SEVEN
publicações acadêmicas

POTABILIDADE DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM SISTEMAS ALTERNATIVOS NO INTERIOR DO MARANHÃO: ESTUDO DE CASO EM CODÓ-MA

https://doi.org/10.56238/sevened2025.021-020

Ismael Hones Bernades Filho
Licenciado em Química
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão - Campus São Luís-Monte Castelo
E-mail: ismaelhbf@outlook.com
http://lattes.cnpq.br/9914362825913161

Matheus Filipe Leitão de Oliveira
Mestre em Química
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão - Campus São Luís-Monte Castelo
Endereço: São Luís, Maranhão, Brasil
E-mail: matteusfilipe@outlook.com
http://lattes.cnpq.br/9359108516367467
https://orcid.org/0009-0006-5427-1529

Luiz Carlos Rocha Junior
Mestre em Química
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão - Campus São Luís-Monte Castelo
Endereço: São Luis, Maranhão, Brasil
E-mail: luizcarlos@ifma.edu.br
http://lattes.cnpq.br/8911157721761819

Natanael Eudes Aragão
Especialista em Tecnologia de Alimentos
Universidade Federal do Maranhão
Endereço: São Luís, Maranhão, Brasil
E-mail: natanaelaragao@5qlab.com.br
http://lattes.cnpq.br/8821403740651333

Arlan Silva Freitas
Doutor em Ciência Animal
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão - Campus São Luís-Monte Castelo
Endereço: São Luis, Maranhão, Brasil
E-mail: arlan@ifma.edu.br
http://lattes.cnpq.br/3461293726247547
https://orcid.org/0000-0002-0442-5888

RESUMO
A qualidade da água destinada ao consumo humano é um dos principais fatores determinantes da saúde pública, especialmente em comunidades rurais com acesso limitado ao saneamento básico. Este estudo avaliou a potabilidade da água de três tipos de poços (cacimba, artesiano e cacimbão) localizados no povoado Matões dos Moreiras, no município de Codó, Maranhão. Foram realizadas análises físico-

químicas, microbiológicas e sensoriais, com base nos parâmetros estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021. Os resultados revelaram múltiplas inconformidades em relação aos valores máximos permitidos para diversos parâmetros, como dureza total, turbidez, cor aparente, presença de cromo, ferro e ausência de cloro residual. A análise microbiológica apontou presença de coliformes totais em todas as amostras e detecção de Escherichia coli em dois dos três poços avaliados, indicando contaminação fecal recente e comprometimento da segurança sanitária da água. A caracterização sensorial também revelou odor fora dos padrões de aceitabilidade, sobretudo no poço tipo cacimbão, com médias superiores ao limite permitido. A presença de compostos sulfurados, ferro e manganês pode explicar parte dos odores detectados. Esses resultados evidenciam a vulnerabilidade sanitária das fontes de água subterrânea utilizadas pela população local e apontam para a necessidade de intervenções estruturais, desinfecção contínua e monitoramento regular da qualidade da água. O estudo reforça a importância de políticas públicas voltadas à gestão comunitária da água, saneamento básico e acesso equitativo à água potável em áreas rurais, contribuindo para a redução de riscos hídricos e promoção da saúde ambiental.

Palavras-chave: Poços. Qualidade. Contaminantes. Risco sanitário. Saúde ambiental.

1 INTRODUÇÃO

A água, elemento essencial à vida, tem sido objeto de crescente preocupação em todo o mundo. A crescente demanda por esse recurso, aliada à degradação ambiental e às mudanças climáticas, tem intensificado a busca por fontes alternativas de abastecimento e a necessidade de garantir a qualidade da água disponível para consumo humano (Rutkowski; Lessa; Oliveira, 1999; Peil; Kuss; Gonçalves, 2015). Neste contexto, a avaliação da qualidade da água em sistemas de abastecimento não convencionais, como os poços, torna-se fundamental para a proteção da saúde pública.

No Brasil, a escassez hídrica e a qualidade da água são desafios persistentes, especialmente em áreas rurais. Muitas comunidades dependem de poços como única fonte de abastecimento, o que torna a análise da qualidade da água desses sistemas essencial para garantir a saúde da população (Soares et al*.,* 2020). A Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, estabelece os padrões de potabilidade da água para consumo humano no Brasil, fornecendo um referencial importante para a avaliação da qualidade da água (Brasil, 2021; Oliveira Junior; Silva; Prado, 2023).

O acesso a água potável de forma segura e tratada ainda é um desafio em muitas áreas do Brasil, especialmente nas zonas rurais. Nessas regiões, onde a infraestrutura de saneamento básico é limitada, a contaminação da água por microrganismos patogênicos torna-se uma preocupação significativa. A falta de vigilância adequada e o uso de fontes de abastecimento não tratadas, como poços comunitários, aumentam o risco de doenças transmitidas pela água, afetando diretamente a saúde da população local (Sperling, 2007; Ayach et al. 2009; Costa; Suda; Pinto, 2024).

É crucial focar na qualidade da água, uma vez que diversos eventos históricos revelam que alguns dos maiores surtos que impactaram a população humana tiveram sua origem em sistemas de distribuição de água. O progresso no desenvolvimento está intimamente ligado à relação entre água e saúde, visto que a água é fundamental para o bem-estar humano. A conexão entre água, higiene e saúde é um conceito que acompanha a humanidade desde os primeiros estágios da civilização (Alves; Ataide; Silva, 2018).

A contaminação da água por microrganismos patogênicos, como a *Escherichia coli*, pode causar diversas doenças, incluindo diarreia, gastroenterite e infecções do trato urinário. Além disso, a presença de contaminantes químicos na água pode ter efeitos a longo prazo na saúde, como o desenvolvimento de doenças crônicas (Macedo et al., 2021; Paiva; Souza, 2018).

No Maranhão, a qualidade da água em sistemas de abastecimento, especialmente em áreas rurais, é um tema de grande relevância. Estudos anteriores realizados no estado (Sousa et al., 2016; Coelho et al., 2017, Lira; Gonçalves, 2022; Oliveira; Oliveira; Zaidan, 2025) evidenciaram a presença de contaminantes em diversas fontes de água, destacando a necessidade de monitoramento contínuo da qualidade da água para garantir a saúde da população.

O município de Codó, localizado no Maranhão, possui uma significativa parcela da população que depende de poços para o abastecimento de água. No entanto, a qualidade da água desses poços ainda é pouco conhecida, o que pode representar um risco para a saúde da população local.

A compreensão da qualidade da água dos poços nessa região é fundamental para a implementação de medidas de controle e melhoria da qualidade da água, garantindo assim a saúde da população local e contribuindo para o desenvolvimento sustentável da região.

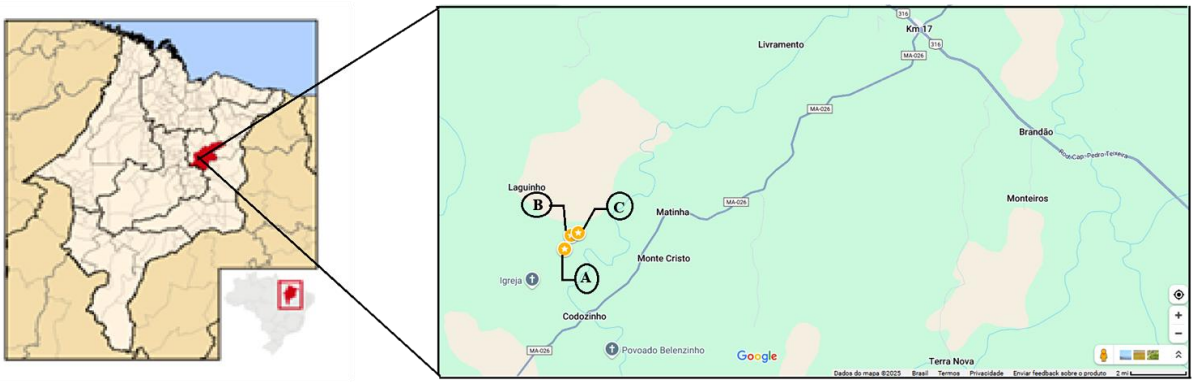
Diante desse cenário, o presente estudo teve como objetivo avaliar a qualidade da água dos poços utilizados para o consumo humano no povoado de Matões dos Moreiras, localizado no município de Codó-MA. Para tanto, foram realizadas análises físico-químicas, microbiológicas e sensoriais (odor e sabor) das amostras de água, com o intuito de verificar a conformidade com os padrões estabelecidos pela legislação brasileira.

2 METODOLOGIA

2.1 LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DOS POÇOS

Foi utilizada a localização de pontos por GPS (Sistema de Posicionamento Global) através do Garmin Etrex® 10 programado para o parâmetro de coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator), sendo necessária a conversão dos valores para o parâmetro de coordenadas geográficas no formato de graus, minutos e segundos (GMS) para o lançamento dos pontos no site do Google Maps. O aplicativo utilizado para conversão das coordenadas UTM para geográfica foi "Calculadora Geográfica" da Divisão de Processamento de Imagem (DPI) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Na Figura 1 e Quadro 1, encontram-se os locais dos poços e coordenadas, respectivamente.

Figura 1. Locais de coleta poços Cacimba (A), Artesiano (B) e Cacimbão (C) em Matões dos Moreiras, Codó-MA.



Fonte: Google Maps (2025), com adaptação.

Quadro 1. Coordenadas geográficas dos poços em Matões dos Moreiras, Codó-MA.

Coordenada Geográfica: Graus, Minutos, Segundos (GMS)		
Poço	**Longitude**	**Latitude**
Cacimba	44º10’52.3” W	4º40’39.8” S
Artesiano	44º10’40.4” W	4º40’14.4” S
Cacimbão	44º10’26.4” W	4º40’09.1” S

Fonte: Os autores (2025)

2.2 COLETA DAS AMOSTRAS

As coletas de cada amostra foram feitas em triplicata, sendo a metodologia utilizada do Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras da ANA/CETESB. As coletas foram realizadas em fevereiro de 2017. Utilizou-se para a coleta, frasco de borosilicato previamente esterilizado em autoclave, sacos estéreis Whirl Pack® para amostras de ensaios microbiológicos e frascos de polietilenos esterilizados para físico-químico, ambos identificados e após coleta acondicionados em recipientes térmicos distintos e refrigerados entre -2ºC a -4ºC e levados em um prazo de 24h ao laboratório CERNITAS em São Luís-MA, e ao Instituto Federal do Maranhão, Campus São Luís-Monte Castelo, para os ensaios analíticos.

As amostras foram coletadas de três poços, conforme a Figura 2, sendo: cacimba (A) (estruturado com manilha em sua abertura), artesiano (B) e cacimbão (C), respectivamente.

Figura 2. Tipos de Poços Utilizados para Coleta de Água: Cacimba (A), Artesiano (B) e Cacimbão (C).

Fonte: Os autores (2025)

2.3 ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DOS POÇOS

As análises para caracterização físico-química da água dos poços do presente trabalho (Tabela 1) seguiram as metodologias padrão estabelecidas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005).

Tabela 1. Análises físico-químicas das águas dos poços Cacimba (A), Artesiano (B) e Cacimbão e respectivas metodologias utilizadas.

PARÂMETRO	MÉTODOLOGIA
pH, temperatura, condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos (STD)	Potenciométrico
Cloro residual livre	Espectrometria de absorção molecular UV-Vis
Cor aparente	Colorímetro visual com base luminosa fluorescente
Turbidez	Nefelométrico, utilizando-se um turbidímetro
Cloretos	Titulação de precipitação através do método de Mohr
Dureza total, cálcio e magnésio	Titulação complexiométrica
Alcalinidade	Titulometria ácido-base
Ânions e Cátions	Fotometria (ALFAKIT®)

Fonte: Os autores (2025)

2.4 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS DAS ÁGUAS DOS POÇOS

Para a análise qualitativa de coliformes totais e *Escherichia coli* (E. coli) nas amostras de água, foi adotado o método cromogênico e fluorogênico COLILERT® (IDEXX). Este método se baseia na identificação dos microrganismos por meio da detecção das enzimas que eles produzem (Ramoutar, 2020; França et al., 2021), e é aprovado pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*.

Os parâmetros foram comparados conforme a potabilidade básica, com destino a consumo humano exigida na Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, assim como a verificação dos resultados das análises foram utilizados os VMP (valores máximos permitidos) da mesma portaria.

a. 2.5 ANÁLISE SENSORIAL DA ÁGUA DOS POÇOS

Para a determinação odor foi utilizada a técnica do olfato, segundo a metodologia de Ferreira Filho e Alves, (2006) por meio de um painel sensorial com 6 classificações (isento (0), limiar (2), fraco (4), fraco e moderado (6), moderado (8), moderado e forte (10) e forte (12); onde 6 é o valor máximo permitido (VMP) da PRC nº5/2017), sendo posteriormente traduzida para a Roda de Gosto e Odor (Figura 5) como proposto por Mautone e Kazuko (2004, *apud* Ferreira Filho; Alves, 2006).

Figura 5. Roda de gosto e odor utilizado para classificação das águas coletadas nos poços de Matões dos Moreiras, Codó, MA.

Fonte: Mautone e Kazuko (2004, *apud* Ferreira Filho; Alves, 2006)

3 RESULTADOS

3.1 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Observa-se na Tabela 2 que os valores de pH das três fontes variaram entre 6,20 e 7,69, todos dentro do intervalo aceitável de 6 a 9,5 estabelecido pela legislação. Estudos recentes indicam que o pH da água subterrânea pode variar significativamente dependendo da geologia local e das atividades antropogênicas. Por exemplo, Müller et al. (2022) observaram variações de pH entre 5,8 e 7,4 em poços na região sul do Brasil, influenciadas pela composição geológica e uso do solo.

Tabela 2. Resultados das análises físico-químicas realizadas em campo.

Parâmetro	**Poços**		
	Cacimba	**Artesiano**	**Cacimbão**
pH	6,20 ± 0,00	6,85 ± 0,00	7,69 ± 0,00
STD (mg/L)	293,00 ± 0,00	1.326 ± 0,00	68,00 ± 0,00
Temperatura (ºC)	26,60 ± 0,00	28,50 ± 0,00	26,50 ± 0,00
Condutividade Elétrica (µS)	572,00 ± 0,00	2.611 ± 0,00	135,00 ± 0,00
Cloro Residual (mg/L)	0,00	0,00	0,00

Fonte: Os autores (2025)

Os valores de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) foram 293,0 mg/L para a cacimba, 1.326 mg/L para o poço artesiano e 68 mg/L para o cacimbão. Os sólidos totais dissolvidos são compostos por partículas com diâmetro inferior a 10^{-3} µm e constituem um parâmetro de potabilidade da água, pois sua presença pode estar relacionada à contaminação por esgotos e provocar alterações nas características organolépticas, resultando em rejeição pelo consumidor (Bezerra et al., 2018; Brasil, 2021). Dentre as amostras analisadas, o poço artesiano apresentou um valor de STD significativamente superior ao limite estabelecido pela Portaria GM/MS nº 888/2021 (Brasil, 2021), que é de 1.000 mg/L para água potável, indicando potencial comprometimento da qualidade da água e possível necessidade de tratamento antes do consumo. Esse valor elevado pode refletir processos naturais de lixiviação de

minerais ou, mais preocupantemente, influência antrópica, como infiltração de efluentes ou descarte inadequado de resíduos em áreas urbanas.

A condutividade elétrica variou significativamente, com valores de 572 µS para a cacimba, 2611 µS para o poço artesiano e 135 µS para o cacimbão. A alta condutividade no poço artesiano pode ser atribuída à presença de sais dissolvidos, frequentemente associados a atividades agrícolas e industriais. De acordo com Alkarkhi et al. (2008), a condutividade elétrica em águas subterrâneas pode variar de 100 a 3000 µS, dependendo da concentração de íons dissolvidos.

A ausência de cloro residual nas amostras de água dos poços cacimba, artesiano e cacimbão, conforme observado em sua análise, é característica comum em águas subterrâneas não submetidas a processos de desinfecção. No entanto, essa ausência representa um risco potencial à saúde pública, pois o cloro residual é fundamental para inibir a proliferação de microrganismos patogênicos. Estudo realizado por Santos et al. (2024) no município de Itabaiana, Sergipe, avaliou a potabilidade da água de poços artesianos e constatou que todas as amostras apresentavam níveis de cloro residual livre abaixo do mínimo estabelecido pela Portaria GM/MS nº 888/2021. Essa deficiência foi correlacionada à presença de coliformes fecais e Escherichia coli, indicando contaminação microbiológica e inadequação para o consumo humano. Esses achados ressaltam a importância de implementar sistemas de desinfecção eficazes e monitoramento contínuo da qualidade da água, mesmo em fontes subterrâneas, para garantir a segurança sanitária e atender aos padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação vigente.

Na Tabela 3 são expressos os resultados das análises físico-químicas realizadas em laboratório. Os valores obtidos indicam possíveis contaminações por matéria orgânica ou inorgânica, o que pode comprometer a qualidade estética e microbiológica das águas. A comparação com os valores máximos permitidos pela Portaria GM/MS nº 888 revela que, enquanto alguns parâmetros estão dentro dos limites aceitáveis, outros, como dureza total, turbidez, cor aparente e cromo, excedem os valores recomendados, indicando a necessidade de tratamento e monitoramento contínuo para garantir a potabilidade e segurança das águas subterrâneas.

Tabela 3. Resultados das análises físico-químicas realizadas em laboratório das águas dos poços.

Parâmetro	VMP*	Cacimba	Artesiano	Cacimbão
Cloreto (mg/L)	250	158,40 ± 0,00	87,12 ± 0,00	21,78 ± 0,00
Alcalinidade Total (mg/L)	-	30,52 ± 0,00	299,38 ± 0,00	34,88 ± 0,00
Dureza Total (mg/L)	500,00	75,24 ± 0,00	**1767,48** ± 0,00	0,00 ± 0,00
Cálcio (mg/L)	-	12,70 ± 0,00	561, 85 ± 0,00	0,00 ± 0,00
Magnésio (mg/L)	-	10,60 ± 0,00	88,60 ± 0,00	0,00 ± 0,00
Turbidez (uT)	5,00	**11,30** ± 0,60	1,13 ± 0,01	**438** ± 6,36
Cor Aparente (uH)	15,00	**20,00** ± 0,00	2,50 ± 0,00	**1.200,00** ± 0,00
Manganês (mg/L)	0.10	0,09 ± 0,00	0,19 ± 0,01	**0,51** ± 0,02
Nitrito (mg/L)	1,00	0,00 ± 0,00	0,07 ± 0,00	0,32 ± 0,00
Nitrato (mg/L)	10,00	0,47 ± 0,06	0,13 ± 0,03	1,52 ± 0,06
Amônia (mg/L)	1,50	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,49 ± 0,00

Zinco (mg/L)	5,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	1,99 ± 0,01
Cromo (mg/L)	0,05	**0,25** ± 0,00	**0,24** ± 0,00	**4,03** ± 0,05
Sulfato (mg/L)	250,00	7,78 ± 0,30	**945,66** ± 0,25	93,89 ± 1,45
Sulfeto (mg/L)	0,10	0,08 ± 0,00	0,00 ± 0,00	**0,56** ± 0,00
Fluoreto (mg/L)	1,50	0,19 ± 0,00	0,85 ± 0,01	0,00 ± 0,00
Cobre (mg/L)	2,00	0,19 ± 0,01	0,25 ± 0,01	0,14 ± 0,01
Alumínio (mg/L)	0,20	0,12 ± 0,01	0,00 ± 0,00	**1,41** ± 0,01
Surfactantes (mg/L)	0,50	0,49 ± 0,00	0,36 ± 0,02	0,18 ± 0,00
Ferro Total (mg/L)	0,30	0,11 ± 0,01	0,12 ± 0,00	**3,43** ± 0,06

*VMP: Valores máximos permitidos conforme a legislação.
Fonte: Os autores (2025)

Os valores de cloreto nas amostras variaram entre 21,78 mg/L e 158,40 mg/L, todos dentro do limite máximo permitido (VMP) de 250,00 mg/L. Estudos recentes, como o de Müller et al. (2022), indicam que a concentração de cloretos em águas subterrâneas pode ser influenciada pela proximidade de fontes de contaminação salina.

A alcalinidade total apresentou valores de 30,52 mg/L na cacimba, 299,38 mg/L no poço artesiano e 34,88 mg/L no cacimbão. Embora a portaria não estabeleça um VMP específico para alcalinidade, é importante monitorar este parâmetro, pois ele influencia a capacidade tamponante da água e sua corrosividade.

A dureza total variou de 0,00 mg/L no cacimbão a 1767,48 mg/L no poço artesiano, com a cacimba apresentando 75,24 mg/L. O VMP para dureza total é de 500,00 mg/L, sendo que o poço artesiano excedeu significativamente este valor, indicando uma alta concentração de íons de cálcio e magnésio, o que pode afetar a palatabilidade e a formação de incrustações em sistemas de distribuição.

Os valores de cálcio e magnésio também refletem essa variação, com o poço artesiano apresentando concentrações de 561,85 mg/L de cálcio e 88,60 mg/L de magnésio, enquanto as outras fontes apresentaram valores significativamente menores. A alta concentração desses íons no poço artesiano pode ser atribuída à dissolução de minerais presentes nas formações geológicas locais. Alkarkhi et al. (2020) destacam que a presença de altos níveis desses íons é comum em áreas com rochas calcárias

A turbidez e a cor aparente apresentaram variações significativas, com o cacimbão mostrando valores extremamente altos (438 uT de turbidez e 1200 uH de cor aparente), ambos excedendo os VMP's de 5 uT e 15 uH, respectivamente. Esses valores indicam possível contaminação por matéria orgânica ou inorgânica, o que pode comprometer a qualidade sensorial e microbiológica da água.

Os níveis de manganês, nitrito, nitrato, amônia, zinco, cromo, sulfato, sulfeto, fluoreto, cobre, alumínio, surfactantes e ferro total também foram analisados. Em particular, o cromo apresentou valores acima do limite permitido (0,05 mg/L) em todas as fontes, com o cacimbão mostrando o valor mais alto (4,03 mg/L). A presença de cromo em níveis elevados pode ser atribuída a atividades industriais e agrícolas na região, representando um risco potencial à saúde, havendo a necessidade de monitoramento contínuo e medidas de controle para garantir a segurança da água consumida.

Os resultados indicaram variações significativas nos parâmetros físico-químicos das diferentes fontes de água subterrânea. A comparação com dados de literatura revela que fatores como localização geográfica e atividades humanas influenciam diretamente a qualidade da água.

3.2 PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS

Com base nos dados apresentados na Tabela 4 de análise microbiológica dos poços do povoado Matões dos Moreiras, no município de Codó-MA, e segundo os critérios estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021, que regulamenta os padrões de potabilidade da água para consumo humano no Brasil, é possível afirmar que nenhuma das amostras analisadas atende aos requisitos microbiológicos de potabilidade.

Tabela 4. Resultado das análises microbiológicas das águas dos poços.

POÇO	VMP*	Coliformes Totais	*E. coli*
Cacimba	Ausência em 100 mL	Presença	Presença
Artesiano		Presença	Ausência
Cacimbão		Presença	Presença

*VMP: Valor Máximo Permitido.
Fonte: Os autores (2025)

De acordo com a legislação vigente, o parâmetro de referência para coliformes totais e *Escherichia coli* (*E. coli*) em água destinada ao consumo humano é a ausência em 100 mL de amostra. A presença dessas bactérias é considerada indicativo de contaminação fecal recente ou falhas na proteção e tratamento da fonte de água, o que representa risco direto à saúde pública.

No caso da **cacimba**, observou-se a presença de coliformes totais e de *E. coli*, indicando contaminação microbiológica significativa. Essa condição pode estar relacionada à proximidade com fontes de poluição antrópica, presença de animais silvestres, animais domesticados e os animais de pequeno porte como aves, caprinos e suínos usados na subsistência familiar. O **cacimbão** apresentou perfil semelhante, com presença simultânea de coliformes totais e *E. coli*, reforçando a inadequação microbiológica dessa fonte de abastecimento.

O **poço artesiano**, embora tenha apresentado ausência de *E. coli*, ainda registrou presença de coliformes totais, o que também é incompatível com os padrões de potabilidade estabelecidos. Esse resultado sugere **contaminação ambiental não fecal ou presença de bactérias heterotróficas naturais**, o que ainda assim demandam ações corretivas, como a desinfecção e a proteção da estrutura do poço.

A presença de *E. coli* em duas das três fontes analisadas configura uma **violação sanitária grave**, já que essa bactéria é um marcador específico de contaminação fecal recente e pode estar associada à presença de patógenos como vírus, protozoários e bactérias entéricas. O consumo dessas águas, sem tratamento adequado, representa risco elevado de doenças de veiculação hídrica, como

gastroenterites, hepatites virais e infecções intestinais (Vila Nova e Tenório, 2019; Oliveira et al., 2020).

3.3 CARACTERIZAÇÃO SENSORIAL DAS ÁGUAS DOS POÇOS

Na Tabela 5 encontram-se os resultados referentes à média da análise de odor das águas dos poços do povoado Matões dos Moreiras em Codó-MA, onde foram atribuídos valores de intensidade de odor por cada analista.

Tabela 5. Painel Sensorial de odor das águas dos poços.

Amostras	**I**	**II**	**III**	**IV**	**VMP**	**Característica**	**Média**
Cacimba	0	4	0	0	6	1	1
Artesiano	2	10	2	0	6	1,3	3,5
Cacimbão	8	12	4	2	6	1,3,4	**6,5**

Fonte: Os autores (2025)

Não foi realizada a análise de gosto devido à característica microbiológica das águas analisadas, e, de acordo com a metodologia, não se deve provar amostras que ofereçam risco a saúde. Como os parâmetros de odor e gosto estão relacionados, se uma amostra apresentar intensidade acima do VMP para odor, logo, a intensidade do gosto estará fora do valor máximo permitido também (APHA, 2005).

Em relação à intensidade do odor nas três amostras analisadas, o poço tipo cacimbão apresentou média de 6,5, situando-se acima do Valor Máximo Permitido (VMP) estabelecido para potabilidade. Entre os odores identificados, destacaram-se os descritos como terra/mofo, grama e pantanoso/sulfuroso, nesta ordem de prevalência. As duas primeiras características podem estar associadas à estrutura rudimentar do poço e à sua localização geográfica. Por se tratar de um poço sem vedação ao redor da borda e situado em área de relevo íngreme e vegetação densa, é provável que, durante eventos de precipitação, ocorra o escoamento superficial de folhas, gravetos e outros materiais orgânicos para o interior do poço. De acordo com Domingues et al. (2020), a presença de odores indesejáveis na água pode estar associada à ocorrência de compostos orgânicos, substâncias químicas ou contaminantes de origem microbiológica, o que, conforme destacado por Silva et al. (2020), representa um indicativo relevante de possível contaminação ou degradação da qualidade da água.

O odor pantanoso/sulfuroso, por sua vez, pode estar relacionado à presença de compostos sulfurados, como o sulfeto de hidrogênio, oriundos da decomposição de matéria orgânica transportada pela água da chuva. Além disso, a presença de ferro e manganês em concentrações acima dos limites permitidos contribui significativamente para a manifestação de odores desagradáveis, corroborando os dados obtidos na análise físico-química da amostra.

4 CONCLUSÃO

A caracterização integrada das águas subterrâneas consumidas no povoado Matões dos Moreiras, em Codó-MA, evidencia que, além das não conformidades frente aos padrões estabelecidos pela legislação brasileira, existe um cenário preocupante de vulnerabilidade sanitária e ausência de controle sistemático da qualidade da água.

A simultaneidade de inconformidades físico-químicas, presença de contaminantes microbiológicos e alterações sensoriais, sobretudo nos poços do tipo cacimba e cacimbão, sugere não apenas contaminações pontuais, mas um padrão estrutural de exposição a riscos hídricos.

O caso do poço artesiano, embora com melhor desempenho microbiológico, revela elevada carga de minerais e sólidos dissolvidos, apontando para potenciais impactos geoquímicos e antropogênicos. Este panorama reforça a urgência da implementação de ações intersetoriais que integrem educação sanitária, gestão comunitária da água, monitoramento regular e investimentos em tecnologias de desinfecção apropriadas à realidade rural. Além disso, destaca-se a necessidade de aprofundamento de estudos regionais sobre a geodinâmica subterrânea e a interface entre uso e ocupação do solo e qualidade da água, a fim de subsidiar políticas públicas baseadas em evidências e promover justiça ambiental no acesso à água potável.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA), Campus São Luís-Monte Castelo; Ao Grupo de Pesquisa de Análises e Pesquisas de Alimentos, Bebidas (APAA); Ao Laboratório Cernitas; Ao Laboratório 5Q Confidentiality.

REFERÊNCIAS

ALKARKHI, A. F. M.; AHMAD, A.; ISMAIL, N.; EASA, A. M. Multivariate analysis of heavy metals concentrations in river estuary. Environmental Monitoring And Assessment, v. 143, n. 1–3, p. 179–186, 2008. DOI: 10.1007/s10661-007-9966-x.

ALVES, S. G. S.; ATAIDE, C. D. G.; SILVA, J. X. Microbiológica de coliformes totais e termotolerantesem água de bebedouros de um parque público de Brasília, Distrito Federal. Rev. Cient. Sena Aires, v. 7, n. 1, p. 12-7, 2018. Disponível em: https://rdcsa.emnuvens.com.br/revista/article/view/733/1154. Acesso em: 18 fev. 2025.

APHA (American Public Health Association); AWWA (American Water Works Association); WEF (Water Environment Federation). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21. ed. Washington: APHA, 2005.

AYACH, L. R.; PINTO, A. L.; CAPPI, N.; GUIMARÃES, S. T. de L. Contaminação das águas subterrâneas por coliformes: um estudo da cidade de Anastácio-MS. Climatologia e Estudos da Paisagem, v. 4, n. 1, p. 5-26, 2009. Disponível em: < https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/climatologia/article/download/3268/2743/14359>. Acesso em: 15 jan. 2025.

BEZERRA, A. D. A.; ROCHA, J. C. da; NOGUEIRA, E. R.; SOUSA, D. M. L. de; ARAÚJO, F. G. D. M.; BRANDÃO, M. G. A.; PANTOJA, L. D. M. **Análise situacional da qualidade de água subterrânea oriunda de poços da região metropolitana de Fortaleza, Ceará, Brasil**. Acta Biomedica Brasiliensia, v. 9, n. 1, 2018. DOI: http://dx.doi.org/10.18571/acbm.158.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Diário Oficial da União, Brasília, DF: Ministério da Saúde, 3 out. 2017. Disponível em: < https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/s/saude-da-pessoa-com-deficiencia/legislacao/portaria-de-consolidacao-no-05-de-28-de-setembro-de-2017.pdf/view>. Acesso em: 20 jan 2025.

BRASIL. Portaria n.º 888, de 04 de maio de 2021. Anexo XX. Estabelece os Procedimentos de Controle e Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano e seu Padrão de Potabilidade. Diário Oficial da União: seção 1. ed. 85. Brasília, p. 127, 07 de maio. de 2021. Disponível em: < https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>. Acesso em: 13 Jan 2025.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos / Companhia Ambiental do Estado de São Paulo; Organizadores: Carlos Jesus Brandão...[et.al]. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011. Disponível em: < https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2021/10/Guia-nacional-de-coleta-e-preservacao-de-amostras-2012.pdf>. Acesso em: 12 Dez 2024.

COELHO, S. C.; DUARTE, A. N.; AMARAL, L. S.; SANTOS, P. M.; SALLES, M. J.; SANTOS, J. A. A.; SOTERO-MARTINS, A. Monitoramento da água de poços como estratégia de avaliação sanitária em Comunidade Rural na Cidade de São Luís, MA, Brasil. Revista Ambiente & Água, v. 12, n. 1, p. 156–167, jan. 2017. DOI: https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1962.

COSTA, R. N.; SUDA, C. N. K.; PINTO, F. A. Análise de água como prevenção para ocorrência de doenças de veiculação hídrica: uma revisão integrativa. Revista Técnica Ciências Ambientais, v. 1, n. 8, 2024. Disponível em: < https://ipabhi.org/repositorio/index.php/rca/article/view/128>. Acesso em: 18 fev. 2025.

DOMINGUES, L. F.; CRUZ, G. Q. N.; CASTRO, I. P. de; ARCHIOLI, I. A.; LOPES, L. C.; OLIVEIRA, M. R. M. de. Produção de carvão a partir da casca de laranja ativado com cloreto de cálcio ($CaCl_2$) e sua aplicação em tratamento de água contaminada com nitrato (NO_3^-). **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 1, p. 404-413, jan. 2021. DOI: 10.34117/bjdv7n1-030.

FERREIRA FILHO, S. S.; ALVES, R.. Técnicas de avaliação de gosto e odor em águas de abastecimento: método analítico, análise sensorial e percepção dos consumidores. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 11, n. 4, p. 362–370, out. 2006. DOI: https://doi.org/10.1590/S1413-41522006000400009.

FRANÇA, A. C.; ABREU, G. P. de .; BALIONI, L. F. .; CAPELLATO, P.; RANIERI, M. G. A. .; FONSECA, A. L. .; RIBEIRO, G. C.; MARQUES, P. S.; SACHS, D. Microbiological analysis of the water provided to a Health Unit in the Municipality of Itajubá, Minas Gerais. Research, Society and Development, v. 10, n. 6, p. e33910615220, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i6.15220.

GOOGLE MAPS. Codó Maranhão. Imagem de Satélite. 2025. Disponível em: https://www.google.com/maps/place/Cod%C3%B3,+MA,+65400-000/@-4.5210813,-43.9585158,11z/data=!4m6!3m5!1s0x78bf16cf1e200a1:0x41ecdc5fb99aae3!8m2!3d-4.4535444!4d-43.8877885!16zL20vMGZmaGh0?entry=ttu&g_ep=EgoyMDI1MDMxOS4yIKXMDSoJLDEwMjExNDUzSAFQAw%3D%3D. Acesso em: 24 fev. 2025.

LIRA, R. da S. .; GONÇALVES, M. F. Identification of the type of supply and monitoring of the quality of water for human consumption in the municipality of Coelho Neto, Maranhão. Research, Society and Development, v. 11, n. 4, p. e27711421771, 2022. DOI: https://doi.org/10.33448/rsd-v11i4.21771.

MACEDO, I. M. E.; LIMA, F. R. F.; LIMA, G. M. DE 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). Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 11, p. 103530–103542, 2021. DOI: https://doi.org/10.34117/bjdv7n11-124.

MÜLLER, A. L. de C.; SEVERO, L. G. R.; SOUZA, B. S. DE .; BUENO, C. G. .; OSÓRIO, D. M. M.; BERLESE, D. B. Análise Físico-Química e Microbiológica da Água Subterrânea em um Município da Região Sul do Brasil. Águas Subterrâneas, v. 36, n. 2, p. 30182, 2022. DOI: https://doi.org/10.14295/ras.v36i2.30182.

OLIVEIRA, F. C. de; RÖHNELT, N. M. S.; RITZEL, R. G. F.; HECK, T. M. da S.; STAGGEMEIER, R. Viroses entéricas: principais patologias de veiculação hídrica e suas manifestações clínicas. Revista Conhecimento Online, v. 1, p. 191–217, 2020. DOI: https://doi.org/10.25112/rco.v1i0.1598.

OLIVEIRA, R. M. M.; OLIVEIRA, L. R. M.; ZAIDAN, G. S. de A. Índice de estado trófico e qualidade de águas superficiais e subterrâneas utilizadas no abastecimento rural no Maranhão. Cuadernos de Educación y Desarrollo, v. 17, n. 1, p. e7392, 2025. DOI: 10.55905/cuadv17n1-160.

OLIVEIRA JUNIOR, M. A.; SILVA, N. C. S.; PRADO, M. F. Qualidade da água consumida em bebedouros no IFTM – Campus Uberlândia. Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade, v. 12, n. 25, p. 3–16, 2023. DOI: https://doi.org/10.22292/mas.v12i25.1115.

PAIVA, R. F. P. S.; SOUZA, M. F. P. Associação entre condições socioeconômicas, sanitárias e de atenção básica e a morbidade hospitalar por doenças de veiculação hídrica no Brasil. Cadernos de Saúde Pública, v. 34, n. 1, 2018. p. e00017316. DOI: https://doi.org/10.1590/0102-311X00017316.

PEIL, G.H.S.; KUSS, A.V.; GONÇALVES, M.C.F. Avaliação da qualidade bacteriológica da água utilizada para abastecimento público no município de Pelotas - RS – Brasil. Ciência e Natura, Santa Maria, v. 37, n. 1, p. 79-84, 2015. DOI: https://doi.org/10.5902/2179460X14941.

RAMOUTAR, S. The use of Colilert-18, Colilert and Enterolert for the detection of faecal coliform, Escherichia coli and Enterococci in tropical marine waters, Trinidad and Tobago. Regional Studies in Marine Science, v. 40, 101490. 2020. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rsma.2020.101490.

RUTKOWSKI, E. W.; LESSA, S. N.; OLIVEIRA, E. G. de. Desenvolvimento Brasileiro x Meio Ambiente: trajetória da problematização da água. Revista de Ciência & Tecnologia, Piracicaba: Unimep, v. 7, n. 14, p. 23-30. 1999. Disponível em: < https://www.academia.edu/7112806/Desenvolvimento_Brasileiro_X_Meio_Ambiente_Trajet%C3%B3ria_da_Problematiza%C3%A7%C3%A3o_da_%C3%81gua_Brazilian_Development_X_Environmental_Issues_Water_Problematization_Trajectory>. Acesso em: 2 fev 2025.

SANTOS, J. A. R.; NASCIMENTO, R. S.; SIQUEIRA, E. V. S.; SILVA FILHO, J. R. V.; SANTOS, K. E.; SANTOS, A. S.; SANTOS, M. I.; MOREIRA, J. J. S.; SIQUEIRA, C. G.; FRAGA, L. E. Relação Entre a concentração de cloro residual livre e a presença de microrganismos na água de poços artesianos destinada ao consumo humano. Scientia Plena, v. 20, n. 8, 2024. DOI: https://doi.org/10.14808/sci.plena.2024.089904.

SILVA, A. L. O.; RAMOS, M. S.; LUIZ, M. R.; SOUZA, N. C.; NASCIMENTO, A. P. S.; AMORIM SILVA, J. E. O.; RAMOS, E. F.; AMORIM, F. V. Possíveis efeitos do alumínio presente na água tratada / Possible effects of aluminum on treated water. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 1, p. 1413–1420, 2020. DOI: https://doi.org/10.34117/bjdv6n1-098.

SOARES, A. C. G. M.; SILVA, R. A. S.; JESUS, C. V. F.; SANTANA, R. F.; LIMA, Á. S.; LIMA, S. O.; MARQUES, M. N. Water and health risk assessment in the Aracaju Expansion Zone - SE. Ambiente & Sociedade, v. 23, p. e02561, 2020. DOI: https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20170256r1vu2020L4AO.

SOUSA, S. S.; SILVA, W. S.; MIRANDA, J. A. L.; ROCHA, J. A. Análise físico-química e microbiológica da água do rio Grajaú, na cidade de Grajaú – MA. Ciência e Natura, v. 38, n. 3, 2016. pp. 1615-1625. DOI: 10.5902/2179460X23341.

SPERLING, M. V. Estudos e modelagem da qualidade da água de rio: princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - DESA da Universidade Federal de Minas Gerais, v. 7, 2007.

VILA NOVA, F. V. P.; TENÓRIO, N. B. Doenças de veiculação hídrica associadas à degradação dos recursos hídricos, município de Caruaru - PE. Caminhos de Geografia, Uberlândia, v. 20, n. 71, p. 250-264, set./2019. DOI: https://doi.org/10.14393/RCG207145545.