



ANÁLISE PARCIAL DA QUALIDADE DA ÁGUA EM POÇOS RASOS NO MUNICÍPIO DE IGARASSU-PE, BRASIL

Marcelo Francisco dos Santos

Curso de Especialização em Educação Ambiental e Geografia do Semiárido, Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN), Natal, Rio Grande do Norte, Brasil.

marcelo.francisco@ufpe.br

Rômulo Wilker Neri de Andrade

Curso de Especialização em Educação Ambiental e Geografia do Semiárido, Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN), Natal, Rio Grande do Norte, Brasil.

romulo_wilker@hotmail.com

Resumo: A monitorização microbiológica desempenha um papel crucial na detecção de micro-organismos patogênicos, com destaque para os coliformes termotolerantes, em poços rasos, assegurando a qualidade da água destinada ao consumo humano. Quando associada a análises físico-químicas, permite obter um panorama mais abrangente da qualidade da água subterrânea. Nesse contexto, esse estudo objetivou avaliar o risco à contaminação por micro-organismos patogênicos em poços rasos em diferentes pontos no município de Igarassu-Pernambuco, por meio de análises microbiológicas e físico-químicas de 7 poços rasos distribuídos na área urbana. Todas as amostras foram coletadas seguindo procedimentos técnicos previamente estabelecidos e as análises de coliformes totais, *E. coli*, pH, turbidez e cloreto ocorrem em triplicada. Assim, esse estudo observou que poços rasos, localizados próximos à superfície, apresentam a presença de micro-organismos patogênicos em todas as amostras, sugerindo a possibilidade de contaminação. Além disso, foram observadas alterações nos valores de pH e turbidez. Essas constatações enfatizam a necessidade premente de monitorização contínua e da implementação de medidas mitigadoras, sobretudo nas áreas urbanas. Com isso, é igualmente essencial educar a população sobre os riscos associados à água contaminada e desenvolver estratégias para garantir a sua potabilidade.

Palavras-chave: Aquíferos superficiais; coliformes termotolerantes; coliformes totais; contaminação; qualidade da água.

1 Introdução

A escassez hídrica é um desafio recorrente em várias regiões do Brasil, que enfrentam dificuldades relacionadas à limitação dos recursos hídricos, afetadas por mudanças climáticas que têm impactado a precipitação ao longo das últimas décadas. A redução das chuvas prejudica a disponibilidade de água para o abastecimento público e para setores essenciais como a geração de energia e a agricultura, tornando fundamental o desenvolvimento de estratégias de gestão que garantam a continuidade do fornecimento de água (ANA, 2014). Esse problema é intensificado também pelo aumento populacional, a urbanização e o desenvolvimento econômico, que pressionam ainda mais a demanda por água potável (Faria *et al.*, 2010).

No município de Igarassu, localizado na Região Metropolitana do Recife, Pernambuco (PE), muitos habitantes dependem de poços individuais, conhecidos como Soluções



Alternativas Individuais de Abastecimento (SAI), bem como poços para abastecimento público que busca atender às suas necessidades hídricas da zona urbana. Esses poços representam uma solução econômica e, muitas vezes, uma alternativa à escassez de água.

Contudo, a contaminação microbiológica das águas subterrâneas, especialmente em aquíferos superficiais, está relacionada a fatores como a ausência ou ineficiência de sistemas de saneamento, o uso de fossas e a superexploração desses recursos, agravando o risco de doenças veiculadas pela água (Souza, 2009; Goetten, 2015). A presença de coliformes totais e *Escherichia coli* (*E. coli*), bactérias indicadoras de contaminação fecal, pode sinalizar problemas graves de saúde pública, pois essas bactérias estão associadas a doenças como gastroenterites, hepatite A e cólera (Alencar *et al.*, 2020; Funasa, 2013).

Diante desse cenário, este estudo teve como objetivo avaliar o risco à contaminação por micro-organismos patógenos em poços rasos em diferentes pontos no município de Igarassu-PE, por meio de análises microbiológicas e físico-químicas parciais de 7 poços rasos distribuídos na área urbana que são destinados ao abastecimento da população, isto é, consumo humano. Sendo assim, a pesquisa buscou identificar a presença de coliformes totais e *E. coli* e investigar os fatores que possam estar contribuindo para a contaminação, com a intenção de propor soluções que melhorem a qualidade e segurança da água no município.

2 Fundamentação Teórica

A gestão de recursos hídricos e a qualidade da água para consumo humano são de suma importância, especialmente em áreas onde esses recursos são limitados e o saneamento básico é carente. No Brasil, a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela Lei nº 9.433 de 1997, estabelece princípios e diretrizes para o uso e a gestão das águas, tendo como objetivo garantir a disponibilidade hídrica em qualidade e quantidade adequadas para os diversos usos, além de proteger os ecossistemas aquáticos e prevenir a poluição dos corpos d'água (Brasil, 1997).

Adicionalmente, a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 396 de 2008, orienta a classificação e o controle da qualidade das águas subterrâneas, reconhecendo que aquíferos são reservas estratégicas de água potável, principalmente em regiões semiáridas e remotas. Essa resolução ainda define as diretrizes para a classificação e o controle da qualidade dessas águas, indicando padrões para diversos contaminantes, tanto microbiológicos quanto físico-químicos, visando a proteção dos aquíferos contra a contaminação por atividades antrópicas, como o uso inadequado de fossas sépticas e o descarte incorreto de resíduos industriais e agrícolas (CONAMA, 2008).

A resolução também obriga que sejam adotadas práticas de monitoramento contínuo, especialmente em áreas com atividades de risco de contaminação, para que se possa agir preventivamente e evitar danos permanentes aos recursos hídricos subterrâneos (CONAMA, 2008). Estudos como o de Araújo *et al.* (2018) destacam que, uma vez poluído, o aquífero exige um complexo e dispendioso processo de recuperação, demandando tempo, tecnologia e investimentos financeiros para restabelecer sua qualidade.

Além dessas normativas, a Portaria GM/MS nº 888 de 2021, emitida pelo Ministério da Saúde, estabelecendo parâmetros rigorosos para assegurar a potabilidade da água, especificando critérios de controle e vigilância da qualidade para consumo humano, essenciais



em diversos ambientes, como residências, escolas e unidades de saúde (Ministério da Saúde, 2021).

Diante do exposto, percebe-se que o monitoramento dos recursos hídricos, a partir de análise microbiológica e físico-química, é imprescindível para prevenir a disseminação de patógenos e proteger a saúde pública (Alencar *et al.*, 2020). Hirata *et al.* (2019) destacam a “revolução silenciosa” na gestão de águas subterrâneas no Brasil, sublinhando a importância de práticas contínuas de monitoramento e conservação para que a falta de esgotamento sanitário não comprometa essas fontes críticas de água.

Segundo o Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2010), as águas subterrâneas ou aquíferos são formações geológicas que permitem o armazenamento e a movimentação de grandes quantidades de água, sendo permeáveis e facilmente acessíveis em formações como arenitos e areias. Porém, as águas armazenadas nesses ambientes estão suscetíveis à contaminação microbiológica devido ao uso frequente de fossas para o descarte de esgotos (Goetten, 2015).

As regulamentações são cruciais para garantir a segurança hídrica e evitar doenças causadas pela presença de contaminantes microbiológicos, como *E. coli* e coliformes totais, indicadores de contaminação fecal, que traz sérios riscos à saúde em regiões sem infraestrutura sanitária.

De acordo com a Fundação Nacional de Saúde (Funasa, 2013), essas bactérias fazem parte do grupo coliforme, que são organismos encontrados no trato intestinal de seres humanos e animais, além de ocorrerem em ambientes aquáticos e solos. A presença de *Escherichia coli*, especificamente, indica contaminação fecal recente, pois esta bactéria é um marcador confiável da presença de esgoto doméstico ou de excrementos de animais. Já os coliformes totais, por sua vez, abrangem um grupo mais amplo de bactérias que, embora também estejam presentes em ambientes naturais, são utilizadas para verificar condições de higiene e sinalizar potenciais riscos sanitários na água.

Isso significa que a ingestão de água contaminada por essas bactérias pode resultar em doenças hídricas, como cólera, hepatite A e disenteria (Alencar *et al.*, 2020; Cavalcante, 2014). A Funasa (2013), responsável por recomendar que a água potável esteja livre de organismos patogênicos, e parâmetros físico-químicos, como pH e turbidez, devem ser monitorados continuamente para garantir água segura e de qualidade.

Uma rede de esgotamento sanitário contacta às edificações e técnicas de tratamento, como lagoas/reatores e filtros anaeróbios (Duda; Oliveira, 2011), além do uso de carvão ativado biológico, descrito por Westphalen *et al.* (2016), mostram-se essenciais como infraestrutura urbana trivial, reduzindo impurezas e melhorando a potabilidade.

Portanto, a aplicação das diretrizes da PNRH e da Resolução CONAMA nº 396/2008, aliadas ao monitoramento e ao desenvolvimento e implantação de tecnologias de tratamento, formam uma base essencial para a gestão integrada e a conservação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, atendendo às necessidades de segurança hídrica e promovendo saúde pública.

3 Metodologia

3.1 Pesquisa Bibliográfica



Realizou-se o levantamento de trabalhos acadêmicos e científicos, como artigos, monografias, dissertações e teses, de modo a buscar, previamente, dados acerca da temática do estudo em portais de divulgação acadêmica, como Google Acadêmico e Portal de Periódicos da Capes, assim como de documentos de órgãos públicos: Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA), Serviço Geológico do Brasil (SGB), Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH) e Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), atual Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico (SINISA).

3.2 Amostragem

A identificação dos poços que serviram nesse estudo, considerou a profundidade máxima de 30 metros como critério, pois, durante a seleção, enfatizou-se a importância da representatividade dos poços em relação aos bairros centrais do município. Como resultado desse processo, foram escolhidos 7 poços privados (Tabela 1), com prévia liberação de seus proprietários, representando unidades amostrais de diversos bairros (Figura 1).

Tabela 1 – Características dos poços.

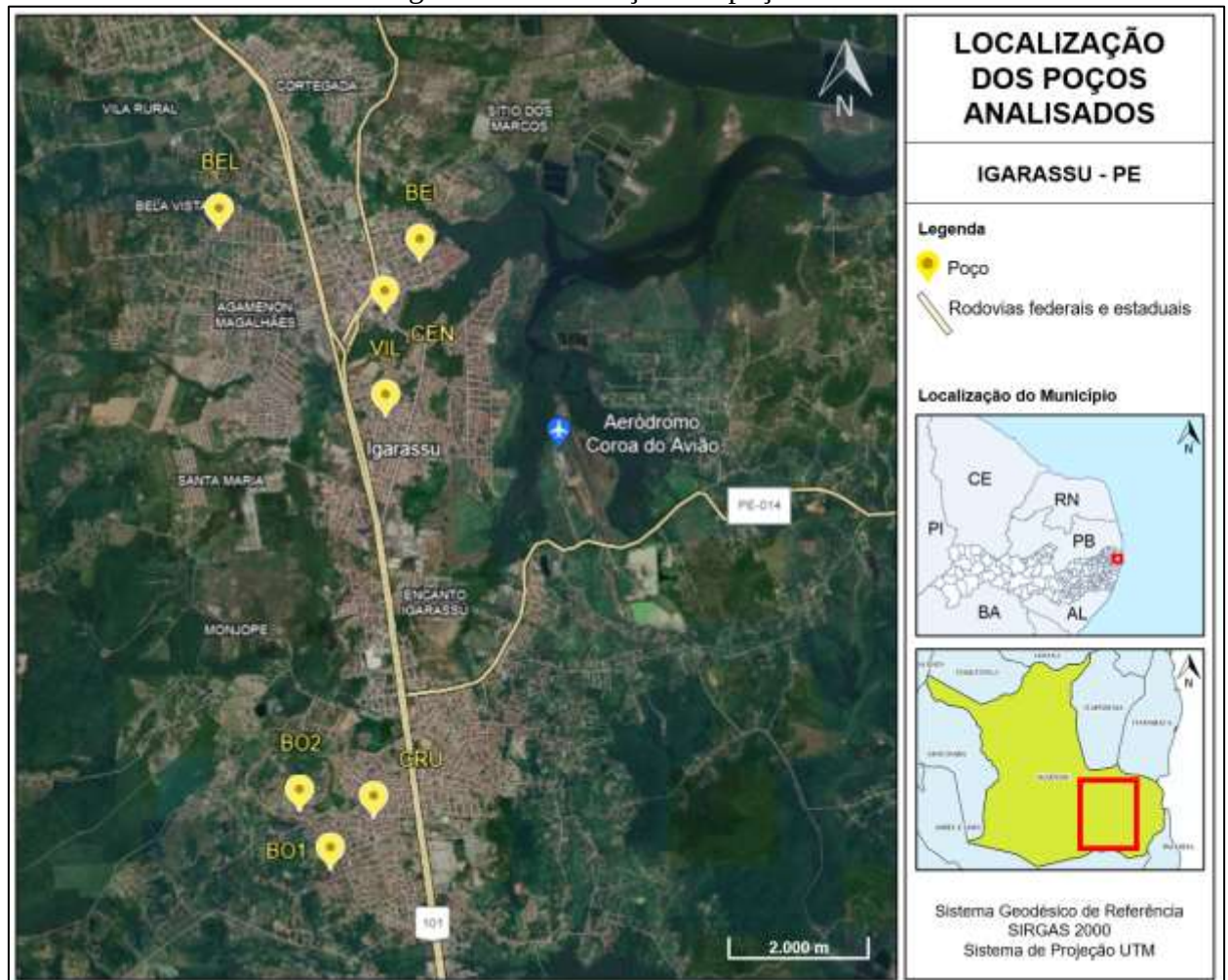
Poço	Bairro	Nomenclatura	Profundidade (m)	Coordenadas Geográficas
1	Centro	CEN	12	7°49'52.7"S 34°54'32.0"W
2	Cruz de Rebouças	CRU	15	7°52'27.9"S 34°54'35.5"W
3	Bonfim 1	BO1	20	7°52'43.7"S 34°54'48.9"W
4	Bonfim 2	BO2	23	7°52'25.8"S 34°54'58.5"W
5	Beira Mar 2	BEI	27	7°49'36.8"S 34°54'21.1"W
6	Vila Saramandaia	VIL	19	7°50'24.6"S 34°54'31.8"W
7	Bela Vista	BEL	24	7°49'27.5"S 34°55'23.4"W

Fonte: Própria autoria (2023)

A coleta amostral ocorreu em agosto de 2023, sob condições ambientais uniformes. Utilizou-se recipientes de vidro estéreis autoclavados a 121°C por 30 minutos, cada um com capacidade para um litro. O processo de coleta seguiu a técnica de análise em triplicata, resultando em um total de 21 amostras. Essas amostras foram devidamente armazenadas e conservadas conforme as diretrizes do *Standard Methods for Examination of Water and Wasterwater* (APHA, 2017) e procedimentos do Manual Prático de Análise de Água da Funasa (Funasa, 2013).



Figura 1 – Localização dos poços.



Fonte: Própria autoria (2023)

3.3 Análises Microbiológicas

Para os parâmetros analisados: coliformes totais e coliformes termotolerantes (*E. coli*), empregou-se a técnica de tubos múltiplos, composta por duas etapas consecutivas, uma presumtiva e outra confirmativa. O procedimento da etapa presumtiva envolveu a homogeneização e transferência de alíquotas da amostra para tubos de ensaio contendo um tubo invertido (*Durham*) para coleta de gás e meio de cultura apropriado, especificamente o caldo lauril triptose. Isso resultou em três séries de dez tubos, cada um contendo 10mL da amostra e 10mL do caldo. Esses tubos foram então incubados a 35°C por um período de 24 a 48 horas. Posteriormente, os tubos que apresentaram crescimento positivo para coliformes totais, indicado pela ocorrência de reação ácida (coloração amarelada) ou produção de gás no tubo, foram identificados.

A etapa confirmativa envolveu a transferência das amostras dos tubos presumitivos positivos, utilizando alças de platina, para tubos previamente preparados de acordo com a etapa anterior, mas com a adição de caldo verde brilhante. O procedimento de incubação e identificação seguiu o mesmo processo anterior. Além disso, simultaneamente, uma etapa adicional foi incluída para a identificação dos coliformes termotolerantes, realizada através da



transferência das amostras dos tubos presuntivos para tubos contendo meio EC. Os tubos foram incubados a 44.5°C por 24 horas, com um tempo total mínimo de incubação de 72 horas para determinar a presença desses coliformes.

Com base no número de tubos positivos em cada diluição e nas etapas realizadas, foi possível determinar o Número Mais Provável (NMP) de coliformes presentes na amostra. A técnica de estimativa do NMP serve para auxiliar na análise, que envolveu a combinação dos números correspondentes aos tubos positivos das amostras coletadas.

3.4 Análises Físico-químicas

Analisou-se três parâmetros sentinelas, laboratório: pH, turbidez e cloreto, selecionados devido à simplicidade e agilidade. O termo "sentinela" sugere a habilidade desses parâmetros em detectar antecipadamente quaisquer circunstâncias de risco associadas à água direcionada ao consumo humano. Além disso, é viável a complementação desses indicadores com parâmetros microbiológicos auxiliares.

3.5 Avaliação

Os resultados foram confrontados com os parâmetros estabelecidos na Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021 (Ministério da Saúde, 2021) e também foram confrontados com os achados de outras pesquisas relacionadas à problemática em estudo.

4 Resultados

4.1 Análises Microbiológicas

A Portaria GM/MS nº 888 de 2021, emitida pelo Ministério da Saúde (2021), mostra que os principais indicadores de contaminação fecal nas análises de qualidade da água são as concentrações de coliformes totais e *E. coli*, expressos em termos do número de organismos por 10mL de água. Segundo Funasa (2013), a análise de coliformes totais é um indicador higiênico sanitário de ambiente, e a de *E. coli* é um condicionante comprovando a contaminação por material fecal.

Com base nos critérios normativos definidos na Portaria GM/MS nº 888/2021, constatou-se que as amostras analisadas evidenciaram teores de coliformes totais (Gráfico 1) e de *E. coli* (Gráfico 2) que ultrapassaram os valores limites estabelecidos na legislação vigente, que seria "ausência em 100mL". Tal observação realça a relevância da preocupação no que concerne ao potencial risco à saúde pública, conforme anteriormente discutido.

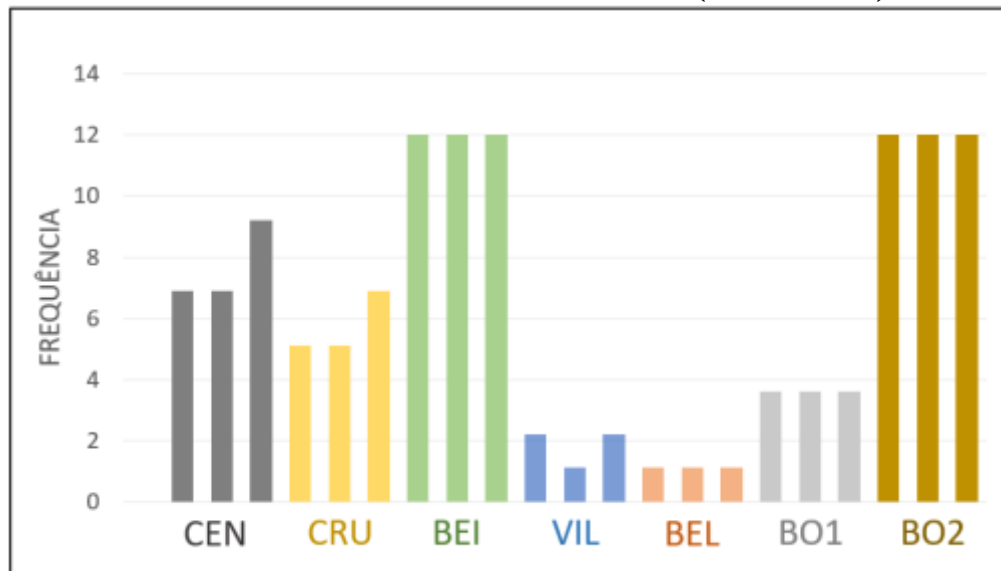
A partir desses resultados, destaca-se, entre essas variações, que as amostras coletadas no poço BEI registraram as concentrações mais elevadas de coliformes totais e *E. coli*, atingindo 12 NMP/100mL. Ressalta-se que esse resultado é de suma importância, uma vez que a presença nesses parâmetros sugere um potencial risco acentuado para a presença de outros microrganismos patogênicos na água.

A predominância significativa da presença de *E. coli* é motivo de grande preocupação, uma vez que esse agente patogênico é o principal causador de infecções entéricas, afetando especialmente grupos populacionais mais vulneráveis, como aqueles sem acesso a sistemas de saneamento, idosos e crianças com sistemas imunológicos comprometidos (Macedo *et al.*, 2017). Entre as diversas cepas de *E. coli*, destacam-se várias patologias com diferentes níveis de gravidade para a saúde das populações, como Infecções do Trato Urinário (ITU), diarreia,



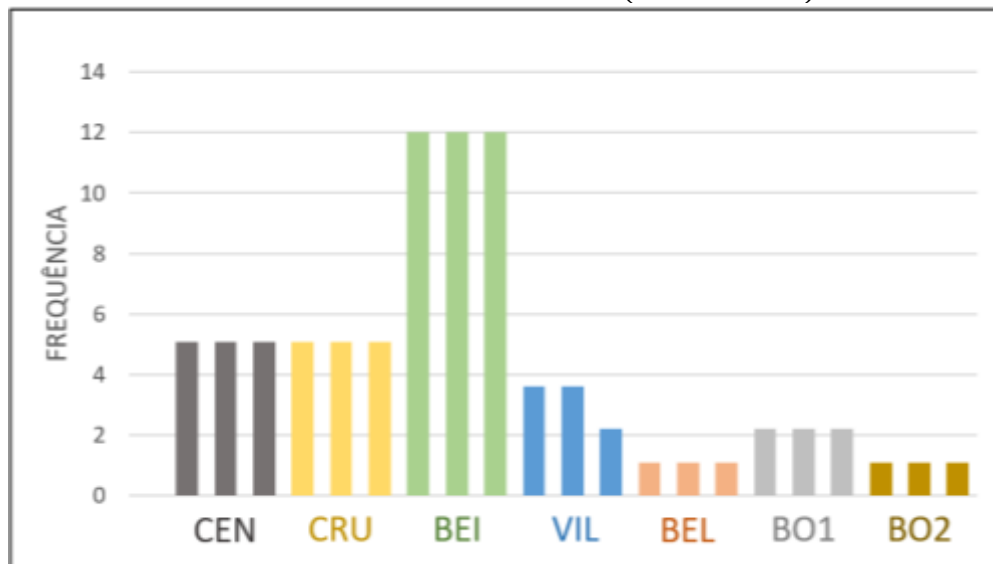
colite hemorrágica, síndrome hemolítico-urêmica, meningite neonatal (infecção em recém-nascidos), infecções da corrente sanguínea e infecções respiratórias (Bones, 2023).

Gráfico 1 – Resultados de coliformes totais (NMP/100mL).



Fonte: Própria autoria (2023)

Gráfico 2 – Resultados de *E. coli* (NMP/100mL).



Fonte: Própria autoria (2023)

A não conformidade com padrão microbiológico pode estar relacionada à ausência de coleta e tratamento de esgoto no município de Igarassu. De acordo com o SNIS (2021) os serviços de esgotamento sanitário atingem cerca de 4.1% da população urbana de Igarassu, o que proporciona a utilização de fossas como alternativa para o tratamento dos esgotos residenciais, assim como outros sistemas de esgotos inadequados e à suscetibilidade dos aquíferos superficiais a processos de contaminação (Silva *et al.*, 2014; Hirata *et al.*, 2019).



Essa suscetibilidade a processos de contaminação se dá basicamente pela formação geológica desse tipo de aquíferos, nos quais são formados por solos mais permeáveis, facilitando o processo de percolação dos poluentes, assim como sua maior proximidade com a superfície terrestre, permitindo atingir a zona saturada mais facilmente (Araújo *et al.*, 2018).

Um aspecto adicional que merece destacar é a possível falta de correlação proporcional entre as concentrações de coliformes totais e *E. coli*. Isso se torna patente ao examinarmos os poços BEI e BO2 como exemplo, onde o primeiro revelou uma concentração significativamente superior de coliformes totais em comparação com o segundo, que apresentou uma concentração menor de *E. coli*. Essa disparidade ilustra que a presença de coliformes totais não necessariamente reflete a presença de coliformes fecais em proporção semelhante, uma vez que o primeiro indicador está relacionado a condições de higiene, enquanto o segundo está associado às condições de deficiência sanitária e à mensuração do grau de virulência (Noronha *et al.*, 2019).

A confirmação da contaminação fecal nas amostras de água destaca a importância crítica do monitoramento da qualidade da água em poços rasos coletivos e individuais. Além disso, ressalta a necessidade de implementar medidas eficazes para o controle da qualidade dessas fontes hídricas, visando a prevenção da transmissão de doenças associadas ao consumo de água contaminada. A Fundação Nacional de Saúde (Funasa, 2013, p. 08) enfatiza a importância de adotar cautelas específicas na construção de poços rasos:

- Verificar a necessidade de autorização junto ao órgão responsável, para a execução do poço;
- Observar a distância mínima de 15 metros de fossas seca, sumidouro (poço absorvente) e 45 metros de qualquer outra fonte de contaminação, pocilgas, lixões, galeria de infiltração entre outros;
- O poço deverá ser preferencialmente perfurado em local livre de inundação e em nível mais alto do terreno.

Neste cenário, é de primordial relevância destacar a necessidade de implementar estratégias mitigadoras que visem assegurar a potabilidade da água, com base na regulamentação estipulada pela Portaria GM/MS nº 888/2021. Adicionalmente, conforme argumentado por Cavalcante (2014), é fundamental promover a conscientização da população acerca dos riscos associados ao consumo de água potencialmente contaminada, bem como orientar sobre os procedimentos a serem adotados para a eliminação de micro-organismos patogênicos. Tais diretrizes e informações podem ser difundidas por meio de programas de sensibilização ambiental, conduzidos em associações de moradores ou até mesmo por meio de visitas domiciliares.

No contexto da mitigação da presença de micro-organismos patogênicos, como a *E. coli*, a utilização de cloradores de pastilhas é uma abordagem eficaz. Além disso, outras estratégias incluem a cloração da água nos reservatórios, desinfecção Ultravioleta (UV), ozonização, filtros biológicos, carvão ativado e outras técnicas de tratamento, que podem ser adotadas conforme a necessidade para garantir a segurança da água potável (Tomaz *et al.*, 2023; Santana; Fonseca, 2022; Duda; Oliveira, 2011; Westphalen *et al.*, 2016; Lobo *et al.*, 2009).

4.2 Análises Físico-químicas

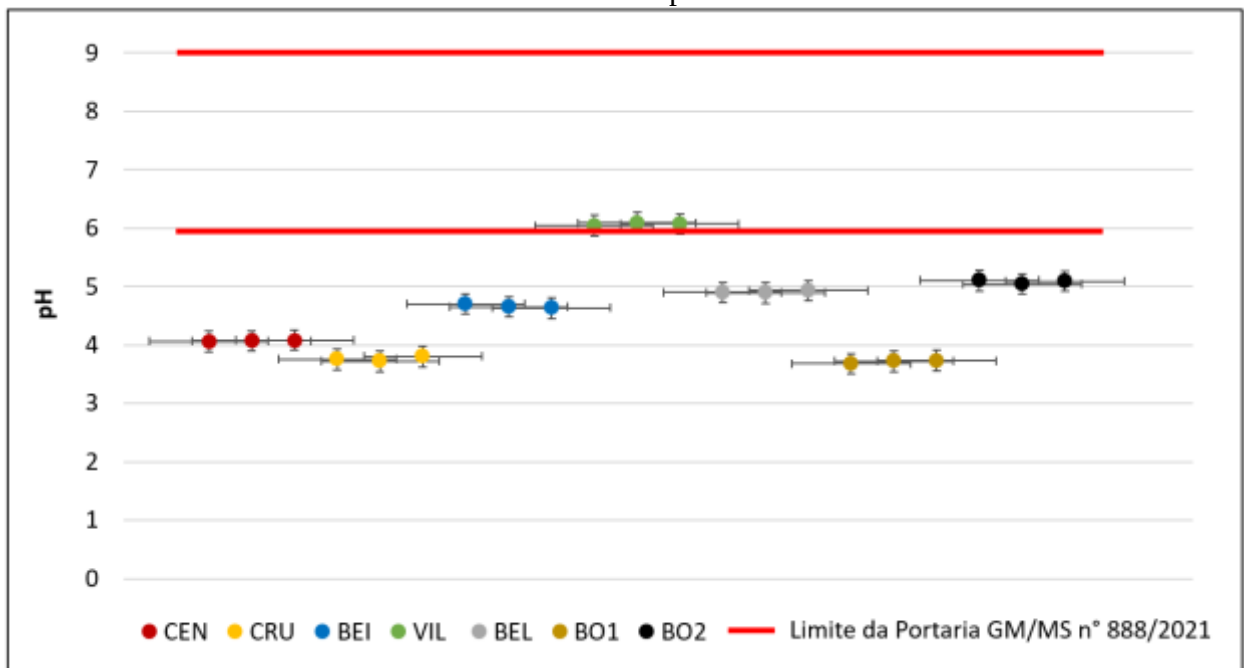
A determinação do pH desempenha um papel fundamental no contexto de água para o abastecimento humano, visto a sua capacidade de interação com contaminantes presentes no



solo, uma vez que os íons H^+ podem regular o equilíbrio de cargas na superfície das partículas de solo (Mestrinho, 2008; Nóbrega, 2023).

Notavelmente, somente as amostras do poço VIL se apresentaram dentro da faixa de pH estabelecida pela legislação vigente (Gráfico 3), a qual define um intervalo entre 6 e 9, conforme estipulado na Portaria GM/MS nº 888/2021.

Gráfico 3 – Resultados de pH das amostras.



Fonte: Própria autoria (2023)

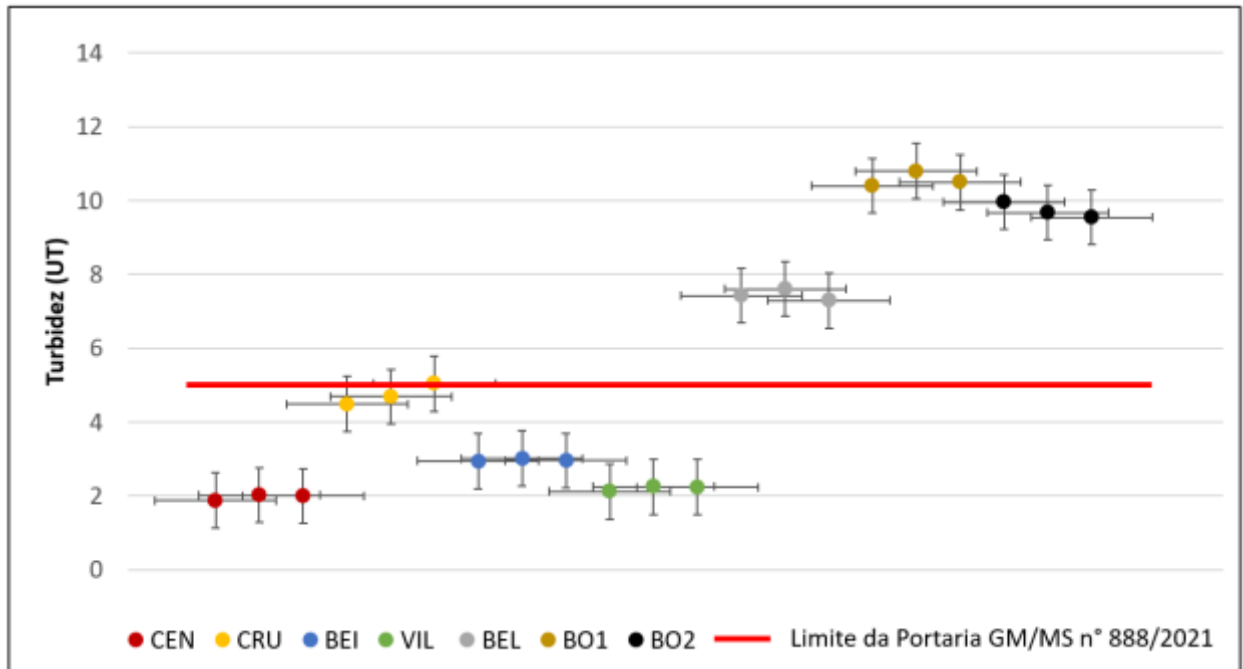
É relevante notar que as amostras coletadas nos outros seis poços apresentam valores de pH em uma faixa ácida, uma vez que todos se situam abaixo do limite mínimo de 6. Essa observação reforça a associação potencial com a presença de contaminação microbiológica na água, pois, conforme apontado por Silva *et al.* (2021), valores de pH ácido estão diretamente relacionados à presença de micro-organismos patogênicos. No entanto, é importante salientar que nenhuma das amostras analisadas excede o limite estabelecido de 9.

No que diz respeito à turbidez, é aconselhável abordar sua avaliação durante a coleta de amostras de duas maneiras distintas: a primeira delas compreende a filtração rápida, conhecida como tratamento completo ou filtração direta, enquanto a segunda refere-se à filtração lenta. No contexto da presente pesquisa, uma vez que as amostras não foram submetidas a um procedimento de filtração pós-coleta, optou-se por adotar um valor de referência para a turbidez de 5 Unidades de Turbidez (UT), como determina a portaria do Ministério da Saúde.

Notou-se que os poços BEL, BO1 e BO2 exibiram valores de turbidez superiores ao limite preestabelecido, registrando 5.04, 7.61 e 10.80 UT, respectivamente (Gráfico 4). Essa observação pode ser atribuída a diversos fatores, incluindo as características do solo que compõe o aquífero, bem como as condições de precipitação que antecederam as coletas, que podem ter contribuído para uma maior suspensão de partículas sólidas na água, bem como para a possibilidade de uma concentração aumentada de íons de ferro, os quais podem entrar em contato com o oxigênio (Coêlho, 2017).



Gráfico 4 – Resultados de turbidez das amostras.



Fonte: Própria autoria (2023)

Além dos fatores atribuídos por Coêlho (2017), não se pode descartar a influência de contaminação do solo resultante do lançamento de esgotos e efluentes, o que poderia também ter contribuído para o aumento da turbidez observado nas amostras coletadas.

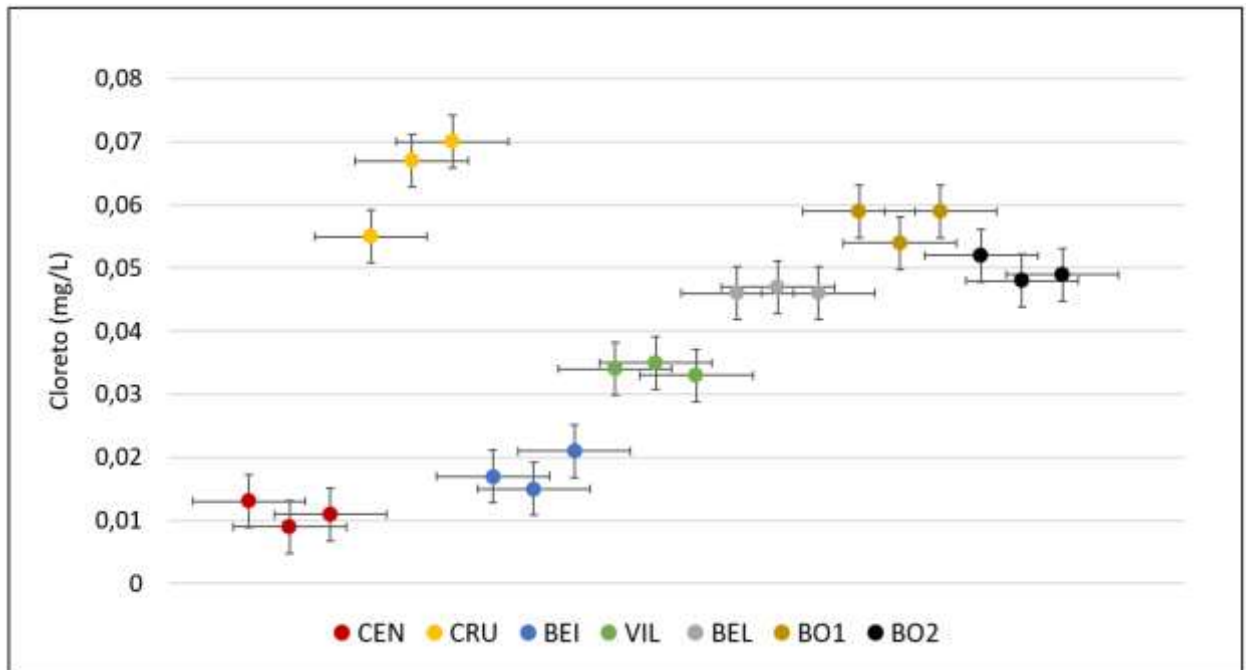
É importante enfatizar que a maior turbidez nas amostras mencionadas pode representar riscos à saúde humana, dependendo da natureza e quantidade das partículas presentes na água. Além disso, a presença de partículas pode interferir na eficácia do tratamento da água e favorecer a proliferação de microrganismos, aumentando o risco de doenças transmitidas pela água, como cólera, giardíase e hepatite A (Prado; Sato, 2017).

De acordo com a Funasa (2013) e Nóbrega (2023), a presença de cloretos em águas brutas pode se manifestar em uma ampla gama de concentrações, sob a forma de cloretos de sódio, cálcio e magnésio, e podem se originar de diversas fontes, incluindo processos naturais, descargas industriais, efluentes provenientes de sistemas de esgoto, entre outras. É pertinente destacar que concentrações elevadas de cloretos na água podem restringir sua aplicabilidade devido ao sabor característico que conferem, assim como ao potencial efeito laxativo que podem induzir, além da preocupação relacionada ao aumento de problemas nos sistemas de distribuição de água.

Quanto à quantidade de cloretos, o padrão de referência estipulado na Portaria GM/MS nº 888/2021 é de, no máximo, o Valor Médio Padrão (VMP) de 250mg/L, o que implica em dizer que os valores encontrados nas amostras coletadas estão abaixo do limite máximo estipulado (Gráfico 5), estando as mesmas em condições satisfatórias e dentro dos padrões estabelecidos pela regulamentação (Ministério da Saúde, 2021).



Gráfico 5 – Resultados de cloreto das amostras.



Fonte: Própria autoria (2023)

A detecção de baixas concentrações de cloreto nas amostras analisadas representa um indicativo positivo, sugerindo que essas fontes de água naturais parecem não estar sujeitas a alterações substanciais resultantes de interações químicas com o solo ou de contaminação por poluentes. Esses resultados estão em consonância com os observados na pesquisa conduzida por Nóbrega (2023), a qual também investigou águas de poços rasos no município de Recife-PE e constatou que os teores de cloreto também se mantiveram abaixo dos limites estabelecidos pela legislação vigente.

Entretanto, a identificação de micro-organismos patogênicos nos testes de coliformes fecais implica a necessidade de um monitoramento mais aprofundado e a análise de outros parâmetros, com o intuito de assegurar a potabilidade das águas.

5 Conclusões

Os resultados, mesmo que parciais, reforçam a importância do monitoramento contínuo da qualidade da água subterrânea, especialmente em áreas onde poços rasos são amplamente utilizados como fonte de abastecimento para consumo humano. A presença de micro-organismos patogênicos nas amostras de água coletadas em Igarassu-PE revela um risco significativo à saúde pública, pois a contaminação microbiológica está diretamente associada à ocorrência de surtos de doenças transmitidas pela água. O monitoramento da qualidade da água não apenas detecta agentes contaminantes, mas também permite implementar tratamentos e medidas preventivas para mitigar os riscos sanitários.

O estudo realizou uma análise integrada de parâmetros microbiológicos e físico-químicos, destacando o papel essencial dessa abordagem para interpretar a situação ambiental dos aquíferos rasos de maneira mais precisa. Neste contexto, os resultados sugerem que esses



poços, por estarem próximos à superfície, são particularmente vulneráveis à contaminação e às influências ambientais diretas. No entanto, para alcançar uma visão mais abrangente, seria necessário expandir as análises para diferentes períodos do ano, como os de chuvas e seca. A coleta de dados sazonais possibilitaria compreender melhor os impactos das variações climáticas sobre a contaminação, oferecendo uma visão detalhada da dinâmica de poluentes nesses poços.

Assim, entender-se que esta pesquisa cumpriu o objetivo de avaliar, em um determinado recorte temporal, o risco de contaminação por micro-organismos patogênicos nos poços rasos de Igarassu-PE, por meio de análises microbiológicas e físico-químicas das amostras de água coletadas. Contudo, para complementar os dados obtidos, recomenda-se a continuidade das análises ao longo de todo o ano, o que possibilitaria mapear a presença de contaminantes em diferentes condições sazonais e identificar eventuais aumentos temporais na contaminação microbiológica. Outra recomendação é desenvolver uma rede de monitoramento colaborativa com a comunidade local, capacitando os moradores a reportarem irregularidades e auxiliar na coleta de dados.

Investir em ações de sensibilização ambiental também seria fundamental para conscientizar a população sobre a importância da regularização dos poços e direcionamento adequado do esgoto, esclarecendo requisitos legais e incentivando a inclusão desses poços no sistema de monitoramento oficial. Além disso, o fortalecimento das políticas públicas locais para fiscalização e regularização dos poços, aliado ao incentivo de soluções de baixo custo para o tratamento de água, contribuiria para uma gestão mais eficaz dos recursos hídricos em Igarassu.

A segurança hídrica e a saúde pública dependem não apenas de uma vigilância técnica eficaz, mas também do engajamento social e do suporte institucional, que, juntos, criam um ambiente mais seguro e sustentável para o uso da água subterrânea.

Referências Bibliográficas

- Alencar, E. S., Barros, R. S., Silva Junior, R. C. V., Torquato, S. C., Marques, W. L. S. (2020). Análise microbiológica e correlação do pH da água dos bebedouros utilizada para o consumo humano em escolas do município de Alagoa Grande-Paraíba. *Revista de Ciências Médicas e Biológicas*, **19**(3), 457-465. <https://doi.org/10.9771/cmbio.v19i3.28359>
- ANA – Agência Nacional de Águas. (2002). *A Evolução da Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil*. Brasília: ANA.
- ANA – Agência Nacional de Águas. (2014). *Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil - Encarte Especial sobre a Crise Hídrica*. Brasília: ANA.
- APHA – American Public Health Association. (2017). *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (23rd ed.).
- Araújo, K. V., Cavalcante, I. N., Oliveira, R. M. D., Silva, M. P. D., Lima Neto, I. O. D. (2018). Impactos causados ao Aquífero Dunas pela ausência de saneamento na Zona Costeira de Aquiraz, Ceará. *Cadernos de Geociências*, **14**(1-2), 46-53. <https://periodicos.ufba.br/index.php/cadgeoc/article/view/17582>



- Bones, U. A. (2023). *Identificação molecular de Escherichia coli e avaliação de sensibilidade a antimicrobianos*. (Dissertação de mestrado), Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, RS, 76 f.
- Brasil. (1997). Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília.
- Cavalcante, R. B. L. (2014). Occurrence of *Escherichia coli* in water sources and point-of-use in a semi-arid rural community in Brazil. *Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 9(3), 550-558. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1301>
- Coêlho, S. C. (2017). *Condições sanitárias do solo e da água de poços tubulares da comunidade rural cinturão verde de São Luís-MA: parâmetros físicos e químicos, colimétricos e parasitológicos*. (Dissertação de mestrado), Programa de Pós-graduação em Saúde Pública e Meio Ambiente, Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, RJ, 127 f.
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. (2008). Resolução CONAMA nº 396, de 3 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília.
- CPRM – Serviço Geológico do Brasil. (2010). *Aquíferos*. Recuperado de <https://www.sgb.gov.br/publicue/SGB-Divulga/Canal-Escola/Aquiferos-1377.html>
- Duda, R. M., Oliveira, R. A. (2011). Tratamento de águas residuárias de suinocultura em reator UASB e filtro anaeróbico em série seguidos de filtro biológico percolador. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 16(1), 91-100. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522011000100013>
- Farias, A. S., Kiperstok, A., Medeiros, Y. D. P., Beretta, M. (2010). *Aproximação dos conceitos de gestão de recursos hídricos e Produção Limpa, utilizando a abordagem gestão da demanda*. In: I Congresso Baiano de Engenharia Sanitária e Ambiental – I COBESA, Salvador, 1-5.
- Funasa – Fundação Nacional de Saúde. (2013). *Manual Prático de Análise de Água*. 4ª edição. Brasília: Funasa.
- Goetten, W. J. (2015). *Avaliação da Governança da Água Subterrânea nos Estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul*. (Dissertação de mestrado), Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Fundação Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, SC, 317 f.
- Hirata, R., Suhogusoff, A. V., Marcellini, S. S., Villar, P. C., Marcellini, L. (2019). *A revolução silenciosa das águas subterrâneas no Brasil: uma análise da importância do recurso e os riscos pela falta de saneamento*. [São Paulo]: Instituto Trata Brasil. Recuperado de <https://repositorio.usp.br/directbitstream/e7d9e125-7b22-4706-915b-a397f8a91784/2928658.pdf>
- Lobo, C. G., Costa, B. P., Wisbeck, E. (2009). Avaliação da desinfecção de Água por Reator Utilizando Radiação. *Revista de Ciências Ambientais*, 3(1), 21-36. <https://doi.org/10.18316/112>
- Macedo, I. M. E., Lima, F. R. F., Lima, G. M. D. S. S., Oliveira, F. H. P. C., Cunha Filho, M., Shinohara, N. K. S. (2021). Análise microbiológica da água de consumo em serviços de alimentação em municípios de Pernambuco (Nordeste do Brasil) / Microbiological



- analysis of drinking water in food services in municipalities in Pernambuco (Northeastern Brazil). *Brazilian Journal of Development*, 7(11), 103530-103542. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n11-124>
- Mestrinho, S. S. P. (2008). *Geoquímica das águas subterrâneas*. In: Feitosa, F. A. C., Manoel Filho, J., Feitosa, E. C., Demétrio, J. G. A. (Orgs). Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações. Rio de Janeiro: CPRM, 359-379.
- Ministério da Saúde. (2021). Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Recuperado de https://bvsmis.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html
- Nóbrega, M. C. P. (2023). *Características das águas de poços rasos nas margens do Rio Capibaribe na planície de Recife*. (Dissertação de mestrado), Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife,
- Noronha, T. H., Vieira, D. G., Andrade, E. G. S., Santos, W. L. (2019). Indicador de contaminação fecal alimentar e prevenção de doenças. *Revista JRG de Estudos Acadêmicos*, 2(4), 150-157. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4458735>
- Prado, T., Sato, M. I. Z. (2017). *Impactos das mudanças ambientais globais e desastres sobre a epidemiologia das doenças de veiculação hídrica no Brasil*. In: Marchezini, V., Wisner, B., Londe, L. R., Saito, S. M. (Orgs.). Reduction of vulnerability to disasters: from knowledge to action, São Carlos: RiMA.
- Santana, G. S., Fonseca, A. L. (2022). *Estudo de caso da instalação de cloradores de pastilha modelo EMATER, no bairro rural Pessegueiro, Itajubá-MG*. In: XVII Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social, 17(1), 21-21.
- Santos, S. R., Sansigolo, C. A., Neves, T. T. A. T., Campos, T. L. O. B., Santos, A. P. P. (2017). Frequências dos Eventos Extremos de Seca e Chuva na Amazônia Utilizando Diferentes Bancos de Dados de Precipitação (Frequency of extreme dry and rain events in Amazon using different precipitation data bases). *Revista Brasileira de Geografia Física*, 10(2), 468–478. <https://doi.org/10.5935/1984-2295.20170029>
- Silva, D. D., Migliorini, R. B., Silva, E. C., Lima, Z. M., Moura, I. B. (2014). Falta de saneamento básico e as águas subterrâneas em aquífero freático: região do Bairro Pedra Noventa, Cuiabá (MT). *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 19(1), 43-52. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522014000100005>
- Silva, E. L., Ribeiro, S. P. S., Souza, R. M., Rezende, M. J. C. (2021). Aprendizagem Baseada em Problemas Utilizando a Avaliação da Qualidade da Água para o Ensino dos Conceitos de Teoria Ácido-Base e Soluções. *Revista Virtual Química*. 13(3), 812-821. <https://dx.doi.org/10.21577/1984-6835.20210048>
- SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. (2021). Igarassu – Mapa de Indicadores. Recuperado de http://appsnsis.mdr.gov.br/indicadores/web/agua_esgoto/mapa-esgoto/?cod=2606804
- Souza, N. A. (2009). *Vulnerabilidade à poluição das águas subterrâneas - Um estudo do Aquífero Bauru na zona urbana de Araguari (MG)*. (Dissertação de mestrado), Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 135 f.



- Tomaz, A. T., Barthus, R. C., Costa, C. R., Ribeiro, J. (2023). Descontaminação de Águas Residuais Contendo Poluentes Orgânicos: Uma Revisão. *Revista Virtual de Química*, **15**(1), 183-199. <https://doi.org/10.21577/1984-6835.20220076>
- Westphalen, A. P. C., Corção, G., Benetti, A. D. (2016). Utilização de carvão ativado biológico para o tratamento de água para consumo humano. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, **21**(3), 425-436. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522016143108>