálicos do solo. Além das causas naturais, a turbidez também pode ser provocada por descargas de esgoto doméstico ou industrial (Funasa, 2014).

#### **2.4.6 Cloreto**

Os cloretos se apresentam na forma de cloretos de sódio, cálcio e magnésio, e estão presentes em todas as águas naturais, embora em concentrações variadas. A utilização de águas com altos teores de cloretos é limitada devido à alteração do sabor, conferindo-lhes um gosto salgado, e aos efeitos laxativos que podem provocar. Geralmente, as águas de regiões montanhosas e áreas elevadas contêm níveis mais baixos de cloretos, enquanto as águas de rios e subterrâneas podem apresentar grandes quantidades desse íon, conforme relatado pela Funasa (2013), Paim (2013) e Queiroz (2019).

#### **2.4.7 Sulfato**

O íon sulfato é um ânion comum na natureza e ocorre em concentrações altamente variáveis nas águas naturais (Vasconcelos; Oliveira, 2018). Segundo Vasconcelos e Oliveira (2017), ele é um componente frequente na água subterrânea e uma forma de enxofre, originando-se da decomposição de solos e rochas, como o gesso ( $\text{CaSO}_4$ ) e o sulfato de magnésio ( $\text{MgSO}_4$ ), da oxidação de minerais de sulfeto, como a pirita, e da dissolução de minerais como o gipsita ( $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) e a anidrita

(CaSO<sub>4</sub>). As autoras também afirmam que o sulfato pode ser introduzido na água por chuvas e fertilizantes agrícolas. Altas concentrações de sulfato conferem um sabor amargo, podendo resultar em rejeição por parte dos consumidores e causar efeitos laxativos, como diarreia e desidratação.

#### **2.4.8 Condutividade elétrica**

A condutividade elétrica da água indica sua capacidade de conduzir corrente elétrica devido à presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions. Quanto maior a concentração iônica na solução, maior será a capacidade de condução eletrolítica, resultando em uma maior transmissão de corrente elétrica (Funasa, 2014).

#### **2.4.9 Dióxido de Carbono**

O dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), também conhecido como gás carbônico, é um dos gases presentes em pequenas quantidades na atmosfera da Terra e desempenha um papel fundamental na sustentação da vida, uma vez que está envolvido tanto na fotossíntese das plantas quanto na respiração de seres aeróbios, como destacado por Rodrigues (2020).

O gás carbônico dissolvido na água pode desempenhar um papel importante na corrosão de estruturas metálicas e materiais à base de cimento, como tubos de fibrocimento, em sistemas de abastecimento de água, reagindo com esses materiais e resultando na formação de carbonato de cálcio, que é insolúvel em água (Silva Neto, 2013).

#### **2.4.10 Oxigênio Dissolvido**

De acordo com Barros Junior (2024), o oxigênio dissolvido representa a quantidade de oxigênio presente ou transportado por um líquido. Nas águas, ele é um dos principais indicadores de poluição orgânica, pois concentrações inadequadas podem causar eutrofização. Esse parâmetro é importante para a sobrevivência dos organismos aquáticos que dependem de oxigênio, tornando seu monitoramento fundamental para avaliar a qualidade dos corpos d'água (Nascimento, 2024).

#### **2.4.11 Salinidade**

A salinidade corresponde à concentração total das espécies dissolvidas em uma determinada quantidade de água, que podem precipitar na forma de sais (sólidos). Tipicamente, é quantificada por meio de parâmetros como condutividade elétrica, densidade, velocidade do som ou índice de refração (Feitosa *et al.*, 2008).

Conforme estabelecido pela Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, as águas são classificadas em três categorias: águas doces, que possuem salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰; águas salobras, que têm salinidade superior a 0,5 ‰ e inferior a 30 ‰; e águas salinas, que apresentam salinidade igual ou superior a 30 ‰ (Conama, 2005).

#### **2.4.12 Amônia total**

A amônia total, ou nitrogênio amoniacal total, representa a soma das formas iônica ( $\text{NH}_4^+$ ) e molecular ( $\text{NH}_3$ ). Ao abordar a toxicidade da amônia, é importante distinguir claramente entre essas duas formas, uma vez que a forma não ionizada ( $\text{NH}_3$ ) é significativamente mais tóxica, como ressaltado por Gonçalves e Silvério (2023).

Segundo Reis e Mendonça (2009), a amônia ocorre naturalmente em corpos d'água como resultado da degradação de compostos orgânicos e inorgânicos presentes no solo e na água. Essa degradação ocorre devido à excreção da vida aquática, à redução do nitrogênio gasoso por micro-organismos ou à troca de gases com a atmosfera. Além disso, a amônia é um componente comum no esgoto sanitário, originando-se diretamente de descargas de resíduos domésticos e industriais, da hidrólise da ureia e da degradação biológica de aminoácidos e outros produtos orgânicos nitrogenados.

#### **2.4.13 Fósforo total**

O fósforo é um nutriente essencial para o desenvolvimento dos processos biológicos na água, contribuindo para o armazenamento de energia e atuando na estrutura celular. Suas ocorrências em águas naturais decorrem de produtos

derivados de fertilizantes, detergentes, resíduos domésticos, inseticidas e pesticidas, geralmente em grandes quantidades (Feitosa *et al.*, 2008).

O fósforo é um dos principais fatores que contribuem para a eutrofização, um processo que degrada a qualidade da água em lagos e estuários. Isso ocorre quando há um excesso de nutrientes, como fósforo e nitrogênio, que promovem o crescimento descontrolado de plantas e algas. Esse crescimento excessivo afeta o uso da água, e a decomposição da vegetação morta consome oxigênio, o que pode levar à morte de peixes e desestabilizar o ecossistema. As principais fontes de fósforo incluem solos agrícolas, uso inapropriado de fertilizantes, resíduos de origem animal e efluentes inadequadamente tratados. Além disso, o desmatamento agrava a situação, acelerando a erosão do solo e o assoreamento dos corpos d'água (ANA, 2023).

#### **2.4.14 Sódio**

Segundo Parron, Muniz e Pereira (2011), a presença de sódio nas águas naturais ocorre devido à sua abundância e à alta solubilidade de seus sais em água, apresentando-se na forma iônica ( $\text{Na}^+$ ). As concentrações de sódio nos recursos hídricos podem variar significativamente, dependendo das condições geológicas locais e do descarte de efluentes.

#### **2.4.15 Potássio**

O potássio é importante tanto na nutrição de plantas quanto na nutrição dos seres humanos, sendo encontrado em águas subterrâneas devido à dissolução mineral de material vegetal em decomposição e ao escoamento agrícola (Parron, Muniz e Pereira, 2011).

Segundo Oliveira (2018), o potássio é um elemento químico presente em grandes quantidades na crosta terrestre. No entanto, nas águas subterrâneas, ele aparece em quantidades menores, pois tende a ser facilmente retido pelas argilas e é bastante consumido pelas plantas.

## 2.5 PARÂMETRO MICROBIOLÓGICO DA QUALIDADE DA ÁGUA

O Ministério da Saúde destaca que a água destinada ao consumo humano não deve conter microrganismos patogênicos que representem ameaça à saúde (Brasil, 2018). Como definido na Portaria nº 888 do Ministério da Saúde, datada de 4 de maio de 2021 (Brasil, 2021), é necessário que a água atenda a requisitos específicos para ser considerada segura para o consumo humano. Esses critérios exigem que a água esteja isenta de contaminação por coliformes totais e *Escherichia coli*. Além disso, no caso de águas que ainda serão submetidas a tratamento, a legislação determina limites para a presença dessas bactérias, conforme estabelecido pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama, 2005).

A falta de saneamento e o consumo de água que contenha bactérias contaminantes são as principais causas de várias doenças, como diarreia, tracoma, esquistossomose, malária, dengue e legionelose, entre outras. Além disso, as principais fontes dessas bactérias patogênicas, vírus, protozoários e helmintos, que desempenham um papel importante na propagação de doenças transmitidas por via fecal-oral, provêm das fezes de animais e seres humanos (Coelho, 2020).

*Escherichia coli* é empregada como um indicativo de contaminação fecal devido à sua origem exclusiva nas fezes. Essa bactéria é naturalmente encontrada no trato intestinal de animais e seres humanos. Ela também pode afetar a bexiga, os rins, a corrente sanguínea e provocar doenças mais invasivas, como a meningite em bebês (Funasa, 2013; Sanchotene, 2021).

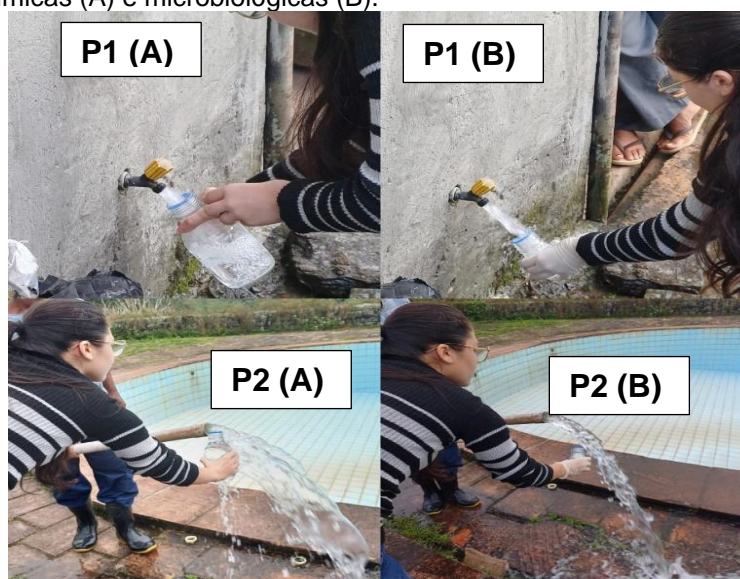
### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 FONTES HÍDRICAS E COLETA DAS AMOSTRAS

As fontes hídricas em estudo foram dois poços do município de Areia-PB, cujas águas são comercializadas, identificados como poço 1 (P1) e poço 2 (P2). O poço 1, situado no Bairro Mutirão, é do tipo escavado e tem 15 metros de profundidade, enquanto o poço 2, localizado no Sítio Macacos, é tubular e possui 45 metros de profundidade. De acordo com os proprietários, o poço 2 possui outorga para uso, enquanto o poço 1 ainda não a possui. As coletas ocorreram quinzenalmente entre os meses de julho e outubro de 2024, totalizando cinco coletas.

As amostras de água foram coletadas por volta das 06h30 da manhã, no local onde os comerciantes retiram a água para venda (Figura 1). Foram armazenadas em frascos de vidro devidamente higienizados para análises físico-químicas e esterilizados para análises bacteriológicas, conforme indicado por Brasil (2013). Em seguida, os frascos 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 de serem enviados ao laboratório de Matéria Orgânica pertencente ao Departamento de Solo e Engenharia Rural (DSER) do CCA) UFPB.

**Figura 1** - Coleta das águas dos poços 1 e 2 para análises físico-químicas (A) e microbiológicas (B).



Fonte: Elaboração própria, 2024.

### 3.2 ANÁLISE DE VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICAS

Os parâmetros físico-químicos analisados foram: alcalinidade, amônia, cloreto, condutividade elétrica, dióxido de carbono livre, dureza total, dureza cálcio, fósforo total, oxigênio dissolvido, pH, potássio, salinidade, sódio, sulfato e turbidez. Estes parâmetros foram determinados utilizando a metodologia proposta pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, AWWA, WEF, 2017), com exceção da amônia, para a qual foi utilizada a metodologia ASTM D 1426 (2008), que consiste na determinação dos íons de amônia por meio de análise colorimétrica, utilizando o reagente de Nessler e um espectrofotômetro em determinado comprimento de onda. Todas as análises foram realizadas em triplicata, e os métodos provenientes do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* estão descritos no Quadro 1.

**Quadro 1** - Parâmetros e métodos utilizados do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

<b>Variáveis.</b>	<b>Métodos</b>
Alcalinidade	2320 B – Método de titulação
Dureza Cálcio	3500-Ca B – Método Titulométrico (EDTA)
Cloreto	4500-Cl <sup>-</sup> B – Método Argentométrico
Condutividade elétrica	2510 B – Método laboratorial
Dióxido de carbono livre	4500-CO <sub>2</sub> C – Método Titulométrico para dióxido de carbono livre
Dureza total	2340 C – Método Titulométrico (EDTA)
Fosfato total	4500-P C – Método Colorimétrico do Ácido Vanadomolibdofosfórico
Oxigênio dissolvido	4500-O G – Método Membrana-Eletrodo
pH	4500-H <sup>+</sup> B – Método eletrométrico
Potássio	3500-K B - Método fotométrico de emissão de chama
Salinidade	2520 B – Método de Condutividade elétrica
Sódio	3500-Na B - Método fotométrico de emissão de chama
Sulfato	4500-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> E – Método turbidimétrico
Turbidez	2130 B – Método nefelométrico

**Fonte:** Adaptado de Neves, 2022; APHA; AWWA; WEF, 2017.

A análise de dureza magnésio foi calculada por diferença entre a análise de dureza total e dureza cálcio.

Os equipamentos utilizados nas análises de pH, turbidez, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica foram: pHmetro MS Tecnocon, modelo Luca-210; turbidímetro Del Lab, modelo DLT WV; oxímetro Lutron, modelo DO 5519; e condutivímetro MS Tecnocon, modelo Luca-150, 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 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DAS ÁGUAS DE POÇOS

As análises microbiológicas foram realizadas para determinar a presença ou ausência de coliformes totais e da bactéria *Escherichia coli* (Figura 2). Todas as análises foram feitas em triplicata, utilizando o substrato cromogênico e fluorogênico Colitest®, com incubação a 37°C por 24 horas. Após esse período, as amostras foram expostas à luz ultravioleta (UV).

**Figura 2** - Realização das análises bacteriológicas.

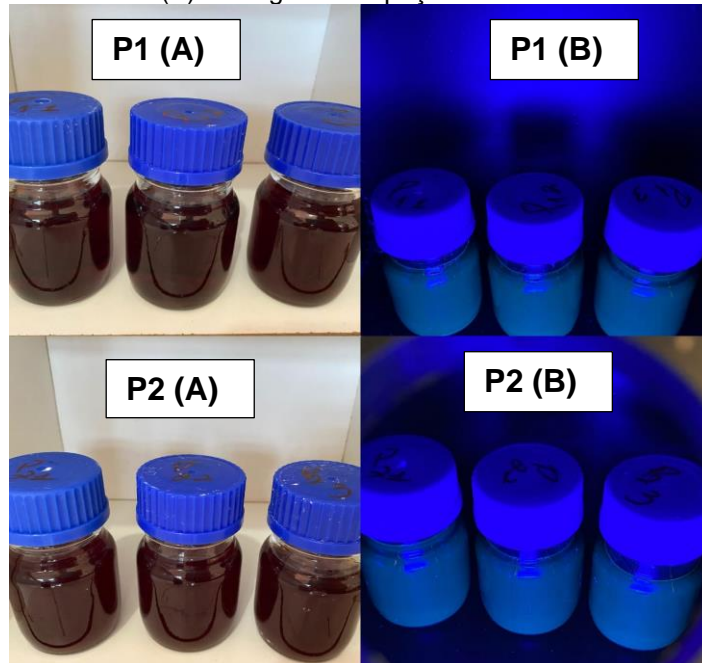


**Fonte:** Elaboração própria, 2024.

A identificação dessas bactérias ocorre da seguinte maneira: na presença de coliformes totais, a cor púrpura se altera para amarelo; na ausência, a cor púrpura permanece inalterada (Figura 3 A-C). A presença de fluorescência após exposição à

luz UV indica a presença de *Escherichia coli*, enquanto a ausência de fluorescência após a exposição à luz UV indica que não há *E. coli* presente (Figura 3 B-D).

**Figura 3** - Identificação das bactérias coliformes totais (A) e *Escherichia coli* (B) nas águas dos poços 1 e 2.



Fonte: Elaboração própria, 2024.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para garantir que as águas analisadas fossem potáveis e atendiam aos padrões de segurança necessários para proteger a saúde pública, os resultados obtidos foram comparados com as legislações vigentes (Quadro 2). Dentre essas, destaca-se a Portaria n° 888/2021 do Ministério da Saúde, que estabelece requisitos físico-químicos e microbiológicos para a água destinada ao consumo humano. Também foram consideradas a Resolução do Conama n° 396/2008, que regulamenta os padrões de qualidade das águas subterrâneas, e a Resolução Conama n° 357/2005, que determina os padrões de qualidade das águas superficiais. A última foi utilizada porque as demais normativas não estabelecem valores para os seguintes parâmetros: pH, salinidade, oxigênio dissolvido e fósforo total.

**Quadro 2** - Parâmetros físico-químicos e microbiológicos avaliados para as águas de dois poços e as legislações responsáveis pelo enquadramento dessas águas.

<b>Parâmetros Físico-químicos e Microbiológicos</b>	<b>Unidades</b>	<b>*VMP (Portaria n° 888/2021; Resoluções n° 357/2005 e n° 396/2008)</b>
Temperatura	°C	Não estabelecem
Dureza total	mg/L	300 <sup>(1)</sup>
Alcalinidade	mg/L	Não estabelecem
pH	---	6 a 9 <sup>(2)</sup>
Turbidez	UNT	5,0 <sup>(1)</sup>
Cloreto	mg/L	250 <sup>(1, 2, 3)</sup>
Sulfato	mg/L	250 <sup>(1, 2, 3)</sup>
Condutividade elétrica	µS/cm <sup>2</sup>	Não estabelecem
Dióxido de carbono	mg /L	Não estabelecem
Salinidade	‰	Águas doces: ≤ 0,5 ‰; águas salobras: 0,5 ‰ < x < 30 ‰; águas salinas: ≥ 30 ‰; <sup>(2)</sup>
Amônia total	mg/L	1,2 <sup>(1)</sup>
Fósforo total	mg/L	0,020 <sup>(2)</sup>
Sódio	mg/L	200 <sup>(1, 3)</sup>
Potássio	mg/L	Não estabelecem
Coliformes totais	mL	Ausência em 100 mL <sup>(1)</sup>
<i>Escherichia coli</i>	mL	Ausência em 100 mL <sup>(1, 3)</sup>

\*VMP- Valor Máximo Permitido; (1) Portaria n° 888/2021; (2) Resolução n° 357/2005; (3) Resolução n° 396/2008;

Fonte: Elaboração própria, 2024.

## 4.1 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

### 4.1.1 Temperatura

A temperatura da água, medida em graus Celsius, influencia propriedades como pH, densidade, viscosidade e oxigênio dissolvido, o que, por sua vez, afeta a vida dos organismos aquáticos. As variações de temperatura são típicas do clima, e os corpos hídricos naturais apresentam variações sazonais e diurnas, sendo também influenciados por descargas industriais (Bortoli, 2016; Pereira, 2023; Nogueira; Costa; Pereira, 2015).

Conforme observado na Tabela 1, a temperatura variou entre 22,2 e 25°C no poço 1 e entre 22,7 e 25,2°C no poço 2. De acordo com a Resolução nº 396/2008 do CONAMA e a Portaria nº 888/2021, não há um valor padrão estabelecido para esse parâmetro.

**Tabela 1** - Resultados obtidos para temperatura nas amostras coletadas nos poços 1 e 2.

Datas	Temperatura (°C)	
	Poço 1	Poço 2
30/07/2024	22,6 *	22,8 *
20/08/2024	22,8 *	23,2 *
03/09/2024	22,2 *	22,7 *
24/09/2024	23,4 *	23,9 *
08/10/2024	25,0 *	25,2 *

\*Não foi calculado o desvio padrão, pois foi registrada apenas uma temperatura para cada amostra.

**Fonte:** Elaboração própria, 2024.

Bandeira *et al.* (2018), ao analisarem a água de poços tubulares utilizada para o consumo na zona rural da cidade de Lagoa Seca-PB, observaram que as temperaturas variaram entre 25,2 e 26°C. Os autores ressaltam que essa variação é esperada, pois fatores como o clima e a região influenciam a temperatura da água. Monteiro (2018), em suas análises físico-químicas das águas de poços do tipo cacimba na cidade de Areia-PB, observou temperaturas variando entre 26 e 28°C, no período de 25 de abril a 19 de junho de 2018. Em contraste, minha pesquisa revelou valores consideravelmente mais baixos, o que pode ser atribuído às condições climáticas e às variações sazonais.

#### 4.1.2 Dureza total, Magnésio e Cálcio

Segundo Sousa (2023), a dureza da água é classificada da seguinte maneira: em termos de  $\text{CaCO}_3$ , abaixo de 50 mg/L indica que a água é considerada mole ou branda; entre 50 e 150 mg/L, é classificada como dureza moderada; de 150 a 300 mg/L, a água é considerada dura; e acima de 300 mg/L, caracteriza-se como muito dura.

Os valores médios obtidos para a dureza total podem ser visualizados na Tabela 2. A dureza total do poço 1 variou de 33,93 a 40,33 mg/L, enquanto a do poço 2 variou de 25,84 a 29,92 mg/L. Conforme estipulado pela Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde, o limite máximo permitido para o consumo de dureza é de 300 mg/L em termos de  $\text{CaCO}_3$ . Portanto, os valores obtidos foram baixos, indicando que ambos os poços estão dentro do padrão permitido pelo Ministério da Saúde e são classificados como águas moles ou brandas, pois estão abaixo de 50 mg/L, conforme indicado por Sousa (2023).

**Tabela 2** - Resultados obtidos para dureza total nas amostras coletadas nos poços 1 e 2.

Datas	Dureza total (mg $\text{CaCO}_3$ /L)	
	Poço 1	Poço 2
30/07/2024	39,95 ± 1,75	29,92 ± 1,32
20/08/2024	33,93 ± 4,21	25,84 ± 1,32
03/09/2024	40,33 ± 0,39	29,54 ± 0,50
24/09/2024	38,76 ± 2,31	28,85 ± 0,76
08/10/2024	35,12 ± 0,97	27,35 ± 0,60

Fonte: Elaboração própria, 2024.

Oliveira (2018), em seus estudos sobre a qualidade da água de poços tubulares utilizados no cultivo de hortaliças no município de Areia-PB, encontrou valores de dureza da água semelhante ao encontrado na nossa pesquisa variando entre 35,2 e 49,6 mg/L. Silva *et al.* (2019), ao conduzirem uma análise físico-químico da água de um poço artesiano na cidade de Remígio-PB, notaram que a amostra apresentou um valor médio de dureza total de 92,67 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ , o que é significativamente maior do que o encontrado nas águas dos poços analisados nesta pesquisa.

Os resultados das análises de dureza de magnésio estão apresentados na Tabela 3. No poço 1, os níveis de dureza de magnésio variaram entre 13,30 e 25,47 mg/L, enquanto no poço 2 variaram entre 1,76 e 15,81 mg/L.

**Tabela 3** - Resultados obtidos para dureza magnésio nas amostras coletadas nos poços 1 e 2.

Datas	Dureza Magnésio (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	
	Poço 1	Poço 2
30/07/2024	24,21 ± 2,14	15,81 ± 2,12
20/08/2024	13,30 ± 3,41	1,76 ± 1,51
03/09/2024	24,40 ± 0,47	14,36 ± 0,93
24/09/2024	25,47 ± 2,57	13,36 ± 1,54
08/10/2024	23,96 ± 0,97	12,29 ± 0,39

Fonte: Elaboração própria, 2024.

Comparando os resultados apresentados na Tabela 3 com os de Monteiro (2018), observa-se que os níveis de dureza magnésio foram ligeiramente mais baixos no poço A, variando de 9,08 a 16,21 mg/L. No entanto, no poço B, os valores obtidos foram similares aos encontrados nesta pesquisa, variando de 21,24 a 25,02 mg/L.

Na Tabela 4, encontram-se os resultados das análises de dureza de cálcio. No poço 1, os valores para a dureza de cálcio variaram de 11,16 a 20,64 mg/L, enquanto no poço 2 oscilaram entre 14,11 e 24,09 mg/L.

**Tabela 4** - Resultados obtidos para dureza cálcio nas amostras coletadas nos poços 1 e 2

Datas	Dureza Cálcio (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	
	Poço 1	Poço 2
30/07/2024	15,74 ± 0,39	14,11 ± 0,86
20/08/2024	20,64 ± 1,41	24,09 ± 0,19
03/09/2024	15,93 ± 0,78	15,18 ± 0,47
24/09/2024	13,30 ± 0,29	15,49 ± 1,39
08/10/2024	11,16 ± 0,97	15,05 ± 0,98

Fonte: Elaboração própria, 2024.

Na pesquisa de Monteiro (2018), os valores de cálcio para o poço A variaram de 4,32 a 6,32 mg/L, sendo baixos quando comparados aos encontrados neste estudo, enquanto o poço B apresentou uma variação de 19,78 a 35,67 mg/L, valores superiores aos observados nesta pesquisa.

#### 4.1.3 Alcalinidade

A alcalinidade indica a capacidade da água de neutralizar ácidos fortes até atingir um certo nível de pH (Owen Eduardo, 2024). Nas análises de alcalinidade, os resultados mostraram uma grande variação, com valores que oscilaram entre 5,23 e 25,92 mg/L no poço 1 e entre 8,21 e 25,15 mg/L no poço 2 (Tabela 5). No entanto,

nos documentos utilizados para comparação, não há um valor máximo permitido para esse parâmetro.

**Tabela 5** - Resultados obtidos para alcalinidade nas amostras coletadas nos poços 1 e 2.

Datas	Alcalinidade (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	
	Poço 1	Poço 2
30/07/2024	22,53 ± 0,67	24,26 ± 1,42
20/08/2024	19,84 ± 2,02	23,74 ± 3,00
03/09/2024	25,92 ± 1,76	25,15 ± 0,33
24/09/2024	5,23 ± 0,18	8,21 ± 1,29
08/10/2024	13,55 ± 3,84	22,29 ± 1,76

**Fonte:** Elaboração própria, 2024.

Segundo Silva *et al.* (2019), o estudo sobre o monitoramento físico-químico da água de um poço artesiano na cidade de Remígio-PB indicou que a alcalinidade média da água foi de 24,67 mg/L, devido à presença de bicarbonato, valores similares as três primeiras análises realizadas nessa pesquisa. Os autores destacam ainda que as águas naturais geralmente apresentam alcalinidade entre 30 e 500 mg/L de CaCO<sub>3</sub>.

Ao comparar os valores apresentados na Tabela 5 com os resultados obtidos por Santos (2023) ao analisar águas de poços na cidade de Cuité-PB, observa-se que a alcalinidade total das amostras desse estudo foi significativamente mais alta, variando entre 342 e 530 mg/L de CaCO<sub>3</sub>. A autora também destaca que a alcalinidade está diretamente relacionada ao pH da água: quando o pH varia de 4,4 a 8,3, a alcalinidade é atribuída à presença de bicarbonato; entre 8,3 e 9,4, à presença de carbonatos e bicarbonatos; e quando o pH ultrapassa 9,4, ela é associada à presença de hidróxidos e carbonatos.

#### 4.1.4 pH

O pH mede a acidez de uma solução e é um dos indicadores utilizados para verificar se a água está adequadamente tratada e própria para o consumo (Costa, 2023). Nas amostras coletadas, o pH do poço 1 variou de 5,11 a 5,98, enquanto o do poço 2 variou de 4,97 a 5,97 (Tabela 6). De acordo com a Resolução nº 357/2005 do CONAMA, o pH das águas para consumo deve variar entre 6 e 9. Nesse caso, ambos os poços estão fora desse padrão, pois apresentaram resultados abaixo do permitido.

Feitosa *et al.* (2008) afirmam que a acidez das águas naturais ocorre devido ao CO<sub>2</sub>, com pH entre 4,5 e 8,2, enquanto a acidez provocada por ácidos fortes devido a contaminações apresenta pH abaixo de 4,5. Portanto, nesta pesquisa, os poços analisados apresentaram pH baixos, possivelmente relacionado à dissolução do CO<sub>2</sub> presente no ambiente subterrâneo. Essa acidez pode causar corrosão nos equipamentos de bombeamento, porém não traz risco a saúde pública.

**Tabela 6** - Resultados obtidos para pH nas amostras coletadas nos poços 1 e 2.

Datas	pH	
	Poço 1	Poço 2
30/07/2024	5,11 ± 0,04	4,97 ± 0,02
20/08/2024	5,21 ± 0,03	5,21 ± 0,04
03/09/2024	5,52 ± 0,06	5,43 ± 0,03
24/09/2024	5,98 ± 0,01	5,97 ± 0,01
08/10/2024	5,72 ± 0,13	5,77 ± 0,09

**Fonte:** Elaboração própria, 2024.

Bandeira *et al.* (2018), ao analisarem a qualidade físico-química da água de poços tubulares utilizada para consumo na zona rural da cidade de Lagoa Seca-PB, observaram valores superiores aos obtidos na presente pesquisa, com o pH variando de 6,95 a 7,93 nas análises dos poços P1, P2, P3 e P4, estando dentro do limite máximo permitido pelas normas. No entanto, na pesquisa realizada por Monteiro (2018), as águas do poço A estavam abaixo do padrão de referência, assim como neste estudo, enquanto os resultados do poço B estavam dentro do limite estabelecido.

#### 4.1.5 Turbidez

Ao analisar a Tabela 7, é perceptível uma pequena variação de turbidez no poço 1, que foi de 0,06 a 0,13 UNT, enquanto o poço 2 apresentou uma variação entre 0,11 e 0,44 UNT. Conforme a Portaria n° 888/2021, o valor máximo permitido para turbidez é de 5,0 UNT; portanto, ambos os poços analisados estão dentro do limite padrão.

A Funasa (2014) destaca que a turbidez em corpos hídricos pode ser elevada em áreas com solos erosivos, devido ao transporte de partículas pelo escoamento da chuva, além de ser influenciada pelas descargas de esgoto doméstico e industrial.

**Tabela 7** - Resultados obtidos para turbidez nas amostras coletadas nos poços 1 e 2.

Datas	Turbidez (UNT)	
	Poço 1	Poço 2
30/07/2024	0,06 ± 0,01	0,31 ± 0,04
20/08/2024	0,08 ± 0,01	0,44 ± 0,07
03/09/2024	0,09 ± 0,02	0,18 ± 0,13
24/09/2024	0,06 ± 0,01	0,11 ± 0,07
08/10/2024	0,13 ± 0,06	0,38 ± 0,12

**Fonte:** Elaboração própria, 2024.

Silva *et al.* (2019) observaram um valor médio de turbidez de 106,7 UNT em um poço artesiano na cidade de Remígio - PB, o que é consideravelmente mais alto do que os valores apresentados na Tabela 7 e está em desacordo com os padrões do Ministério da Saúde. Já Santos (2023), ao analisar os parâmetros físico-químicos das águas de poços no município de Cuité – PB, obteve resultados semelhantes aos desta pesquisa, com valores de turbidez variando de 0,07 a 0,28 NTU, todos dentro do limite exigido pela legislação.

Ainda de acordo com Santos (2023), a turbidez natural da água normalmente não representa risco à saúde, afetando apenas a aparência. Contudo, partículas suspensas podem servir de abrigo para microrganismos, diminuindo a eficácia da desinfecção. Por outro lado, a turbidez de origem antrópica pode estar relacionada a substâncias tóxicas e a organismos patogênicos.

#### 4.1.6 Cloreto

Segundo Viana (2020), o cloreto na água não causa problemas de saúde diretamente, mas pode alterar o sabor da água, tornando-a mais salgada, o que muitas pessoas não apreciam.

A concentração de cloretos nas amostras analisadas para o poço 1 oscilou de 21,33 a 49,94 mg/L, enquanto no poço 2 os valores variaram de 27,57 a 47,75 mg/L (Tabela 8). Esses valores estão bem abaixo do limite máximo permitido de 250 mg/L, conforme a Portaria do Ministério da Saúde nº 888/2021 e a Resolução do Conama nº 396/2008, indicando que as águas dos poços estão dentro dos limites exigidos.

**Tabela 8** - Resultados obtidos para cloreto nas amostras coletadas nos poços 1 e 2.

Datas	Cloreto (mg Cl/L)	
	Poço 1	Poço 2

30/07/2024	21,33 ± 1,19	27,57 ± 1,16
20/08/2024	41,94 ± 0,96	44,19 ± 0,40
03/09/2024	49,94 ± 2,53	47,75 ± 0,84
24/09/2024	43,60 ± 1,89	46,86 ± 1,06
08/10/2024	44,93 ± 0,26	43,67 ± 0,39

Fonte: Elaboração própria, 2024.

Oliveira (2018) observou resultados semelhantes para cloreto, com valores variando de 30 a 50 mg/L. Por sua vez, Bandeira *et al.* (2018) encontraram valores entre 275 a 1294 mg/L nos poços analisados, sendo esses valores impróprios para o consumo humano, segundo as legislações, e superiores aos encontrados nesta pesquisa.

#### 4.1.7 Sulfato

Nas análises de sulfato, as amostras do poço 1 apresentaram variação de 2,78 a 8,83 mg/L, enquanto no poço 2 os valores ficaram entre 4,60 e 9,68 mg/L (Tabela 9). Esses resultados estão em conformidade com as normas vigentes, que estabelecem um limite de 250 mg/L para sulfato.

Vasconcelos e Oliveira (2018) destacam que em águas naturais o sulfato pode ocorrer em altas concentrações, porém, isso não foi verificado neste estudo.

**Tabela 9** - Resultados obtidos para sulfato nas amostras coletadas nos poços 1 e 2.

Datas	Sulfato (mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /L)	
	Poço 1	Poço 2
30/07/2024	8,83 ± 1,26	9,68 ± 3,85
20/08/2024	6,95 *	7,16 *
03/09/2024	2,78 *	4,60 *
24/09/2024	4,68 ± 0,72	5,79 ± 0,60
08/10/2024	5,07 ± 0,20	4,79 ± 0,20

\*O desvio padrão não foi calculado, pois foi realizada apenas uma análise de sulfato para cada poço, devido à falta da solução necessária para realizar a análise.

Fonte: Elaboração própria, 2024.

Silva Junior *et al.* (2020), em um estudo sobre as condições de potabilidade de águas subterrâneas utilizadas para consumo humano no município de Campina Grande, Paraíba, afirmam que, entre as 13 amostras analisadas, apenas 76,92% estavam dentro do padrão normativo para sulfato.

#### 4.1.8 Condutividade elétrica

A Tabela 10 apresenta os valores das análises de condutividade elétrica das amostras dos poços 1 e 2. No poço 1, esses valores variaram de 196,70 a 231,47  $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ , enquanto no poço 2 oscilaram entre 186,63 e 225,17  $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ . As normativas não estabelecem um limite máximo para esse parâmetro, porém, a Portaria 888/2021, em seu artigo 42, parágrafo 2º, orienta que deve ser realizada a análise de condutividade elétrica em mananciais subterrâneos, uma vez que esse parâmetro é um indicador da qualidade da água. Além disso, a análise de condutividade elétrica é importante para monitorar possíveis contaminações e variações na composição química da água, auxiliando na avaliação para o consumo e uso em várias atividades.

**Tabela 10** - Resultados obtidos para condutividade elétrica nas amostras coletadas nos poços 1 e 2.

Datas	Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ )	
	Poço 1	Poço 2
30/07/2024	227,47 $\pm$ 1,51	225,17 $\pm$ 0,21
20/08/2024	231,47 $\pm$ 1,76	216,07 $\pm$ 0,23
03/09/2024	205,07 $\pm$ 1,31	193,33 $\pm$ 1,29
24/09/2024	196,70 $\pm$ 4,97	186,63 $\pm$ 1,50
08/10/2024	214,23 $\pm$ 1,01	191,03 $\pm$ 1,11

**Fonte:** Elaboração própria, 2024.

Oliveira (2018) obteve resultados de condutividade semelhantes aos apresentados na Tabela 10, variando entre 182 e 270,73  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Em análises de poços em Areia-PB, Oliveira *et al.* (2023) encontraram valores de 222,7  $\mu\text{S}/\text{cm}$  no poço I e no poço II de 202,7  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Os autores destacam que o valor mais alto foi registrado em janeiro, possivelmente devido à ausência de chuvas, o que provoca o aumento da concentração de sais na água durante períodos mais quentes e secos.

Barros Junior (2024), destaca que a condutividade da água é um parâmetro importante para avaliar a salinidade e detectar fontes de contaminação. Ele observa também que a condutividade está diretamente relacionada à temperatura, pois um aumento na temperatura resulta em um incremento na condutividade.

#### 4.1.9 Dióxido de carbono

Monteiro (2018) afirma que o gás carbônico é um dos ácidos fracos presentes nas águas naturais, podendo ter origem na atmosfera ou em processos biológicos naturais.

Ao analisar a Tabela 11, observa-se que as amostras do poço 1 apresentaram variações de 15,39 a 23,81 mg/L, enquanto no poço 2 a variação foi de 16,42 a 40,19 mg/L. Assim como ocorre com a temperatura, alcalinidade e condutividade, os documentos utilizados para comparação dos dados não determinam um limite máximo para esse parâmetro. Os aumentos nas concentrações de CO<sub>2</sub> durante as análises está relacionado à acidificação da água, pois a dissolução de CO<sub>2</sub> forma o ácido carbônico, resultando em um pH mais baixo. Além disso, entre julho e setembro de 2024, período coincidente com as coletas, houve registro de chuvas, que podem ter contribuído para o aumento de CO<sub>2</sub> desses poços.

**Tabela 11** - Resultados obtidos para dióxido de carbono nas amostras coletadas nos poços 1 e 2.

Datas	Dióxido de carbono (mg CO <sub>2</sub> /L)	
	Poço 1	Poço 2
30/07/2024	18,55 ± 0,47	38,41 ± 0,19
20/08/2024	23,81 ± 0,90	40,19 ± 2,30
03/09/2024	22,62 ± 0,70	26,28 ± 3,77
24/09/2024	16,19 ± 1,98	22,93 ± 0,73
08/10/2024	15,39 ± 3,60	16,42 ± 1,39

Fonte: Elaboração própria, 2024.

Valores semelhantes aos apresentados na Tabela 11 foram encontrados por Oliveira (2018) em suas análises, com a concentração de CO<sub>2</sub>(g) variando de 6 a 19 mg/L para a amostra I e de 8,8 a 30 mg/L para a amostra II. Monteiro (2018) também observou que, nas amostras do poço A, os resultados se mantiveram constantes durante as coletas, enquanto no poço B foram registrados picos elevados em algumas análises.

#### 4.1.10 Oxigênio Dissolvido

De acordo com Rocha (2021), o oxigênio dissolvido é a quantidade de oxigênio (O<sub>2</sub>) presente na água. Os valores médios encontrados para oxigênio dissolvido nos poços 1 e 2 estão expressos na Tabela 12. O poço 1 variou de 6,23 a 7,63 mg/L,

enquanto o poço 2 oscilou de 5,37 a 6,93 mg/L. Conforme a Resolução do Conama nº 357/2005, para as águas doces de classe 1, o valor de oxigênio dissolvido deve ser superior a 6 mg/L. Com base nessa norma, as três primeiras análises do poço 2 não estão de acordo com o exigido, enquanto os valores do poço 1 estão dentro limite previsto. No entanto na Portaria de Potabilidade não existem limites para este parâmetro, nem se exige a análise para águas subterrâneas, uma vez que essas águas podem apresentar teores de oxigênio baixos sem serem causados por contaminação, mas pelo fato de não haver troca gasosa com a atmosfera.

**Tabela 12** - Resultados obtidos para oxigênio dissolvido nas amostras coletadas nos poços 1 e 2

Datas	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	
	Poço 1	Poço 2
30/07/2024	6,57 ± 0,06	5,53 ± 0,21
20/08/2024	6,23 ± 0,06	5,37 ± 0,12
03/09/2024	6,77 ± 0,06	5,63 ± 0,12
24/09/2024	7,63 ± 0,06	6,93 ± 0,21
08/10/2024	7,20 ± 0,26	6,87 ± 0,59

**Fonte:** Elaboração própria, 2024.

Monteiro (2018) encontrou valores de oxigênio dissolvido variando de 6,43 a 8,17 mg/L no poço A, enquanto no poço B a variação foi de 4,77 a 6,63 mg/L. Já Oliveira (2018) observou valores de oxigênio dissolvido nos dois poços analisados variando entre 6,3 e 7,53 mg/L. O autor cita que não teve uma grande diferença entre os poços e, portanto, essas águas são adequadas para o uso.

#### 4.1.11 Salinidade

A salinidade é a quantidade de sal dissolvido no solo ou água (Barros Junior, 2024). Na Tabela 13, são apresentados os valores de salinidade para os poços 1 e 2. Ambos os poços mostraram valores bastante baixos, com o poço 1 variando de 0,13 a 0,16‰ e o poço 2 de 0,12 a 0,15‰.

**Tabela 13** - Resultados obtidos para salinidade nas amostras coletadas nos poços 1 e 2.

Datas	Salinidade (‰)	
	Poço 1	Poço 2
30/07/2024	0,15 *	0,15 *
20/08/2024	0,16 *	0,15 *
03/09/2024	0,14 *	0,13 *
24/09/2024	0,13 *	0,12 *
08/10/2024	0,14 *	0,13 *

\*Esse parâmetro não teve nenhum desvio padrão.

**Fonte:** Elaboração própria, 2024.

A Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde não especifica um valor para esse parâmetro, mas a Resolução do Conama nº 357/2005 define diferentes categorias para classificar as águas. A primeira categoria é água doce, que deve ter salinidade igual ou inferior a 0,5‰. A segunda, referente à água salobra, é caracterizada por valores superiores a 0,5‰ e inferiores a 30‰. Por último, temos a categoria de águas salinas é definida por concentrações iguais ou superiores a 30‰.

Com base nessas definições, pode-se concluir que as águas de ambos os poços analisados estão classificadas na categoria de água doce, pois apresentaram valores inferiores a 0,5‰, de acordo com a normativa.

Resultados semelhantes foram obtidos por Monteiro (2018), que classificou as amostras analisadas dos poços A e B como água doce, pois suas concentrações de salinidade estavam abaixo de 0,5‰.

#### 4.1.12 Amônia total

Os resultados expostos na Tabela 14 das análises de amônia mostraram uma variação de 0,07 a 0,22 mg/L para o poço 1 e de 0,06 a 0,11 mg/L para o poço 2. Esses valores foram baixos em comparação ao limite máximo permitido pela Portaria nº 888/2021, que estabelece um valor de 1,2 mg/L de amônia na água para consumo humano. Assim, pode-se concluir que ambos os poços possuem valores de amônia aceitáveis.

**Tabela 14** - Resultados obtidos para amônia total nas amostras coletadas nos poços 1 e 2.

Datas	Amônia total (mg N/L)	
	Poço 1	Poço 2
30/07/2024	0,10 ± 0,01	0,06 ± 0,02
20/08/2024	0,22 ± 0,08	0,08 ± 0,03
03/09/2024	0,07 ± 0,03	0,11 ± 0,02
24/09/2024	0,07 ± 0,03	0,09 ± 0,04
08/10/2024	0,08 ± 0,01	0,06 ± 0,01

**Fonte:** Elaboração própria, 2024.

Monteiro (2018) ressalta que os valores das amostras dos poços A e B foram, respectivamente, 0,11 mg/L e 0,18 mg/L, valores similares aos encontrados na Tabela

14. A autora destaca que ambos os poços estão dentro dos limites estabelecidos pela legislação para o nitrogênio amoniacal.

De acordo com Cabral (2020), a amônia pode ser liberada na água quando a matéria orgânica, como proteínas, se decompõe devido à ação de bactérias e outros microrganismos.

#### 4.1.13 Fósforo total

Segundo Pereira (2023), o fósforo é um nutriente importante para os processos biológicos, assim como o nitrogênio, mas, quando está em excesso, pode levar à eutrofização das águas.

Na Tabela 15, estão expressos os valores de fósforo total para as análises dos poços 1 e 2. O poço 1 apresentou uma variação entre 0,16 e 0,35 mg/L, enquanto o poço 2 apresentou valores de 0,27 a 0,62 mg/L. A legislação brasileira não estabelece valores de referência para a presença de fosfato em águas subterrâneas. No entanto, a Resolução do CONAMA nº 357/2005 estabelece um limite de 0,020 mg/L para a Classe 1, que se refere a águas doces em ambientes lênticos. Assim, ambos os poços analisados estão acima do limite padrão exigido por essa resolução.

**Tabela 15** - Resultados obtidos para fósforo total nas amostras coletadas nos poços 1 e 2.

Datas	Fósforo total (mg P/L)	
	Poço 1	Poço 2
30/07/2024	0,35 ± 0,06	0,62 ± 0,10
20/08/2024	0,16 ± 0,03	0,29 ± 0,06
03/09/2024	0,19 ± 0,06	0,27 ± 0,08
24/09/2024	0,19 ± 0,10	0,35 ± 0,10
08/10/2024	0,19 ± 0,03	0,27 ± 0,07

Fonte: Elaboração própria, 2024.

Monteiro (2018) reportou níveis muito baixos de fósforo em suas amostras, variando de 0,09 a 0,24 mg/L no poço A e entre 0,01 a 0,31 mg/L no poço B, o que pode ser atribuído à ocorrência natural desse elemento no corpo hídrico.

#### 4.1.14 Sódio

A quantidade de sódio dissolvido na água é um dos principais fatores que influenciam sua qualidade e potabilidade (Araújo, 2022).

Ao analisar a Tabela 16, é possível observar uma variação nos níveis de sódio: para o poço 1, os valores foram de 31,61 a 53,67 mg/L, e para o poço 2, de 33,21 a 54,57 mg/L. Esses resultados são considerados baixos em comparação com a Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde e a Resolução do Conama nº 396/2008, que estabelecem que os níveis de sódio para o consumo humano devem ser de até 200 mg/L. Assim, ambos os poços analisados estão dentro do valor máximo permitido pelas normativas citadas.

**Tabela 16** - Resultados obtidos para sódio nas amostras coletadas nos poços 1 e 2.

Datas	Sódio (mg Na/L)	
	Poço 1	Poço 2
30/07/2024	45,88 *	39,60 *
20/08/2024	50,97 *	48,28 *
03/09/2024	53,67 *	54,57 *
24/09/2024	31,61 *	34,01 *
08/10/2024	35,61*	33,21 *

\*O desvio padrão não foi calculado, pois foi realizada apenas uma análise de sódio para cada poço.

Fonte: Elaboração própria, 2024.

Oliveira *et al.* (2023) observaram que os níveis de sódio em suas amostras analisadas foram baixos durante toda a pesquisa. Por outro lado, Oliveira (2018) encontrou valores de sódio de 44,3 e 40 mg/L, nos meses de novembro e janeiro, esses valores são semelhantes ao encontrados neste estudo.

#### 4.1.15 Potássio

A Tabela 17 mostra os resultados referentes à análise de potássio para os poços 1 e 2. No poço 1, os níveis de potássio variaram de 4,61 a 5,89 mg/L; já no poço 2, os valores foram de 5,60 a 6,59 mg/L, ambos considerados bem baixos. No entanto, as normativas não estabelecem um valor máximo permitido para esse parâmetro.

**Tabela 17** - Resultados obtidos para potássio nas amostras coletadas nos poços 1 e 2.

Datas	Potássio (mg K/L)	
	Poço 1	Poço 2
30/07/2024	5,50 *	6,39 *
20/08/2024	5,89 *	5,70 *
03/09/2024	5,50 *	6,59 *
24/09/2024	5,00 *	5,60 *

08/10/2024	4,61 *	5,80 *
------------	--------	--------

\*O desvio padrão não foi calculado, pois foi realizada apenas uma análise de potássio para cada poço.

Fonte: Elaboração própria, 2024.

O potássio, quando presente em águas subterrâneas, ocorre em concentrações muito baixas, geralmente abaixo de 10 mg/L como pode ser observado neste estudo, ou pode nem ser detectado, pois participa ativamente do processo de troca iônica. Além disso, ele tende a ser facilmente absorvido por minerais de argila no solo (Monteiro, 2018).

Oliveira (2018) obteve resultados que variaram entre 3 e 5 mg/L de potássio, valores semelhantes aos encontrados em meu estudo. Em contrapartida, Monteiro (2018), registrou concentrações de potássio de 2,7 mg/L no poço A e uma média de 1,07 mg/L no poço B, resultados consideravelmente baixos em comparação com os dados obtidos na Tabela 17.

#### 4.2 ANÁLISES MICROBIOLÓGICA

As análises microbiológicas são fundamentais, pois permitem detectar a presença de coliformes totais e *Escherichia coli* na água, indicativos de contaminação originada por esgoto doméstico ou de origem cruzada. Essas análises são importantes para garantir a potabilidade da água e a proteção da saúde pública (Freire, 2015).

Nesta pesquisa, foi realizada apenas a análise qualitativa para coliformes totais e *Escherichia coli*, utilizando o substrato cromogênico e fluorogênico Colitest®. De acordo com a Tabela 18, os resultados mostraram que ambos os poços analisados estão livres dessas bactérias, indicando boa qualidade da água. Portanto, com base nos documentos de referência, essas águas são consideradas seguras para o consumo humano.

**Tabela 18** - Resultados microbiológico obtidos nas amostras coletadas nos poços 1 e 2.

<b>Datas</b>	<b>Coliformes totais</b>	<b><i>Escherichia coli</i></b>
30/07/2024	Ausente	Ausente
20/08/2024	Ausente	Ausente
03/09/2024	Ausente	Ausente
24/09/2024	Ausente	Ausente
08/10/2024	Ausente	Ausente

Fonte: Elaboração própria, 2024.

Silva, Brito e Silva Filho (2020), ao analisarem a água de um poço artesiano no sítio Macacos, na zona rural de Areia-PB, constataram a presença de coliformes totais e a ausência de *Escherichia coli*. Os autores ressaltam que, devido a esses resultados, a água é considerada imprópria para consumo, recomendando-se um tratamento adequado antes de seu uso. Em estudo posterior, Silva, Brito e Silva Filho (2021) encontraram resultados semelhantes em poços artesanais da cidade de Remígio-PB, com presença de coliformes totais e ausência de *Escherichia coli*, indicando que a qualidade da água estava fora dos limites estabelecidos pela legislação.

## 5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, pode-se afirmar que os parâmetros físico-químicos de dureza total, turbidez, cloreto, sulfato, amônia, sódio estão dentro dos limites estabelecidos pela Portaria do Ministério da Saúde e pela Resolução do Conama nº 396/2008. As análises microbiológicas dos dois poços não detectaram coliformes totais nem *Escherichia coli*, o que indica que as águas são adequadas para consumo humano, embora o monitoramento contínuo seja essencial para garantir a segurança da população.

As amostras analisadas foram classificadas como água doce em relação à salinidade. Para os parâmetros de temperatura, alcalinidade, condutividade elétrica, dióxido de carbono, oxigênio dissolvido e potássio, não há valores de referência estipulados pela legislação.

Embora a Portaria de Potabilidade 888/2021 não estabeleça limites para pH e fósforo total em água subterrânea, ela recomenda a análise desses parâmetros devido à sua importância. Comparando os resultados com os limites estabelecidos na Resolução 357/2005 do Conama, os valores de pH ficaram abaixo do recomendado; porém, isso não representam risco à saúde e é característico dos poços da região. Os níveis de fósforo em ambos os poços superaram o limite padrão, o que pode indicar possível contaminação, sendo necessário um monitoramento de longo prazo e a investigação das fontes de contaminação no entorno dos poços.

Conclui-se que as águas dos dois poços são adequadas para consumo e comercialização. Contudo, é essencial que aqueles que pretendem construir poços solicitem a outorga para uso dos recursos hídricos, garantindo o controle e a gestão adequada dessas fontes. A implementação de práticas de manejo sustentável é igualmente importante para preservar a qualidade da água. Dessa forma, reforça-se a necessidade de uma gestão integrada dos recursos hídricos, que envolva monitoramento regular da qualidade, conscientização sobre o uso responsável e políticas públicas eficazes para a preservação das águas subterrâneas.

## 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: 10 out. 2023.

AESA - AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA. **Decreto Nº 19.260, de 31 de outubro de 1997 - Regulamenta a Outorga do Direito de uso dos recursos hídricos**. 1997. Disponível em:

<[http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2016/11/DECRETO\\_14.pdf](http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2016/11/DECRETO_14.pdf)>. Acesso em: 29 ago. 2024.

AESA- AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA. **LEI N.º 6.308, de 02 de julho de 1996 - Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos, suas diretrizes e dá outras providências**. 1996. Disponível em:

<[http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2016/11/lei\\_E\\_11.pdf](http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2016/11/lei_E_11.pdf)>. Acesso em: 29 ago. 2024.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA. **Água no mundo**. Disponível em:

<<https://www.gov.br/ana/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/cooperacao-internacional/agua-no-mundo>>. Acesso em: 10 out. 2024.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA. **Conjuntura de recursos hídricos no Brasil**. Brasília, Ana, 2023.

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, Curitiba, 2020.

ARAÚJO, C. R. S. O uso da água subterrânea no semiárido cearense: reflexões necessárias. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM CIÊNCIAS, 7., 2022. **Anais [...]**. Campina Grande: Realize Editora, 2022.

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.

AQUINO, L. F.; FELIX, L. C.; BILA, D. M.; MANNARINO, C. F.; RITTER, E. Impactos ambientais residuais: ecotoxicologia em uma área de lixão encerrado na região Sudeste. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21, 2024. **Anais [...]**. Recife, ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2024. Disponível em:<[https://abes-dn.org.br/anais eletronicos/21silubesa\\_download/422\\_tema\\_iii.pdf](https://abes-dn.org.br/anais eletronicos/21silubesa_download/422_tema_iii.pdf)>. Acesso em: 13 out. 2024.

ASTM – AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 1426**. Standard Test Methods for Ammonia Nitrogen in Water. 2008.

BANDEIRA, P. L.; MENEZES, W. S.; SILVA FILHO, E. D.; SILVA, A.; B.; CORDEIRO NETO, R. S.; GONZAGA, F. S. Caracterização físico-química da água de poços tubulares utilizada para consumo na zona rural da cidade de Lagoa Seca-PB. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 15, n.1, p. 98-110, 2018.

BARROS JUNIOR, L. P. **Avaliação da qualidade das águas do poço e da caixa d'água utilizadas em irrigação na área experimental do CDSA/UFMG, Sumé-PB**. 2024. Monografia (Bacharelado em Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos) - Universidade Federal de Campina Grande, Sumé, 2024.

BÁRTA, R. L.; SILVA, J. A. G; DARONCO, C. R.; STUMM, E. M. F; COLET, C. F. Qualidade da água para consumo humano no Brasil: revisão integrativa da literatura. **Revista Visa em debate**, Rio Grande do Sul, v. 9, n. 4, p. 74-85, 2021.

BRAGA, A. C. R.; GALVÃO, C. O.; REGO, J. C.; RIBEIRO, M. R. Avaliação de critérios para outorga de águas subterrâneas. **Associação Brasileira de Recursos Hídricos**, 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Qualidade da água para o consumo humano: cartilha para promoção e proteção da saúde**. Brasília, 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Orientações técnicas para coleta, acondicionamento e transporte de amostras de água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 2013.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021**. Brasília, 2021.

BRITO, K. P. **Qualidade da água de poços artesanais das Comunidades rurais Aroeiras e Pau Ferro em São José de Piranhas – PB**. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) – Universidade Federal de Campina Grande, Cajazeiras, 2019.

BRK Ambiental. **Confira os maiores desafios do acesso à água no Nordeste**. 2021. Disponível em: <<https://blog.brkambiental.com.br/agua-no-nordeste/>>. Acesso em: 19 set. 2023.

BRK Ambiental. **O que são as águas subterrâneas e quais os cuidados com esse recurso?**. 2023. Disponível em: <<https://blog.brkambiental.com.br/aguas-subterraneas/>>. Acesso em: 24 set. 2023.

BORTOLI, Jaqueline. **Qualidade físico-química e microbiológica da água utilizada para consumo humano e dessedentação animal em propriedades rurais produtoras de leite na região do Vale do Taquari/RS**. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Desenvolvimento) - Centro Universitário Univates, Lajeado, 2016.

BOSQUETTI, J. C. **Desenvolvimento de membranas poliméricas para sistemas de remediação de íons metálicos pesados em soluções aquosas**. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2019.

CABRAL, G. A. J. **Comportamento dos compostos nitrogenados, amônia, nitrito e nitratos, em águas subterrâneas**. Monografia (Bacharelado em Química com Habilitação Industrial) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

COELHO, C. L. **Análise microbiológica da água: técnica de PCR**. 2020. Monografia (Mestrado Integrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade de Lisboa - Faculdade de Farmácia, Lisboa, 2020.

CONAMA. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 396, de 3 de abril de 2008**. Disponível em: <<https://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr4/dados-da-atuacao/projetos/qualidade-da-agua/legislacao/resolucoes/resolucao-conama-no-396-de-3-de-abril-de-2008/view>>. Acesso em: 24 set. 2023.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Brasília: 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\\_rtfda\\_altrd\\_res\\_393\\_2007\\_397\\_2008\\_410\\_2009\\_430\\_2011.pdf](https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfda_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf)>. Acesso em: 16 out. 2023.

COSTA, J. P. S. **Análise sazonal da qualidade da água de poços artesianos no município de Passira/PE**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2023.

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

FUNASA. **Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que Trabalham em ETAS**. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2014.

FUNASA. **Manual Prático de Análise de Água**. 4. ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2013.

FUNDAJ. **Águas subterrâneas: o que é e qual a importância?**. 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/fundaj/pt-br/destaques/observa-fundaj-itens/observa-fundaj/revitalizacao-de-bacias/aguas-subterraneas-o-que-e-e-qual-a-importancia>>. Acesso em: 24 set. 2023.

FREIRE, V. A.; SILVA, A. M.; FERREIRA, K. R. M.; SILVA, D. S. Padrões de qualidade da água para consumo humano. In: WORKSHOP INTERNACIONAL SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, 2., 2015. **Anais [...]**. Campina Grande: Realize Editora, 2015.

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.

GRUMICKER, M. G. Qualidade da água de poços artesianos em um assentamento do Município de Mundo Novo, Mato Grosso do Sul. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 7, n. 1, p. 807-821, 2018.

HIRATA, R.; SUHOGUSOFF, A.; MARCELLINI, S. S.; VILLAR, P. C.; MARCELLINI, L. **As águas subterrâneas e sua importância ambiental e socioeconômica para o Brasil**. São Paulo: Universidade de São Paulo - Instituto de Geociências, 2019.

HIRATA, R.; FERNANDES, A. J.; BERTOLO, R. As águas subterrâneas: longe dos olhos, longe do coração e das ações para sua proteção. **Acta Paulista de Enfermagem**, São Paulo, v. 29, n. 6, p. 3-4, nov. 2016.

HURTADO, T. C. C.; LEITE, G. M.; CARVALHO, D. A.; SILVA, S. A. A. Outorga como instrumento de gestão de uso dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Baixo Teles Pires. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 13, n.13, 2024.

LIMA, S. L.; ANDRADE, A. S.; SOUSA, W.G.; SIQUEIRA, M. S.; RIBEIRO, G. N. Geotecnologias aplicadas à análise de parâmetros físico-químicos em águas de poços públicos na zona urbana de Triunfo/PB. **Brazilian Journal of Development**, São José dos Pinhais, v. 6, n.1, p. 85149-85169, Curitiba, 2020.

MARTINHO, L. V. **Caracterização do risco potencial de ocorrência de doenças de transmissão hídrica em instituições de educação infantil e ensino fundamental em um município de Minas Gerais**. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Aplicada) – Universidade Federal de Minas Gerais, 2024.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Águas pluviais urbana**. 2022. Disponível em: <[http://appsniis.mdr.gov.br/indicadores-hmg/web/agua\\_esgoto/mapa-agua?codigo=29](http://appsniis.mdr.gov.br/indicadores-hmg/web/agua_esgoto/mapa-agua?codigo=29)>. Acesso em: 11 out. 2024.

MONTEIRO, G. F. **Análises físico-químicas das águas de poços tipo cacimba na cidade de Areia – PB**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2018.

NASCIMENTO, M. R. R. **Avaliação da qualidade das águas do açude Caraibeiras na cidade de Picuí/PB**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2024.

NEVES, Q. K. D. **Influência da piscicultura na qualidade da água da barragem Saulo Maia**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2022.

NOGUEIRA, F. F.; COSTA, I. A.; PEREIRA, U. A. **Análise de parâmetros físico-químicos da água e do uso e ocupação do solo na sub-bacia do Córrego da Água Branca no município de Nerópolis – Goiás**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

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 AlmenaraMG**, Almenara, v. 2, n. 2, 2020.

OLIVEIRA, V. S. **Qualidade de água de poços tubulares utilizada no cultivo de hortaliças**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2018.

OLIVEIRA, V. S.; MONTEIRO, G. F.; PORCINO, M. M.; COSTA, T. S.; SANTOS, M. B. H. Qualidade da água subterrânea utilizada para irrigação em comunidade rural do município de Areia, Paraíba. **Revista Principia**, João Pessoa, v. 60, n.3, p. 750 - 762, 2023.

OWEN EDUARDO, S. **Avaliação da qualidade físico-química e microbiológica da água subterrânea usada para o consumo humano no município de Chókwè- Província de Gaza**. Monografia (Licenciatura em Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural) - Instituto Superior Politécnico de Gaza, Lionde, 2024.

PAIM, R. A. **Alcalinidade, cloretos, dureza e pH de amostras de água de poços nos municípios de Alegrete, São Gabriel e Santa Maria-RS**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Pampa, São Gabriel, 2013.

PARRON, L. M.; MUNIZ, D. H. F.; PEREIRA, C. M. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água**. Colombo: Embrapa Florestas, 2011.

PEREIRA, F. W. L.; PAIVA, S. A. R.; GAIOLLA, P. S. A. **Água**. 2 ed. São Paulo: ILST Brasil, 2017.

PEREIRA, D. Q. M. **Análise da qualidade da água do poço que abastece o residencial Casa Forte no bairro do Antares em Maceió – AL**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Alagoas, Maceió, 2023.

QUEIROZ, V. H. R. **Controle de qualidade em águas dessalinizadas**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química). Universidade Federal do Ceará – Fortaleza, 2019.

REIS, J. A. T.; MENDONÇA, A. S. F. Análise técnica dos novos padrões brasileiros para amônia em efluentes e corpos d'água. **Revista Engenharia Sanitária Ambiental**, Vitória, v.14, n.3, p. 353-362, 2009.

REZENDE, C. R.; CAMPOS, J. C. V.; MELO, V. S. R.; MACHADO, C. S.; SENHUK, A. P. M. S.; FERREIRA, D. C. Qualidade da água subterrânea na área urbana de Uberaba-MG: avaliação de risco à saúde. **Scientia Plena**, São Cristóvão, v. 19, n. 2, 2023.

RIBEIRO, A. P. V.; MALTA, F. B. G. **Águas subterrâneas Viabilidade do uso de água subterrânea pela empresa de Abastecimento público da cidade de Caratinga**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Rede Doctum de Ensino, Caratinga, 2016.

ROCHA, P. S. G. **Análise da influência da turbidez em resultados de amostra de água subterrânea**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Conformidade Ambiental) - Escola Superior da CETESB, São Paulo, 2019.

ROCHA, W. L. **Qualidade da água de poços artesianos do município de Ereré – CE**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Pau dos Ferros, 2021.

RODRIGUES, M. V. F. **Avaliação da presença de dióxido de carbono em águas subterrâneas e sua influência no processo de corrosão**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

SANCHOTENE, E. **Bactéria Escherichia Coli: causas, sintomas e tratamento**. 2021. Disponível em: <<https://urologistasanchotene.com.br/bacteria-escherichia-coli-causas-sintomas-e-tratamento/>>. Acesso em: 16 out. 2023.

SANTOS, J. C. R. **Determinação dos parâmetros físico-químicos em amostras de água de poços do município de Cuité – PB**. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) – Universidade Federal de Campina Grande, Cuité, 2023.

SCHEFFLER, J.; BISOGNIN, R. P.; SILVA, D. M.; WEBER, F. H. Qualidade das águas subterrâneas de consumo humano em comunidades rurais no noroeste do Rio Grande do Sul. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Santa Catarina, v.11, n. 1, p. 72-92, 2022.

SILVA, A. B.; BRITO, J. M.; SILVA, R. A.; BRAZ, A. S.; FILHO, E. D. S. Parâmetros físico-químicos da água utilizada para consumo em poços artesianos na cidade de Remigio-PB. **Águas Subterrâneas**, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 109-118, 2017.

SILVA, A. B.; SILVA FILHO, E. D.; CÂMARA, J. C. S.; SANTOS, M. L. O.; SANTOS, D. R.; FREITAS, M. L. A.; SANTOS, J. S. I.; SILVEIRA, P. L. N. Química ambiental: monitoramento físico-químico da água de um poço artesiano na cidade de Remigio - PB. **Águas Subterrâneas**, São Paulo, Seção Estudos de Caso e Notas Técnicas, p. 1-10, 2019.

SILVA, J. E.; MARTINS, M. F. Os impactos da perfuração de poços artesianos no Cariri Oriental Paraibano: um estudo de caso no assentamento Serra do Monte Cabaceiras –PB. **Revista Caderno Pedagógico**, Curitiba, v. 21, n.2, p.01-31, 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**, São Paulo, Seção Estudos de Caso e Notas Técnicas, 2020.

SILVA, A. B.; BRITO, J. M.; SILVA FILHO, E. D. Monitoramento bacteriológico da água de um poço artesiano localizado na zona urbana da cidade de Remígio - PB. **Águas Subterrâneas**, São Paulo, Seção Estudos de Caso e Notas Técnicas, 2021.

SILVA JUNIOR, J. L.; SANTOS, D. K. R.; FIGUEIREDO, J. S. B.; SILVA, J. M. S.; NETA, O. P. L.; FURTADO, N. S.; ANDRADE, R. L. R.; Condições de potabilidade de águas subterrâneas utilizadas para consumo humano no município de Campina Grande, Paraíba. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.6, n. 8, p. 58870-58883, 2020.

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**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2013.

SILVEIRA, E. L. Outorga dos recursos hídricos subterrâneos como objeto de gerenciamento e planejamento. **Associação Brasileira de águas subterrâneas**, 1998.

SIQUEIRA, F. L. C. **Avaliação da ferramenta QualiGraf para a obtenção de balanço iônico em águas para consumo humano**. Monografia (Bacharelado em Química) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.

SOLDERA, B. **Água na região nordeste**. Instituto água sustentável, 2022. Disponível em: <<https://www.aguasustentavel.org.br/conteudo/blog/160-agua-na-regiao-nordeste>>. Acesso em: 19 set. 2023.

SOUSA, B. R. B. **Avaliação físico-química da água mineral comercializada em chafarizes no município de Catolé do Rocha – Paraíba**. Monografia (Bacharelado em Ciências e Tecnologias) – Universidade Federal Rural do Semi-árido, Carnaúba, 2023.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **A água**. São Carlos: Scienza, 2020.

VASCONCELOS, M. A.; OLIVEIRA, I. B. Especificação Química do Sulfato em Águas Subterrâneas do Domínio Hidrogeológico Sedimentar do Estado da Bahia-Brasil, utilizando o Método Tableau. **Águas Subterrâneas**, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 256-266, 2018.

VASCONCELOS, M. A.; OLIVEIRA, I. B. Caracterização preliminar da qualidade da água subterrânea no estado da Bahia quanto aos teores de sulfato. **Águas Subterrâneas**, p. 1-12, 2017.

VASCONCELOS, M. B. **Poços para a captação de águas subterrâneas: revisão de conceitos e proposta de nomenclatura**. *Águas Subterrâneas*, 2015. Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/28288>>. Acesso em: 11 out. 2024.

VIANA, V. S. **Classificação da salinidade da água de poços com base na concentração de cloretos.** Monografia (Bacharel em Química com habilitação em Química Industrial) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

VILHENA, J. L. **Dureza da água: o que é e como ela influencia na qualidade.** 2017. Disponível em: <<https://grupohidrica.com.br/dureza-da-agua/>>. Acesso em: 13 out. 2023.