

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO DE ÁGUA EM POÇOS ARTESIANOS PARA O ABASTECIMENTO PÚBLICO E CONSUMO HUMANO EM ESCOLAS RURAIS DO MUNICÍPIO DE UBERLÂNDIA

ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF WATER TREATMENT IN ARTESIAN WELLS FOR PUBLIC SUPPLY AND HUMAN CONSUMPTION IN RURAL SCHOOLS IN THE MUNICIPALITY OF UBERLÂNDIA

Farley Fabiano Ribeiro Silva

Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Geografia, Geociência e Saúde Coletiva, Uberlândia, MG, Brasil
farley.silva@ufu.br

Karine Rezende de Oliveira

Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Ciências Exatas e Naturais do Pontal, Ituiutaba, MG, Brasil
karinerezende@ufu.br

RESUMO

A água é componente primário de todos os seres vivos e essencial à sobrevivência das espécies. Garantir sua qualidade é imperativo, adotando-se critérios de classificação com base nas características físicas, químicas e bacteriológicas. Este estudo avalia a eficiência do tratamento de água proveniente de poços artesianos em escolas rurais do município de Uberlândia, enfocando a potabilidade para consumo humano e a sustentabilidade para preservar os recursos hídricos subterrâneos. Amostras foram coletadas periodicamente em quatro escolas municipais rurais, analisando-se cor aparente, cloro residual, flúor, pH, turbidez, coliformes totais, *Escherichia coli*, temperatura e presença parasitológica. Também foi aplicado um questionário para caracterizar os locais de coleta. De modo geral, os parâmetros físico-químicos e bacteriológicos atenderam aos padrões da legislação brasileira, demonstrando eficácia do tratamento utilizado. Contudo, em algumas amostras foi detectado o parasita *Endolimax nana*, sugerindo falhas no armazenamento ou manuseio da água. Embora não patogênico, esse achado evidencia a necessidade de medidas corretivas e monitoramento frequente, especialmente em escolas rurais próximas a criações de suíños ou bovinos.

Palavras-chave: Qualidade da água. Parasitologia. Instituição escolar. *Endolimax nana*.

ABSTRACT

Water is the primary component of all living organisms and essential for species survival. Ensuring water quality is imperative, adopting classification criteria based on physical, chemical, and bacteriological characteristics. This study assesses the efficiency of water treatment from artesian wells in rural schools in Uberlândia municipality, focusing on potability for human consumption and sustainability to preserve underground water resources. Samples were collected periodically from four municipal rural schools, analyzing apparent color, residual chlorine, fluoride, pH, turbidity, total coliforms, *Escherichia coli*, temperature, and parasitological presence. A questionnaire was also used to characterize the sampling sites. Overall, physicochemical and bacteriological parameters complied with Brazilian legislation standards, demonstrating the effectiveness of the employed treatment. However, *Endolimax nana* parasite was detected in some samples, suggesting deficiencies in water storage or handling. Although not pathogenic, this finding highlights the need for corrective measures and frequent monitoring, especially in rural schools near swine or cattle farms.

Keywords: Water quality. Parasitology. Scholar institution. *Endolimax nana*.

INTRODUÇÃO

A água é essencial para a manutenção da vida, sendo o principal solvente inorgânico e constituinte dos tecidos humanos, além de participar de reações bioquímicas e diversas atividades como transporte, geração de energia, produção de alimentos e recreação. Também é utilizada como receptora de esgotos industrial e doméstico (WHO, 2020). Nos últimos anos, o uso da água aumentou exponencialmente devido ao crescimento populacional e socioeconômico em países em desenvolvimento, sendo a agricultura a maior consumidora global, representando 70% das extrações anuais, seguida pela indústria (20%) e consumo familiar (10%) (ANA, 2024a).

De forma geral, o abastecimento de água potável é essencial para a saúde pública e redução de doenças como cólera e diarreia, com 80% da população urbana mundial tendo acesso a esses serviços (WHO, 2021b). No Brasil, há uma disparidade regional, em que o abastecimento pela rede geral no Sudeste é de 91,17%, enquanto a região Norte conta com apenas 56,45% (IBGE, 2022). Programas como o VIGIAGUA visam monitorar e melhorar a qualidade da água, conforme normas da Portaria nº. 888/2021, que estabelece padrões para parâmetros químicos, microbiológicos e físicos, como turbidez máxima de 5,0 NTU (Unidades Nefelométricas de Turbidez) e ausência de *Escherichia coli* em na concentração de 100 mL de água (Brasil, 2011; Brasil, 2017; Brasil, 2021).

Em áreas urbanas, a água é tratada em Estações de Tratamento de Água (ETAs) para remover impurezas e microrganismos, enquanto zonas rurais dependem de fontes locais, como poços e cisternas, que requerem tratamentos simples (WHO, 2021b). Escolas rurais utilizam sistemas alternativos como a captação de água subterrânea, embora esses recursos estejam sujeitos a contaminações químicas e biológicas devido à poluição agrícola e ausência de esgotamento adequado (SNIS, 2021; Paludo, 2013).

Fatores antrópicos, como o uso de fertilizantes inorgânicos (Chaves et al., 2020) e falta de tratamento de coleções de água importantes para o consumo humano contribuem para a contaminação de aquíferos, favorecendo a presença de microrganismos como bactérias patogênicas (Moraes et al., 2020) e até mesmo formas parasitárias que podem provocar doenças intestinais graves (Marcelino et al., 2018). Soluções sustentáveis devem ser implementadas respeitando a cultura local e promovendo saúde e higiene, especialmente em comunidades rurais (SNIS, 2021). Neste sentido, este estudo analisou a eficiência do tratamento de água proveniente de poços artesianos em escolas rurais do município de Uberlândia, do ponto de vista da potabilidade para consumo humano.

MATERIAL E MÉTODOS

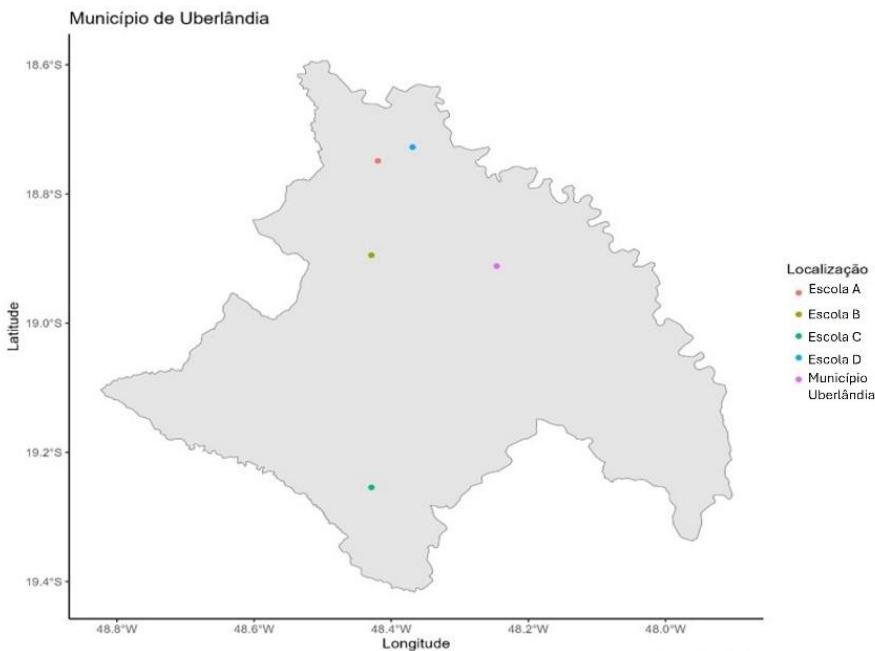
Local de coleta

O estudo foi conduzido com base em coletas realizadas em quatro escolas públicas rurais localizadas no município de Uberlândia, Minas Gerais, Brasil (Figura 1). Nestas escolas, o DMAE faz o tratamento e controle de qualidade, o que nos motivou a realizar o estudo.

As coletas foram realizadas nas escolas municipais que chamamos de Escola B (latitude 18°53'41,14"S, longitude 48°26'11,93"O e 794m de altitude), Escola A (latitude 18°44'53,73"S, longitude 48°25'06,32"O e 813m de altitude), localizado no Distrito de Martinésia que apresenta atualmente uma população de aproximadamente 1.000 habitantes e tem nas atividades agropecuárias sua base econômica, Escola C (latitude 19°15'14,36"S, longitude 48°25'44,06"O e 725m de altitude) localizada em Miraporanga a 38 Km do Centro de Uberlândia, conta com 12.923 moradores) e Escola D (latitude 18°43'38,05"S, longitude 48°22'07,73"O e 868m de altitude) no Distrito de Cruzeiro dos Peixotos a 30 km do centro de Uberlândia com cerca de 2300 habitantes).

Para melhor caracterização do público atendido pelas escolas e a distância até a sede do Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE) foi construída a tabela 01, representada a seguir.

Figura 1 – Localização geográfica das escolas rurais no município de Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. 2024



Fonte: Autores, 2024.

Tabela 1 – Turnos, faixa etária, modalidade de ensino e distância do Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE) das escolas municipais da zona rural do município de Uberlândia-MG em que foram realizadas as coletas de amostras de água

Local de coleta	Turnos	Faixa etária	Modalidade de ensino	Distância da Sede do DMAE	Número de alunos
Escola A	Matutino e Vespertino	4 meses a 14 anos	Ensino Fundamental Educação Infantil	29,1 km	110
Escola B	Matutino	4 a 14 anos	Ensino Fundamental Educação Infantil	24,9 km	250
Escola C	Matutino e Vespertino	4 a 14 anos	Ensino Fundamental Educação Infantil	48,4 km	128
Escola D	Matutino e Vespertino	4 a 14 anos	Ensino Fundamental Educação Infantil	25,8 km	118

Fonte: Autores, 2024.

Coleta das amostras

As coletas das amostras de água foram realizadas entre os meses de março a junho de 2024 no período da manhã, sendo quatro coletas por mês, totalizando 64 coletas. Foram colhidas amostras de água oriundas das torneiras dos bebedouros e/ou torneiras das cantinas das escolas. Para a realização das análises físico-químicas, as amostras de água foram colhidas utilizando frascos de polietileno previamente higienizados com água e detergente neutro, e armazenados em caixa de isopor para o melhor acondicionamento das amostras. O procedimento seguiu etapas específicas: (i) o registro da torneira foi aberto para escoar a água que estava estagnada dentro do duto, mantendo uma velocidade moderada; e (ii) após um escoamento inicial, por aproximadamente três minutos, o frasco de coleta foi

aberto e coletada determinada quantidade de água, de onde se retirou uma alíquota. Esse procedimento foi repetido por três vezes consecutivas, conforme as normativas técnicas do Manual Prático de Análise de Água (Brasil, 2006). Em seguida, coletou-se a amostra principal de água, com volume equivalente à capacidade do frasco de 500 ml, o qual foi fechado e armazenado na caixa de coleta para transporte ao laboratório.

A coleta para as análises bacteriológicas foi realizada por meio de frascos de borossilicato higienizados com água, detergente neutro e hipoclorito de sódio, e esterilizados. As caixas térmicas foram preenchidas com gelo para manter a temperatura das amostras entre 4°C e 8°C.

No ponto de coleta das amostras de água, o registro foi aberto para o escoamento da água estagnada no duto, fechando-se em seguida e higienizando a parte externa do sistema. A torneira foi aberta para que houvesse o escoamento de água por mais um minuto e finalmente a amostra foi colhida. Próximo ao fluxo de água, o frasco microbiológico foi aberto e 100 mL de água colhido fechando-o imediatamente e armazenando-o na caixa microbiológica com gelo, mantendo a temperatura próxima de 4°C. A análise para coliformes totais e *Escherichia coli* foi realizada em até 24 horas após a coleta para garantir a validade dos resultados.

Análises das amostras

(i) Identificação e determinação de Coliformes Totais e *Escherichia coli* pelo método do substrato enzimático

Trata-se de indicador da qualidade higiênico-sanitária da água, enquanto a detecção específica de *E. coli* aponta contaminação fecal recente e risco potencial à saúde pública. Foi utilizada uma câmara com luz ultravioleta com comprimento de onda de 366 nm e potência de 6W, um comparador colorimétrico para padrões amarelo e fluorescente, uma estufa de incubação, e frasconetes contendo substrato cromogênico enzimático definido ONPG – MUG, disponíveis comercialmente como Colilert ou Colitag (Rice; Baird; Eaton, 2021). Em seguida, dentro de uma câmara de fluxo laminar, o conteúdo de um frasconete de substrato cromogênico é adicionado a um frasco contendo 100 ml da amostra de água coletada de cada local nas instituições de ensino. Após adicionar o substrato, o frasco foi fechado e agitado suavemente para garantir que o substrato se misture uniformemente com a amostra. A amostra preparada foi então incubada a uma temperatura de 35°C ± 0,5°C por um período inicial de 24 horas. Após esse período, realizou-se uma análise visual da cor da amostra. Se não houver alteração de cor, a amostra é considerada negativa para coliformes totais e *Escherichia coli*. No entanto, se a amostra apresentar uma coloração amarelada, mas de menor intensidade que o padrão de comparação, é necessário estender o período de incubação. Para verificar a presença de *Escherichia coli*, a amostra é exposta à luz UV de 366 nm. A presença de fluorescência azul indica a presença de *Escherichia coli* na amostra. Na ausência de fluorescência, a amostra é considerada negativa para *Escherichia coli* (Rice; Baird; Eaton, 2021).

(ii) Determinação de Turbidez

Representa a presença de partículas em suspensão na água. Para a realização do ensaio de turbidez as amostras de água foram agitadas para garantir a homogeneização e uma alíquota de 10 ml de cada amostra foi retirada e colocada em uma cubeta, a qual foi inserida na câmara de leitura do turbidímetro, e avaliação da turbidez realizada de acordo com o manual do equipamento.

(iii) Determinação de pH em Bancada

A leitura do pH e da temperatura foi realizada conforme as instruções do manual do equipamento. Após aguardar um minuto ou até a estabilização da leitura, os valores de pH e temperatura foram registrados.

(iv) Determinação de Cor Aparente – Método Colorimétrico

Indica presença de substâncias dissolvidas, como compostos orgânicos naturais e íons metálicos. Uma alíquota de 10 ml da amostra foi transferida para uma cubeta, preenchendo-a até a marca indicada a qual foi inserida no colorímetro de bancada. A leitura da cor aparente da amostra foi então realizada conforme as instruções do manual do equipamento, registrando-se o valor obtido.

(v) Determinação de Flúor pelo Método Colorimétrico

Concentrações elevadas podem causar fluorose dental e, em exposições prolongadas, alterações ósseas. O procedimento iniciou-se com a transferência de uma alíquota de 10 ml da amostra de água para uma cubeta de vidro de 10 ml, utilizando uma pipeta volumétrica de 10 ml. Em seguida, 2 ml da solução SPADNS (Fórmula com arsenito de sódio) foram adicionados à cubeta contendo a amostra, utilizando outra pipeta volumétrica. A mistura foi então agitada e foi aguardado o tempo necessário para a reação. Paralelamente, em outra cubeta, foi preparado um branco para a análise de flúor. Para isso, adicionou-se 10 ml de água deionizada e 2 ml da solução SPADNS, utilizando pipetas volumétricas para cada adição. Após o tempo de reação, a cubeta contendo a amostra e a solução SPADNS foi inserida no compartimento de leitura do fluorímetro de bancada. A leitura foi realizada conforme o manual de instruções do equipamento, comparando-se com o branco para obter a concentração de flúor na amostra.

(vi) Determinação de Cloro Residual Livre

Avalia a eficácia da desinfecção e a manutenção da qualidade microbiológica da água ao longo da rede de distribuição. Com o auxílio de uma pipeta volumétrica, uma alíquota de 10 ml de amostra de água foi transferida para uma cubeta de vidro onde foi adicionada uma pastilha de DPD ((N,N-dietil-1,4-fenilenodiamino). A solução foi então misturada e foi aguardado o tempo de reação de aproximadamente 20 segundos, necessário para o desenvolvimento da cor. Após o tempo de reação, a cubeta foi inserida na câmara de leitura do aparelho colorimétrico. A leitura da concentração de cloro residual livre foi realizada conforme o manual de instruções do equipamento.

Ressalta-se que em água potável, a determinação de DBO não é usual, visto que a água já passou por tratamento e o parâmetro não consta entre os requisitos de potabilidade definidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021 no Brasil. Quanto ao nitrato, indica contaminação por fertilizantes, esgoto o que não se priorizou nos parâmetros microbiológicos e físicos-químicos básicos considerados neste estudo.

Análise parasitológica das amostras de água

Para análise parasitológica foram coletados quatro frascos de 500 mL de amostras de água de quatro diferentes locais nas escolas rurais, sendo amostras coletados diretamente da torneira (após passar pela caixa d'água). As coletas foram realizadas pela manhã, desprezando os primeiros litros de água.

As amostras foram devidamente identificadas e transportadas ao Laboratório de Ensaios Biológicos (LAEBIO) da Universidade Federal de Uberlândia e em seguida submetidas ao processamento e análise. Para concentração das amostras de água foi utilizada a técnica de filtração em membranas Millipore GU (Durapore) em PVDF, com porosidade de 0,22 µm. O material retido na membrana foi ressuspensão em 10 mL de água destilada. Em seguida, o material foi centrifugado por 10 minutos a 2500 rpm em temperatura ambiente. O sobrenadante foi desprezado e o sedimento analisado por meio de lâmina em duplicita utilizando objetiva de 40x.

Análises estatísticas

Após a análise das amostras, os valores obtidos foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade e análise de correlação de Pearson. Os dados foram plotados utilizando o pacote ggplot2 com o auxílio do software RStudio.

Este estudo foi autorizado por ambas as instituições hospitalares de referência e foi aprovado por Comitê de Ética em Pesquisa da UFU, sob parecer nº 6.440.735/2024.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos distritos de Uberlândia são monitorados 76 parâmetros da água bruta (semestralmente), 90 parâmetros da água tratada (semestralmente) e 12 parâmetros da água tratada da rede de distribuição (semestralmente). Além disso, o monitoramento trimestral de 89 parâmetros da água tratada da rede de distribuição, atendendo a portaria nº 888 do Ministério da Saúde, são realizados nos distritos e essa pesquisa contemplou somente as análises realizadas no laboratório próprio do DMAE, os ensaios completos são realizados por laboratórios acreditados e terceirizados pelo DMAE (Prefeitura de Uberlândia, 2024). Estas análises são compiladas pelos funcionários da autarquia e a fim de registrar as atividades desenvolvidas por estes profissionais nos locais foram aplicados questionários para verificar o padrão de tratamentos de cada poço (Tabela 02).

Tabela 2 – Questionário aplicado ao profissional DMAE que exerce atividades nas escolas municipais da zona rural de Uberlândia-MG, como caracterização do tratamento de água realizado. Uberlândia-MG, 2024

<i>Questionário profissional DMAE</i>	<i>n (%)</i>
Que tipo de manancial é utilizado para o abastecimento de água nos distritos e áreas rurais?	
Manancial Superficial	0
Manancial Subterrâneo	4 (100)
Qual o tipo de tratamento de água utilizado?	
Convencional	0
Simplificado	4 (100)
O DMAE é responsável pelo tratamento de água de todas as escolas rurais?	
Simplificado	0
Não	4 (100)
No caso do tratamento simplificado, qual o tipo de produto utilizado para a desinfecção da água?	
Gás Cloro	0
Hipoclorito de Sódio	4 (100)
Outro	0
É realizado também o processo de fluoretação em todos os distritos?	
Sim	4 (100)
Não	0
É realizado o controle de qualidade da água tratada? Com qual frequência?	
Semanalmente	4 (100)
Quinzenalmente	0
Mensalmente	0
Não é realizado	0
Qual o volume outorgado para captação de água para os poços artesianos dos distritos:	
Cruzeiro dos Peixotos ($133766,40\text{ m}^2\text{ ano}^{-1}$)	
Martinésia ($78705,51\text{ m}^3\text{ ano}^{-1}$)	
Miraporanga ($58560\text{ m}^3\text{ ano}^{-1}$)	
Qual a média do volume diário tratado para os poços dos distritos	
Cruzeiro dos Peixotos (139 m^3)	
Martinésia (120m^3)	
Miraporanga (95m^3)	

Fonte: Autores, 2024.

As amostras de água coletadas em diferentes escolas localizadas na zona rural de Uberlândia não apresentaram diferenças significativas nas médias de avaliação das análises físico-químicas. Isso indica um padrão consistente na qualidade da água fornecida às escolas rurais analisadas (Tabela 3).

Tabela 3 – Médias das características físico-químicas da água coletada em diferentes escolas localizadas na zona rural do município de Uberlândia, MG, 2024

Local de coleta	Valores de referência, conforme Portaria nº888/2021 (Brasil, 2021)	Local de coleta					Município de Uberlândia (DMAE)
		Escola A	Escola B	Escola C	Escola D		
Cloro residual (mg/L) ¹	0,2 a 5,0	0,20	1,33	0,56	0,54	0,46	
Cor aparente (uH) ¹	≤ 15	1,05	6,95	3,35	2,525	3,5	
Fluoreto (mg/L) ¹	≤ 1,5	0,64	0,49	0,50	0,70	0,64	
pH*	6,0 a 9,5	7,60	7,55	7,66	7,64	8,2	
Turbidez (uT) ¹	≤ 5,0	2,51	0,31	0,32	0,58	0,83	
Coliformes totais (PA/100mL)	A	A	A	A	A	A	
<i>Escherichia coli</i> (PA/100mL)	A	A	A	A	A	A	
T°C*	-	22,25	24,5	22,25	14,25	26	

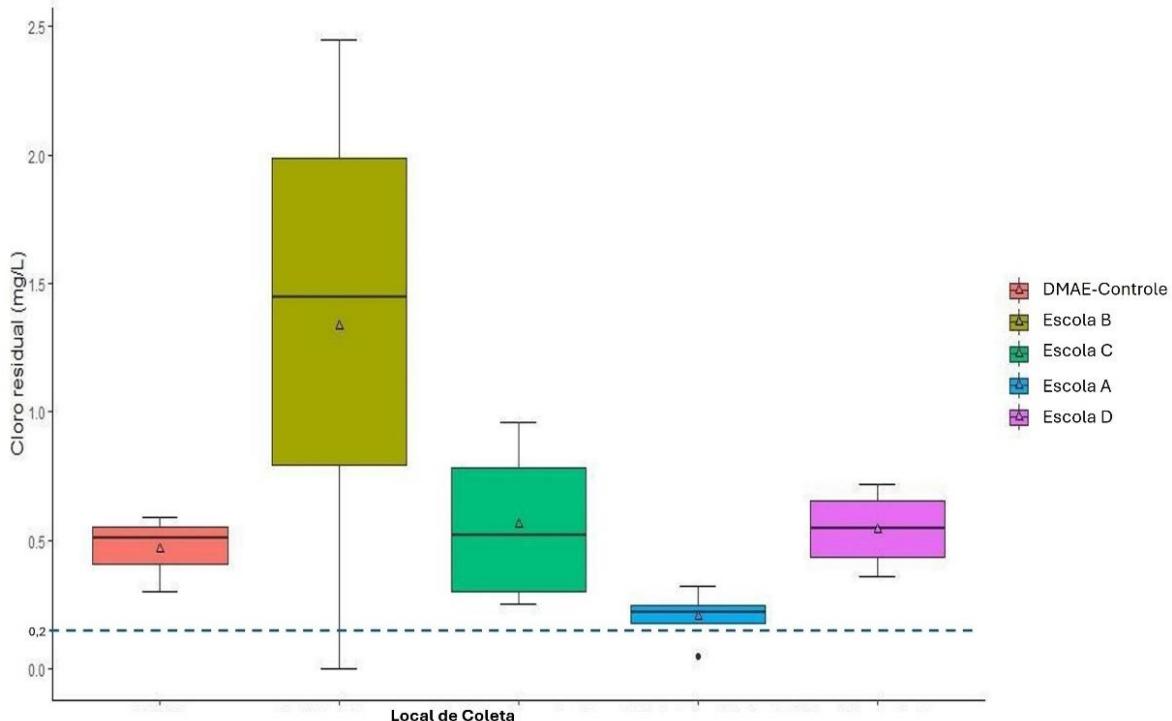
*diferença significativa ($p \leq 0,05$); ¹diferença não significativa ($p \leq 0,05$), segundo teste F. DMAE – Departamento Municipal de Água e Esgoto.

Fonte: Autores, 2024.

As análises das amostras de água mostraram que os parâmetros físico-químicos-microbiológicos determinados pelas normativas da Portaria nº888/2021 (Brasil, 2021) foram atendidas mesmo nas escolas que utilizam como fonte de água o manancial subterrâneo e realizam o tratamento simplificado por meio da aplicação de hipoclorito de sódio e pelo processo de fluoretação da água. De acordo com as análises obtidas em relação às amostras coletadas não houve diferença estatísticas para o teor de cloro residual, no entanto, foi possível observar uma maior amplitude dos valores do valor de cloro encontrados nas amostras da Escola B em relação ás demais (Figura 2).

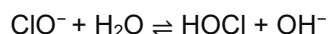
De acordo com os padrões estabelecidos para a qualidade da água, o teor de cloro residual deve estar entre 0,2 e 5,0 mg L⁻¹ (Brasil, 2021). Todos os locais analisados apresentaram valores dentro desse intervalo. O limite mínimo de 0,2 mg L⁻¹ é exigido porque concentrações inferiores podem indicar falhas no processo de desinfecção da água. Embora não haja contraindicações formais quanto a teores mais elevados de cloro, níveis superiores podem causar rejeição por parte da população devido a alterações nas características organolépticas da água, como sabor e odor (Lemos et al., 2021). Valores acima de 2 mg L⁻¹ já são suficientes para modificar o aspecto sensorial da água e podem representar risco toxicológico (Blokker; Vreeburg; Speight, 2014). O uso do cloro ou seus derivados como método de desinfecção da água é comumente utilizado devido sua eficácia, estabilidade e baixo custo (Zhang et al., 2017). Deste modo, as normas sanitárias preconizam o processo de cloração em água de abastecimento, seguindo as dosagens específicas para que ao final do processo de tratamento os valores de cloro residual não ultrapassem 2 mg L⁻¹ (Madzivhandila; Chirwa, 2017).

Figura 2 – Gráfico boxplot para cloro residual de amostras de água coletadas em diferentes escolas localizadas na Zona Rural do município de Uberlândia e em um ponto de distribuição de água tratada pelo DMAE. A linha tracejada indica o teor de cloro mínimo a ser considerado para análise (0,2 mg/L)



Fonte: Autores, 2024.

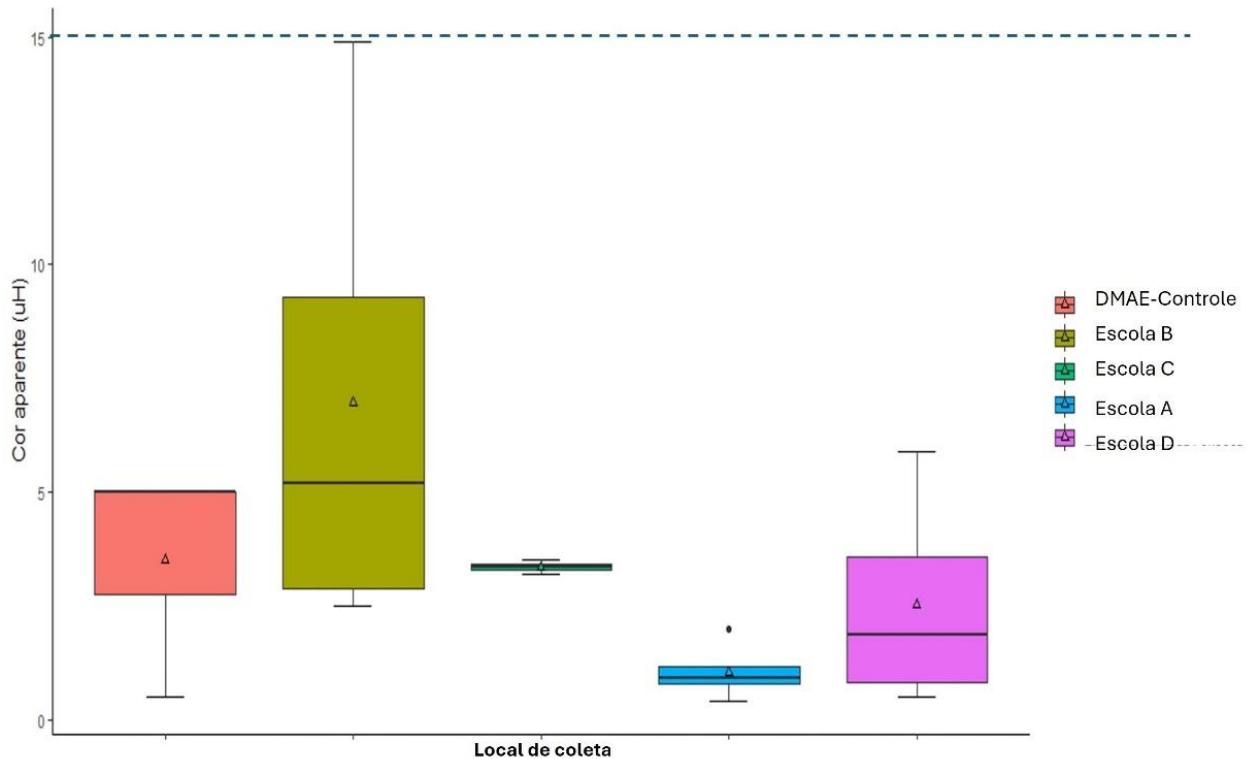
Destaca-se que a reação do hipoclorito (ClO^-) com a água é importante para entender a ação desinfetante do cloro em soluções aquosas, que segue a seguinte equação química:



Nesta equação o ClO^- é o íon hipoclorito, o H_2O é a água, o HOCl é o ácido hipocloroso e o OH^- é o íon hidróxido. A reação de equilíbrio químico que depende do pH da solução, em que pH ácido, o ácido hipocloroso (HOCl) predomina, enquanto em pH alcalino, o íon hipoclorito (ClO^-) é mais abundante, destacando que o ácido hipocloroso é um agente desinfetante mais eficaz do que o íon hipoclorito (Faust; Aly, 2018). Ressalta-se que nos distritos do município de Uberlândia o DMAE utiliza o hipoclorito de sódio para o processo de desinfecção da água, produzido nas próprias estações de tratamento do DMAE, por meio da reação de eletrólise da salmoura.

O mesmo comportamento de amplitude nos valores obtidos por amostra foi observado na análise de cor aparente, em que a Escola B apresentou maior variação na média (6,95 uH) entre os valores médios encontrados para demais pontos de coleta (Figura 3). A cor aparente é um parâmetro importante, pois sua determinação indica se um sistema de abastecimento público está esteticamente indesejável ao consumidor (Von Sperling, 2005).

Figura 3 – Gráfico boxplot para cor aparente de amostras de água coletadas em diferentes escolas localizadas na Zona Rural do município de Uberlândia e em um ponto de distribuição de água tratada pelo DMAE

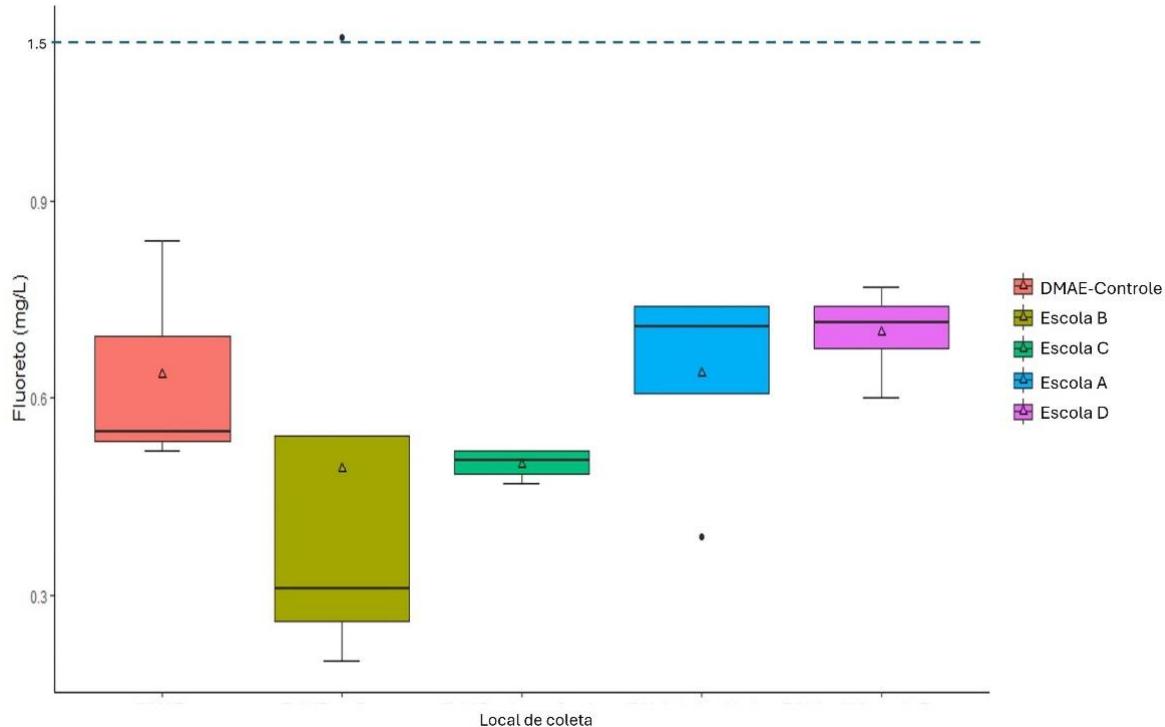


A linha tracejada indica o valor de referência cor aparente ≤ 15 uH.

Fonte: Autores, 2024.

Quanto ao teor de fluoreto, as médias dos valores obtidos das amostras analisadas estiveram próximas dos limites definidos das normativas do padrão de qualidade de água ($\leq 1,5$ mg/L) (Figura 4). A determinação do fluoreto na água é um importante requisito dos sistemas de vigilância, reconhecido internacionalmente, considerando sua ação como prevenção de cáries, entre 0,5 e 1,0 mg L⁻¹ (WHO, 2021a).

Figura 4 – Gráfico boxplot para fluoreto de amostras de água coletadas em diferentes escolas localizadas na Zona Rural do município de Uberlândia e em um ponto de distribuição de água tratada pelo DMAE



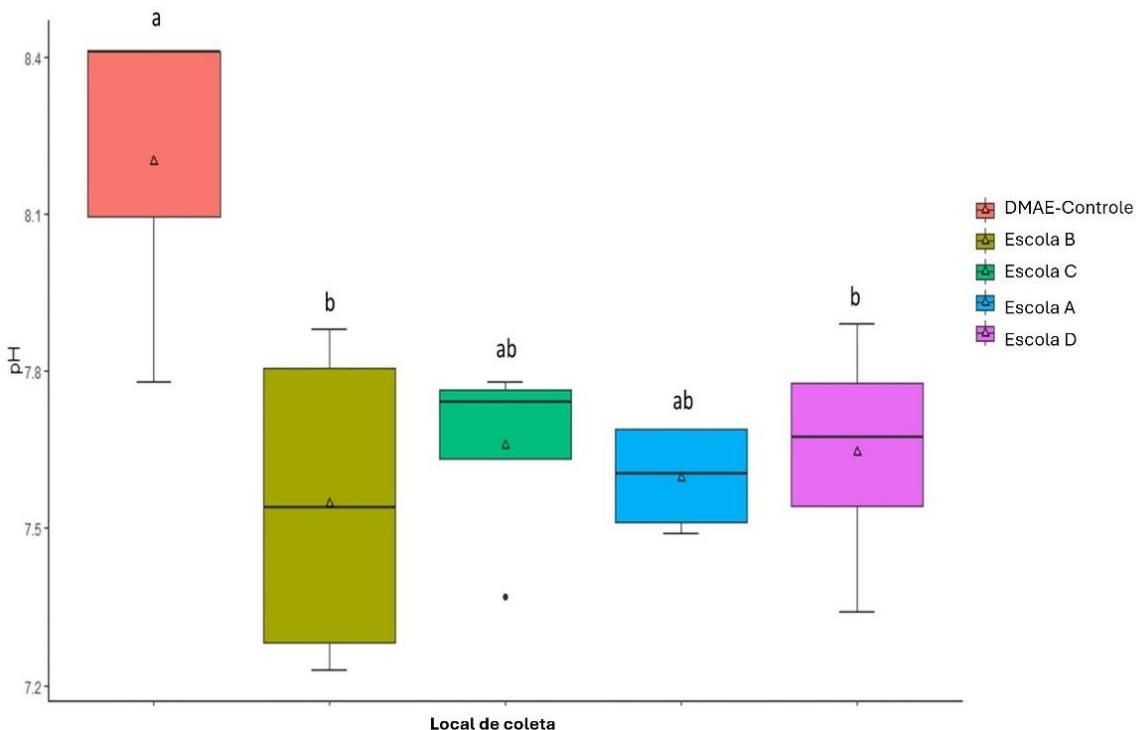
A linha tracejada indica o valor de referência para definir o padrão da qualidade de água ($\leq 1,5 \text{ mg/L}$) Uberlândia-MG, 2024.

Fonte: Autores, 2024.

Vale ressaltar que o fluoreto ocorre tanto de forma natural, como proveniente dos processos de tratamento da água, pelo procedimento de fluoretação, que é uma intervenção de saúde pública adotado em vários países, de alta a baixa renda, sendo obrigatória no Brasil desde 1974 (Frazão; Peres; Cury, 2011).

Ao avaliar o pH das amostras de água oriundas das escolas observou-se diferença significativa entre as amostras. Além disso, foi detectada diferença significativa entre o valor do pH obtido da amostra de água referência do DMAE em relação as amostras das escolas. (Figura 5).

Figura 5 – Gráfico boxplot para pH de amostras de água coletadas em diferentes escolas localizadas na Zona Rural do município de Uberlândia e em um ponto de distribuição de água tratada pelo DMAE



Fonte: Autores, 2024.

Segundo a Organização Mundial da Saúde o pH da água deve ter uma amplitude entre 6,5 e 8,5, devendo manter esse intervalo para garantir sua qualidade, considerando que o pH impacta no equilíbrio ácido básico humano, que afeta na biodisponibilidade de certos minerais, absorção de metais pesados (quando a água está mais ácida, pH < 6,5), além de afetar o sensorial, em que águas com baixo pH tendem a apresentar gosto azedo e metálico, enquanto águas com pH alto apresentam gosto alcalino e desagradável (WHO, 2017). As diferenças observadas com relação ao pH da água nos diferentes locais pode ser em virtude da origem da água, matéria de rede de distribuição como por exemplo tubulações antigas, caixas usadas como reservatórios pouco conservadas, processos de tratamento e desinfecção insuficiente até mesmo a manutenção dos reservatórios.

A análise da temperatura da água nos locais de coleta demonstrou uma variação significativa entre os locais, com destaque para Escola D, onde a temperatura média foi de 14,7°C. Os demais locais apresentaram valores médios entre 20°C a 25°C (dados não apresentados).

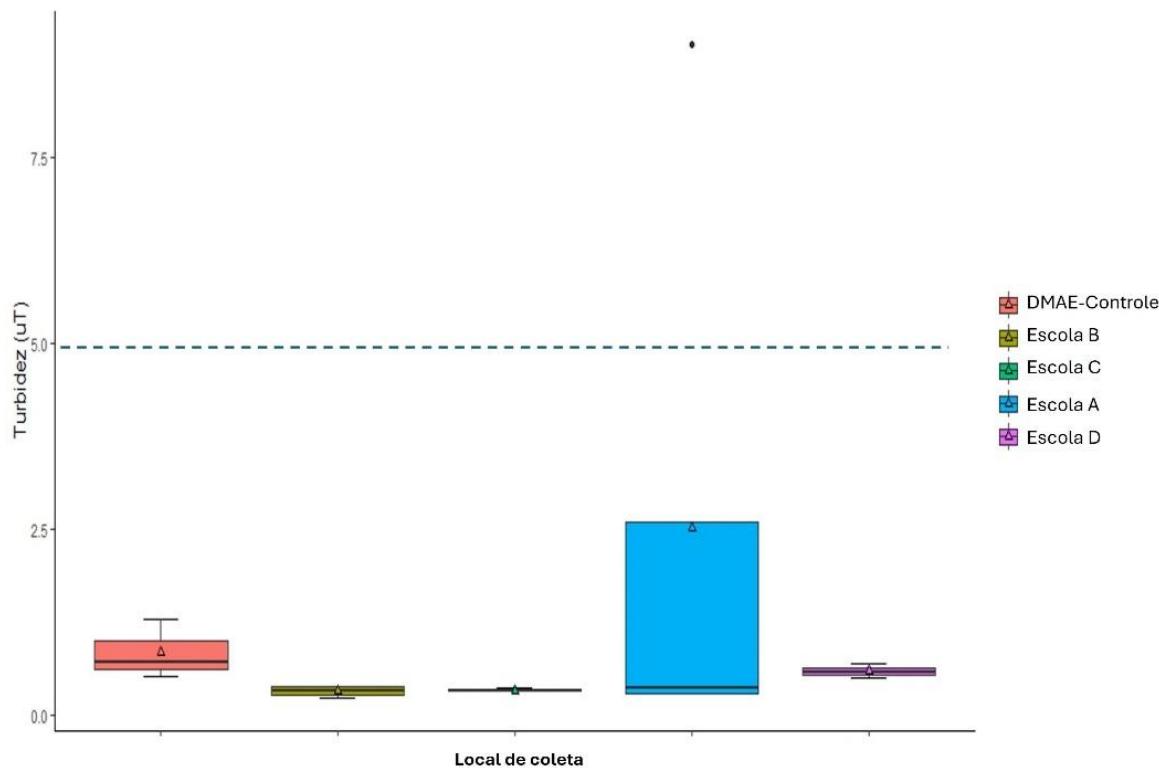
Importante mencionar que a temperatura da água impacta em diversos aspectos da sua qualidade, evitando inclusive a proliferação de patógenos em temperaturas entre 20°C e 50°C. Além disso, águas com temperatura elevadas tendem a dissipar o cloro mais rapidamente durante o processo de desinfecção, reduzindo sua eficácia (WHO, 2017).

Em relação à turbidez, não foi observada variação significativa entre os pontos de coleta avaliados. No entanto, a Escola A apresentou maior variabilidade nas médias registradas, além da presença de outliers, indicando maior instabilidade desse parâmetro nas amostras coletadas (Figura 6). A turbidez é um importante indicador de contaminação, já que níveis elevados podem indicar a presença de partículas suspensas, como sedimentos, resíduos industriais, efluentes agrícolas, entre outros poluentes. Essas partículas podem servir de substrato para o crescimento de microrganismos, aumentando o risco de doenças de veiculação hídrica. Além disso, a turbidez interfere negativamente na eficiência dos processos de coagulação e filtração em estações de tratamento de água, dificultando

a remoção eficaz de contaminantes. Por esse motivo, a Organização Mundial da Saúde (OMS) recomenda que a turbidez da água potável seja inferior a 1 NTU (WHO, 2017), enquanto a Portaria nº 888/21 do Ministério da Saúde estabelece um limite máximo de 5,0 NTU para qualquer amostra (Brasil, 2021).

Com base nesses parâmetros, observou-se que as amostras provenientes da Escola A apresentaram valores de turbidez superiores aos de referência, o que pode indicar a presença de contaminantes e sinaliza a necessidade de investigação quanto à presença de microrganismos patogênicos e parasitas. Apesar dos valores elevados de turbidez, não foram detectados coliformes totais nem *Escherichia coli* nas amostras analisadas.

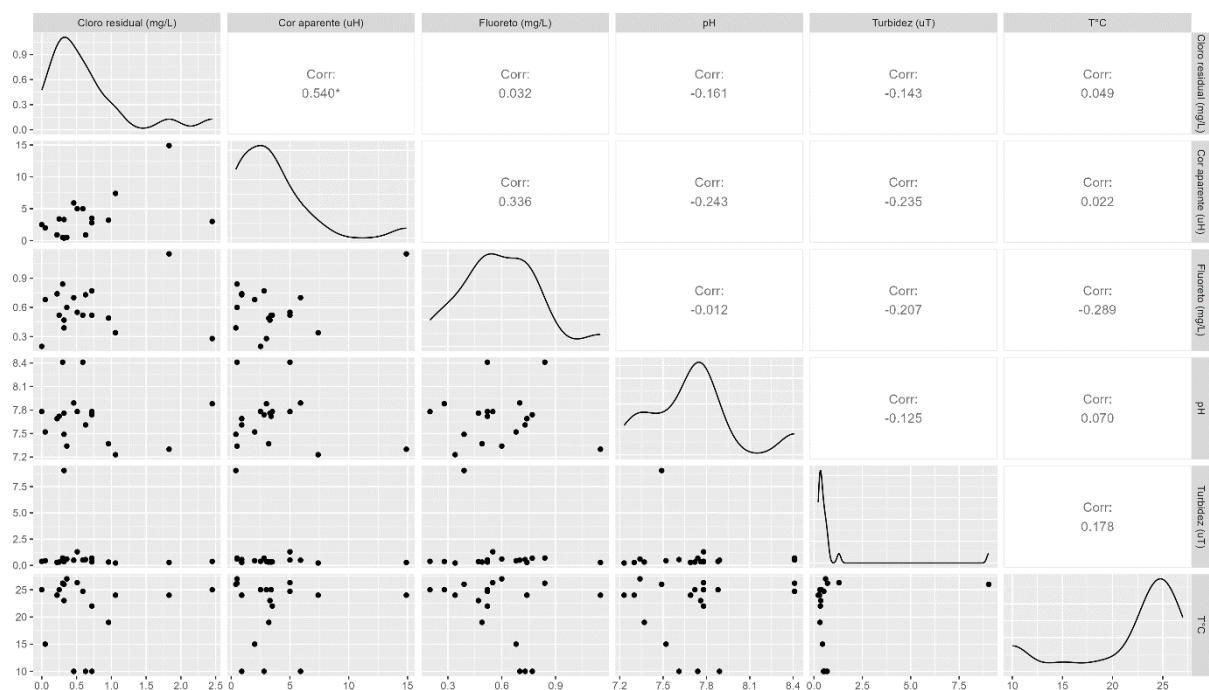
Figura 6 – Gráfico *boxplot* para turbidez de amostras de água coletadas em diferentes escolas localizadas na Zona Rural do município de Uberlândia e em um ponto de distribuição de água tratada pelo DMAE



A linha tracejada indica o valor referência para o padrão de turbidez ≤ 5 uT.
Fonte: Autores, 2024.

Com base na análise de correlação, foi possível observar uma relação entre a quantidade de cloro residual e a cor aparente da água (Figura 7).

Figura 7 – Análise de correlação entre as características físico-químicas da água coletadas em diferentes escolas localizadas na zona rural do município de Uberlândia



Fonte: Autores, 2024.

Já é conhecido a correlação entre os parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água, como o teor de cloro residual com a temperatura, em que temperaturas elevadas tendem a decompor de forma mais acelerada, além disso, o pH e a turbidez vão influenciar na eficiência do cloro em desinfetar a água, em que o pH mais baixo aumenta a eficácia do cloro, assim como uma menor turbidez (WHO, 2017).

Ademais, a cor aparente tem uma correlação com a turbidez, devido a presença de partículas suspensas influenciar na cor da água. E como observado nesse estudo há uma correlação entre a cor aparente e o cloro residual, em que substâncias que causam a cor podem reagir com o cloro presente na água, e a solubilidade dessas substâncias está correlacionada com o pH (WHO, 2017).

Ao analisar os dados físico-químicos por meio da matriz de correlação e dos gráficos de dispersão, algumas relações chamaram atenção, enquanto outras mostraram uma relativa independência entre os parâmetros avaliados.

A única correlação significativa encontrada foi entre o cloro residual e a cor aparente ($r = 0,540; p < 0,05$), o que indica uma associação moderada. Isso pode significar que, em situações em que a água apresenta coloração mais intensa, há uma tendência de se aplicar mais cloro-talvez como uma medida de precaução, já que a presença de cor pode estar ligada à matéria orgânica ou outras impurezas. Além disso, o cloro pode interagir com essas substâncias, formando compostos que deixam a água com uma cor diferente do esperado. É importante lembrar que, segundo a Portaria GM/MS nº 888/2021, o cloro residual deve estar entre 0,2 e 5,0 mg/L, enquanto a cor aparente não pode ultrapassar 15 uH (BRASIL, 2021).

As outras variáveis, como pH, turbidez, temperatura e fluoreto, não apresentaram correlações expressivas entre si. Isso sugere que, pelo menos nas amostras analisadas, cada parâmetro se comporta de forma relativamente independente. Na prática, isso pode ser positivo, pois facilita o monitoramento individual de cada variável, sem que alterações influenciem diretamente um ou em outros.

Um ponto importante observado nos gráficos foi a presença de valores atípicos (outliers) em parâmetros como cor aparente e turbidez. Esses picos podem ter sido causados por fatores pontuais, como chuvas recentes, falta de limpeza nos reservatórios, movimentação de sedimentos ou até alguma falha momentânea no sistema de distribuição de água. Como a turbidez está relacionada à presença de partículas em suspensão (argilas, matéria orgânica, microorganismos), ela interfere diretamente nos processos de desinfecção — já que essas partículas podem proteger microrganismos da ação do cloro (WHO, 2017).

A OMS recomenda que a turbidez da água potável fique abaixo de 1,0 NTU, enquanto a legislação brasileira admite um limite máximo de 5,0 NTU (BRASIL, 2021). Apesar de algumas amostras apresentarem valores acima do ideal, não foram detectadas bactérias indicadoras de contaminação fecal, como coliformes totais ou *Escherichia coli* — mas ainda assim exige atenção. A presença de turbidez elevada pode ser um indicativo de risco futuro, especialmente em ambientes escolares, onde o cuidado com a qualidade da água precisa ser ainda maior.

A avaliação de amostras de água de bebedouros, torneiras e pias de escolas públicas da região norte e nordeste do Brasil, mostraram que a qualidade da água não segue os padrões que regem as normativas da Portaria GM/MS nº 888/2021 . (Silva et al., 2018; Silva; Gonçalves; Friaes, 2022). Foi possível observar nas amostras a presença de microorganismos patogênicos como *E. coli* e coliformes totais e até mesmo protozoários intestinais como *Giardia* e *Cryptosporidium*, importantes parasitos de veiculação hídrica (Limas; Silva, 2020; Silva et al., 2018).

Para averiguar a realidade das escolas em relação a manutenção dos reservatórios internos de água e acessórios como torneiras e encanamentos, foi aplicado um questionário aos professores e/ou funcionários das escolas para caracterizar a área de coleta em relação à essa estrutura e possibilidade de presença de animais nas áreas de coleta. Em relação a presença de animais, todos os locais (100%) apresentaram cães nas proximidades das áreas de coleta, além de hortas. Outra característica pesquisa foi o armazenamento da água e o tipo de reservatório. Todas as informações estão descritas no Quadro 1.

Quadro 1 – Informações gerais dos locais de coleta de água nas escolas rurais do município de Uberlândia em 2024

Questão	Sim (%)	Não (%)
Possui horta ou plantações nas proximidades dos locais de coleta	76%	24%
Material da caixa d'água – Amianto	68%	32%
Presença do poço artesiano	75%	25%
Consume água de poço artesiano	72%	28%

Fonte: Autores, 2024.

Por último foram colhidas amostras de água para realização da análise parasitológica. Por meio da filtração utilizando membrana Milipore de 0,22 micrômetros, foi possível identificar cistos do protozoário *Endolimax nana* em 26,6% (8/30) das amostras de água potável coletadas (Figura 08).

Figura 08 – Cisto de *Endolimax nana* encontrado em amostra de água coletada de bebedouro de uma das escolas municipais (seta). 400x



Fonte: Autores, 2024.

Importante ressaltar que em um dos locais onde se encontrou o cisto do parasito, a água apresentava muito sedimento, o que pode potencializar o aparecimento destes agentes. *E. nana* são protozoários comensais, não patogênicos do intestino humano. Estes parasitos estão sempre associados a locais sujos, como esgotos, córregos, lagoas e riachos contaminados por serem áreas que acumulam grande quantidade de dejetos e fezes eliminados por pessoas parasitadas, bem como o lixo que costuma atrair insetos e roedores, o que facilita a proliferação desses parasitos (Poulsen; Stensvold, 2016). Neste estudo, foi observado a prevalência de 26,6% (8/30) de *E. nana* nas amostras coletadas. Ressalta-se que entre as amostras positivas, 13% (4/30) pertenciam a uma escola cuja água era oriunda de poço artesiano.

Nos locais de coleta foi possível observar que havia chiqueiros, galinheiro, cães, gatos e até mesmo gado, o que pode trazer ameaça iminente de contaminação da população próxima ao local. Ainda, em três locais afirmou-se a existência de horta. Considerando a possível contaminação da água por protozoários (*E. nana*) e que a mesma seja utilizada para o consumo humano, animal e irrigação além da presença de animais e hortas próximas ao reservatório de água, sugere-se que seja realizada uma manutenção e planejamento da planta de abastecimento de água local.

Fatores como o acesso à informação, ao saneamento básico e à água encanada e tratada influenciam diretamente na prevalência de parasitos e infecções intestinais nos grupos populacionais. A má qualidade da água contribui para elevados índices de parasitoses, constituindo um problema de saúde pública. São importantes meios de disseminação de formas evolutivas dos parasitos, aumentam a proliferação de enteroparasitoses e, assim, representam fator de risco à saúde humana (Otênio et al., 2007; Giatti et al., 2004; Coelho et al., 2001).

Vale ressaltar que os locais onde se observou a presença de *E. nana*, foi detectada alteração quanto aos níveis de cloro, cor aparente e turbidez, demonstrando que a água dos locais está propícia ao crescimento de microrganismos, como protozoários intestinais. Segundo Cunha et al. (2012) a turbidez se refere a um indicador da transparência física da água o que não impede de apresentar parâmetros de potabilidade, porém o material particulado ali presente pode conter microorganismos patogênicos, além de material fecal (Melo, 2010).

Um estudo realizado por Monteiro (2006) em uma população do município de Dourados, constatou que 93,75% das amostras de água estavam contaminadas por coliformes em uma região que era abastecida por poço artesiano. Outro estudo realizado em uma reserva indígena Xakriabá, em Minas Gerais, mostrou que 83,3% das amostras de água provenientes de poços tubulares coletadas nas residências eram impróprias para o consumo humano devido à presença de coliformes (Giatti *et al.*, 2007). Assim, sugere-se que a possibilidade de contaminação da água desta escola poderia estar relacionada a contaminação do poço utilizado para o seu abastecimento diário.

Foi observada uma média de $1,34 \text{ mg ml}^{-1}$ de cloro nas amostras de água coletadas no local onde foram detectados cistos de *E. nana*. Este valor de referência está em acordo com o preconizado pela legislação brasileira (Brasil, 2021). Entretanto, sabe-se que cistos de protozoários intestinais podem ser resistentes a concentrações de cloro, o que justifica o encontro do parasita na água coletada (WHO, 2017).

Segundo Teixeira *et al.* (2004), pessoas que afirmaram tratar a água com cloro antes do consumo podem não realizar o tratamento adequado, o que remete à necessidade de incentivo a programas educacionais que orientem sobre as medidas profiláticas mais adequadas.

No caso dos locais onde se constatou a presença de *E. nana*, os responsáveis afirmaram que realizam a limpeza da caixa de água de forma rotineira. Ressalta-se a importância da limpeza das caixas d'água e/ou reservatórios para evitar a contaminação da água destinada ao consumo humano (Carneiro, 2009).

Apesar da *E. nana* não ser considerada uma espécie patogênica, sua significativa prevalência nesse estudo pode indicar uma possível contaminação da água por dejetos fecais de origem humana (Nolla; Cantos, 2005).

CONCLUSÕES

As amostras de água coletadas nas escolas municipais rurais do município de Uberlândia, localizadas na zona rural, apresentaram características físico-químicas dentro do padrão especificado pela legislação brasileira.

Entretanto, as análises parasitológicas indicaram a presença de *E. nana*, que estava associado à maiores teores de turbidez e cor aparente da água, que são fatores conhecidos por propiciar o desenvolvimento de microrganismos.

A presença desse parasito pode ser associada a presença de chiqueiros, gados, entre outros, observados neste estudo, o que compromete a qualidade da água ofertada, considerando que este tipo de parasito não é controlado de forma efetiva pelo processo de cloração.

Medidas de controle deste tipo de parasito devem ser tomados para evitar a infecção, tais como a lavagem regular das caixas d'água e/ou reservatórios, bem como a desinfecção periódica dos bebedouros, associado ao monitoramento regular de parasitas, considerando que as características físico-químicas-microbiológicas padrão estavam dentro dos parâmetros estabelecidos pela legislação brasileira.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao: DMAE – Departamento Municipal de Água e Esgoto de Uberlândia; CEMEP – Centro Municipal de Estudos e Projetos Educacionais Julieta Diniz pelo apoio e auxílio neste trabalho.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA. **Atlas água**. 2024a. Disponível em: <https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/storymaps/stories/1d27ae7adb7f4baeb224d5893cc21730>

Acesso em: 11 jun. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA. **Panorama do Saneamento no Brasil**. 2024b. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/saneamento-basico/a-ana-e-o-saneamento/panorama-do-saneamento-no-brasil-1>. Acesso em: 13 jun. 2024.

ALMEIDA, S. G. et al. **Crise socioambiental e conversão ecológica da agricultura brasileira: subsídios à formação de diretrizes ambientais para o desenvolvimento agrícola.** Rio de Janeiro: AS-PTA, 2001. 122p.

BACCI, D. C.; PATACA, E. M. Educação para a água. Estudos Avançados, **Dossiê Água**, v. 22, n. 63, p. 211-226, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200014>

BELO, V. S. et al. Fatores associados à ocorrência de parasitoses intestinais em uma população de crianças e adolescentes. **Revista Paulista de Pediatria**, v. 30, n. 2, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0103-05822012000200007>

BLOKKER, M.; VREEBURG, J.; SPEIGHT, V. Residual Chlorine in the Extremities of the Drinking Water Distribution System: The Influence of Stochastic Water Demands. **Procedia Engineering**, v. 70, p. 172–180, 1 jan. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.02.020>

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. 2^a ed. rev. - Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006. 146 p.

BRASIL, M. DA S. **PORTARIA DE CONSOLIDAÇÃO Nº 5**. 2017. Acesso em: 11 jun. 2024.

BRASIL, M. DA S. **PORTARIA GM/MS Nº 888, DE 4 DE MAIO DE 2021**. 2021. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html. Acesso em: 30 jun. 2024

BRASIL, M. DA S. **PORTARIA Nº 2.914, DE 12 DE DEZEMBRO DE 2011**. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html. Acesso em: 13 jun. 2024.

BRASIL, M. DA S. **VIGIAGUA**. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/seidigi/demas/situacao-de-saude/vigagua>. Acesso em: 5 ago. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Manual de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano**. 5. ed. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2014.

BRASIL. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Manual de procedimentos de vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano**. Ministério da Saúde: Brasília, 2006. 284 p.

BUSS, P. M. Promoção da saúde e qualidade de vida. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 5, n. 1, p. 163-177, 2000. <https://doi.org/10.1590/S1413-81232000000100014>

CHAVES, H. S. et al. Estudo da qualidade das águas subterrâneas de abastecimento em bairros na cidade de parauapebas a partir de parâmetros físico-químicos. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 3, p. 113–121, 2 abr. 2020. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.003.0011>

COELHO, L. M. P. S. et al. Detecção de formas transmissíveis de enteroparasitas na água e nas hortaliças consumidas em comunidades escolares de Sorocaba, São Paulo, Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 34, n. 5, p. 479-482, 2001. <https://doi.org/10.1590/S0037-86822001000500012>

CUNHA, G. L. C. et al. Revisão integrativa: Retrato da presença de *Cryptosporidium* spp. em humanos e águas do Brasil. **Revista Unimontes Científica**, v. 24, n. 1, p. 1-19, 2022. <https://doi.org/10.46551/ruc.v24n1a4>

CUNHA, H. F. A. et al. Qualidade físico-química e microbiológica de água mineral e padrões da legislação. **Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 7, n. 3, p. 155-165, 2012. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.908>

DIXON, B. R. *Giardia duodenalis* in humans and animals – Transmission and disease. **Research in Veterinary Science**, v. 135, p. 283-289, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2020.09.034>

DMAE. O Dmae. Disponível em: <https://www.uberlandia.mg.gov.br/prefeitura/orgaos-municipais/dmae/o-dmae>. Acesso em: 11 jun. 2024.

- DOYLE, M. P.; SCHOENI, J. L. Isolation of Escherichia coli O157:H7 from retail fresh meats and poultry. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 53, n. 10, p. 2394–2396, out. 1987. <https://doi.org/10.1128/aem.53.10.2394-2396.1987>
- FAUST, S. D.; ALY, O. M. **Chemistry of Water Treatment, Second Edition**. [s.l.] CRC Press, 2018.
- FELLENBERG, G.; FROEHLICH, C. G. **Introdução aos problemas da poluição ambiental**. EPU, 2003.
- FIORVANTI, M. I. A. et al. Monitoramento e avaliação da qualidade da água de solução alternativa coletiva de abastecimento de escolas públicas do município de Itatiba, SP. **Vigilância Sanitária em Debate**, v. 8, n. 2, p. 122–133, 29 maio 2020. <https://doi.org/10.22239/2317-269x.01460>
- FRAZÃO, P.; PERES, M. A.; CURY, J. A. Qualidade da água para consumo humano e concentração de fluoreto. **Revista de Saúde Pública**, v. 45, n. 5, p. 964–973, out. 2011. <https://doi.org/10.1590/S0034-89102011005000046>
- GIATTI, L. L, et al. Condições de saneamento básico em Iporanga, Estado de São Paulo. **Revista Saúde Pública**, v. 38, p. 571-7, 2004. <https://doi.org/10.1590/S0034-89102004000400014>
- GODECKE, M. V.; DECKER, A. T. Saneamento básico: estudo do caso de Arroio Grande, **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 18, n. 4, p. 1371-1388, 2014. <https://doi.org/10.5902/2236117014966>
- GOMES, T. A. T. et al. Diarrheagenic Escherichia coli. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 47, p. 3–30, dez. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.bjm.2016.10.015>
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRADIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pesquisa nacional de saneamento básico-PNSB**: 2008. Rio de Janeiro, 2010.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Panorama do Censo 2022**. 2022. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/mapas.html?localidade=&recorte=N2>. Acesso em: 13 jun. 2024.
- KARANIS, P. et al. Waterborne transmission of protozoan parasites: A worldwide review of outbreaks and lessons learnt. **Journal of Water and Health**, v.5, n.1, p.1-38, 2007. <https://doi.org/10.2166/wh.2006.002>
- LECLERC, H. et al. Advances in the Bacteriology of the Coliform Group: Their Suitability as Markers of Microbial Water Safety. **Annual Review of Microbiology**, v. 55, n. 1, p. 201–234, out. 2001. <https://doi.org/10.1146/annurev.micro.55.1.201>
- LEMOS, D. R. H. et al. Análise da qualidade da água de abastecimento de Ibatiba-ES com base no cloro residual livre e cloro residual combinado. Em: **Engenharia no Século XXI – Volume 20**. [s.l.] Editora Poisson, 2021. <https://doi.org/10.36229/978-65-5866-051-4.CAP.03>
- LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas: Átomo, 2010. 494 p.
- LIMA, E. C.; STAMFORD, T. L. M. *Cryptosporidium* spp. no ambiente aquático: aspectos relevantes da disseminação e diagnóstico. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 8, p. 791-800, 2003. <https://doi.org/10.1590/S1413-81232003000300013>
- LIMA, S.C. **Desigualdades Socioterritoriais e Comportamentos em Saúde**. Lisboa, edições colibri, p.31-46, 2013.
- LIMAS, A. R. DE; SILVA, G. C. DA. Avaliação da qualidade da água em bebedouros em escolas de Ensino Fundamental I de cidade do Sertão do Pajeú-PE. **Revista Brasileira de Educação e Saúde**, v. v. 10, n. 2, p. 45–49, 2020.
- MADZIVHANDILA, V. A.; CHIRWA, E. M. N. Modeling chlorine decay in drinking water distribution systems using aquasim. **Chemical Engineering Transactions**, v. 57, p. 1111–1116, 2017.
- MARCELINO, et.al. Parasitoses de veiculação hídrica em águas urbanas. **Analecta**, v. 4, n. 4, nov. 2018.

- MELO, J. F. M. **Diagnóstico da qualidade de água de abastecimento na comunidade de Santa Cruz, em campos dos Goytacazes (RJ), educação ambiental e alternativas sanitárias.** 2010. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Ambiental, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Instituto Federal Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2010.
- MORAES, D. S. L.; JORDÃO, B. Q. Degradão de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Revista Saúde Pública**, v. 36, n. 3, p. 370-374, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0034-89102002000300018>
- MORAES et al. Contaminação por *Escherichia coli* em águas de um poço profundo na zona rural de Penaforte – Ceará. **Revista Arquivos Científicos (IMMES)**, Macapá, v. 3, n. 2, p. 114–119, 2020.
- MURRAY. P. R. et al. **Microbiologia Médica**. 7º ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014, p. 888.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. **Un water, statistics: graphs & maps**. Drinking water, sanitation & hygiene. 2013. Disponível em: https://www.unwater.org/statistics_san.html. Acesso em: 10 jun. 2023.
- OTENIO, M. H, et al. Saneamento básico, qualidade de água, e levantamento de enteroparasitoses relacionando ao perfil sócio-econômico-ambiental de escolares de uma área rural do município de Bandeirantes-PR. **Salusvita**, v. 26, n. 2, p. 179-188, 2007.
- PALUDO, J. R.; BORBA, J. Abastecimento de água e esgotamento sanitário: estudo comparado de modelos de gestão em Santa Catarina. **Ambiente & Sociedade**, v. 16, n. 1, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2013000100005>
- PIERZYNSKI, G. M. et al. **Soils and environmental quality**. Boca Raton: Lewis Publishers, 1994. 313p.
- POULSEN, C.; STENSVOLD, C. Systematic review on *Endolimax nana*: A less well studied intestinal ameba. **Tropical Parasitology**, v. 6, n. 1, 2016. <https://doi.org/10.4103/2229-5070.175077>
- PREFEITURA DE UBERLÂNDIA. **Estimativa da população** IBGE 2011-2021. 2021. Disponível em: <https://www.uberlandia.mg.gov.br/prefeitura/secretarias/planejamento-urbano/populacao-uberlandia/>. Acesso em: 16 jul. 2024.
- PREFEITURA DE UBERLÂNDIA. **Qualidade da Água**. Disponível em: <https://www.uberlandia.mg.gov.br/prefeitura/orgaos-municipais/dmae/qualidade-da-agua-2/>. Acesso em: 5 ago. 2024.
- RAZZOLINI, M. T. P.; GÜNTHER, W. M. R. Impactos na saúde das deficiências de acesso a água. **Saúde e Sociedade**, v. 17, n. 1, p. 21-32, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0104-12902008000100003>
- RICE, E. W.; BAIRD, R. B.; EATON, A. D. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 2021.
- RIGOBELO, E. C. et al. Padrão físico-químico e microbiológico da água de propriedades rurais da região de Dracena. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 7, n. 2, p. 219-224, 2009. <https://doi.org/10.7213/cienciaanimal.v7i2.9915>
- RUSSO, T. A.; JOHNSON, J. R. Medical and economic impact of extraintestinal infections due to *Escherichia coli*: focus on an increasingly important endemic problem. **Microbes and Infection**, v. 5, n. 5, p. 449–456, abr. 2003. [https://doi.org/10.1016/S1286-4579\(03\)00049-2](https://doi.org/10.1016/S1286-4579(03)00049-2)
- SANTOS, J. A.; SILVA, J. X.; REZENDE, A. J. Avaliação Microbiológica de Coliformes Totais e Termotolerantes em Água e Bebedouros de Uma Escola Pública no Gama-Distrito Federal. **Revista de Divulgação Científica Sena Aires**, v. 3, n. 1, p. 9-15, 2014.
- SCHMIDT, Elisabete I. Estudo e qualidade das águas subterrâneas na região sudoeste do município de Estrela-RS. 2006. 91p. **Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) –Centro Universitário Univates, Lajeado**, 2006.

SILVA, D. R. R. DA *et al.* Qualidade da água em escolas públicas municipais: análise microbiológica e teor de nitrato em Araçatuba, estado de São Paulo-Brasil. **Revista do Instituto Adolfo Lutz (Online)**, v. 77, p. 1–8, 2018. <https://doi.org/10.53393/rial.2018.v77.34178>

SILVA, L. A.; REBOUÇAS, S. J. S.; MENDONÇA, L. P. Análise da qualidade de molhos consumidos como acompanhamentos em lanches: Uma revisão integrativa. **Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 18, p. 89–101, 2022. <https://doi.org/10.14393/Hygeia1859745>

SILVA, N. S. DA; GONÇALVES, M. F.; FRIAES, E. P. P. Potabilidade da água em escolas municipais de Capanema-PA: Uma proposta de melhoria com sistema simplificado de tratamento. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 12, p. e482111234235, 2022. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i12.34235>

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO SOBRE SANEAMENTO - SNIS. **Panorama do saneamento básico no Brasil**, SNIS 2021, c2021. Disponível em: http://www.snis.gov.br/downloads/panorama/PANORAMA_DO_SANEAMENTO_BASICO_NO_BRASIL_SNIS_2021.pdf. Acesso em 10 de out. de 2022.

SPARKS, D. L. **Environmental soil chemistry**. San Diego: Academic Press, 1995. 267p. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-656445-7.50005-X>

STUKEL, T. *et al.* A longitudinal study of rainfall and coliform contamination in small community drinking water supplies. **Environmental science & technology**, v. 24, n. 4, p. 571-575, 1990. <https://doi.org/10.1021/es00074a610>

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2005.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. **Documento de informação técnica sobre água, saneamento, higiene e gestão das águas residuais para prevenir infecções e reduzir a propagação da resistência aos antimicrobianos**. World Health Organization, 2020. Disponível em: https://www.who.int/health-topics/water-sanitation-and-hygiene-wash#tab=tab_1. Acesso em: 13 jun. 2024.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. **Guidelines for Drinking-water Quality**. 2017. Acesso em: 25 jul. 2024.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. **World Health Assembly Resolution paves the way for better oral health care**. 2021a. Disponível em: <https://www.who.int/news/item/27-05-2021-world-health-assembly-resolution-paves-the-way-for-better-oral-health-care>. Acesso em: 24 jul. 2024.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Progress on Household Drinking Water, Sanitation and Hygiene 2000-2020 Five Years into the SDGs**. World Health Organization, 2021b.

ZHANG, C. *et al.* Effect of pipe materials on chlorine decay, trihalomethanes formation, and bacterial communities in pilot-scale water distribution systems. **International Journal of Environmental Science and Technology**, v. 14, n. 1, p. 85–94, 1 jan. 2017. <https://doi.org/10.1007/s13762-016-1104-2>