



**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA - CEUB**

**PROGRAMA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**

**INARA FARIA DA GAMA**

**THALITA ELEN PEREIRA SILVA**

**SEGURANÇA HÍDRICA PARA COMUNIDADES RURAIS:**

**ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA EM POÇOS DE ABASTECIMENTO DE  
ASSENTAMENTOS AGRÍCOLAS**

**BRASÍLIA**

**2023**



**INARA FARIA DA GAMA**

**THALITA ELEN PEREIRA SILVA**

**SEGURANÇA HÍDRICA PARA COMUNIDADES RURAIS:  
ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA EM POÇOS DE ABASTECIMENTO DE  
ASSENTAMENTOS AGRÍCOLAS**

Relatório final de pesquisa de Iniciação Científica apresentado à Assessoria de Pós-Graduação e Pesquisa.

Orientação: Dr. Bruno Silva Milagres

**BRASÍLIA**

**2023**

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradecemos a Deus pelas inúmeras bênçãos recebidas ao longo de nossas vidas.

Agradecemos aos nossos familiares pelo amor incondicional, paciência e total apoio a nós destinados.

Agradecemos também ao orientador Dr. Bruno Milagres por aceitar a proposta de nos orientarmos ao longo do desenvolvimento da pesquisa.

Gratidão ao Dr. Eduardo Cyrino pelo voto de confiança, por nos prestar todo o suporte para o desenvolvimento do projeto e por disponibilizar o espaço do laboratório da Embrapa Cerrados de Planaltina para seguir com a pesquisa.

Agradeço eternamente a Dra. Daphanne Heloisa por todo suporte durante as coletas e nas análises das amostras de água.

Agradeço a Camila Almeida por nos auxiliar durante todo o transporte das amostras e também a todos os moradores que estavam dispostos a deixar a realização das coletas de amostras necessárias para a pesquisa.

Agradeço a Ana Beatriz Germano que também prestou um grande suporte no desenvolvimento construtivo do trabalho.

À coordenação de Pesquisa de Iniciação Científica do Centro Universitário de Brasília, pela oportunidade concedida para o desenvolvimento do trabalho, conseqüentemente colaborando para desenvolvimento profissional, agradeço profundamente.

Durante o desenvolvimento do projeto, houve o envolvimento de inúmeras pessoas que colaboraram de forma significativa do início até a conclusão do trabalho.

Gratidão a todos.

## RESUMO

A água subterrânea é uma fonte essencial para o consumo humano, principalmente para populações com pouco ou nenhum acesso à rede pública de abastecimento. A presença de agentes contaminantes nos recursos hídricos é considerada um problema mundial devido a colaboração de ações antrópicas, como: aterros sanitários, esgotos domésticos, lixo, fossas, rejeitos de origem industrial ou fertilizantes agrícolas etc. Conseqüentemente, essas ações influenciam diretamente na qualidade da água, que acaba se tornando, com o tempo, imprópria para o consumo humano. O objetivo do estudo foi investigar a qualidade da água de nove poços destinados ao consumo humano em um assentamento rural próximo a cidade de Buritis, Minas Gerais. Os parâmetros analisados nas estações chuvosa e seca foram divididos em físico-químicos (pH, turbidez, condutividade, sólidos totais dissolvidos (STD), dureza total e os íons fluoreto ( $F^-$ ), cloreto ( $Cl^-$ ), nitrato ( $NO_3^-$ ), amônio ( $NH_4^+$ ), fosfato ( $PO_4^{3-}$ ), sulfato ( $SO_4^{2-}$ ), sódio ( $Na^+$ ), potássio ( $K^+$ ), cálcio ( $Ca^{2+}$ ) e magnésio ( $Mg^{2+}$ )) e microbiológicos em que foi observada, como o ponto mais preocupante na pesquisa, a presença de coliformes totais e da bactéria *Escherichia coli*. A determinação da concentração dos coliformes é de grande relevância, pois é um indicador da possibilidade de existência de outros microrganismos patogênicos responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica. Conclui-se que os poços estudados não estão de acordo com os padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria nº 888/2021 e ressalta a importância do monitoramento e tratamento prévio das fontes hídricas para consumo humano.

**Palavras-chave:** análise físico-química; análise microbiológica; água subterrânea.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
OBJETIVOS	8
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	8
3. MÉTODO	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS (OU CONCLUSÕES)	33
REFERÊNCIAS	35

## 1. INTRODUÇÃO

A água é uma substância composta por três átomos (H<sub>2</sub>O), fundamental para a manutenção de todas as formas de vida no Planeta, sendo um suporte essencial para todos os ecossistemas (SOUZA; PINHEIRO, 2022).

A concentração do volume total de água no planeta terra está distribuída em água salgada e doce. A água salgada corresponde a 97,5%, estando disponível em mares e oceanos. A água doce corresponde a um volume de apenas 2,5%, sendo em sua maior parte concentrada em geleiras (68,9%) e o resto em água subterrânea (29,9%) e em lagos e rios (0,3%) (BAGATINI *et al.*, 2017).

A água subterrânea é mundialmente considerada uma fonte essencial para o consumo humano, principalmente para populações que não têm acesso à rede pública de abastecimento ou para aqueles que têm fornecimento irregular (CAPPI *et al.*, 2012; ZERWES *et al.*, 2015), e com o aumento do crescimento populacional, há, conseqüentemente, um impacto no aumento da demanda por alimentos, água e outras necessidades básicas (BIERKENS; WADA, 2019).

A percepção do consumidor sobre a qualidade da água potável existe há milhares de anos. No passado, as pessoas acreditavam que para a água ser considerada potável, deveria ser fria e cristalina, mas a percepção da qualidade biológica e química da água não era perceptível (KOZISEK, 2005). A água tem influência direta sobre a saúde e qualidade de vida e no desenvolvimento das populações, sendo um dos principais recursos naturais do planeta e indispensável para a manutenção da vida (PEIL; KUSS; GONÇALVES, 2015).

A Organização Mundial da Saúde (OMS) destaca a importância da água e do saneamento e higiene adequados devido às doenças infecciosas hídricas, conseqüentemente sendo motivos de preocupação mundial, especialmente para os países emergentes. Cerca de 13% de todos os óbitos no mundo, em crianças com idade inferior a 5 anos, estão associadas a doenças diarreicas, definidas como enfermidades transmitidas por meio da ingestão de água contaminada (OMS, 2019).

O acesso à água potável não é uma realidade para todas as pessoas, principalmente em países subdesenvolvidos (BRAIN *et al.*, 2014). No Brasil, em 2016, 2.175 pessoas morreram por doenças relacionadas ao indicador 3.9.2 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

(ODS), que se refere à taxa de mortalidade atribuída ao uso de fontes de água inseguras, saneamento inseguro e falta de higiene (OMS, 2019).

No Brasil, 86% das cidades são abastecidas por fontes gerenciadas por concessionárias municipais encarregadas de fornecer água às cidades. Desse total, 44% são abastecidas por águas subterrâneas e 56% utilizam águas superficiais. Mesmo que haja uma rede municipal de abastecimento de água na localidade, os moradores às vezes optam pelo uso das águas subterrâneas em poços individuais para consumo. Isso devido ao baixo custo de construção do poço, à facilidade de acesso às águas subterrâneas e, principalmente, ao fato de não haver cobrança de taxas pelo uso das águas subterrâneas (ANA, 2010). Em decorrência a isso, a água subterrânea vem se destacando como uma alternativa para o abastecimento de setores urbanos e de regiões afastadas, entretanto o aumento significativo de poços perfurados no Brasil tem relação com a escassez hídrica dos últimos anos (ANA, 2017).

O consumo de águas subterrâneas ocorre em sua maioria em áreas rurais, nestas localidades aproximadamente 65,5% das residências são abastecidas por meio de fontes alternativas, como os poços artesianos e nascentes, destinados a atender a população e as respectivas atividades socioeconômicas. Este recurso apresenta qualidade superior quando comparado às fontes hídricas superficiais, devido às suas características naturais e ao processo de filtragem de contaminantes que o solo oferece. No entanto, por causa das atividades predominantes na localidade, que geralmente estão associadas a atividades agropastoris e agrícolas, gera-se grandes quantidades de matéria orgânica. Consequentemente, as fontes de abastecimento hídrico nessas regiões ficam suscetíveis aos riscos de contaminação por efluentes resultantes das atividades agropecuárias, podendo ocasionar riscos à saúde humana e animal, além de estar sujeito à contaminação das águas subterrâneas (HOLLAS, 2015; STOLF; MOLZ, 2017; SILVA, 2019).

A presença de agentes contaminantes nos recursos hídricos é considerado um problema mundial devido a colaboração de ações antrópicas, particularmente o descarregamento de produtos químicos, uso excessivo de agrotóxicos, aterros sanitários, entre outros. Consequentemente, essas ações afetam o ecossistema aquático, influenciando diretamente na qualidade da água, que acaba se tornando com o tempo imprópria para o consumo humano (MACEDA, *et al.*, 2015; SELVAKUMAR *et al.*, 2017; GUIMARÃES *et al.*, 2019). Com a qualidade da fonte comprometida, esta se torna um vetor de transmissão de doenças, conhecidas como doenças de veiculação hídrica, sendo estas capazes de trazer riscos

à saúde humana por meio de enfermidades associadas aos microrganismos patógenos provenientes de fezes humanas e de animais (COLVARA; LIMA; SILVA, 2009).

No Brasil, a qualidade da água para consumo humano é regida pelo Ministério da Saúde na Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021 - que altera a Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017 - sendo que ambas estabelecem valores máximos permitidos, recomendados e aceitáveis para as características físicas, químicas e bacteriológicas da água potável (BRASIL, 2021).

## **OBJETIVOS**

O objetivo do estudo foi investigar a qualidade da água de poços destinados ao consumo humano em um assentamento rural próximo a cidade de Buritis, Minas Gerais. Dessa forma, visou-se monitorar semestralmente águas de nove poços localizados na região; comparar a qualidade da água observada nas amostras dos poços coletados; avaliar a conformidade das variáveis com padrões mínimos de qualidade previstos na legislação.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

O uso da água para diversos fins depende muito de sua qualidade. Os recursos hídricos subterrâneos em muitos países são fontes alternativas de água para residências, indústrias e fazendas, devido aos níveis cada vez mais preocupantes de contaminação e poluição dos recursos hídricos superficiais. A contaminação ou poluição dos recursos hídricos subterrâneos é uma ameaça à qualidade e sustentabilidade da água potável disponível e à saúde pública (EGBUERI, 2019).

Segundo dados do último censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), cerca de 30 milhões de pessoas vivem em zonas rurais no Brasil (IBGE, 2011). Nesse contexto, 65% dessa população não possui abastecimento de água. Esses dados estão levantados no Programa Nacional de Saneamento Rural, lançado no ano de 2019, pelo Governo Federal (BRASIL, 2019).

A implantação de sistemas públicos de abastecimento de água tem garantido o fornecimento de água potável segura à população, entretanto, a proteção da qualidade das



águas subterrâneas ainda é bastante negligenciada em diversas partes do país (REZENDE *et al.*, 2023). Existem poucos programas de monitoramento da qualidade da água relativos a poços usados pela população rural no Brasil. Assim, uma vez que muitas fontes de água comumente utilizadas nas áreas rurais do país, como poços, cisternas ou reservatórios, podem estar contaminadas por microrganismos patogênicos, o risco de contaminação por patógenos entéricos nesses locais é alto. Esses contaminantes devem, portanto, ser removidos ou inativados para garantir a segurança dessas águas e da saúde humana (NASCIMENTO *et al.*, 2010; CHAKRABORTI *et al.*, 2015).

O abastecimento de água por poços com ausência de tratamento adequado ou por outras alternativas inadequadas para o consumo humano, conduz ao aumento de casos de doenças relacionadas à veiculação hídrica, como: diarreia, amebíase, ascaridíase, esquistossomose, giardíase, teníase, hepatites, conjuntivites, poliomielite, cólera, escabioses, leptospirose, febre tifoide e esquistossomose (FUNASA, 2016). Localidades com má gestão ou ausentes do serviço de tratamento de água e saneamento, apresentam risco à saúde da comunidade, situação essa que poderia ser prevenida a cada ano se aumentassem as políticas públicas que estimulem, por exemplo, a lavagem das mãos. Segundo a Organização Mundial da Saúde, aproximadamente 829.000 pessoas chegam a óbito por ano e 297.000 óbitos de crianças com idade inferior a 5 anos devido ao desenvolvimento de doenças diarreicas associadas ao consumo de água não potável (OMS, 2022).

## **IMPORTÂNCIA DA ÁGUA**

A água é um recurso natural essencial para a manutenção da vida no planeta, sendo considerada o bem mais precioso e indispensável para todos os seres. Este recurso natural mantém o equilíbrio de ciclos geológicos, biológicos e químicos, além de fazer parte dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especificamente o ODS número 6, que visa garantir disponibilidade e manejo sustentável da água e saneamento para todos de forma segura (IBGE, 2022).

O abastecimento hídrico potável é essencial para a conservação da saúde do ser humano, tendo sua importância em diversas funções no corpo humano, como: auxiliar no transporte de oxigênio e sais minerais, nas reações metabólicas, nos sistemas respiratório, digestivo e nervoso, no controle da temperatura corporal, na proteção do organismo contra o envelhecimento e na prevenção de doenças, ademais aproximadamente de 60% do peso

corporal de um indivíduo adulto é composto por água. Entretanto, está cada vez mais difícil encontrar água de boa qualidade para o consumo humano (BASTOS, 2013; IGINO, 2014; BRITO, 2019).

## **ÁGUA SUBTERRÂNEA**

Segundo a Associação Brasileira de Águas Subterrâneas (ABAS), a água subterrânea se caracteriza como toda água que está abaixo da superfície da terra, havendo o preenchimento de todos os poros ou dos vazios intergranulares das rochas sedimentares, ou das fraturas, falhas e fissuras das rochas compactas. Dessa forma, o solo é submetido à duas forças: adesão e gravidade. Além disso, as águas subterrâneas desempenham um papel essencial na manutenção do solo, fluxo dos rios, lagos e brejos, cumprindo uma fase do ciclo hidrológico: a precipitação (ABAS, 2023a).

## **CAPTAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**

As águas subterrâneas, em algumas localidades do mundo, são utilizadas como uma fonte hídrica potável por meio de poços artesianos. Em sua maioria, tratam-se de poços privados. Por isso, o proprietário se torna responsável pelos cuidados dos poços, realizando atividades como perfuração, manutenção e gestão da qualidade da fonte (SCHUITEMA; HOOKS; MCDERMOTT, 2020).

A utilização de água subterrânea para abastecimento hídrico acompanhou a evolução da humanidade, sendo captada de diferentes fontes, como a perfuração de poços, que possuem grande capacidade de armazenamento de água de excelente qualidade (QUAGGIO *et al.*, 2018).

Os poços escavados, são aqueles construídos manualmente, sendo revestidos por tijolos ou anel de concreto (HIRATA *et al.*, 2019b). São estruturas mais largas e com diâmetro maior que cinquenta centímetros, a profundidade varia entre um a dezenas de metros. Estes poços podem ser divididos em três classes mais específicas: cacimbas, cacimbão e amazonas.

Poços denominados como cacimba, tem características como ausência de revestimento nas paredes e diâmetro superior a cinquenta centímetros. Poços classificados como cacimbão, possuem revestimento nas paredes de forma parcial ou total, com diâmetro entre um a cinco metros. Já os poços amazonas, são revestidos de forma parcial ou total, no entanto seu diâmetro é maior que cinco metros (VASCONCELOS, 2014).

Os poços tubulares possuem revestimento tubular por meio de aço ou PVC, com diâmetro inferior a um metro, o mais comum é que o diâmetro seja em torno de quinze e vinte centímetros, alguns casos podem apresentar diâmetros diferentes para o mesmo poço, sendo possível encontrar poços artesianos com diâmetro variando entre cinco e quarenta e cinco centímetros (VASCONCELOS, 2014). Eles se subdividem em dois grupos: poços tubulares freáticos (que captam água de aquíferos livres) e poços tubulares artesianos (que captam água de aquíferos confinados).

Os poços artesianos são definidos como jorrante e não jorrante, sendo os poços jorrantes os quais a água chega naturalmente à superfície, devido a pressão do aquífero confinado. Os não jorrantes, captam a água de aquíferos, no entanto a água não chega espontaneamente à superfície, necessitando de ser puxada com o auxílio de uma bomba (SANTOS, 2022).

Na literatura, existe uma divergência entre autores ao se referirem a classificação dos poços. Para Hirata *et al.* (2019a), os poços artesianos são aqueles em que a água jorra da superfície sem a necessidade da utilização de uma bomba. Para estes pesquisadores, os poços tubulares em que há a necessidade da utilização de bombas, são denominados de poços semi-artesiano (SANTOS, 2022).

A escolha do método de perfuração dos poços para captação de água subterrânea, vai de acordo com o aquífero e sua potencialidade, da demanda hídrica e da qualidade adequada ao fim que se destina. Os poços rasos e profundos, são os mais comuns para se ter acesso às águas subterrâneas, no entanto as opções do método a ser perfurado, tem relação direta ao custo, portanto é esperado que população menos favorecida, optem por soluções mais econômicas. Importante ressaltar que para a perfuração de poços tubulares é necessário equipamento especializado e acompanhamento de um profissional habilitado e capacitado para obras geológicas (BASTOS, 2013).

De acordo a Associação Brasileira das Águas Subterrâneas (2023b), as normas em vigor que contemplam as águas subterrâneas e construção dos poços tubulares são:

- NBR 12212: Projeto de poço tubular profundo para captação de água subterrânea
- NBR 12244: Construção de poço tubular profundo para captação de água subterrânea
- NBR 13604/13605/13606/13607/13608: “Dispõe sobre tubos de PVC para poços tubulares profundos”

- ABNT NBR 15495-1/2007: Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulados: Parte 1 - Projeto e construção
- ABNT NBR 15495-2/2008: Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulados: Parte 2- Desenvolvimento

## **USO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**

Globalmente, um terço das captações de água doce correspondem a uma fonte subterrânea, destinada ao uso agrícola (42%), doméstico (36%) e industrial (22%) (DÖLL *et al.*, 2012).

A água subterrânea é um recurso natural extraído do subsolo brasileiro, sendo os principais métodos de extração são os poços tubulares, escavados e nascentes. Inúmeras atividades econômicas utilizam esse recurso para suprir a necessidade de seus abastecimentos pelo país, seu uso é distribuído entre atendimento doméstico (30%), agropecuário (24%), abastecimento público urbano (18%), abastecimento múltiplo (14%), abastecimento industrial (10%) e outros destinos de uso como o lazer (4%), cujo destino é em grande parte diversificado para a prestação de serviços urbanos (HIRATA *et al.*, 2019a).

O volume mundial estimado de águas subterrâneas é de 10.360.230 km<sup>3</sup> e o território brasileiro possui uma das maiores reservas hídricas do mundo, incluindo um dos maiores potenciais hídricos subterrâneos (aproximadamente 112.311 km<sup>3</sup> de água), correspondendo a um pouco mais de 1% de todo o volume dos aquíferos existentes no planeta (ABAS, 2023a; KUHN *et al.*, 2015).

Em muitas regiões brasileiras, o uso das águas subterrâneas funciona como um recurso complementar aos mananciais superficiais. Em contrapartida, em outras localidades, as fontes de águas subterrâneas representam o principal ou até mesmo o único manancial hídrico. 52% dos 5.570 municípios brasileiros são abastecidos totalmente (36%) ou parcialmente (16%) por águas subterrâneas, sendo estas a opção exclusiva para 48% dos municípios com população menor que 10 mil habitantes e para 30% daqueles com 10 a 50 mil habitantes (KUHN *et al.*, 2015; HIRATA *et al.*, 2019b; BRITO, 2019). Alguns estados brasileiros são mais dependentes desse recurso hídrico. Para o uso urbano, destacam-se os estados de São Paulo, Piauí, Ceará, Rio Grande do Sul, Bahia e Paraná. Já para o uso rural, o principal estado usuário de águas subterrâneas é Minas Gerais, seguido de São Paulo, Bahia, Tocantins e Rio Grande do Sul (HIRATA *et al.*, 2019b).

## QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A água subterrânea é um recurso natural que, com o passar dos anos, vem se tornando uma das principais fontes de abastecimento de água potável, doméstica, industrial e agrícola etc. No entanto, vem sendo crescente a preocupação em relação à qualidade dos recursos hídricos subterrâneos, levando em conta que se trata de um recurso que está diretamente ligada à segurança do ser humano. A avaliação desses parâmetros físicos, químicos e microbiológicos das águas subterrâneas são fortemente influenciados por processos naturais, como formações geológicas e atividades antrópicas (SELVAKUMAR *et al.*, 2017).

Os problemas que interferem na qualidade natural das águas subterrâneas estão associados a determinados elementos químicos que são incorporados à água oriundos do intemperismo e dissolução de minerais nas rochas. Geralmente os compostos mais comuns são ferro e manganês, e os menos comuns são o flúor, cromo, bário e arsênio (HIRATA *et al.*, 2019b; BERTOLO *et al.*, 2007). Problemas relacionados às atividades antrópicas também interferem na qualidade hídrica subterrânea, estando associado a ações humanas, como atividades industriais (componentes químicos, metais e elementos radiativos), agrícolas (defensivos agrícolas) e domésticas (matéria orgânica, nitrato e microrganismos patogênicos), porém existem outras inúmeras formas de contaminação (CONCEIÇÃO *et al.*, 2014).

Durante a infiltração da água nos poros do subsolo e das rochas, ocorre a depuração da mesma por meio de processos físico-químicos (troca iônica, decaimento radioativo, remoção de sólidos em suspensão, neutralização de pH em meio poroso, entre outros) e microbiológicos (eliminação de micro-organismos devido à ausência de nutrientes e oxigênio que os viabilizem) que atuam sobre a água, posteriormente modificando as suas características, tornando-a particularmente mais adequada para o consumo humano. Sendo assim, a composição química da água subterrânea é o resultado combinado da composição da água que adentra o solo e da evolução química influenciada diretamente pelas litologias atravessadas, sendo que o teor de substâncias dissolvidas nas águas subterrâneas vai aumentando à medida que prossegue no seu movimento (ABAS, 2023a).

Em meio rural, as principais fontes de abastecimento de água são derivadas de poços e nascentes. O risco de contrair enfermidades diarreicas devido ao consumo de água contaminada é alta, sendo este fato corroborado pelo uso de poços antigos, inadequadamente vedados e próximos a fontes de contaminação, como organismos

biológicos patogênicos provenientes de conteúdos de fossas, dejetos animais e chorume oriundo de aterros de lixo. Com isso, observa-se uma questão importante: a preocupação da ausência de monitoramento da qualidade da água (MONTEIRO, 2006; MARTINS, 2022).

Micro-organismos patogênicos (bactérias, vírus, protozoários e helmintos), quando transmitidos pela água, podem prejudicar a saúde dos seres humanos. Entretanto, a identificação individual destes microrganismos presentes em fontes hídricas não é feita de forma contínua, pois se trata de um processo complexo e oneroso, tornando-se inviável financeiramente. Por este motivo, vários autores afirmam na prática a importância da verificação de alguns micro-organismos, sendo esta uma identificação dos grupos de bactérias mais comuns. A presença destes micróbios aponta a contaminação de origem fecal (presentes no intestino de homens e animais) e a possibilidade da presença de patógenos de origem intestinal. Os micro-organismos indicados para essa finalidade são as bactérias do grupo coliforme (coliformes totais e termotolerantes, principalmente a espécie de bactéria *Escherichia coli*) (MARTINS, 2022).

Em um estudo realizado no Canadá, foi identificada a bactéria *Escherichia coli* nas fezes de uma criança que estava com diarreia sanguinolenta. A mesma bactéria foi detectada no poço da fazenda onde residia a criança e também foi isolada nas fezes de 63% dos bovinos da mesma propriedade (MONTEIRO, 2006).

A visão da Organização Mundial da Saúde (OMS) é que a manutenção da qualidade microbiológica da água deve ser prioritária, uma vez que as ameaças à saúde ocasionadas pelas substâncias químicas não se comparam com os riscos microbiológicos de transmissão de doenças (SILVA, 2019).

As águas subterrâneas apresentam diversas características que as tornam mais vantajosas em relação às águas superficiais, sendo que: são filtradas e purificadas naturalmente através da percolação, determinando excelente qualidade e dispensando tratamentos prévios; sofrem menor influência nas variações climáticas; são passíveis de extração perto do local de uso; possuem temperatura constante; têm maior quantidade de reservas; necessitam de custos menores como fonte de água; apresentam grande proteção contra agentes poluidores; possibilitam a implantação de projetos de abastecimento à medida da necessidade (ABAS, 2023a).

### **3. MÉTODO**

O trabalho realizado caracteriza-se como um estudo experimental, pois utiliza as práticas laboratoriais para testar, verificar ou monitorar uma hipótese. De acordo com Köche (2011) “na pesquisa experimental, o investigador analisa o problema, constrói suas hipóteses e trabalha proporcionando o estudo da relação entre causas e efeitos de um determinado fenômeno, podendo o investigador controlar e avaliar os resultados dessas relações”.

Para o desenvolvimento deste estudo, avaliou-se a qualidade da água com base em parâmetros físicos, químicos e microbiológicos das amostras destinadas ao consumo humano localizados em poços de nove propriedades rurais do município de Buritis, Minas Gerais.

O desenvolvimento do trabalho ocorreu em três etapas principais: o levantamento de informações e referenciamento bibliográfico dos assuntos e conceitos relevantes ao estudo (estudo da região, promovendo um mapeamento dos poços artesianos locais, a observação das principais práticas de utilização das águas jorradas pelos mananciais subterrâneos); preparação dos materiais, métodos e equipamentos utilizados e; realização da pesquisa de campo com a coleta de amostras para análise dos resultados (procedimento de coleta e desenvolvimento do processo de análise da qualidade, finalizando com a realização de uma reunião com os proprietários dos poços para fornecer os dados conclusivos da pesquisa desenvolvida). Todas as etapas estão descritas a seguir:

#### **CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO**

O estudo foi realizado por meio de coletas de amostras de água em poços artesianos de nove propriedades rurais, localizados em um assentamento no meio rural, conhecido como Mãe das Conquistas. Este assentamento possui uma área de 4557.3202 hectares, sendo o maior assentamento em área de seu município, abrigando 81 famílias (GUALDANI, 2019) e estando localizado no município de Buritis, situado no Noroeste do estado de Minas Gerais e próximo ao Distrito Federal, cerca de 240 km de Brasília (IBGE, 2023).

Segundo o último censo demográfico, Buritis possui uma população de 24.034 mil habitantes, uma área territorial de 5.225,186 km<sup>2</sup> e possuindo um clima tropical com estação seca e vegetação tipicamente constituída pelo Cerrado. (IBGE, 2023; BURITIS, 2023).

#### **COLETA DAS AMOSTRAS - LEVANTAMENTO DE CAMPO**

Nas referidas propriedades, utiliza-se apenas a água subterrânea como recurso hídrico de subsistência, sendo que cada propriedade possui o seu próprio sistema de captação por meio de poços artesianos, exceto uma propriedade em que seu abastecimento é por meio de poço artesiano coletivo. As coordenadas geográficas dos nove pontos de coleta de água neste estudo estão expressas na tabela e na imagem a seguir.

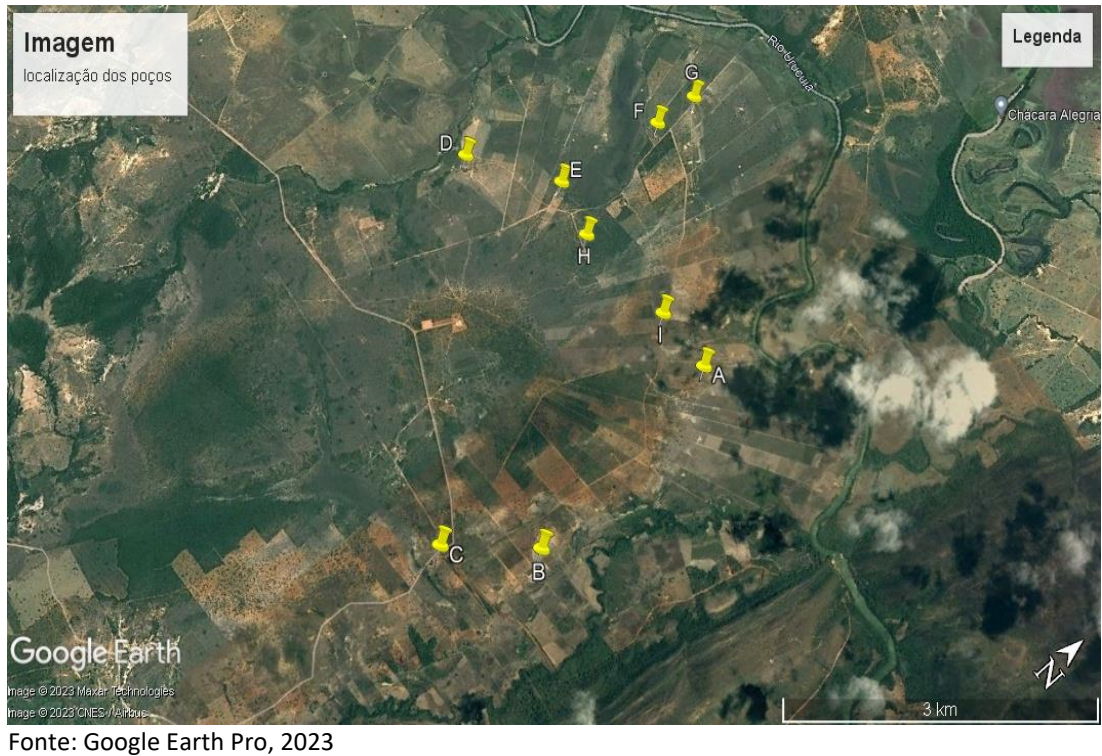
**Tabela 1.** Localização dos pontos de coleta.

Pontos de coleta	Latitude	Longitude
A	-15.594730°	-46.270950°
B	-15.616520°	-46.268650°
C	-15.623522°	-46.274957°
D	-15.600210°	-46.302080°
E	-15.594390°	-46.293640°
F	-15.583131°	-46.291910°
G	-15.578500°	-46.291560°
H	-15.595710°	-46.287930°
I	-15.594637°	-46.277244°

Fonte: Google Earth Pro, 2023.

**Figura 1.** Localização dos de coleta





Destacam-se, como critérios de inclusão, a aceitação dos moradores e a presença de poço artesiano particular. Foram identificados os locais de coleta de água, cujos critérios de escolha deram-se em decorrência da facilidade de acesso aos pontos de coleta e às residências dos usuários (acessibilidade/localização), disponibilidade de tempo dos moradores, profundidade, presença de funcionalidade do poço e a ausência de pré-tratamento, como pontos A, B, C, D, E, F, G, H e I por ordem de coleta.

Em todas as localidades envolvidas no estudo, foram avaliadas a qualidade da água originada de poços subterrâneos que são utilizados pelos moradores para abastecimento e consumo em todas as atividades desenvolvidas na respectiva propriedade. Por meio de visitas às propriedades rurais, foram obtidas informações sobre as características construtivas dos poços artesanais, como: proteção e profundidade.

Para a realização da coleta, foi priorizada a retirada da amostra diretamente dos poços para assegurar uma melhor análise, uma vez que o estado de conservação das tubulações que transportam a água até o reservatório de armazenagem pode interferir nos resultados das análises laboratoriais, isso devido a sujidades internas ou rachaduras. Entretanto, em alguns pontos de coleta, houve a necessidade de uma segunda alternativa, sendo assim, em sete pontos, foi realizada a coleta diretamente na tubulação de saída dos poços artesanais e, em

três propriedades, só foi possível realizar a coleta no reservatório de água, conhecida como caixa da água.

Antes da realização das coletas de água em cada ponto de coleta, utilizou-se papel toalha e álcool 70° nas tubulações para retirada da amostra, com o objetivo de desinfecção e limpeza de qualquer sujidade em sua superfície, evitando possíveis alterações nas análises. Ainda, antes de iniciar a coleta nos recipientes específicos, optou-se por deixar bombas e registros de água ligados por alguns minutos para que a água saísse, com a intenção de retirar qualquer sujidade interna da instalação. Após esse tempo a coleta foi realizada.

As amostras foram coletadas em momentos diferentes. As primeiras coletas foram realizadas no período chuvoso, durante o mês de janeiro de 2023, e as outras coletas foram realizadas no período de seca, em julho de 2023. Além disso, nos nove pontos de coleta, foram coletadas duas amostras de água com finalidades distintas, totalizando 18 amostras coletadas por período e 36 amostras no estudo. Uma amostra foi coletada com objetivo de análise microbiológica e outra para parâmetros físicos e químicos.

Após as coletas, todos os frascos foram acondicionados em caixa térmica, sob refrigeração com bolsas térmicas de gel e ao abrigo da luz, até a chegada ao laboratório onde foram realizadas as análises. O transporte das amostras foi realizado no mesmo dia da coleta.

## **PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS DA ÁGUA**

### **METODOLOGIA ANALÍTICA PARA CÁTIONS E ÂNIONS**

As amostras de água destinadas às análises físico-químicas foram coletadas em frascos de polietileno de 200 mL devidamente preparados e, após a coleta, os frascos ficaram mantidos em caixa térmica sob refrigeração até a chegada no laboratório.

Em cada amostra foram realizadas análises de pH, de condutividade elétrica, de sólidos totais dissolvidos (STD), de turbidez, de dureza total e dos íons fluoreto ( $F^-$ ), cloreto ( $Cl^-$ ), nitrato ( $NO_3^-$ ), amônio ( $NH_4^+$ ), fosfato ( $PO_4^{3-}$ ), sulfato ( $SO_4^{2-}$ ), sódio ( $Na^+$ ), potássio ( $K^+$ ), cálcio ( $Ca^{2+}$ ) e magnésio ( $Mg^{2+}$ ).

As variáveis pH, condutividade elétrica e STD foram determinados em laboratório no dia da coleta com o auxílio de medidor multiparâmetros portátil modelo HQ40d da empresa Hach. A turbidez foi medida no dia da coleta, com a utilização de um turbidímetro portátil modelo 2100P da Hach. A cor aparente foi obtida através de medidor de cor CheckerHC da

empresa Hanna. A dureza total foi realizada por meio de titulação através do método titulométrico EDTA-Na.

Para avaliar as concentrações dos nutrientes diluídos nas amostras coletadas e quantificar cada íon presente nas soluções testadas, foi realizada a leitura por cromatografia iônica, uma técnica que aplica a condutividade elétrica para a detecção e determinação quantitativa dos íons em solução (FRANKENBERGER-JR; MEHRA; GJERD, 1990).

Os íons cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), fluoreto ( $\text{F}^-$ ), nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), sódio ( $\text{Na}^+$ ), potássio ( $\text{K}^+$ ), amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), foram analisados pelo equipamento Cromatógrafo Iônico 761 Compact IC da Metrohm.

As análises foram realizadas no Laboratório de Química de Água da Embrapa Cerrados, Planaltina-DF. Os procedimentos de coleta, preservação e análises seguiram recomendações do “Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos da CETESB/ANA”, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (SMEWW).

## **METODOLOGIA ANALÍTICA PARA COLIFORMES**

Para investigação da presença de coliformes totais e *Escherichia coli*, foram coletadas 100 mL de amostra de água em recipientes estéreis contendo tiosulfato de sódio 0,1 mg. Após a coleta, os frascos ficaram mantidos em caixa térmica sob refrigeração até a chegada no laboratório.

As análises de coliformes totais e *Escherichia coli* foram realizadas utilizando o método cromogênico - Colilert da Idexx (APHA, 2005), o qual é baseado na tecnologia de substrato definido ±<sup>3</sup>Defined Substrate Technology (DST) que constata presença e quantificação de coliformes totais e *Escherichia coli* em água (IDEXX, 2017). Este método é recomendado para análise de coliformes somente em águas doce, mineral, de abastecimento e afluentes domésticos.

No laboratório, foi adicionado, em cada amostra, uma ampola de substrato, sendo agitado vigorosamente para sua completa dissolução. Em seguida, as amostras contendo o substrato foram transferidas para a cartela Quanti-Tray<sup>®</sup>/2000 e, em seguida, foram vedadas com auxílio de uma seladora. Posteriormente, as cartelas de cada amostra foram incubadas em estufa à  $35 \pm 0,5$  °C por um período de 24 horas. Após este período foi possível realizar a leitura dos resultados.

A interpretação dos resultado das bactérias do grupo coliformes totais foi possível com auxílio do substrato cromogênico orthonitrophenyl $\beta$ -D-galactopyranoside (ONPG), que detecta a enzima  $\beta$ -D-galactosidase.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Os resultados das análises físico-químicas dos nove poços estudados, nos dois períodos de coleta (chuvoso e seco), bem como os VMP (valor máximo permitido) da Portaria GM/MS nº 888/2021 (BRASIL, 2021), estão apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2.** Características físico-químicas da água dos poços analisados de assentamentos agrícolas.

Parâmetros	Estação	Poços									VMP
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	
pH	Chuvosa	7,59	6,81	7,63	7,12	7,06	7,68	7,11	7,55	7,74	6-9
	Seca	7,44	6,93	7,48	7,27	7,25	8,07	7,17	7,2	8,03	
Condutividade elétrica	Chuvosa	102,0	213,3	125,3	215,9	133,6	146,7	267,8	136,4	295,3	--
	Seca	355,0	158,4	206,0	146,4	151,8	149,8	108,5	172,8	276,0	
Sólidos totais	Chuvosa	68,0	142,2	83,5	143,9	89,1	97,8	178,5	90,9	196,9	500 (mg/L)
	Seca	170,8	75,6	98,8	69,8	72,4	71,4	51,5	82,4	132,5	
Turbidez	Chuvosa	0,41	18,00	18,90	2,31	21,10	1,16	7,09	1,21	1,43	5,0 (UNT)
	Seca	0,23	0,86	6,79	1,12	17,65	1,26	0,99	1,04	1,56	
Dureza	Chuvosa	147,82	71,78	77,36	52,47	35,13	46,60	43,44	41,10	68,67	300 (mg/L)
	Seca	183,74	107,73	85,94	58,85	44,89	31,73	25,18	30,96	60,26	
Sódio	Chuvosa	3,828	14,393	6,759	15,071	12,145	15,787	14,137	12,516	28,632	200 (mg/L)
	Seca	21,242	10,073	11,039	9,123	8,004	6,795	8,035	9,331	18,035	
Amônio	Chuvosa	0,330	0,096,	0,103	0,039	0,090	0,069	0,092	0,025	0,192	-
	Seca	0,450	0,045	0,092	0,023	0,092	0,075	0,087	0,014	0,185	
Potássio	Chuvosa	1,402	0,969	1,022	0,917	0,778	0,635	0,782	0,859	0,982	-
	Seca	2,030	0,875	0,991	0,832	0,884	0,675	0,531	0,876	0,991	
Cálcio	Chuvosa	53,943	20,070	24,091	10,921	5,306	8,869	5,937	4,767	12,909	-
	Seca	65,120	31,035	26,029	15,102	8,021	6,112	5,001	3,991	14,235	
Magnésio	Chuvosa	3,188	5,263	4,178	6,121	5,314	5,940	6,951	7,092	8,850	-
	Seca	5,133	7,344	5,088	5,134	6,039	4,001	3,084	5,099	6,003	
Fluoreto	Chuvosa	0,131	0,090	0,123	0,301	0,096	0,071	0,070	0,124	0,110	1,5 (mg/L)
	Seca	0,224	0,012	0,089	0,026	0,054	0,041	0,033	0,012	0,085	
Cloreto	Chuvosa	0,519	0,147	0,565	0,169	0,049	0,039	0,115	0,153	0,120	250 (mg/L)
	Seca	1,033	0,476	0,832	0,391	0,085	0,092	0,231	0,304	0,456	
Nitrato	Chuvosa	0,499	0,346	0,312	0,351	0,168	0,396	0,406	0,374	0,512	10 (mg/L)
	Seca	0,531	0,422	0,489	0,531	0,444	0,321	0,567	0,661	0,732	

<b>Fosfato</b>	Chuvosa	0,047	0,701	0,141	0,695	0,409	0,330	0,420	0,519	0,135	–
	Seca	0,123	0,865	0,235	0,886	0,531	0,323	0,412	0,633	0,208	
<b>Sulfato</b>	Chuvosa	1,102	0,331	0,562	0,374	0,156	0,153	0,162	0,062	0,751	250
	Seca	3,002	0,445	0,632	0,476	0,204	0,187	0,089	0,078	0,881	(mg/L)

Fonte: PRÓPRIO DO AUTOR, 2023.

## PH

O potencial hidrogeniônico (pH) é uma escala numérica adimensional utilizada para indicar acidez, neutralidade ou alcalinidade da água com base na concentração de íons de hidrogênio  $H^+$  em escala anti logarítmica (VON SPERLING, 2014). Sua faixa de detecção varia de 1 a 14, sendo que os valores inferiores à 7 são considerados ácidos, o igual a 7 é neutro, e acima de 7 constitui-se o pH alcalino (SANTOS, 2008). Em condições de pH baixo, as águas tendem a ser corrosivas, enquanto em pH elevado, provocam incrustações nos materiais que entram em contato com ela (MARTINS *et al.*, 2022). A maioria das águas subterrâneas possuem pH entre 5,5 e 8,5 (FREDDO FILHO, 2018).

Analisando os resultados de pH das águas dos poços coletados durante os períodos chuvoso e de seca, percebeu-se valores próximos entre si, não havendo uma mudança significativa dos valores entre as coletas. No período chuvoso os valores variaram de 6,81 a 7,74 e no período de seca os valores foram de 6,93 a 8,3. Em ambos períodos os resultados mínimos e máximos do pH foram correspondentes ao poço B e I. Além disso, para o parâmetro pH, observa-se que os valores estão dentro do padrão de potabilidade. De acordo com a Portaria nº888 do MS/2021, as águas para consumo humano devem apresentar valores compreendidos entre a faixa de 6,0 e 9,0.

## CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

A condutividade elétrica (CE) sugere a capacidade da água natural de transmitir a corrente elétrica em função da presença de íons dissolvidos carregados eletricamente. Quanto maior a concentração iônica da solução, maior é a oportunidade para ação eletrolítica e, portanto, maior a capacidade em conduzir corrente elétrica. As águas naturais apresentam frequentemente valores de CE inferior a 100  $\mu S/cm$ , podendo atingir 1000  $\mu S/cm$  em corpos hídricos receptores de cargas de esgoto doméstico e industrial. No entanto, a legislação vigente não atribui valores limites para o parâmetro (SILVA *et al.*, 2017; SILVA, 2022).

Durante a pesquisa, ocorreram algumas variações entre os poços para os valores de CE. No período chuvoso, os resultados ficaram no valor de 102,0 a 295,3 uS/cm, tendo o menor valor o poço A e o maior o I. No período de seca, ocorreu um aumento significativo da CE entre os poços, com valores entre 108,5 a 355 uS/cm, sendo o valor mais alto correspondente ao poço A e menor ao G. Tanto no período chuvoso quanto no de seca, os poços excederam o limite usualmente aceitável como adequado pela literatura de 100  $\mu$ S/cm-1.

Resultados que indicam contaminação devido à presença de esgotos podem variar de 100 a 10.000  $\mu$ S/cm. Valores que ultrapassem 150 uS/cm podem estar relacionados a ambientes impactados negativamente e valores superiores a este podem gerar sabor desagradável à água, afetando diretamente sua potabilidade e capacidade para consumo, além de poder causar problemas digestivos (FREDDO FILHO, 2018; SILVA, 2022).

### **SÓLIDOS DISSOLVIDOS**

Sólidos totais dissolvidos (STD) são constituídos por partículas de diâmetro inferior a 10<sup>-3</sup>  $\mu$ m e que permanecem em solução mesmo após a filtração. A entrada de sólidos na água pode ocorrer de forma natural (processos erosivos, organismos e detritos orgânicos) ou antropogênica (lançamento de lixo e esgotos) (SILVA *et al.*, 2017). Os valores de STD possuem relação direta com a composição mineralógica da rocha reservatório e com o tempo de percolação das águas subterrâneas no interior de um aquífero (PARRON, 2011).

Os sólidos totais dissolvidos na água consistem de sais inorgânicos e materiais dissolvidos que geralmente compõem 95% ou mais do peso de sólidos totais na água. Em águas naturais, os sais são compostos químicos compreendidos entre ânions (tais como os carbonatos, cloretos, sulfatos e nitratos) e cátions (tais como o sódio, o potássio, o cálcio e o magnésio). A concentração natural de sais é fortemente influenciada pela formação geológica em que o corpo d'água está suportado. São esperadas altas concentrações de sais em áreas áridas ou semiáridas, onde as evaporações normalmente são maiores do que as precipitações (BRAGA *et al.*, 2021)

Os valores com relação aos STD das águas coletadas durante o período chuvoso, apresentaram variações de 68,0 a 196,9 mg/L, correspondendo o menor valor de STD ao poço A e o maior ao I. No período de seca, os valores apresentados foram de 51,5 a 170,8 mg/L, correspondendo o menor valor ao poço G e o maior ao A.

Observa-se que os resultados de STD não apresentaram diferenças significativas entre os resultados encontrados no período chuvoso e no período de seca, exceto no poço A, onde houve um aumento considerável nos valores das diferentes estações. Segundo Corrêa (2005), afirma que este parâmetro é influenciado pelo acúmulo de solo e partículas minerais no leito do corpo hídrico, normalmente causado pela erosão de solos próximos ou pelo movimento do corpo d'água. Com o período de seca, os sólidos dissolvidos se encontram em maior concentração devido a baixa pluviosidade, fazendo que os sólidos estejam mais presentes. No período mais chuvoso, esses sólidos tendem a estar em menor concentração devido a sua diluição por conta das águas das chuvas.

O STD mede a concentração de substâncias iônicas, sendo expressa em miligramas/litro (mg/L). A Portaria de nº 888 de 2021, estabelece que o valor máximo permitido de sólidos totais dissolvidos a ser detectado na água destinada ao consumo humano é de 500 mg/L. Nota-se que, por mais que tenha ocorrido essas diferenças de valores entre o período chuvoso e de seca, os poços estudados estão de acordo com a legislação vigente para o parâmetro de STD.

## **TURBIDEZ**

Turbidez é a medição da resistência da água à passagem de luz causada pela matéria em suspensão, que dispersa e absorve a luz impedindo a passagem da mesma e resultando em uma aparência turva (QUADROS, 2022).

Nos resultados obtidos nas análises de turbidez das amostras de água no período chuvoso, observa-se que ocorreu uma variação de 0,41 a 21,10 UNT entre os poços, sendo que o poço A apresentou menor valor para turbidez e o poço E maior valor. No período de seca, os resultados apresentados foram de 0,23 a 17,65 UNT entre os poços, com menor turbidez no poço A e maior no E.

Para turbidez, a Portaria nº 888 de 2021, estabelece um Valor Máximo Permitido de 5,0 UNT. Desse modo, os poços B, C e E apresentaram resultados fora do padrão estabelecido no período chuvoso, e os poços C e E continuaram com resultados acima do VMP nas análises do período de seca. O aspecto turvo nestes poços pode ser originado de diversas causas, como naturais ou antrópicas (argilas, partículas de solo, lançamento de efluentes e presença de microrganismos). A presença dessas matérias suspensas pode atribuir cor, sabor e odor à



água, porém nem sempre estas condições sanitárias são impróprias, apesar de incômoda aos olhos humanos (PARRON, 2011).

## **DUREZA TOTAL**

A dureza da água está relacionada diretamente com a presença de sais de cálcio e de magnésio, podendo ser encontrada com mais frequência em águas subterrâneas devido às rochas que se encontram no canal do poço (BRITO, 2019)

A dureza é um parâmetro químico de qualidade da água utilizado para medir a concentração de cátions multimetálicos em solução, sendo os mais frequentes os cátions bivalentes  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  (FERNANDES *et al.*, 2014).

Com os resultados obtidos nas análises de dureza das amostras de água no período chuvoso, observa-se que ocorreu uma variação de 35,13 a 147,82 mg/mL entre os poços. Nessa situação, o poço E apresentou menor valor e o A maior valor para dureza. No período de seca, os resultados apresentados foram de 25,18 a 183,74 mg/L. Entre os poços, o G apresentou menor valor e o poço A apresentou maior valor.

De acordo com a Portaria GM/MS nº 888, o valor máximo permitido para água destinada ao consumo humano é 300 mg/L. Logo, observa-se que todos os poços estão de acordo com a legislação, apesar das variações dos teores entre as coletas.

## **SÓDIO**

O sódio é um dos metais alcalinos mais importantes e abundantes nas águas subterrâneas, sendo o principal responsável pelo aumento constante da salinidade das águas naturais do ponto de vista catiônico. O aumento das concentrações de sódio na água pode ser oriundo de efluentes industriais e esgotos domésticos (CETESB, 2009; SANTOS, 2014).

No teor de sódio das águas coletadas durante o período chuvoso, ocorreu uma variação de 3,828 a 28,632mg/L, relacionando o menor valor ao poço A e o maior ao poço I. No período de seca, a variação foi entre 6,795 e 21,242mg/L, em que o poço com menor teor foi o F e o maior, o A.

Apesar da grande diferença em relação aos resultados, principalmente do poço A - que, na primeira análise, apresentou menor teor de sódio e, na segunda, obteve maior teor - todos os poços se encontram dentro do valor máximo permitido estabelecido pela Portaria.

Conforme a Portaria GM/MS nº 888, o valor máximo permitido de sódio para consumo humano é de 200 mg/l e, em concentrações acima do VMP, pode dar à água um gosto não satisfatório (CETESB, 2009), considerado “salobro” e desagradável (FREDDO FILHO, 2018). No entanto, em águas subterrâneas, o sódio tem uma variação de 0,1 a 100 mg/L (CAMPOS, 2015).

## **AMÔNIO**

O íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), também conhecido como amônia ionizada, devido à sua carga elétrica, é um cátion formado pela protonação da amônia ( $\text{NH}_3^-$ ). Esta está presente em baixos teores em águas naturais, devido ao processo de degradação biológica da matéria orgânica. O processo pelo qual o nitrogênio molecular ( $\text{N}_2$ ) é convertido em amônio é denominado fixação de nitrogênio (PARRON, 2011).

No período chuvoso os teores de amônio apresentaram uma variação de 0,025 a 0,330. As análises realizadas no período de seca, apresentaram uma variação de 0,014 a 0,450. Estes resultados foram associados ao poço H, como o que apresenta o menor valor, e ao poço A, o de maior, em ambas as análises.

A presença de amônio em águas destinadas ao consumo humano não prejudica a saúde humana, por isso a Organização Mundial de Saúde não estipula valores máximos para este composto (CRESPIM, 2017). A Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, não estabelecer valores para o limite de potabilidade para o amônio nas águas destinadas ao consumo humano, porém valores superiores a 0,06 mg/L podem indicar a ocorrência de oxidação para nitrato ( $\text{N}^-\text{NO}_3^-$ ), resultando no processo de nitrificação (FREDDO FILHO, 2018).

Todos os poços estudos apresentaram valores superiores a 0,06 mg/L, o que pode indicar uma contaminação destas águas, pois a elevação no teor deste elemento sinaliza a interferência de fatores como esgotos domésticos, lixo, fossas, rejeitos de origem industrial ou fertilizantes agrícolas.

## **POTÁSSIO**

O Potássio ( $\text{K}^+$ ) é essencial para humanos e está presente no meio ambiente em rochas, lagos e oceanos. Normalmente, é encontrado em baixas concentrações na água para consumo humano e raramente atinge níveis que possam ser considerados de risco para a saúde humana

(CETESB, 2016). Altas concentrações de potássio podem causar distúrbios intestinais e náuseas, além de produzir um gosto “salobro” e desagradável às águas consumidas.

O teor de potássio das águas coletadas durante o período chuvoso apresentou uma variação de 0,635 a 1,402 mg/L, correspondendo menor valor ao poço F e maior valor ao poço A. Nas análises da segunda coleta, no período de seca, observa-se uma variação de 0,531 a 2,030 mg/L, em que o menor valor corresponde ao poço G e o maior continuou relacionado ao poço A.

A legislação brasileira não estipula valores quanto ao teor de potássio. Geralmente, as águas superficiais possuem teores de potássio entre 1 e 3 mg/L e, em águas subterrâneas, os valores são inferiores a 10 mg/L, sendo mais frequente entre 0,5 a 5 mg/L (PARRON, 2011). Portanto, todas as águas analisadas estão dentro do limite aceitável de acordo com a literatura.

## **CÁLCIO**

O cálcio é um dos elementos mais abundantes presentes em águas, solos e rochas. A presença de cálcio na água é originado do contato do corpo hídrico com minerais mais solúveis, sendo controlado pela presença de depósitos de calcita ( $\text{CaCO}_3$ ), dolomita ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) e gipsita ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ).

Os valores de cálcio das águas coletadas durante o período chuvoso apresentaram uma variação de 4,767 a 53,943 mg/L. No período de seca, os resultados apresentados foram de 3,991 a 65,120 mg/L. Em ambas as coletas, os poços que apresentaram menor e maior teor de cálcio foram os mesmos, sendo o poço H apresentando menor teor e o poço A, o maior.

O cálcio é um elemento fundamental para o ser humano, pois tem um papel significativo na estruturação de ossos e dentes, por isso o excesso de cálcio não é tratado como um fator negativo na utilização das águas subterrâneas para consumo doméstico.

A legislação brasileira não estipula valores quanto ao teor de cálcio, mas sabe-se que o cálcio pode ser encontrado em corpos d'água em concentrações em torno de 15 mg/L e, em águas subterrâneas, sua concentração varia de 10 a 100 mg/L (PARRON, 2011). Portanto, todas as águas analisadas estão dentro do limite aceitável de acordo com a literatura.

## **MAGNÉSIO**

O magnésio é um elemento importante para o ser humano, uma vez que nem sempre sua concentração é adquirida através de alimentação com ingestão de sólidos. Porém, se consumido em excesso (valores superiores a 150 mg/L), pode causar náuseas e distúrbios intestinais, além de produzir um gosto “salobro” na água. O magnésio, juntamente com o cálcio, são os cátions que mais contribuem para a dureza total da água. (PARRON, 2011; FREDDO FILHO, 2018).

Os valores de magnésio das águas coletadas durante o período chuvoso apresentaram valores de 3,188 a 8,850mg/L, com os poços A e I correspondendo ao menor e ao maior teor de magnésio. Os valores relacionados ao período de seca foram de 3,084 a 7,334, relacionados ao poço G com menor teor e ao poço B com maior valor.

A legislação brasileira não estipula valores quanto ao teor de magnésio, mas sabe-se que este pode ser encontrado em águas naturais em concentrações próximas de 4 mg/L e, em águas subterrâneas, em concentrações próximas de 5 mg/L (PARRON, 2011). Portanto, todas as águas analisadas estão dentro do limite de acordo com a literatura.

## **FLUORETO**

O flúor é considerado um dos elementos de grande prevalência no solo e o mais eletronegativo e reativo entre os elementos químicos, no entanto não é possível ser encontrado na sua forma pura no meio ambiente, apenas na forma iônica: fluoreto. No meio ambiente, o fluoreto é abundante e amplamente distribuído, podendo ser encontrado em rochas e minerais, solo, água, plantas e animais (CETESB, 2022). A presença de fluoreto nas águas subterrâneas é originado por eventos geológicos ocorridos no passado (processos hidrotermais e tectônicos) que propiciaram a circulação de soluções residuais do magma e provocaram a mineralização e remobilização do fluoreto contido nas rochas. Porém, o fluoreto normalmente é encontrado em pequenas concentrações em águas subterrâneas. Quando encontrado em excesso, em fontes hídricas destinadas ao consumo humano, pode produzir a fluorose (manchas dentárias) que aumentam à medida que o nível ideal de fluoreto é ultrapassado de 1,5 mg/L (BATISTA, 2022).

Observa-se que, nas análises de fluoreto das águas coletadas durante o período chuvoso, houve uma variação de 0,070 a 0,301 mg/L. O poço G apresentou menor valor e o poço D maior valor de fluoreto. Nos resultados obtidos no período de seca, houve uma

variação de 0,012 a 0,224 mg/L em que o menor valor corresponde ao poço H e maior valor ao poço A.

As variações ocorridas em ambas coletas não representam mudanças significativas, pois os resultados obtidos ainda estão de acordo com a Portaria GM/MS nº 888, que estabelece o valor de 1,5 mg/L como o máximo permitido para fluoreto em fontes hídricas destinados ao consumo humano.

### **CLORETO**

O cloreto é um ânions inorgânicos presente em águas naturais. Em águas subterrâneas, os teores de cloreto normalmente são inferiores a 100 mg/L e quando são encontrados teores aumentados, estão relacionados à origem antrópica, especialmente aos resíduos industriais, esgotos sanitários, lixões e aterros. Trata-se de um bom indicador de poluição para aterros sanitários e lixões, uma vez que um alto teor provoca mudança de sabor na água (FEITOSA, 2008; SANTOS, 2014).

Os teores de cloreto das águas coletadas durante o período chuvoso apresentaram uma variação de 0,049 a 0,519 mg/L entre os poços, sendo que o poço E apresentou menor valor e o poço A apresentou maior teor. Os valores de cloreto no período de seca, apresentaram uma variação de 0,231 a 1,033mg/L, com os poços G e A representando o menor e o maior valor, respectivamente. Apesar das alterações dos resultados em ambas as coletas, os valores ainda estão de acordo com a legislação vigente, pois a Portaria do Ministério da Saúde nº 888 de 2021 estabelece, como padrão de potabilidade para o cloreto, o VMP de 250 mg/L.

### **NITRATO**

O nitrato é um parâmetro relevante, pois é um importante indicador de contaminação e poluição das águas subterrâneas por meio de atividades antrópicas. O nitrato é considerado como um elemento prejudicial à saúde, porém muito utilizado na agricultura. Em águas subterrâneas, o nitrato se origina principalmente de quatro fontes: aplicação de fertilizantes com nitrogênio, bem como inorgânicos e de esterco animal, em plantações; cultivo do solo; esgoto humano depositado em sistemas sépticos; e deposição atmosférica (BAIRD; CANN,2011).

A ingestão hídrica com elevadas concentrações de nitrato pode levar ao desenvolvimento de doenças como a metahemoglobinemia, situação na qual o nitrato reduz-se a nitrito na corrente sanguínea e compete com o oxigênio livre. Além disso, foi demonstrado que o nitrito tem a capacidade de reagir com moléculas estomacais, posteriormente formando compostos nitrosos. Muitas moléculas deste grupo foram determinadas como cancerígenas em animais testados, conseqüentemente indicando que este fato também pode ocorrer em humanos. Outros efeitos têm sido relacionados com a produção destes compostos, como: alterações na modulação da atividade mitocondrial, comprometimento do controle de pressão e fluxo sanguíneo; problemas na manutenção do tônus em vasos sanguíneos e inibição de adesão e agregação plaquetária (BATISTA, 2022; CAMPOS, 2015).

O teor de nitrato das águas coletadas durante o período chuvoso apresentaram uma variação de 0,168 a 0,512 mg/L, os poços relacionados ao menor teor e maior teor foram os poços E e I. Nas análises relacionadas ao período de seca, apresentaram uma variação de 0,321 a 0,732 mg/L sendo que o menor teor foi relacionado ao poço F e o maior teor ao poço I.

De acordo com Portaria GM/MS nº 888/2021, o valor máximo permitido para concentração de nitrato para o consumo humano é de 10 mg/L. Sendo assim, todas as amostras de água se encontram abaixo do VMP.

## **FOSFATO**

A presença do fosfato em águas subterrâneas pode ocorrer de forma natural, pois está relacionado a processos como a dissolução de rochas, decomposição de matéria orgânica e carreamento dos solos. Porém, também pode estar relacionado a processos antrópicos, como lançamento de esgoto sanitário, detergentes, fertilizantes e pesticidas (FREDDO FILHO, 2018).

Os teores fosfato analisados nas águas coletadas durante o período chuvoso, apresentaram uma variação de 0,047 a 0,701 mg/L. As análises realizadas no período de seca, apresentaram resultados de 0,123 a 0,865 mg/L. Em ambas as análises, os mesmos poços apresentaram menor e maior teor de fosfato, são eles: A e B.

A legislação brasileira não estipula valores quanto à concentração de fosfato pela Portaria GM/MS nº 888.

## **SULFATO**

O sulfato é um dos íons mais abundantes na natureza, tendo sua origem na dissolução de solos e rochas ou na oxidação de sulfetos ou por intermédio das reações químicas de decomposição dos minerais como pirita, calcopirita, galena, blenda (MACHADO, 2006). Também pode ser oriundo da decomposição da matéria orgânica, em condições de anaerobiose, bem como, pelo metabolismo bacteriano, gerando como produtos compostos de odorização desagradável, possuindo maiores concentrações em manancial subterrâneo (CETESB, 2009).

Os teores de sulfato das águas coletadas durante o período chuvoso apresentaram uma variação de 0,062 a 1,102 mg/L. Os resultados relacionados à segunda coleta, no período de seca, apresentaram uma variação de 0,078 a 3,002 mg/mL. Nos resultados de ambas as coletas, o menor valor corresponde ao poço H e maior teor ao poço A.

A Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, estabelece que teores de sulfato, quando presente em águas destinadas ao consumo humano, não podem apresentar concentrações que ultrapassem os valores de 250 mg L. Portanto, observa-se que todos os poços estão de acordo com a legislação vigente, pois todos resultados apresentaram-se bem abaixo do VMP.

### **ANÁLISE MICROBIOLÓGICA**

As análises de coliformes totais são frequentemente utilizadas nas análises de qualidade de água e classificam-se como um dos parâmetros básicos no controle microbiológico. Essas análises são extremamente importantes para a saúde pública, pois podem indicar a presença de microrganismos patogênicos na água, como os coliformes termotolerantes (TEDESCO; OLIVEIRA; TROJAN, 2021).

Neste trabalho, nota-se que todas as águas analisadas não estão de acordo com a Portaria nº. 888 MS/GM, de 04 de maio de 2021, que estabelece que a água para consumo deve estar ausente de coliformes totais e de *Escherichia coli*. Todos os poços estudados no meio rural, tanto no período chuvoso quanto no de seca, apresentaram-se inadequados para consumo humano. Isso implica que a água proveniente desses poços não pode ser utilizada para abastecimento público sem tratamento adequado.

**Tabela 3:** Características microbiológicas da água dos poços analisados de assentamentos agrícolas.

Parâmetros	Estação	Poços									VMP
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	
<b>Coliformes totais</b>	Chuvoso	1119,9	148,3	>2419.6	307,6	4,1	49,5	8,5	9,8	73,3	Ausente (NNP)
	Seca	261,3	1986,3	>2419.6	>2419.6	>2419.6	5,2	1553,1	>2419.6	1299,7	
<b><i>Escherichia coli</i></b>	Chuvoso	1,0	5,1	Ausente	Ausente	4,1	16,0	1,0	Ausente	Ausente	Ausente (NNP)
	Seca	108,6	Ausente	Ausente	188,2	1986,3	2,0	1299,7	46,7	Ausente	

Fonte: PRÓPRIA DO AUTOR, 2023.

As análises microbiológicas das águas coletadas durante o período chuvoso apresentaram os seguintes resultados: todos os poços apresentaram resultados positivos para a presença de coliformes totais, mas apenas alguns poços (A, B, E, F e G) apresentaram resultados positivos para *Escherichia coli*.

É importante notar que o poço C apresentou o valor máximo de contaminação por coliformes totais em comparação com os outros poços (com número mais provável (NNP) >2419.6) e o poço E apresentou menor valor de contaminação (4,1 NNP). Já em relação aos coliformes termotolerantes, o poço F apresentou maior contaminação por *Escherichia coli* (16,0 NNP) e os poços A e G, ambos com 1,0 NNP, mostraram menor nível de contaminação.

Nas análises microbiológicas das águas coletadas durante o período de seca, nota-se que, para coliformes totais, os poços C, D, E e H apresentaram maior nível de contaminação (>2419.6 NNP) e o poço F apresentou menor contaminação (5,2 NNP). Já na pesquisa por *E. coli*, o poço E apresentou maior contaminação (1986,3 NNP) e os poços B, C e I não apresentaram a presença da bactéria nas amostras analisadas.

Neste estudo, ao analisar microbiologicamente os dados de ambas as coletas, observa-se que em todos os poços ocorreu a identificação de coliformes totais, mas nem todos apresentaram resultados positivos para *Escherichia coli*. Em relação a todas as análises microbiológicas, independentemente do período, o poço F apresentou as menores taxas de contaminação. Uma explicação plausível seria a profundidade do poço, que se aproxima dos 140 metros, sendo o poço mais profundo. Segundo Bastos (2013) quanto menor profundidade do poço, mais suscetível a contaminação.



Os coliformes são de origem natural ou decorrente de contaminação fecal. A presença desses micro-organismos nos ambientes subterrâneos deve-se à falha ou até mesmo à inexistência de proteção dos recursos hídricos, por meio do uso inadequado de insumos, descarte incorreto de efluente e destruição da mata nativa em áreas de preservação permanente. A infiltração do necrochorume também pode ser uma fonte de contaminação por conter bactérias, dentre elas a *Escherichia coli* (REZENDE *et al.*, 2023).

A *Escherichia coli* é um subgrupo das bactérias do grupo coliformes, de origem fecal, e a sua presença indica contaminação recente, pois elas não se reproduzem fora de seu habitat (intestino de animais quentes) (SILVA *et al.*, 2014).

A literatura relata que os coliformes totais podem ser encontrados em amostras de água tanto em períodos de chuva, quanto em períodos de seca (FERREIRA *et al.*, 2021), porém são encontrados com maior frequência em períodos de chuva devido a infiltração destes micro-organismos nos poços pelo escoamento superficial (SILVA *et al.*, 2017). No entanto, um estudo realizado na cidade Peabiru, localizada no estado do Paraná, durante o segundo semestre do ano de 2017 até o ano de 2020, por meio de teste com todos os poços estudados, comparou parâmetros dos somatório de chuvas e foi possível concluir que a presença de coliformes totais é maior em períodos de seca (VICENTE, 2021), resultado esse que também pode ser observado no presente trabalho.

Devido à ausência de tratamento e monitoramento da qualidade das águas dos poços estudados, é importante ressaltar a importância da realização do tratamento alternativo da água para consumo humano. Devido à presença de contaminação por coliformes totais e *Escherichia coli* é essencial a remoção ou inativação desses micro-organismos para garantir a segurança dessas águas e da saúde humana. Alguns métodos utilizados para remoção ou inativação de micro-organismos são: fervura (a água pode ser armazenada, no entanto também é necessário esterilizar os vasilhames); filtração (sendo os filtros de barros, geralmente, muito utilizados) e desinfecção (elimina os organismos patogênicos utilizando usualmente o cloro). Outro ponto importante é ressaltar a importância da limpeza da caixa armazenadora de água periodicamente, pois é fundamental para auxiliar na qualidade da água (SIQUEIRA, 2014).

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A água é um recurso natural essencial para a sobrevivência dos seres humanos. Este estudo ressalta a importância do abastecimento de água no meio rural em quantidade suficiente para a comunidade, com tratamento e monitorização das fontes hídricas de forma frequente. Porém, o custo destas monitorizações torna-se inviável quando se pensa na necessidade do estudo dos poços de forma individual. Por isso, há a importância da rede de abastecimento público fornecido pela empresa da região, pois por mais que as águas subterrâneas sejam fontes de boa qualidade a ponto de ser consideradas potáveis, a situação muda quando se tem atividades antrópicas exercidas nas localidades e sem as devidas orientações de preservação da fonte.

O consumo de fontes hídricas com ausência de tratamento adequado apresenta um risco à saúde pública, devido ao fato de ser um dos principais veículos de transmissão de doenças. E justamente pela importância de um abastecimento hídrico com tratamento e monitoramento eficiente, a Portaria nº 888, de 04 de maio de 2021, estabelece valores máximos permitidos (VMP) para as características físico-químicas e microbiológicas da água potável. Ademais, esta Portaria ressalta, no Art. 13, a importância da realização de ações de vigilância da qualidade da água, destinada ao consumo humano, em áreas rurais.

O estudo físico-químico nos poços estudados em sua maioria estão de acordo com a legislação vigente, dentro dos VMP. O padrão microbiológico foi visto como o ponto mais preocupante na pesquisa. Em que ambas as coletas realizadas no período chuvoso e de seca, foram identificados a presença de coliformes totais e ou *Escherichia coli*, uma vez que a determinação da concentração dos coliformes é de grande relevância como indicador da possibilidade de existência de outros microrganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica. Logo, com base nos objetivos deste estudo, conclui-se que os poços estudados não estão de acordo com os padrões de potabilidade.

Os resultados obtidos diante deste estudo poderão servir como base para outros estudos mais aprofundados, auxiliando, assim, na identificação de possíveis pontos de contaminação. É possível concluir que a água consumida pelos moradores não está de acordo com o recomendado pela legislação vigente para água potável. No entanto, novas análises devem ser realizadas em diferentes períodos do ano para que possa ser investigada a permanência e frequência dos níveis de contaminações por coliformes totais e *Escherichia coli*. Também é necessário investigar a possível origem de contaminação e,

consequentemente, quais são as providências a serem tomadas com caráter corretivo e preventivo.

## REFERÊNCIAS

ABAS (Associação Brasileira de Águas Subterrâneas) **Águas Subterrâneas. O que são?**. 2023a. Disponível em: <https://www.abas.org/aguas-subterraneas-o-que-sao/#ind21>. Acesso em: 13 fev. 2023.

ABAS (Associação Brasileira de Águas Subterrâneas). **Poços para captação de água**. 2023b. Disponível em: <https://www.abas.org/pocos-para-captacao-de-agua/>. Acesso em: 25 fev. 2023.

ANA (Agência Nacional de Águas). Brasil. **Atlas Brasil: Abastecimento Urbano de Água**. Vol. 1. Brasília: ANA, 2010. Disponível em: <https://www.aris.sc.gov.br/uploads/revista/2735/YXwFOHqcDQSDQEA2bjfi2KfS2Pt-Binw.pdf>. Acesso em: 01 mai. 2022.

ANA (Agência Nacional de Águas). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017: relatório pleno**. Brasília: ANA, 2017. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/relatorio-conjuntura-2017.pdf/view>. Acesso em: 01 mai. 2022.

APHA (American Public Health Association). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22 ed. APHA: Washington, 2005.

BAGATINI, M.; BONZANINI, V.; OLIVEIRA, E. C. Análise da qualidade da água em poços artesianos na região de Roca Sales, Vale do Taquari. **Revista Caderno Pedagógico**, [S.l.], v. 14, n. 1, jun. 2017. Disponível em: <http://univates.br/revistas/index.php/cadped/article/view/1417>. Acesso em: 01 mai. 2022.

BAIRD, C.; CANN, M. **Química Ambiental**. 4. ed, Porto Alegre: Bookman, 2011

BASTOS, M. L. **Caracterização da qualidade da água subterrânea: estudo de caso no Município de Cruz das Almas - Bahia**. 2013. 75 f. Dissertação (Graduação) do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2013. Disponível em: <http://repositorioexterno.app.ufrb.edu.br/handle/123456789/855>. Acesso em: 22 nov. 2022.

BATISTA, Ingrid Daniela Pacheco. **Avaliação da qualidade da água de consumo humano em poços subterrâneos de propriedades rurais do município de São José dp Inhacorá - RS**. 2022. 63f. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso) Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Santa Maria. Frederico Westphalen. Disponível em: [https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/25971/Batista\\_Ingrid\\_Daniela\\_Pacheco\\_2022\\_TCC.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/25971/Batista_Ingrid_Daniela_Pacheco_2022_TCC.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 19 fev. 2023.

BERTOLO, R.; HIRATA, R.; FERNANDES, A. Hidrogeoquímica das águas minerais envasadas no Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 37, n. 3, p. 515-529, set. 2007. DOI: 10.25249/0375-7536.2007373515529. Disponível em:

[https://www.researchgate.net/publication/306200395\\_Hidrogeoquimica\\_das\\_aguas\\_minerais\\_envasadas\\_no\\_Brasil](https://www.researchgate.net/publication/306200395_Hidrogeoquimica_das_aguas_minerais_envasadas_no_Brasil). Acesso em: 14 ago. 2023.

BIERKENS, M; WADA, Y. Non-renewable groundwater use and groundwater depletion: a review. **Environmental Research Letters**, Bristol, v. 14, n. 6. maio 2019. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ab1a5f/meta>. Acesso em: 01 mai. 2022.

BRAGA, E. A. S.; AQUINO, M. D.; ROCHA, C. M. S. ; MENDES, L. S. A. S.; SALGUEIRO, A. R. G. N. L. Classificação da água subterrânea com base nos sólidos totais dissolvidos estimado. **Revista Águas Subterrâneas**, São Paulo, v. 35, n. 2, jul. 2021. DOI: 10.14295/ras.v35i2.30051. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/30051>. Acesso em: 07 ago. 2023.

BRAIN, R.; CRONK, R.; WRIGHT, J.; YANG, H.; SLAYMAKER, T.; BARTRAM, J. Fecal contamination of drinking-water in low-and middle-income countries: A systematic review and meta-analysis. **Plos Medicine**, São Francisco, v. 11, n. 5, e1001644, mai. 2014. DOI: 10.1371/journal.pmed.1001644. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosmedicine/article?id=10.1371/journal.pmed.1001644>. Acesso em: 01 mai. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Programa Nacional de Saneamento Rural**. Brasília: Funasa, 2019.

BRASIL. **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, 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>. Acesso em: 01 mai. 2022.

BRITO, K. P. **Qualidade da água de poços artesianos das comunidades rurais Aroeiras e Pau Ferro em São José de Piranhas-PB**. 2019. 41 f. Dissertação (Bacharelado) da Unidade Acadêmica de Ciências Exatas e da Natureza da Universidade Federal de Campina Grande, Cajazeiras, 2019. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/bitstream/riufcg/11002/3/KILDERY%20PEDROSA%20ODE%20BRITO%20-%20TCC%20LICENCIATURA%20EM%20QU%3%8DMICA%202019.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2022.

BURITIS. Dados Municipais. Disponível em: <https://www.buritis.mg.gov.br/a-prefeitura/dados-municipais/>. Acesso em: 14 ago. 2023.

CAMPOS, R. **Análise da qualidade das águas subterrâneas e determinação do índice de vulnerabilidade do aquífero serra geral no município de Medianeira - PR**. 2015. 108 f. Dissertação (Mestrado) do Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2015. Disponível em: [https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2504/1/MD\\_PPGTAMB\\_M\\_Campos%2C%20Rafael%20Flores%20de\\_2015.pdf](https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2504/1/MD_PPGTAMB_M_Campos%2C%20Rafael%20Flores%20de_2015.pdf). Acesso em 02 mar. 2023.

CAPPI, N.; AYACH, L. R.; SANTOS, T. M. B.; GUIMARÃES, S. T. L. Qualidade da água e fatores de contaminação de poços rasos na área urbana de Anastácio (MS). **Geografia Ensino & Pesquisa**, Santa Maria, v. 16, n. 3, p. 77-92, nov. 2012. DOI: 10.5902/223649947581. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/geografia/article/view/7581>. Acesso em: 01 mai. 2022.

CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). **Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem** - Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo. CETESB. Série Relatórios, 2009. 43p. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2021/09/Apendice-C-Significado-ambiental-e-sanitario-das-variaveis-de-qualidade-das-aguas-e-dos-sedimentos-metodologias-analiticas-e-de-amostragem.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2023.

CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). **Potássio**. Ficha de informação toxicológica. CETESB, 2016. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2013/11/Pot%C3%A1ssio.pdf>. Acesso em: 01 mar. 2023.

CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). **Flúor e Fluoreto**. Ficha de informação toxicológica. CETESB, 2022. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2022/11/Fluor-e-fluoretos.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2023.

CHAKRABORTI, D.; RAHMAN, M. M.; MUKHERJEE, A.; ALAUDDIN, M.; HASSAN, M.; DUTTA, R. N.; PATI, S.; MUKHERJEE, S. C.; ROY, S.; QUAMRUZZMAN, Q.; RAHMAN, M.; MORSHED, S.; ISLAM, T.; SORIF, S.; SELIM, M.; ISLAM, M. R.; HOSSAIN, M. M. Groundwater arsenic contamination in Bangladesh-21 Years of research. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, Stuttgart, v. 31, p. 237-248. jul. 2015. DOI: 10.1016/j.jtemb.2015.01.003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0946672X15000048>. Acesso em: 01 mai. 2022.

COLVARA, J. G.; LIMA, A. S.; SILVA, W. P. Avaliação da contaminação de água subterrânea em poços artesianos no sul do Rio Grande do Sul. **Brazilian Journal of Food Technology**. Campinas, II SSA, v. 2, p. 11-14, jan. 2009. Disponível em: [http://bjft.ital.sp.gov.br/especiais/especial\\_2009/v11\\_edesp\\_03.pdf](http://bjft.ital.sp.gov.br/especiais/especial_2009/v11_edesp_03.pdf). Acesso em: 03 mar. 2023.

CONCEIÇÃO F. T.; MAZZINI, F.; MORUZZI, R. B.; NAVARRO, G. R. B. Influências Naturais e Antrópicas na Qualidade da Água Subterrânea de Poços de Abastecimento Público na Área Urbana de Marília (SP). **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 19, n. 3, p. 227-238, jul.-set. 2014. Disponível em: [https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/168/22cb0146e0000c22654c7a82574fd469\\_d13211d2903a521d991603a89479f466.pdf](https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/168/22cb0146e0000c22654c7a82574fd469_d13211d2903a521d991603a89479f466.pdf). Acesso em: 20 nov. 2022.

CORRÊA, Fábio Maurício. **Impactos antrópicos sobre a qualidade da água no Rio das Antas na área urbana da cidade de Anápolis Goiás**: uma abordagem para gestão ambiental. 2005. 146 f. Dissertação (Mestrado) do Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Gestão

Ambiental da Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2005. Disponível em: <https://bdtd.ucb.br:8443/jspui/handle/123456789/1707>. Acesso em: 07 ago. 2023.

CRESPIM, R. C. S. **Qualidade das águas subterrâneas rasas: estudo de caso no distrito de Icoaraci-PA**. 2017. 104 f. Dissertação (Mestrado) em Recursos Hídricos do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, Belém, 2017. Disponível em: [https://repositorio.ufpa.br/jspui/bitstream/2011/10740/1/Dissertacao\\_QualidadeAguasSubterraneas.pdf](https://repositorio.ufpa.br/jspui/bitstream/2011/10740/1/Dissertacao_QualidadeAguasSubterraneas.pdf). Acesso em: 07 ago. 2023.

DÖLL, P.; HOFFMANN-DOBREV, H; PORTMANN, F. T.; SIEBERT, S.; EICKER, A.; RODELL, M.; STRASSBERG, G.; SCANLON, B. R. Impact of Water Withdrawals from Groundwater and Surface Water on Continental Water Storage Variations. **Journal of Geodynamics**, Amsterdã, v. 59-60, p. 143-156, set. 2012. DOI: 10.1016/j.jog.2011.05.001. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264370711000597>. Acesso em: 07 ago. 2023.

EGBUERI, J. C. Evaluation and characterization of the groundwater quality and hydrogeochemistry of Ogbaru farming district in southeastern Nigeria. **SN Applied Sciences**, Cham, v. 1, n. 851, jul. 2019. DOI: 10.1007/s42452-019-0853-1. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s42452-019-0853-1>. Acesso em: 07 ago. 2023.

FEITOSA, A. C.; MANOEL FILHO, J.; FEITOSA, E. C.; DEMETRIO, J. G. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. 3. ed. Rio de Janeiro: CPRM/LABHIDRO, 2008. 812 p.

FERREIRA, L. A.; PIMENTEL, E. T.; SILVA, R. B. P.; SANTOS, A. A. Avaliação da qualidade de potabilidade da água subterrânea em áreas rurais no município de Humaitá/AM. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, Aracaju, v. 12, n. 1, p. 721-729, jan. 2021. DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2021.001.0058. Disponível em: <https://www.sustenere.co/index.php/rica/article/view/CBPC2179-6858.2021.001.0058>. Acesso em: 07 ago. 2023.

FREDDO FILHO, V. J. **Qualidade das águas subterrâneas rasas do aquífero Barreiras: estudo de caso em Benevides, PA**. 2018. 112 f. Dissertação (Mestrado) do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, Belém, 2018. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/19641>. Acesso em: 07 ago. 2023.

FRANKENBERGER JR, W. T.; MEHRA, H. C.; GJERD, D. T. Environmental applications of ion chromatography. **Journal of Chromatography A**, Amsterdã, v. 504, p. 211-245, 1990. DOI: 10.1016/S0021-9673(01)89529-7. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0021967301895297>. Acesso em: 24 out. 2022.

FUNASA (Fundação Nacional de Saúde). **Panorama do Saneamento Rural no Brasil**. Brasília, 2016. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/saneamento-para-promocao-da-saude>. Acesso em: 01 mai. 2022.

GUALDANI, C. **Assentamentos da reforma agrária em regiões produtivas do agronegócio: territorialidades, segurança alimentar e acesso à água, no município de Buritis - MG**. 2019. 202 f. Tese (Doutorado) do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade de Brasília, Brasília, 2019. Disponível em: <<https://repositorio.unb.br/handle/10482/39373>>. Acesso em: 07 ago. 2023.

GUIMARÃES, L.; GUILHERMINO, L.; AFONSO, M. J.; MARQUES, J. M.; CHAMINÉ, H. I. Assessment of urban groundwater: towards integrated hydrogeological and effects-based monitoring. **Sustainable Water Resources Management**, Cham, v. 5, n. 1, p. 1-17, feb. 2019. DOI: 10.1007/s40899-019-00301-w. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40899-019-00301-w>. Acesso em: 01 mai. 2022.

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: Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, 2019a. Disponível em: [https://igc.usp.br/igc\\_downloads/Hirata%20et%20al%202019%20Agua%20subterranea%20e%20sua%20importancia.pdf](https://igc.usp.br/igc_downloads/Hirata%20et%20al%202019%20Agua%20subterranea%20e%20sua%20importancia.pdf). Acesso em: 20 nov. 2022.

HIRATA, R.; SUHOGUSOFF, A.; MARCELLINI, S. S.; VILLAR, P. C.; MARCELLINI, L. **A revolução silenciosa das águas subterrâneas no Brasil: uma análise da importância do recurso e os riscos pela falta de saneamento**. 2019b. São Paulo: Instituto Trata Brasil. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/directbitstream/e7d9e125-7b22-4706-915b-a397f8a91784/2928658.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2023.

HOLLAS, C. E. **Avaliação da qualidade da água subterrânea utilizada para abastecimento na zona rural do Município de Francisco Beltrão-Paraná**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Francisco Beltrão. 165 p. 2015. Disponível em: [https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/11506/3/FB\\_COEAM\\_2015\\_2\\_03.pdf](https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/11506/3/FB_COEAM_2015_2_03.pdf). Acesso em: 02 mar. 2023.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Sinopse do Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Indicadores Brasileiros para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. 2022. Disponível em: <https://odsbrasil.gov.br/>. Acesso em: 20 nov. 2022.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Buritis. 2023 Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/buritis/panorama>. Acesso em: 07 ago. 2023.

IDEXX (Idexx Laboratories). **One idexx drive**. 2017. Disponível em: <http://www.idexx.com>. Acesso em: 20 abr. 2022.

IGINO, L. V. **Análise microbiológica e físico-química da água dos poços artesianos do bairro Água da Jacutinga, na cidade de Andirá – PR**. 2014. 67 f. Dissertação (Graduação) em Química da Fundação Educacional do Município de Assis (FEMA), Assis, 2014. Disponível em: <https://cepein.femanet.com.br/BDigital/arqTccs/1011290343.pdf>. Acesso em 01 mai. 2022.



KÖCHE, J. C. Fundamentos de metodologia científica: teoria da ciência e iniciação à pesquisa. Petrópolis: Vozes, 2011.

KOZISEK. F. Health risks from drinking demineralised water. In: World Health Organization (Org.). **Nutrients in drinking water**. Genebra: WHO, 2005. p 157-172. Disponível em: <http://www.accomplishmoretoday.com/public/images/WHO%20Nutrients%20in%20Drinking%20Water.pdf>. Acesso em: 01 mai. 2022.

KUHN, M. R; ZART, N.; OLIVEIRA, E. C. Avaliação físico-química e microbiológica da qualidade das águas dos poços artesianos que abastecem o distrito de Boa Vista, no município de Triunfo – RS. **Revista Destaques Acadêmicos**, Lajeado, v. 7, n. 4, p. 132-140, 2015. Disponível em: <http://www.univates.br/revistas/index.php/destaques/article/view/505>. Acesso em: 07 ago. 2023.

MACEDA, E. B.; GRISOLIA, A. B.; VAINI, J. O.; CANDIDO, L. S. Uso de biomarcadores para monitoramento das águas do Córrego Arara no município de Rio Brillhante, MS, Brasil. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 10, n. 1, p. 117-129, mar. 2015. DOI: 10.4136/ambi-agua.1500. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/kKSy7Ld3KqyHt7Phd7pw9XJ/>. Acesso em: 01 mai. 2022.

MACHADO, W. C. P. **Indicadores da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Pato Branco**. 2006. 315 f. Tese (Doutorado) do Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/10963>. Acesso em: 07 ago. 2022.

MARTINS, L. M. M. **Saneamento rural: estudo de caso na comunidade Forte Velho no Município de Santa Rita – PB**. 2022. 124 f. Dissertação (Mestrado) do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2022. Disponível em: [dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/handle/riufcg/29974](https://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/handle/riufcg/29974). Acesso em: 07 ago. 2022.

MARTINS, L. M. M.; SILVA, H. C.; DANTAS NETO, J. Análise das águas subterrâneas na comunidade Forte Velho, Zona Rural de Santa Rita, Paraíba. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, Aracaju, v. 13, n. 7, p. 278-286, jul. 2022. DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2022.007.0020. Disponível em: <https://www.sustenere.co/index.php/rica/article/view/7525>. Acesso em: 07 ago. 2022.

MONTEIRO, P. L. A. **Análise microbiológica das águas de consumo da reserva indígena aldeia Jaguapiru do município de Dourados/MS**. 2006. 75 f. Dissertação (Mestrado) do Programa Minter Interdisciplinas em Ciências da Saúde da Universidade de Brasília. Brasília, 2006. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/5856>. Acesso em: 07 ago. 2022.

NASCIMENTO, F. T.; NASCIMENTO, C. A.; SPILKI, F. R.; STAGGEMELER, R.; LAUER JUNIOR, C. M. Efficacy of a solar still in destroying virus and indicator bacteria in water for human consumption. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 13, n. 4, e2084, jul. 2018. DOI:

10.4136/ambi-agua.2084 Disponível: <http://www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/view/2045>. Acesso em: 01 mai. 2022.

OMS (Organização Mundial da Saúde). **Água mais segura, melhor saúde**. 80 p. 2019. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/329905/9789241516891-eng.pdf>. Acesso em: 02 mar. 2023.

OMS (Organização Mundial da Saúde). **Água**. 2022. Disponível em: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>. Acesso em: 01 mai. 2022.

PARRON, M. P; MUNIZ, D. H. F.; PEREIRA, C. M. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água**. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/57612/1/Doc232ultima-versao.pdf>. Acesso em: 07 ago. 2022.

PEIL, G. H. S.; KUSS, A. V.; GONÇALVES, M. C. F. Evaluation of water bacteriological quality used for public supply in the city of Pelotas - RS - Brazil. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 37, n. 1, p. 79-84, jan. 2015. DOI: 10.5902/2179460X14941. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/14941>. Acesso em: 01 mai. 2022.

QUADROS, G. **Avaliação da qualidade de águas subterrâneas utilizadas para abastecimento em zona rural**. 2022. 69 f. Dissertação (Bacharelado) do curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2022. Disponível em: <https://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/30598/4/qualidadeaguassubterraneas.pdf>. Acesso em: 24 fev. 2023.

QUAGGIO, C. S.; GASTMANS, D.; KIRCHHEIM, R.; BATISTA, L. V. Variações na composição das águas subterrâneas do Sistema Aquífero Serra Geral em território brasileiro e sua relação com anomalias hidrogeoquímicas. **Revista Águas Subterrâneas**, São Paulo, v. 32, n.3, p. 283-294, ago. 2018. DOI: 10.14295/ras.v32i3.29085. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/29085/18877>. Acesso em: 22 fev. 2023.

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**, Aracaju, v. 19, n. 02, p. 024301-1-024301-12, fev. 2023. DOI: 10.14808/sci.plena.2023.024301. Disponível em: <https://scientiaplenua.emnuvens.com.br/sp/article/view/6778>. Acesso em: 14 ago. 2023.

SANTOS, A. C. Qualidade das águas subterrâneas. In: FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J.; FEITOSA, E. C.; DEMETRIO, J. G. A. **Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações**. 3. ed. Rio de Janeiro: CPRM/LABHIDRO, 2008. p. 325-358.

SANTOS, G. F. A. **Poços artesanais: um guia prático para construção e regulação no Rio Grande do Norte**. 2022. 21 f. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso) Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Disponível em:

[https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/50774/1/Po%c3%a7osArtesianos\\_%20Santos\\_2022.pdf](https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/50774/1/Po%c3%a7osArtesianos_%20Santos_2022.pdf). Acesso em: 24 fev. 2023.

SANTOS, R. A. **Hidrogeoquímica das Águas Subterrâneas do Município de Iraquara, Bahia**. 2014. 114 f. Dissertação (Mestrado) do Programa de Pós-graduação em Geologia da Universidade Federal da Bahia, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/16318>. Acesso em: 14 ago. 2023.

SCHUITEMA, G.; HOOKS, T.; MCDERMOTT, F. Water quality perceptions and private well management: The role of perceived risks, worry and control. **Journal of Environmental Management**, Nova Iorque, v. 267, 110654, ago. 2020. DOI: 10.1016/j.jenvman.2020.110654. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479720305867>. Acesso em: 14 ago. 2023.

SELVAKUMAR, S.; CHANDRASEKAR, N.; KUMAR, G. Hydrogeochemical characteristics and groundwater contamination in the rapid urban development areas of Coimbatore, India. **Water Resources and Industry**, Amsterdã, v. 17, p. 26-33, jun. 2017. DOI: 10.1016/j.wri.2017.02.002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212371716301639>. Acesso em 1 mai. 2022.

SILVA, A. S. **Qualidade de água de abastecimento na zona rural de Santa Rita – PB e propostas de melhoria**. 2019. 102 f. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/16882>. Acesso em: 14 ago. 2023.

SILVA, C. C. L. **Avaliação da qualidade da água de poços e mina destinada ao consumo humano no Município de São Jorge do Ivaí-PR**. 2017. 11 p. Dissertação (Bacharelado) do curso de Engenharia Ambiental do Centro Universitário de Maringá, Maringá, 2017. Disponível em: <http://rdu.unicesumar.edu.br/handle/123456789/359>. Acesso em: 14 ago. 2023.

SILVA, D. D.; MIGLIORINI, R. B.; SILVA, E. C.; LIMA, Z. M.; MOURA, I. B. Falta de saneamento básico e as águas subterrâneas em aquífero freático: região do Bairro Pedra Noventa, Cuiabá (MT). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 1, p. 43-52, jan.-mar. 2014. DOI: 10.1590/S1413-41522014000100005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/b5t5hKm7Qt5sXbnkVKrmvGw/>. Acesso em: 14 ago. 2023.

SILVA, M. A. P. **Avaliação físico-química, microbiológica e fatores de influência na qualidade da água em poços residenciais no município de Laranjal do Jari, Amapá, Brasil**. 2022. 62 f. Dissertação (Graduação) do curso de Tecnologia em Gestão Ambiental do Instituto Federal do Amapá, Laranjal do Jari, 2022. Disponível em: <http://repositorio.ifap.edu.br/jspui/handle/prefix/751>. Acesso em: 14 ago. 2023.

SIQUEIRA, F. G. **Avaliação da qualidade microbiológica da água em poços artesanais da comunidade rural Rajadinha Distrito Federal**. 2014. 36 f. Dissertação (Especialização) do Programa de Pós-graduação em Análise Ambiental e Desenvolvimento Sustentável do Centro

Universitário de Brasília, Brasília, 2014. Disponível em: <https://repositorio.uniceub.br/jspui/handle/235/7769>. Acesso em: 14 ago. 2023.

SOUZA J. F. M.; PINHEIRO, J. M. Qualidade física das águas subterrâneas em áreas urbanas de cidades do litoral nordestino: o caso de Apicim-açu - MA. *International Journal Semiarid*, Fortaleza, v. 5, n. 5, p.328-350, jul. 2022. DOI: 10.56346/Journal\_Semiarid\_ijsa.v5i5.135. Disponível em: <https://journalsemiarid.com/index.php/ijsa/article/view/135>. Acesso em: 24 nov. 2022.

STOLF, D, F; MOLZ, S. Avaliação microbiológica da água utilizada para consumo humano em uma propriedade rural de Taió-SC. *Saúde e meio ambiente: revista interdisciplinar*, Mafra, v. 6, n. 1, p. 96-106, jul. 2017. DOI: 10.24302/sma.v6i1.1104. Disponível em: <http://www.periodicos.unc.br/index.php/sma/article/view/1104>. Acesso em: 02 mar. 2023.

TEDESCO, A. M.; OLIVEIRA, G. A.; TROJAN, F. Avaliação da vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas por meio dos métodos AHP e TOPSIS. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 26, n. 3, p. 401-407, mai.-jun. 2021. DOI: 10.1590/S1413-415220190322. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jesa/a/XnLJNmdCCTdVpNJT8KzMGQK/>. Acesso em: 14 ago. 2023.

VASCONCELOS, M. B. Poços para captação de águas subterrâneas: revisão de conceitos e proposta de nomenclatura. In: XVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 18, 2014, Belo Horizonte. *Anais do XVIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas*. Belo Horizonte: ABAS, 2014. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/28288/18401>. Acesso em: 01 mai. 2022.

VICENTE, Y. S. **Qualidade de águas de poços artesianos de Peabiru, Paraná, Brasil: um município sem saneamento público**. 2021. 75 f. Dissertação (Bacharelado) do curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2021. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/26891>. Acesso em: 14 ago. 2023.

VON SPERLING. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2014. 472 p.

ZERWES, C. M.; SECCHI, M.; CALDERAN, T. B.; BORTOLI, J. Análise da qualidade da água de poços artesianos do município de Imigrante, Vale do Taquari/RS. *Ciência e Natura*, Santa Maria, v. 37, n. 3, p. 651-663, set. 2015. DOI: 10.5902/2179460X17385. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/17385>. Acesso em: 01 mai. 2022.