



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS TERESINA CENTRAL
CURSO TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL

CAMILLY VICTÓRIA PAZ LIMA

ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA USADA PARA CONSUMO
NA CIDADE DE CAMPO MAIOR, PIAUÍ

TERESINA

2025

CAMILLY VICTÓRIA PAZ LIMA

**ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA USADA PARA CONSUMO
NA CIDADE DE CAMPO MAIOR, PIAUÍ**

Trabalho de Conclusão de Curso (artigo científico) apresentado como exigência parcial para obtenção do diploma do Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Teresina Central.

Orientador: Prof. Me. Wesley Maycon Neris Batista

TERESINA

2025

ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA USADA PARA CONSUMO NA CIDADE DE CAMPO MAIOR, PIAUÍ

Camilly Victória Paz Lima¹
Wesley Maycon Neris Batista²

RESUMO

Este estudo investiga a qualidade da água tratada fornecida pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto da cidade de Campo Maior, Piauí, que é obtida por meio de poços tubulares. Relatos da população indicam que a qualidade da água está comprometida por problemas como odor forte, excesso de cloro e turbidez, tornando-a imprópria para o consumo e uso doméstico. A cidade enfrenta deficiências significativas no saneamento básico, incluindo a ausência de um plano municipal de saneamento, violando o direito constitucional ao saneamento básico (Lei nº 14.026/2020). A análise da água, com base na Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde, revela a necessidade urgente de melhorias, pois a qualidade da água não atende aos padrões de potabilidade, representando um risco à saúde pública. O estudo destaca a importância crucial de um sistema de abastecimento de água e saneamento básico eficiente para garantir a saúde da população de Campo Maior. Referida estratégia constitui pilar fundamental para a manutenção do equilíbrio ambiental e a prevenção de agravos à saúde, assegurando a integridade físico-química e biológica do recurso distribuído à população.

Palavras-chave: Saneamento básico; Potabilidade de água; Água contaminada; Água subterrânea e Saúde.

ABSTRACT

This study investigates the quality of treated water provided by the Autonomous Water and Sewage Service in Campo Maior, Piauí, sourced from tubular wells. Population reports indicate that water quality is compromised by issues such as strong odor, excessive chlorine, and turbidity, rendering it unfit for consumption and domestic use. The municipality faces significant deficiencies in basic sanitation, including the absence of a municipal sanitation plan, which violates the constitutional right to basic sanitation established by Law No. 14,026/2020. Based on the Ministry of Health Ordinance No. 888/2021, water analysis reveals an urgent need for structural improvements, as the quality fails to meet potability standards, posing a significant public health risk. The study highlights the crucial importance of an efficient water supply and sanitation system as a fundamental pillar for maintaining environmental balance and preventing health hazards, ensuring the physicochemical and biological integrity of the resources distributed to the population.

Keywords: Basic sanitation; Drinking water quality; Issues with contaminated water; Groundwater and health.

Data de aprovação: 05/02/2025.

¹ Graduanda em Gestão Ambiental. Instituto Federal do Piauí. camillyvictoria0001112@gmail.com

² Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Instituto Federal do Piauí. wmaycon@ifpi.edu.br

1 INTRODUÇÃO

O debate sobre fatores de distribuição e qualidade da água tem adquirido relevância crescente nas últimas décadas, em função de sua relação direta com os fatores sociais, ambientais, econômicos e tecnológicos. A complexidade do tema exige a articulação de diferentes perspectivas teóricas e metodológicas, de modo a compreender tanto os fatores estruturais quanto os impactos práticos associados ao contexto colocado. Diferentes perspectivas teóricas e metodológicas, de modo a compreender tanto os fatores estruturais quanto os impactos práticos associados ao contexto colocado. O sistema aquífero subterrâneo representa um reservatório estratégico de água doce, vital para a manutenção da biodiversidade e dos ecossistemas terrestres. A interação entre a água subterrânea e os corpos d'água superficiais, mediada pela percolação e descarga, garante a perenidade dos rios e a estabilidade hidrológica, especialmente em condições de déficit hídrico. A compreensão da dinâmica deste recurso hídrico, muitas vezes negligenciado devido à sua localização subterrânea, é crucial para a gestão sustentável dos recursos hídricos e a conservação ambiental. (Hirata, 2019).

Os principais rios que atravessam a região são o Rio Longá, o Rio Jenipapo, o Rio Maratoã e o Rio Surubim. Tais cursos d'água apresentam caráter intermitente, característica típica dos rios localizados em áreas de formações sedimentares. A hidrografia do município está relacionada a unidades geológicas compostas por rochas sedimentares e basaltos pertencentes à Formação Sardinha (VERÍSSIMO et al., 2003).

A água exerce um papel essencial na manutenção da vida, sendo responsável pela sobrevivência dos seres vivos do planeta. Amplamente distribuída na crosta terrestre, cobre aproximadamente 70% da superfície. Sua importância é inquestionável, pois constitui elemento vital para os processos metabólicos, tanto de forma direta quanto indireta. Dessa forma, é imprescindível que esteja disponível em quantidade e qualidade adequadas para garantir o uso presente e futuro (SOUZA et al., 2014).

O abastecimento de água potável na zona urbana de Campo Maior é realizado exclusivamente por meio da extração de água subterrânea do aquífero Poti-Piauí, utilizando poços tubulares. A gestão e operação do sistema de abastecimento de água

e esgoto SAAE (Sistema de abastecimento de água e esgoto), incluindo a administração de 50 poços profundos na região urbana. (AGUIAR; GOMES, 2004).

Para assegurar água de qualidade destinada ao consumo humano, é fundamental que o município disponha de um plano de saneamento básico, integrando ações voltadas à preservação das condições ambientais, à prevenção de doenças e à promoção da saúde pública, além de contribuir para a melhoria da qualidade de vida da população. (Brasil, 2021).

No contexto nacional, o saneamento básico é reconhecido como direito constitucional, garantido pela Lei nº 14.026/2020, que traz importantes pontos a respeito do saneamento como a universalização dos serviços, participação da iniciativa privada e a regionalização dos serviços para o saneamento. Entretanto, a cidade de Campo Maior (PI) ainda enfrenta deficiências significativas nesse setor, destacando-se a inexistência de um plano municipal de saneamento básico.

A água disponibilizada pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) em Campo Maior para consumo humano é realizado por meio de poços tubulares. Os moradores do município reportam que a água fornecida em suas residências apresenta um odor e sabor intensos de cloro. A cidade de Campo Maior tem condições precárias de saneamento básico além de também não possuir o importante Deliberador, o plano municipal de saneamento básico. (SNIS, 2020).

A Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde estabelece parâmetros para avaliação da potabilidade da água, determinando a ausência de coliformes totais e, preferencialmente, de *Escherichia coli*, além da limitação na contagem de bactérias heterotróficas. O regulamento orienta que a contagem bacteriana padrão não ultrapasse 500 unidades formadoras de colônias por mililitro de amostra (500 UFC/mL). Dessa forma, a água potável deve estar livre de microrganismos patogênicos e não apresentar indicadores de contaminação fecal.

A água que não atende a esses padrões de qualidade pode provocar diversos problemas de saúde, incluindo doenças gastrointestinais, infecções bacterianas e viroses. Além disso, pode afetar negativamente o funcionamento de órgãos, causar alterações em pele e cabelo e comprometer o sistema imunológico. Ressalta-se ainda que a água de baixa qualidade pode conter substâncias químicas nocivas, como metais pesados e compostos tóxicos, os quais apresentam potenciais efeitos adversos à saúde humana em longo prazo (BIGUELINI, 2000).

O presente estudo teve como objetivo geral analisar a qualidade da água subterrânea proveniente dos poços tubulares destinados ao consumo humano no município de Campo Maior, Piauí. Entre os objetivos específicos, destacam-se: mapear os poços tubulares com maior abrangência na distribuição de água potável para os bairros mais populosos da cidade e caracterizar os fatores físicos, químicos e biológicos que influenciam a qualidade da água destinada ao consumo.

Considerando a relevância do monitoramento da água, especialmente no que se refere ao abastecimento público, a análise de sua qualidade mostra-se fundamental no cenário atual. A identificação de possíveis contaminantes possibilita a proposição de melhorias tanto para a população quanto para a concessionária responsável pela distribuição de água. Nesse sentido, a avaliação contínua da qualidade da água é essencial para o cumprimento das normas e regulamentações vigentes, além de garantir a transparência e a disponibilização de informações confiáveis à população sobre a potabilidade da água consumida.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A água subterrânea, amplamente utilizada para consumo humano em todo o mundo, pode transmitir doenças causadas por microrganismos patogênicos presentes em fezes humanas e animais, bem como por substâncias químicas em concentrações que excedem os padrões permitidos pela Portaria GM/MS N° 888/21. Portanto, é essencial verificar e monitorar a qualidade da água distribuída na cidade para garantir a sua potabilidade e preservar a saúde da população. (BRASIL,2021).

As águas subterrâneas, essenciais para rios brasileiros, são amplamente usadas devido à sua abundância e qualidade. Elas abastecem setores público, privado, industrial, agrícola e recreativo. A legislação nacional garante acesso à água de qualidade, seguindo os padrões da Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde, que regula parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos para consumo humano. (BRASIL, 2021).

Avaliação da capacidade do poço e sua adequação para o abastecimento de água e a verificação da qualidade da água extraída para fazer o tratamento de acordo com cada parâmetro da água dos poços, simula-se em bancada processos de tratamento físico-químicos, com a adição de reagentes químicos identificando processo que apresentou melhor qualidade da água final tratada. (CARVALHO, 2018).

Os serviços públicos de abastecimento devem fornecer água sempre saudável e de boa qualidade. Portanto, o seu tratamento deverá ser adequado a sua necessidade, deverá compreender os processos imprescindíveis à obtenção da qualidade da água que se deseja. A água destinada ao consumo humano deve preencher condições mínimas para que possa ser ingerida ou utilizada para fins higiênicos. No Brasil, a desinfecção da água para consumo é usualmente realizada com a adição de cloro, nas formas de gás cloro e hipoclorito de sódio. A desinfecção pode ser o principal ou único objetivo da cloração quando a água a ser tratada não recebeu qualquer forma de poluição. (REZENDE, 2023).

No entanto, no caso de águas de qualidade inferior, como o são as poluídas, a cloração pode ser empregada com um objetivo adicional, aproveitando a ação oxidante do cloro. Na água, o cloro age de duas formas principais; como desinfetante, destruindo ou inativando os micro-organismos patogênicos e bactérias de vida livre; e como oxidante de compostos orgânicos e inorgânicos presentes. O dióxido de cloro apresenta vantagens quando comparado aos demais compostos clorados. Ele possui maior estabilidade em soluções aquosas, hidrolisa compostos fenólicos diminuindo a possibilidade de sabores e odores e reage em menor intensidade com a matéria orgânica. (NASCIMENTO JÚNIOR, 2024).

A ausência de saneamento básico em um município acarreta graves consequências socioambientais e econômicas. A falta de infraestrutura adequada para o tratamento de água e esgoto aumenta o risco de contaminação e proliferação de doenças, impactando diretamente a saúde pública e gerando aumento de custos com saúde e internações. A economia local também sofre, com a redução da produtividade e possível perda de trabalhadores.

A contaminação do solo e dos recursos hídricos, incluindo aquíferos, compromete a qualidade ambiental e afeta a sustentabilidade regional. A deficiência em saneamento básico impacta negativamente o desenvolvimento infantil e da população como um todo, comprometendo o progresso econômico. O acesso à água potável, tratamento de esgoto e coleta seletiva de resíduos sólidos são direitos fundamentais, essenciais para a saúde pública e o desenvolvimento sustentável do município. (ALENCAR et al., 2019).

O acesso à água potável, à coleta e ao tratamento de esgotos é um direito que deve ser assegurado a todos, pois é exatamente esse conjunto de critérios que visa preservar ou modificar, se necessário, as condições

ambientais de determinado lugar. O saneamento tem o intuito de prevenir doenças e promover à saúde, melhorando a qualidade de vida da população. Dessa forma, o indivíduo também terá condições de se desenvolver produtivamente e reduzir inclusive, os gastos públicos com o tratamento da doença. (ALENCAR, 2019, p. 03).

A gestão inadequada dos recursos hídricos configura-se como um problema global com consequências severas. A água, essencial à vida, encontra-se ameaçada pelo aumento da poluição dos corpos hídricos e pela exploração excessiva para diversos empreendimentos. O aumento da demanda e o consumo insustentável de água podem levar à escassez hídrica. A poluição dos rios acarreta degradação da qualidade da água, gerando problemas ambientais e econômicos. A escassez hídrica afeta não apenas as indústrias de alimentos e outros empreendimentos, mas também a biodiversidade e a vida em geral. A gestão sustentável dos recursos hídricos é crucial para garantir a segurança hídrica e a preservação dos ecossistemas. (BARBINO et al., 2024).

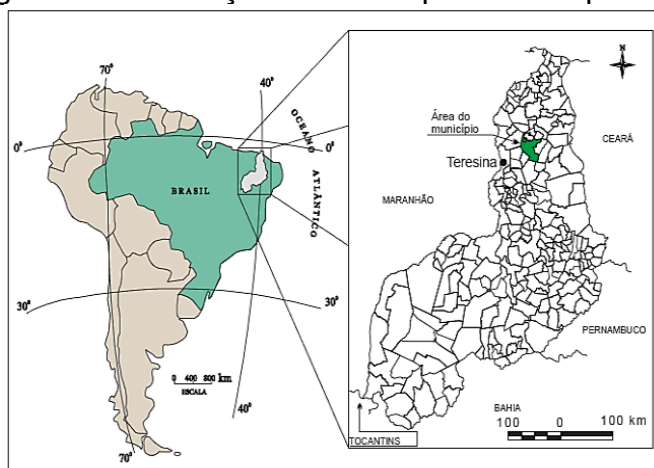
A escassez hídrica pode ser um fator gerador de conflitos sociais, com disputas pelo acesso à água entre diferentes grupos e países. É importante considerar que a água, antes era considerada um recurso infinito, agora é reconhecida como um recurso finito. O crescimento populacional acentua a necessidade de gestão sustentável e valorização desse recurso natural essencial. ((BARBINO et al., 2024)

3 MÉTODO E PROCEDIMENTO

3.1 Área de estudo

A área de estudo está situada na cidade de Campo Maior, localizada no estado do Piauí, no nordeste do Brasil, aproximadamente 86 quilômetros ao norte da capital do estado Teresina. É parte da Microrregião do Médio Parnaíba e está estrategicamente localizada próxima às principais vias de acesso da região. De acordo com o Censo de 2022 a população campo-maiorense é de 45.793 pessoas. (IBGE, 2022) (Figura 1).

Figura 1- Localização do município de Campo Maior



Fonte :Veríssimo (2003).

A captação de água para abastecimento público é realizada pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) (Figura 2) através de uma rede de poços tubulares localizados em pontos estratégicos da cidade. O tratamento da água consiste na adição de cloro como agente desinfetante. Posteriormente, a água tratada é distribuída para o consumo da população.

O Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) desempenha as funções de captação de recursos hídricos, tratamento da água bruta para garantir sua potabilidade, distribuição para a população e monitoramento contínuo da qualidade da água fornecida.

Figura 2 – SAAE Campo Maior-PI.



Fonte: Portal 180 graus (2020).

Cada ponto de coleta é equipado com dois poços, cada um é responsável pelo fornecimento de água para dois bairros distintos. A tabela abaixo detalha a correlação

entre cada poço e as áreas urbanas que ele abastece, especificando a infraestrutura de distribuição hídrica associada (Quadro 1).

Quadro 1 - Pontos de coletas.

POÇOS	LOCALIZAÇÃO	ABASTECIMENTO	ABASTECIMENTO 2
POÇO 1	Bairro Centro	Bairro Centro	Bairro Cariri
POÇO 2	Bairro Santa Rita	Bairro Flores	Bairro Santa Rita
POÇO 3	Bairro Fripisa adjacente ao posto de saúde do bairro	Bairro Fripisa	Bairro Santa Cruz
POÇO 4	Bairro Fripisa	Bairro Parque Estrela	Bairro Nossa Senhora de Fátima
POÇO 5	Bairro Residencial Pousada do Sol	Bairro Pousada do Sol	Bairro Cidade Nova

Fonte: Autor (2024).

3.2 Método e procedimento

Este estudo utilizou uma metodologia que consistiu em coletas de amostras de água em cinco pontos, cada um contendo poços tubulares pertencentes ao Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) de Campo Maior, Piauí, durante os meses de outubro novembro e dezembro de 2024. As coletas, realizadas no perímetro urbano pela manhã, foram imediatamente transportadas para o laboratório de análise de solo, água e esgoto do Instituto Federal do Piauí (IFPI) para análise (Figura 3).

Figura 3- Coleta das amostras de água.



Fonte: Autor (2024).

Para garantir a confiabilidade dos resultados analíticos, foram adotadas rigorosas medidas de esterilização em todas as etapas do processo de coleta. As garrafas utilizadas, previamente esterilizadas no laboratório de solos, água e esgoto do Instituto Federal do Piauí (procedimento incluindo lavagem com água e sabão, enxágue com água destilada), foram empregadas na coleta. A higienização das mãos e braços do coletor foi realizada com álcool 70% e luvas descartáveis. A coleta foi realizada diretamente da torneira utilizada pela concessionária para suas próprias análises, após o escoamento inicial de água. Três descargas do recipiente de coleta, antecederam a coleta da amostra, que foi realizada em quatro etapas, com agitação da garrafa após cada coleta, exceto na última.

O mapeamento dos cinco pontos de coleta de amostras foi realizado utilizando o Sistema de Informação Geográfica (SIG) QGIS. Para a elaboração do mapa foi utilizado o sistema de posicionamento global (GPS) para demarcar os pontos de coleta, permitindo assim a elaboração do mapa dos cinco pontos no QGIS. O objetivo de georreferenciar os locais de amostragem da área onde estão localizados os poços responsáveis pelo abastecimento de água potável nos bairros especificados.

Uma das etapas da análise envolveu a utilização do método Colipaper, o método consiste na absorção de aproximadamente 1,2 mL da amostra em um papel de filtro específico. Após a absorção, o papel é incubado em miniestufa a uma temperatura controlada por um período de 15 horas. Após esse período, a presença

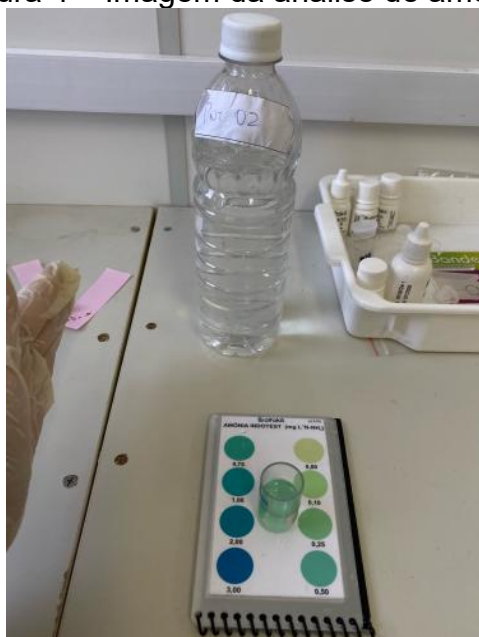
e a contagem dos microrganismos são determinadas através da observação das colônias desenvolvidas no papel de filtro, seguindo o protocolo do fabricante do kit Colipaper. A quantificação é realizada com base na comparação com padrões de densidade de colônias. Resultados quantitativos são expressos em unidades formadoras de colônias (UFC) por mL de amostra.

A interpretação dos resultados obtidos com o kit Colipaper segue o protocolo descrito no manual do fabricante. A identificação e quantificação dos microrganismos são baseadas na coloração das colônias desenvolvidas no papel de filtro após a incubação. A seguir a correlação entre a coloração das colônias e os microrganismos detectados:

- *Escherichia coli*: Azul e violeta
- Coliformes totais: Violeta, azul, rosa e vermelho
- Flora acompanhante: Azul-claro e turquesa

Foi empregada a técnica de análise colorimétrica, a análise química, baseada na quantificação da intensidade de cor resultante da adição de reagentes à amostra de água. A interpretação dos resultados foi realizada mediante a tabela de referência fornecida pelo kit AlfaKit. Foi analisado a quantidade de nitrato, nitrito, ortofosfato e amônia. (Figura 4).

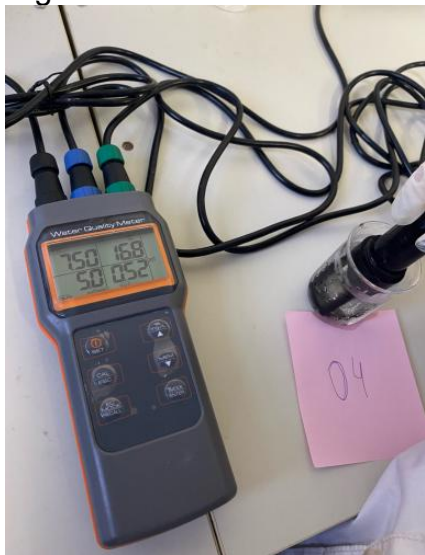
Figura 4 – Imagem da análise de amônia.



Fonte: Autor (2024).

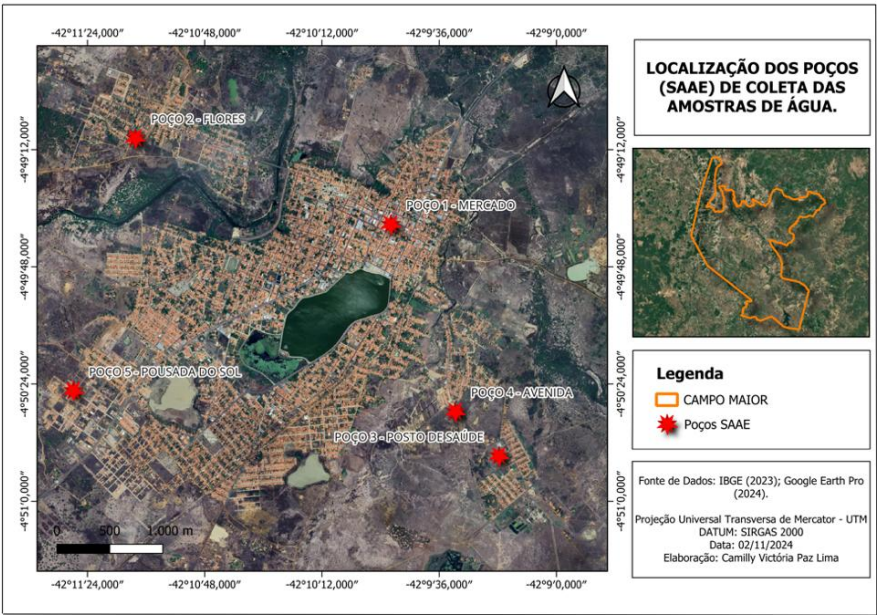
Também foi utilizado a análise dos parâmetros físicos da água, utilizou-se o método de sondagem, a sonda multiparâmetro da marca AKSO e o modelo AKB7, permitiu a determinação da temperatura, pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, salinidade e sólidos totais dissolvidos (TDS). A utilização da sonda multiparâmetro otimiza a análise da qualidade da água em estudos ambientais. A capacidade de medir simultaneamente temperatura, pH, condutividade elétrica, OD e turbidez proporciona uma avaliação eficiente e abrangente das condições físico-químicas do ambiente aquático (Figura 5 e 6).

Figura 5– Imagem utilizando a sonda multiparâmetro.



Fonte: Autor (2024).

Figura 6- Localização dos pontos de coletas.



Fonte: Autor (2024).

3.3 Diagnóstico encontrado

O desenvolvimento desta pesquisa enfrentou dificuldades significativas relacionadas à obtenção das autorizações necessárias para acesso aos pontos de captação de água, visando à coleta das amostras. A concessionária responsável pelo abastecimento no município (SAAE) apresentou resistência em conceder a permissão, além de não disponibilizar informações obrigatórias e essenciais ao andamento da pesquisa. Em decorrência desse impasse, o número de pontos de coleta foi reduzido para cinco, selecionados estrategicamente em poços que atendem aos bairros mais populosos da cidade.

Os pontos de coleta das amostras definidas estão localizados nos bairros Centro, Santa Rita, Fripisa e Residencial Pousada do Sol. O bairro Centro caracteriza-se pela presença de pontos turísticos relevantes, como a Catedral de Santo Antônio, o padroeiro da cidade, a catedral possui grande relevância para o município e à presença de casarões históricos e a sede da prefeitura municipal. Embora apresente áreas residenciais, o bairro apresenta predominância comercial, concentrando a maior parte do comércio e lojas da região, denominando-se um bairro comercial.

O bairro Santa Rita apresenta forte ligação com o bairro Flores, ambos residenciais e em expansão no município. A ocupação irregular em áreas de Preservação Permanente (APP), conforme estabelecido pela Lei nº 12.651/2012, caracteriza-se como uma prática ilegal que compromete a preservação dos recursos naturais. Essas áreas desempenham um papel crucial na proteção dos recursos hídricos, na manutenção das paisagens e na conservação da biodiversidade.

O rio Surubim tem enfrentado significativos desafios ambientais, como a ocorrência de incêndios durante os períodos de estiagem e a exploração inadequada de seus recursos naturais. Entre as pressões antrópicas mais significativas, destacam-se a realização de eventos em suas margens e o descarte irregular de resíduos sólidos. Essa prática compromete a qualidade ambiental local e do corpo hídrico, além de caracterizar uma violação às normas que regulamentam a proteção das Áreas de Preservação Permanente (APPs). Tais práticas agravam a degradação ambiental provocando também alterações na qualidade da água e saúde dos ecossistemas locais.

Apesar desses problemas, os bairros possuem marcos geográficos importantes para a região dos Carnaubais, como o próprio rio Surubim e no início da história de

Campo Maior, as primeiras residências concentraram-se naquela região. O bairro Fripisa está em constante processo de crescimento e transformação, caracterizando-se predominantemente como uma área residencial, composta por diversas habitações e pequenos comércios. Entre seus marcos históricos e culturais, destacam-se a Igreja de Nossa Senhora das Dores e um antigo prédio histórico que funcionava como frigorífico, atualmente em estado de abandono.

Apesar dos terrenos adjacentes terem sido convertidos em uma pequena propriedade agrícola, o bairro enfrenta significativos desafios ambientais, como a queima irregular de resíduos domésticos, o descarte inadequado de lixo e a ocorrência de incêndios durante os períodos de estiagem. A persistência dessas problemáticas é amplificada pela baixa conscientização ambiental da população local, destacando a necessidade de iniciativas educativas e políticas públicas direcionadas à gestão sustentável dos resíduos urbanos.

O bairro Residencial Pousada do Sol, de implantação recente, encontra-se em fase de crescimento e desenvolvimento. Seu perfil é predominantemente residencial, com a presença de empreendimentos como churrascarias e condomínios horizontais. Apesar do bairro ter sido construído recentemente, este enfrenta desafios ambientais, incluindo incêndios, descarte irregular de resíduos e falta de conscientização ambiental por parte da população.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As análises realizadas nos pontos de coleta definidos em Campo Maior (PI) revelaram variações nos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água subterrânea destinada ao abastecimento público. De modo geral, os resultados apontaram conformidade em alguns indicadores, mas também revelaram situações de não atendimento aos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde.

A análise dos cinco pontos de coleta permitiu observar características específicas, algumas delas em desacordo com a legislação ambiental que regulamenta a qualidade da água e a infraestrutura dos poços tubulares destinados ao abastecimento público. Esse diagnóstico fornece subsídios para a adoção de medidas corretivas eficazes voltadas à mitigação dos riscos identificados.

Segundo a ABNT NBR 12212/2017, a cimentação nos projetos de poços para captação de água subterrânea é obrigatória, devendo ser executada até a profundidade necessária para garantir a proteção da água e prevenir a infiltração de agentes externos, como fluidos e minerais. A ausência desse procedimento compromete a integridade do aquífero e aumenta a vulnerabilidade à contaminação.

A ausência de barreiras sanitárias para prevenir a contaminação do solo e consequente infiltração no aquífero é uma preocupação recorrente. Em determinados locais, a ausência de cercas perimetrais deixa os poços vulneráveis ao acesso irrestrito de pessoas e animais, comprometendo a segurança e a proteção das estruturas, além de expor a cimentação a possíveis danos estruturais.

O ponto cinco (figura 7), localizado no Residencial Pousada do Sol, ilustra bem essa problemática: ausência de infraestrutura adequada, acesso livre, falta de estrutura sanitária e cercamento, e vegetação abundante ao redor do poço, ocupando todo o perímetro do terreno. A ausência de barreiras sanitárias representa um risco significativo à saúde pública para aqueles que consomem a água extraída desses locais.

Figura 7– Imagem do ponto de coleta 5



Fonte: Autor, (2024).

Os demais pontos também apresentavam problemas (figura 8), como a falta de estrutura sanitária completa da infraestrutura. Embora alguns locais possuíssem

grades e acesso restrito por chave, isso ainda se mostrava em desconformidade com os parâmetros sanitários da Agência Nacional de Águas (ANA,2013).

Figura 8– Imagem do ponto 3 de coleta



Fonte: Autor (2024).

Para a avaliação da qualidade da água, foi utilizada uma sonda multiparâmetro, equipamento que permite a medição simultânea de oxigênio dissolvido (OD), pH, sólidos totais dissolvidos (TDS), condutividade elétrica, temperatura e salinidade. O uso desse dispositivo é fundamental, pois possibilita a obtenção de resultados imediatos e confiáveis no momento da coleta, garantindo maior precisão às análises.

Os resultados da análise da qualidade da água nas amostras coletadas revelaram variações significativas nos parâmetros físico-químicos e microbiológicos. Foram observadas concentrações de amônia, ortofosfato e condutividade superiores aos limites permitidos para água potável, chegando em alguns pontos a 1572 microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$) de condutividade.

Além disso, os Sólidos Totais Dissolvidos (TDS) variaram entre 449 e 793 ppm, valores que conferem à água um sabor e odor excessivamente de produto químico. A Organização Mundial da Saúde (OMS) sugere que o nível de Sólidos Totais Dissolvidos (TDS) na água potável deve estar compreendido entre 150 e 300 partes por milhão (ppm).

No que se refere aos Sólidos Totais Dissolvidos (TDS), os valores variaram entre 449 e 793 ppm. Essa concentração confere à água sabor e odor característicos de excesso de compostos químicos, comprometendo sua aceitação para consumo humano.

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), o valor recomendado para TDS em água potável situa-se na faixa de 150 a 300 partes por milhão (ppm), o que evidencia que os níveis identificados ultrapassam significativamente os padrões ideais de potabilidade (Tabela 1).

Tabela 1 – Tabela de resultados da sonda multiparâmetro do mês de outubro de 2024.

OUTUBRO	POÇO 1	POÇO 2	POÇO 3	POÇO 4	POÇO 5
OXIGÊNIO	7,0 mg/l	6,0 mg/l	5,0 mg/l	4,7mg/l	5,9mg/l
TEMPERATURA	27.2c°	18.2c°	18.4c°	15.1c°	14.1c°
CONDUTIVIDADE	1134	1560	1233	908	1104
SALINIDADE	0,64	0,89	0,70	0,52	0,62
TDS	571	777	620	449	546
PH	7.37	7,37	7,68	7,11	7,06

Fonte: Autor (2024).

Os resultados apresentados na tabela indicam uma análise da qualidade da água em cinco poços diferentes, com foco em parâmetros importantes como oxigênio dissolvido, temperatura, condutividade, salinidade, sólidos totais dissolvidos (TDS) e pH. A análise desses parâmetros é crucial para avaliar a potabilidade da água e seu impacto no meio ambiente.

- **Oxigênio Dissolvido (OD):**

Os poços 3 e 4 apresentam níveis de OD abaixo de 5 mg/L, o que pode indicar condições anaeróbicas ou hipóxicas. Isso pode ser prejudicial para a vida aquática e indicar a presença de matéria orgânica em decomposição ou contaminação.

- **Temperatura:**

O poço 1 apresenta uma temperatura significativamente mais alta (27,2 °C) em comparação com os demais. Isso pode indicar um problema de aquecimento da água, possivelmente devido à proximidade de fontes de calor ou baixa profundidade do poço.

- **Condutividade e Salinidade:**

O poço 2 apresenta os maiores valores de condutividade e salinidade. Isso pode indicar a presença de sais dissolvidos em excesso, o que pode tornar a água imprópria para consumo humano e irrigação.

- **Sólidos Totais Dissolvidos (TDS):**

O poço 2 também apresenta o maior valor de TDS, o que reforça a suspeita de alta concentração de sais dissolvidos.

- **pH:**

O poço 4 apresenta o menor valor de pH (7,11), indicando uma água ligeiramente ácida. Embora ainda dentro da faixa considerada potável (6,5 a 8,5), é importante monitorar essa tendência, pois a acidificação da água pode levar à corrosão de tubulações e à lixiviação de metais pesados (Tabela 2).

Tabela 2 - Tabela de resultados da sonda multiparâmetro do mês de novembro de 2024.

NOVEMBRO	POÇO 1	POÇO 2	POÇO 3	POÇO 4	POÇO 5
OXIGÊNIO	9,3 mg/l	4,3 mg/l	3,4 mg/l	4,6 mg/l	4,1 mg/l
TEMPERATURA	28.9c°	25.7c°	23.8c°	24.7c°	23.1c°
CONDUTIVIDADE	1196	1577	1249	996	1144
SALINIDADE	0,68	0,91	0,71	0,56	0,65
TDS	602	793	633	449	580
PH	7,37	7,25	7,47	6,4	6,84

Fonte: Autor (2024).

- **Oxigênio Dissolvido (OD):**

Os poços 2, 3, 4 e 5 apresentam níveis de OD abaixo de 5 mg/L, o que pode indicar condições anaeróbicas ou hipóxicas. Isso pode ser prejudicial para a vida aquática e indicar a presença de matéria orgânica em decomposição ou contaminação.

- **Temperatura:**

O poço 1 apresenta uma temperatura significativamente mais alta (28,9 °C) em comparação com os demais. Isso pode indicar um problema de aquecimento da água, possivelmente devido à proximidade de fontes de calor ou baixa profundidade do poço.

- **Condutividade e Salinidade:**

O poço 2 apresenta os maiores valores de condutividade e salinidade. Isso

pode indicar a presença de sais dissolvidos em excesso, o que pode tornar a água imprópria para consumo humano e irrigação.

- **Sólidos Totais Dissolvidos (TDS):**

O poço 2 também apresenta o maior valor de TDS, o que reforça a suspeita de alta concentração de sais dissolvidos.

- **pH:**

O poço 4 apresenta o menor valor de pH (6,4), indicando uma água ligeiramente ácida. Embora ainda dentro da faixa considerada potável (6,5 a 8,5), é importante monitorar essa tendência, pois a acidificação da água pode levar à corrosão de tubulações e à lixiviação de metais pesados. O poço 5 também apresenta um pH ligeiramente ácido (6,84) (Tabela 3).

Tabela 3– Tabela de resultados da sonda multiparâmetro do mês de dezembro de 2024.

DEZEMBRO	POÇO 1	POÇO 2	POÇO 3	POÇO 4	POÇO 5
OXIGÊNIO	6,3 mg/l	4,0 mg/l	4,0 mg/l	3,3 mg/l	3,8 mg/l
TEMPERATURA	29.0c°	29.0c°	29.0c°	29.0c°	29.0c°
CONDUTIVIDADE	1163	1572	1241	994	1161
SALINIDADE	0,65	0,91	0,71	0,57	0,66
TDS	582	792	627	501	583
PH	7,33	7,19	7,44	6,89	6,82

Fonte: Autor (2024).

- **Oxigênio Dissolvido (OD):**

Todos os poços apresentam níveis de OD abaixo de 5 mg/L, indicando condições hipóxicas ou anaeróbicas. Isso pode ser prejudicial para a vida aquática e sugere a presença de matéria orgânica em decomposição ou contaminação.

- **Temperatura:**

A temperatura elevada e uniforme em todos os poços (29,0 °C) pode indicar um problema de aquecimento da água, possivelmente devido a fontes de calor próximas ou baixa profundidade dos poços.

- **Condutividade e Salinidade:**

O poço 2 apresenta os maiores valores de condutividade e salinidade, sugerindo alta concentração de sais dissolvidos, o que pode tornar a água imprópria

para consumo e irrigação.

- **Sólidos Totais Dissolvidos (TDS):**

O poço 2 também apresenta o maior valor de TDS, reforçando a suspeita de alta concentração de sais dissolvidos.

- **pH:**

Os poços 4 e 5 apresentam pH ligeiramente ácido (abaixo de 7), o que pode levar à corrosão de tubulações e à lixiviação de metais pesados (Tabela 4).

Tabela 4– Tabela de resultados análise colorimétrica

ANÁLISE QUÍMICA MÊS DE OUTUBRO					
	POÇO 1	POÇO 2	POÇO 3	POÇO 4	POÇO 5
NITRATO	0,10	0,10	0,30	0,10	0,10
NITRITO	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
ORTOFOSFATO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AMÔNIA	0,00	0,25	0,10	0	0,00
ANÁLISE QUÍMICA MÊS DE NOVEMBRO					
	POÇO 1	POÇO 2	POÇO 3	POÇO 4	POÇO 5
NITRATO	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
NITRITO	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03
ORTOFOSFATO	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
AMÔNIA	0,00	1,00	0,10	1,00	0,00
ANÁLISE QUÍMICA MÊS DE DEZEMBRO					
	POÇO 1	POÇO 2	POÇO 3	POÇO 4	POÇO 5
NITRATO	0,30	0,10	0,10	0,10	0,10
NITRITO	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
ORTOFOSFATO	0,75	0,00	0,75	2,00	0,00
AMÔNIA	0,10	0,25	0,25	0,10	0,00

Fonte: Autor (2024).

NITRATO (mg/l): Indica a presença de nitrogênio na forma de nitrato, um nutriente essencial para plantas, mas em excesso pode causar problemas de saúde.

Em outubro, o Poço 3 apresentou a maior concentração de nitrato (0,30 mg/l). Em novembro, todos os poços apresentaram a mesma concentração de nitrato (0,10 mg/l). No mês de dezembro, o Poço 1 apresentou a maior concentração de nitrato (0,30 mg/l).

NITRITO (mg/l): Indica a presença de nitrogênio na forma de nitrito, um composto tóxico que pode ser convertido em nitrato.

Em outubro, todos os poços apresentaram a mesma concentração de nitrito (0,01 mg/l). Em novembro, o Poço 5 apresentou uma concentração de nitrito elevada (10,03 mg/l), enquanto os demais poços mantiveram a concentração de 0,01 mg/l. No mês de dezembro, todos os poços apresentaram a mesma concentração de nitrito (0,01 mg/l).

ORTOFOSFATO (mg/l): Indica a presença de fósforo na forma de ortofosfato, um nutriente essencial para plantas, mas em excesso pode causar eutrofização de corpos d'água.

Em outubro, os Poços 1 e 5 apresentaram a maior concentração de ortofosfato (10,00 mg/l). Em novembro, todos os poços apresentaram a mesma concentração de ortofosfato (0,75 mg/l). No mês de dezembro, o Poço 4 apresentou a maior concentração de ortofosfato (2,00 mg/l).

AMÔNIA (mg/l): Indica a presença de nitrogênio na forma de amônia, um composto tóxico para peixes e outros organismos aquáticos.

Em outubro, o Poço 2 apresentou a maior concentração de amônia (0,25 mg/l). Em novembro, o Poço 1 apresentou a maior concentração de amônia (10,00 mg/l). No mês de dezembro, o Poço 2 apresentou a maior concentração de amônia (0,25 mg/l).

A amônia pode causar sérios impactos tanto na saúde humana quanto no meio ambiente. Em seres humanos, a exposição à amônia pode comprometer o funcionamento do organismo, resultando em problemas no sistema nervoso central, atuando como uma neurotoxina. No meio ambiente, a presença de amônia pode desencadear a eutrofização, que é o crescimento descontrolado de algas e plantas aquáticas, levando à redução dos níveis de oxigênio na água. (Costa, 2017).

Foi realizada análise microbiológica da água empregando o kit Colipaper. Este kit permite a detecção quantitativa de coliformes totais, *Escherichia coli* e flora microbiana acompanhante em amostras de água. No período de coleta de outubro a dezembro de 2024, foram obtidos os seguintes resultados da análise utilizando o kit microbiológico Colipaper (Tabelas 5, 6 e 7):

Tabela 5 – Tabela de resultados microbiologia mês de outubro

OUTUBRO	POÇO 1	POÇO 2	POÇO 3	POÇO 4	POÇO 5
Escherichia coli	X	3 azul	X	1 azul	5 azul

Coliformes totais	2 rosas	5 rosas	6 rosas	4 rosas	X
Flora acompanhante	1 azul claro	X	1 azul claro	X	X

Fonte: Autor (2024).

Tabela 6 – Tabela de resultados microbiologia mês de novembro

NOVEMBRO	POÇO 1	POÇO 2	POÇO 3	POÇO 4	POÇO 5
Escherichia coli	2 violetas	1 azul	1 azul	6 azul	21 violeta
Coliformes totais	1 azul	1 rosa	4 rosas	1 rosa	X
Flora acompanhante	1 azul claro	2 azuis-claros	1 azul claro	1 azul claro	1 azul claro

Fonte: Autor (2024).

Tabela 7 – Tabela de resultados microbiologia mês de dezembro

DEZEMBRO	POÇO 1	POÇO 2	POÇO 3	POÇO 4	POÇO 5
Escherichia coli	1 azul	3 azul e 1 violeta	3 azul	3 azul	4 azul
Coliformes totais	12 rosas	5 rosas	4 rosas	1 rosa	X
Flora acompanhante	1 azul claro	1 azul claro	1 azul claro	1 azul claro	1 azul claro

Fonte: Autor (2024).

Os resultados das análises da qualidade da água em outubro (Tabela 5) indicaram a presença de *Escherichia coli* (*E. coli*) nos poços 2, 4 e 5. Além disso, coliformes totais foram detectados nos poços 1, 2, 3 e 4, com presença de flora acompanhante nos poços 1 e 3. A situação se agravou em novembro, com contaminação por *E. coli* em todos os poços, exceto o poço 5. Todos os poços, com exceção do poço 5, apresentaram coliformes totais e flora acompanhante. O poço 5 apresentou 21 pontos violeta, indicando alta concentração de *E. coli*. Em dezembro, persistiram altos índices de contaminação em todos os poços, com o poço 5 apresentando ausência de coliformes totais, mas o poço 1 exibindo 12 pontos rosa, indicando contaminação.

Ainda foi realizado um mapeamento dos cinco pontos de coleta de água, localizados em bairros densamente povoados do município, a fim de identificar as características específicas da água fornecida nesses locais e auxiliar na definição de estratégias de tratamento. Os bairros selecionados foram aqueles que concentram a

maior parte da população de Campo Maior, sendo eles: o bairro Centro, o primeiro a ter suas amostras de água coletadas; o bairro Flores/Santa Rita, dois bairros interligados, correspondendo ao segundo ponto de coleta; o bairro Fripisa, com dois pontos de coleta; e o bairro Residencial Pousada do Sol, que foi o quinto e último a ter amostras de água coletadas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo permitiu avaliar a qualidade da água subterrânea proveniente de poços tubulares destinados ao abastecimento público no município de Campo Maior (PI). As análises físico-químicas e microbiológicas evidenciaram que, embora alguns parâmetros apresentem conformidade com os limites estabelecidos pela Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde, outros ultrapassaram os padrões de potabilidade, indicando situações de risco para a saúde da população consumidora.

De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005, a detecção de coliformes fecais indica contaminação por esgoto doméstico ou dejetos de origem animal, configurando um sério risco sanitário. A ausência desses microrganismos é requisito fundamental para a água de consumo humano, conforme previsto nas normas vigentes. Da mesma forma, a presença de amônia aponta para contaminação por efluentes orgânicos, exigindo monitoramento e controle rigorosos para assegurar a segurança hídrica.

Embora a água distribuída pelo sistema público seja oficialmente classificada como potável, os resultados laboratoriais deste estudo revelaram inconsistências, contrariando os parâmetros estabelecidos pela Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde. Essa discrepância demonstra falhas nos processos de tratamento, especialmente no que se refere ao controle de coliformes e amônia, exigindo ações imediatas por parte da concessionária responsável.

A prática de cloração, única medida de tratamento utilizada atualmente, mostrou-se insuficiente para garantir a potabilidade da água. Além disso, o uso excessivo de cloro observado em algumas amostras pode ocasionar efeitos adversos à saúde da população, tais como irritações cutâneas, problemas capilares, desconforto ocular e respiratório, entre outros.

Diante desse cenário, conclui-se que é indispensável fortalecer a gestão e a fiscalização do sistema de abastecimento municipal, com a implementação de

técnicas de tratamento mais eficazes, manutenção das estruturas de proteção dos poços tubulares e elaboração de estratégias preventivas alinhadas à Política Nacional de Saneamento Básico (Lei nº 11.445/2007). Tais medidas são fundamentais para assegurar a qualidade da água distribuída, reduzir os riscos à saúde pública e garantir o cumprimento dos padrões de potabilidade exigidos pela legislação brasileira.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, I. Z. de; VIANA, V. R.; MALHEIRO, D. R.; SANTOS, F. A. V. dos. Ausência de saneamento básico e sua relação com a diarreia em crianças no nordeste brasileiro, nos anos de 2007 a 2019: uma revisão de literatura. **Estação Científica**, [s. l.], v. 13, jul./dez. 2023.
- AGUIAR, R. B.; GOMES, J. R. C. **Diagnóstico do município de Campo Maior: projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea estado do Piauí**. Fortaleza: CPRM, 2004.
- BRASIL. Agência Nacional de Águas (ANA). **Manual de uso e conservação de poços tubulares**. Brasília, DF: ANA, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12212**: projeto de poço tubular para captação de água subterrânea. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.
- BARBINO, G. C.; SILVA, J. M. da; CARMELLO, N. D. A.; ANDRADE, N. L. R. de. Os eventos extremos como instrumentos de informação na gestão dos recursos hídricos. **Revista Brasileira de Climatologia**, [s. l.], v. 34, n. 20, p. 224–241, 2024.
- BIGUELINI, C. P.; GUMY, M. P. Saúde ambiental: índices de nitrato em águas subterrâneas de poços profundos na região sudoeste do Paraná. **Revista Faz Ciência**, [s. l.], v. 14, n. 20, p. 153, 2000.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 888, de 4 de maio de 2021**. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2021.
- CARVALHO, A. S.; GUEDES, C. S.; VARGAS, R. B. S. **Determinação da concentração ótima de coagulante em estação de tratamento de água utilizando Jar Teste**. In: **SEMINÁRIO NACIONAL DE CIÊNCIA E MEIO AMBIENTE (SNCMA)**, 2018, Anápolis. *Anais [...]*. Anápolis, 2018.
- COSTA, C. L.; LIMA, R. F. de; PAIXÃO, G. C.; PANTOJA, L. D. M. Avaliação da qualidade das águas subterrâneas em poços do estado do Ceará, Brasil. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, Londrina, v. 34, n. 1, p. 13-22, jan./jun. 2013.
- COSTA, D. D.; KEMPKA, A. P.; SKORONSKI, E. A contaminação de mananciais de abastecimento pelo nitrato: o panorama do problema no Brasil, suas consequências e as soluções potenciais. **REDE – Revista Eletrônica do PRODEMA**, Fortaleza, v. 10, n. 2, mar. 2017.
- HIRATA, R. et al. **As águas subterrâneas e sua importância ambiental e socioeconômica para o Brasil**. São Paulo, 2019.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo brasileiro de 2022**. Campo Maior: IBGE, 2022.

BRASIL. Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas 1961-1990**. Brasília, DF: INMET, 1992.

NASCIMENTO JÚNIOR, L. M. **Monitoramento da qualidade da água de consumo humano em Belém-PA**: uso de *dashboards* visando aprimorar a gestão municipal. 2024. 91 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2024.

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**, [s. l.], v. 19, n. 2, 2023.

VERÍSSIMO, L. S.; MELO, F.; MENESES, F. A. A.; CARNEIRO, M. M. M.; ALBUQUERQUE, V. C. **Diagnóstico dos poços tubulares e a qualidade das águas subterrâneas no município de Campo Maior-PI**. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**, 2003, Fortaleza. *Anais [...]*. Fortaleza, 2003.