

**A qualidade da água para o consumo humano em escolas da zona rural
do município de Humaitá-AM**

*The quality of water for human consumption in schools in the rural area of the
municipality of Humaitá-AM*

*La calidad del agua para consumo humano en escuelas del área rural del municipio de
Humaitá-AM*

Clenio Ferreira de Farias

Professor Especialista, IFAM, Brasil
clenio.farias@ifam.edu.br

Maria Edenilda da Silva Galvão

Técnico Administrativo em Educação, IFAM, Brasil.
maria.galvao@ifam.edu.br

RESUMO

A escassez de recursos hídricos é um dos maiores problemas enfrentados pela comunidade global nos últimos tempos. A ausência de sensibilidade de algumas pessoas quanto ao uso racional da água pode comprometer a disponibilidade ou ainda sua qualidade. A qualidade da água é determinada por um conjunto de elementos que podem interferir nas propriedades da água tornando-a inconveniente para o consumo. Esta pesquisa objetivou analisar a qualidade da água em 3 escolas da zona rural do município de Humaitá-AM. Para aferição da qualidade foi utilizado o método padrão para o exame de água e águas residuais (SMWW, 23ª Edição, 2017). Os valores encontrados foram comparados com os dispositivos da Portaria de consolidação nº 5/GM/MS, de 28 de setembro de 2017, Resolução nº 357/CONAMA, de 17 de março de 2005, e Libânio (2010). Os resultados apresentaram baixa concentração de cloro residual livre nos sistemas das 3 escolas. Na escola 1, foi constatada também, a presença de coliformes totais nos 4 pontos de coleta (poço, reservatório, bebedouro e torneiras de cozinha) e a Presença de *Escherichia coli* no poço, reservatório e na torneira da cozinha. Na escola 2, os resultados apresentaram a presença de coliformes totais no poço e no reservatório. Outro parâmetro considerado fora do padrão foi o pH, o qual apresentou grau de acidez nas amostras das 3 escolas. Os resultados mostram contaminação microbiológica da água nas escolas 1 e 2, fato que põe em risco a saúde de alunos, servidores e outros usuários.

Palavras-Chave: Qualidade da água. Escolas da zona rural. Parâmetros de qualidade da água. Humaitá-AM.

SUMMARY

*The scarcity of water resources is one of the biggest problems faced by the global community in recent times. The lack of sensitivity of some people regarding the rational use of water can compromise its availability or even its quality. Water quality is determined by a set of elements that can interfere with water properties, making it inconvenient for consumption. This research aimed to analyze the water quality in 3 schools in the rural area of the municipality of Humaitá-AM. To measure the quality, the standard method for examining water and wastewater (SMWW, 23rd Edition, 2017) was used. The values found were compared with the provisions of Consolidation Ordinance No. 5/GM/MS, of September 28, 2017, Resolution No. 357/CONAMA, of March 17, 2005, and Libânio (2010). The results showed a low concentration of free residual chlorine in the systems of the 3 schools. In school 1, the presence of total coliforms was also found in the 4 collection points (well, reservoir, drinking fountain and kitchen faucets) and the presence of *Escherichia coli* in the well, reservoir and kitchen faucet. In school 2, the results showed the presence of total coliforms in the well and reservoir. Another parameter considered non-standard was the pH, which showed a degree of acidity in the samples from the 3 schools. The results show microbiological contamination of the water in schools 1 and 2, a fact that puts the health of students, employees and other users at risk.*

Keywords: Water quality. Rural schools. Water quality parameters. Humaitá-AM.

RESUMEN

*La escasez de recursos hídricos es uno de los mayores problemas que enfrenta la comunidad mundial en los últimos tiempos. La falta de sensibilidad de algunas personas con respecto al uso racional del agua puede comprometer su disponibilidad o incluso su calidad. La calidad del agua está determinada por un conjunto de elementos que pueden interferir en las propiedades del agua, haciéndola incómoda para el consumo. Esta investigación tuvo como objetivo analizar la calidad del agua en 3 escuelas de la zona rural del municipio de Humaitá-AM. Para medir la calidad se utilizó el método estándar de análisis de aguas y aguas residuales (SMWW, 23ª Edición, 2017). Los valores encontrados fueron comparados con lo dispuesto en la Ordenanza de Consolidación N° 5/GM/MS, de 28 de septiembre de 2017, Resolución N° 357/CONAMA, de 17 de marzo de 2005, y Libânio (2010). Los resultados mostraron una baja concentración de cloro residual libre en los sistemas de las 3 escuelas. En la escuela 1 también se encontró presencia de coliformes totales en los 4 puntos de colecta (pozo, reservorio, bebedero y llave de cocina) y presencia de *Escherichia coli* en pozo, reservorio y llave de cocina. En la escuela 2, los resultados mostraron la presencia de coliformes totales en pozo y reservorio. Otro parámetro considerado no estándar fue el pH, el cual mostró un grado de acidez en las muestras de los 3 colegios. Los resultados muestran contaminación microbiológica del agua en las escuelas 1 y 2, hecho que pone en riesgo la salud de los estudiantes, empleados y demás usuarios.*

Palabras clave: Calidad del agua. escuelas rurales. Parámetros de calidad del agua. Humaitá-AM.

1 INTRODUÇÃO

A água é uma substância vital presente na natureza e, por isso, é essencial para o consumo humano e para o desenvolvimento de atividades industriais e agropecuárias, cuja qualidade e disponibilidade limitam seus usos (KUHN et al., 2015).

Shiklomanov (1998), afirma que “o Brasil é detentor de uma das maiores reservas hídricas do planeta, sendo privilegiado em águas aparentes e mananciais subterrâneos, ou seja, possui um volume mundial estimado de águas subterrâneas de 10.360.230 km³”.

“A oferta de água para o abastecimento tem sido apontada como um dos grandes problemas do século XXI, ressaltando-se que a abundância do elemento líquido causa uma falsa sensação de recurso inesgotável” (OLIVEIRA et al, 2018, p.10). A preocupação com a temática dos recursos hídricos surge por volta da década de 70. Neste sentido, “após a Conferência de Estocolmo, em 1972, a Conferência de Mar del Plata, em 1977, foi o primeiro evento multilateral genuinamente global a debruçar-se, sob os auspícios das Nações Unidas, sobre a problemática da água”. (VARGAS, 2000, p.178). Ainda nas palavras do mesmo autor, o Plano de Ação então adotado reconheceu a conexão intrínseca entre os projetos de desenvolvimento de recursos hídricos e suas significativas repercussões físicas, químicas, biológicas, sanitárias e socioeconômicas.

No Brasil, a Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, estabelece em seu artigo 1º, inciso III, que “em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais”. Já no inciso VI do mesmo artigo, dispõe que “a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades”.

Em relação à potabilidade da água para o consumo humano, existem alguns padrões para aferição dessa qualidade que decorrem da Portaria 888, de 4 de maio de 2021, a qual altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/GM/MS, de 28 de setembro de 2017. Em seu Artigo 5º, a Portaria 888/GM/MS/2021, define a água para consumo humano como aquela potável destinada à ingestão, preparação de alimentos e à higiene pessoal, independentemente da sua origem. Neste sentido, a qualidade da água para o consumo humano está relacionada com o volume ou quantidade, ausência ou presença de elementos químicos, físicos e microbiológicos verificados em sua composição.

No Brasil, além da Portaria de consolidação nº 5/GM/MS/2017, existe ainda, o Sistema de Informação da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA), que “é um instrumento do Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Vigiagua), que visa promover a saúde e prevenir doenças e agravos de transmissão hídrica, por meio das ações previstas no Sistema Único de Saúde (SUS) do Brasil” (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2022).

O SISAGUA registra, dentre outras informações, análises da água referente aos padrões básicos da Portaria de consolidação nº 5/GM/MS/2017 (residual do agente desinfetante, turbidez, cor, pH, fluoreto, bactérias heterotróficas, coliformes totais e *Escherichia coli*) quanto aos dados de Vigilância.

Diante da relevância da temática da água, este estudo analisou a qualidade das águas destinadas ao consumo humano em 3 escolas do campo (zona rural) em Humaitá, no Sul do Estado do Amazonas.

2 METODOLOGIA

2.1 Caracterização dos locais de estudo

A pesquisa, objeto deste projeto, será desenvolvida em três escolas do Município de Humaitá, localizado no Sul do Estado do Amazonas e está situado à margem esquerda do rio Madeira, nas coordenadas 07°30'22" Sul e 63°01'15" Oeste. O município foi criado pelo Decreto Nº 31 de 4 de fevereiro de 1890, tendo sua área territorial desmembrada do município vizinho de Manicoré. Segundo o censo realizado em 2010 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população de Humaitá era de 44.227 habitantes e densidade de 1,34 hab/km², com população estimada de 61.129 a 71.316 em 2021.

Em relação ao escopo da pesquisa coleta de dados foi realizada em 3 escolas situadas na zona rural do município utilizando o método da amostragem por conveniência, considerando que as fontes de abastecimento hídrico destas escolas possuem as mesmas características (poços artesanais) de captação subterrânea.

A Escola do campo "1" está situada na rodovia BR 319, em uma comunidade chamada Realidade, distando aproximadamente 100 km do centro da cidade de Humaitá. O poço da Escola do campo "1" foi perfurado em 2016 e possui profundidade de 21 metros. A fonte de captação está no centro de uma casa de máquina coberta, onde o bombeamento é acionado para um reservatório de 5.000 litros por meio de energia elétrica e a água é compartilhada com habitações no entorno da escola. A Localização do poço está situada nas coordenadas 6°58'55.9" Sul e 63°05'49.8" Oeste. Já a Escola do campo "2", fica localizada na rodovia BR 319, na comunidade Cristolândia, a uma distância de 54,5 Km de Humaitá (sentido Humaitá-AM - Porto Velho-RO). O poço da Escola do campo "2" foi perfurado em 2020 e possui 25 metros de profundidade e atende outras famílias nas adjacências da escola e está localizado nas coordenadas 7° 53 '29.6 "Sul, 63° 17' 11.8" Oeste. O reservatório da escola possui capacidade máxima de 1.000 litros.

Quanto à Escola do Campo "3", está localizada na BR 230, sentido Humaitá-AM - Lábrea-AM, na comunidade do rio Ipixuna, cerca de 40 km do centro de Humaitá. O poço da Escola do campo "3" foi perfurado em 2020 e possui 22 metros de profundidade e abastece várias famílias no entorno da instituição de ensino e está localizada nas coordenadas 7° 31' 30.1" Sul e 63° 20' 45.8" Oeste.

2.2 Metodologia de coleta das amostras das águas

Nas unidades de ensino pesquisadas, o abastecimento é oriundo dos poços de captação de águas subterrâneas, por meio de bombas submersas que direcionam a água canalizada para reservatórios e posteriormente distribuídas para cozinha, bebedouro, banheiros e outras áreas, sendo compartilhada com habitações no entorno das instituições a partir dos reservatórios das escolas "1" e "3". Já no caso da escola "2", o abastecimento ocorre através do bombeamento por canalização direcionada do poço aos reservatórios de habitações próximas.

Os dados deste estudo foram obtidos por meio de amostragem padronizada, sendo extraídas 3 amostras, uma para cada tipo de análise (química, física e microbiológica) de água em cada um dos 4 pontos de coleta em cada escola (3 amostras do Poço, 3 amostras do Reservatório, 3 amostras da Torneira da Cozinha e 3 amostras da Torneira do bebedouro).

As amostras para análises físicas e químicas foram coletadas em 24 (vinte e quatro) recipientes de polietileno com capacidade de 200ml, sendo utilizados 2 (dois) para cada um dos quatro pontos de coleta de cada escola. Já para as análises microbiológicas foram utilizados 12 (doze) recipientes de vidro com capacidade de 500ml cada amostra, sendo utilizados 1 (um) para cada ponto de coleta em cada uma das escolas.

As amostras coletadas em cada ponto foram acondicionadas em uma caixa de isopor com tampa junto com gelo gel artificial de embalagem rígida reutilizável com dimensões 12x27x2cm com 250ml cada uma. No mesmo dia em foram coletadas, as amostras foram levadas para o laboratório de análises de águas, efluentes, solo e derivados de combustíveis (LAPEF) que fica na cidade de Porto Velho, capital de Rondônia, distante 200 km de Humaitá.

2.3 Metodologia de análise das amostras das águas

As análises foram realizadas com base na Portaria de Consolidação GM/MS Nº 5, de 28 de setembro de 2017, alterada pela Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021, Resolução nº 357/CONAMA, de 17 de março de 2005 e na obra de Libânio (2010).

Os parâmetros analisados neste estudo compreendem elementos da tabela dos organolépticos e outros considerados importantes por promoverem alterações nas propriedades da água (pH, Ferro total, Salinidade, temperatura da amostra, Cloro residual livre, Escherichia coli, coliformes totais, Cor aparente, Turbidez, Condutividade Elétrica e Carbono Orgânico Total).

2.3.1 Parâmetro físico pH

O pH (potencial de hidrogênio) representa a concentração de íons hidrogênio (H⁺) no meio, classificando-o como ácido (pH<7,00), neutro (pH=7,00) ou alcalino (pH>7,00). Segundo Santos e Mohr (2013), “o termo pH é uma grandeza que varia de 0 a 14 e indica a intensidade de acidez (pH < 7,0), neutralidade (pH = 7,0) ou alcalinidade (pH > 7,0) de uma solução aquosa”. Santos (2008) afirma que “a faixa de detecção do pH varia de 1 a 14, sendo os valores inferiores à 7 os ácidos, sendo neutro o valor 7, e acima de 7 constitui-se o pH alcalino/básico”.

A Organização Mundial da Saúde (OMS, 2017) estabelece valores entre 6,0 a 9,5 para o pH. A Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 recomenda que o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5 no sistema de distribuição. A norma estabelece que um pH de 6,0 a 9,0 é uma das condições de qualidade da água. Já a Portaria nº. 888 do MS/GM (BRASIL, 2021) dispõe que a água deve apresentar um pH variável de 6,0 a 9,0.

As análises de pH foram realizadas com um medidor multiparâmetro digital da marca AKSO, modelo AK88, que foi calibrado (três soluções padrão de calibragem: 4,00; 7,03 e; 10,04) para aferição do parâmetro pH, conforme exigências técnicas do aparelho. Após a calibração, procedeu-se a análises das amostras emergindo o eletrodo (sonda) do equipamento em um recipiente de vidro contendo 100ml da amostra coletada para essa finalidade.

2.3.2 Ferro Total

O ferro, um dos metais presentes no sedimento de fundo, é considerado um elemento fundamental no equilíbrio do corpo humano e vegetal, no entanto, quando em excesso pode resultar retardo no desenvolvimento (LOVATO, 2022. p. 13).

A Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021, que altera a Portaria de Consolidação Nº 5, de 28 de setembro de 2017, estabelece que as concentrações de ferro não podem ultrapassar 2,4 mg/L. Já a Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 estabelece uma referência de 5,0 mg/L de Ferro dissolvido para a classe de águas doces.

As análises de ferro total deste estudo foram realizadas por meio do método colorimétrico, o qual determina a quantidade do elemento ferro presente na amostra de água por espectrofotometria de absorção molecular a um comprimento de onda de 510 nm.

O procedimento foi realizado com a utilização de um equipamento digital espectrofotômetro da fabricante HACH, modelo DR3900. Esse instrumento possui um software interno com variadas curvas de calibragem, as quais são escolhidas no display do equipamento. No caso deste estudo foi escolhida a curva de calibragem para determinação de ferro nas amostras de água coletadas.

2.3.3 Salinidade

A salinidade das águas, que a define como doces, salinas e salobras, é expressa em mg/kg ou ainda, em partes por mil (‰), isto é, g/kg e traduz o teor de sais dissolvidos, dentre os quais pode-se destacar os cloretos de Na, Mg e Ca, os sulfatos de Mg, K e Ca e os carbonatos de Ca e Mg. A salinidade representa a quantidade de sais dissolvidos nas águas. Segundo a Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, a água classificada como “doce” deve conter um padrão de salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰. Isso equivale dizer que para cada litro de água temos 0,0005 Litros de sais. Importante observar que

As análises de salinidade foram realizadas com um medidor digital da Marca Hanna, modelo HI98319, o qual foi calibrado conforme a recomendação do fabricante. Para ajustar o dispositivo é bem simples, basta clicar no botão de calibragem “CAL” e depois submergir a sonda (ponta do aparelho) em uma solução de 35 ppm, a qual é produzida pela fabricante para uso exclusivo da calibragem do equipamento. Após a calibragem procedeu-se às análises submergindo o medidor em recipientes tipo frasco borel com 100ml das amostras de água coletadas.

2.3.4 Temperatura da amostra de água

A temperatura da água é um parâmetro importante de ser analisado, quando se deseja avaliar sua qualidade, pois influencia na fluoretação, solubilidade e ionização das substâncias coagulantes, alterações de pH, condutividade elétrica e alcalinidade, entre outros parâmetros (FUNASA, 2013).

Como sabemos, a temperatura é uma medida da energia cinética média das moléculas ou átomos individuais. Segundo o Manual prático de análise de água da Fundação Nacional de Saúde (2013), “a temperatura está relacionada com o aumento do consumo de água, com a fluoretação, com a solubilidade e ionização das substâncias coagulantes, com a mudança do pH, com a desinfecção, etc.” Portanto, a variação da temperatura em corpos de água altera suas propriedades e pode determinar a proliferação de microrganismos, assim como sua qualidade.

A análise foi realizada com um medidor multiparâmetro digital da marca AKSO, modelo AK88, o qual foi calibrado para medir a temperatura em graus Celsius. Após a calibragem procedeu-se às leituras com imersão da sonda do equipamento num frasco borel com 100ml da amostra de água coletada.

2.3.5 Cloro Residual Livre

O cloro é um produto químico utilizado na desinfecção da água. Sua medida é importante e serve para controlar a dosagem que está sendo aplicada e também para acompanhar sua evolução durante o tratamento (FUNASA, 2013, p. 56). A Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017, estabelece a obrigatoriedade da manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre ou 2 mg/L de cloro residual combinado ou de 0,2 mg/L de dióxido de cloro em toda a extensão do sistema de distribuição (reservatório e rede). A Portaria de consolidação nº 5 do MS, em sua tabela de padrão de potabilidade para subprodutos da desinfecção que representam riscos à saúde, recomenda que o teor máximo de cloro residual livre seja de 5 mg/L.

As análises de cloro residual livre foram realizadas por meio de um medidor digital da Marca MS Tecnopon, modelo CL-800 que utiliza o método colorimétrico a partir da solução reagente (DPD). A solução (DPD) significa N, N-dietil-p-fenilendiamina, é um reagente usado na determinação de cloro em amostra de água. A reação é identificada pela cor de tonalidade rosa que se apresenta em águas que não contêm iodeto e indica a presença de cloro residual livre. O equipamento foi calibrado conforme recomendação do fabricante disposta no manual do aparelho para o parâmetro escolhido.

2.3.6 Escherichia E. Coli e Coliformes totais

Segundo Alves (2018), a *Escherichia coli* (*E. coli*) “é um microrganismo pertencente à família Enterobacteriaceae, constituindo parte da microbiota normal do trato intestinal de humanos e de animais de sangue quente”. A contaminação com a *E. coli* ocorre através do consumo de água ou alimentos contaminados com a bactéria. A Resolução Conama nº 357, de 17 de março de 2005, define a *Escherichia coli* (*E. Coli*) como

Bactéria pertencente à família Enterobacteriaceae caracterizada pela atividade da enzima β -glicuronidase. Produz indol a partir do aminoácido triptofano. É a única espécie do grupo dos coliformes termotolerantes cujo habitat exclusivo é o intestino humano e de animais homeotérmicos, onde ocorre em densidades elevadas (CONAMA, 2005. p. 2).

É importante, também, conhecer a densidade de bactérias, tendo em vista que um aumento considerável da população bacteriana pode comprometer a detecção de organismos coliformes (FUNASA, 2013, p. 12).

Já os coliformes termotolerantes,

São bactérias gram-negativas, em forma de bacilos, oxidase-negativas, caracterizadas pela atividade da enzima β -galactosidase. Podem crescer em meios contendo agentes tenso-ativos e fermentar a lactose nas temperaturas de 44° - 45°C, com produção de ácido, gás e aldeído. Além de estarem presentes em fezes humanas e de animais homeotérmicos, ocorrem em solos, plantas ou outras matrizes ambientais que não tenham sido contaminados por material fecal (CONAMA, 2005, p. 2).

Quanto aos padrões microbiológicos, a Portaria No 888/2021 determina que os parâmetros microbiológicos *Escherichia coli* e coliformes totais devam estar ausentes da água para consumo humano (BRASIL, 2021).

Para análise dos coliformes termotolerantes foi utilizado o teste industrializado Colilert-18, da marca IDEXX. Segundo especificação do fabricante, “o teste Colilert detecta e quantifica simultaneamente coliformes totais e *Escherichia coli*, com resultados em 24 horas”.

2.3.7 Cor aparente

A cor aparente é um parâmetro físico que é determinado mediante a presença de matéria orgânica em água (substâncias húmicas, taninos, compostos de ferro e manganês e do lançamento de diversos tipos de resíduos industriais fortemente coloridos) (LIBÂNIO, 2010). A Portaria GM/MS nº 888 de 4 de maio de 2021, estabelece, dentre seus padrões organolépticos, um valor máximo permitido para cor aparente de 15 unidades Hazen (uH). A ocorrência de alta concentração de substâncias que promovem cor aparente pode ocasionar odores e sabores desagradáveis na água tornando-a inconveniente para ser consumida.

A análise da Cor aparente, neste estudo, foi realizada com o auxílio do equipamento Colorímetro da marca Del Lab, modelo DL- COR. o Equipamento vem com cubetas com tonalidades variáveis de cor, do transparente a uma tonalidade mais escura, para calibragem do equipamento tornando-se em escalas de unidades de cor (Unidade Hazen-uH) para fins de Leitura dos resultados. Após a calibragem procedeu-se a análise das amostras coletadas inserindo as cubetas com 10ml de amostra no equipamento e acionando a tecla de processamento. O resultado é apresentado no display do dispositivo.

2.3.8 Turbidez

A Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), em seu manual prático de análise de água (2013), esclarece que:

A turbidez da água é devido à presença de materiais sólidos em suspensão, que reduzem a sua transparência. Pode ser provocada também pela presença de algas, plâncton, matéria orgânica e muitas outras substâncias como o zinco, ferro, manganês e areia, resultantes do processo natural de erosão ou de despejos domésticos e industriais (FUNASA, 2013, p. 63).

Como um dos parâmetros organolépticos estabelecidos para a potabilidade da água, a turbidez deve ser eliminada para que a água possa ser utilizada nas mais variadas atividades humanas, assim como para o consumo humano. A Portaria nº 888 de 2021 do Ministério da Saúde estabelece como valor máximo permitido de 5,0 unidades de turbidez (uT). Em relação às análises de turbidez, utilizou-se o equipamento turbidímetro da marca Policontrol, modelo AP2000, que foi calibrado conforme os padrões do fabricante do equipamento, com ajustes da Unidade de Turbidez Nefelométrica (NTU) ou, simplesmente, Unidade de Turbidez (uT) a <0,1/20/100 e 800.

2.3.9 Dureza Total

Segundo Medeiros (2017, p. 45), “O parâmetro dureza total (DT) tem por finalidade expressar em termos da concentração de carbonato de cálcio, CaCO_3 , que é equivalente à concentração total de cátions como cálcio e magnésio na água”.

A Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, estabelece que a Dureza total seja de 300 mg/L como valor máximo permitido no contexto dos padrões organolépticos.

A análise do padrão Dureza total foi realizada com o medidor modelo TDS-100 marca instrutherm. A calibragem do equipamento é realizada com uma solução CD-14, comercializada pela própria fabricante, na qual o equipamento é inserido e calibrado a 1.41 ms. Após a

calibração as amostras foram analisadas com a inserção do equipamento em frascos com 100ml da água coletada.

2.3.10 Condutividade elétrica

Segundo Libânio (2010), “embora não seja um padrão de potabilidade na legislação brasileira vigente, a condutividade elétrica é um importante indicador de possível despejo de efluentes em um corpo d’água, pois está relacionado à concentração de sólidos totais dissolvidos (STD)”. Libânio (2010) ressalta que em águas naturais geralmente apresentam condutividade elétrica inferior a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, enquanto que em águas receptoras de altas cargas de efluentes domésticos e industriais a condutividade pode atingir até 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Para determinar a condutividade elétrica das amostras foi utilizado o equipamento Condutímetro Mca-150 da marca MS Tecnopon. O equipamento dispõe de software com leitura digital, a qual é realizada por meio da inserção de eletrodo nas amostras. A calibragem é feita com uma solução padrão, da fabricante, para referenciar o padrão de medida a 146.9 mS/Cm .

2.3.11 Carbono Orgânico Total

Medeiros (2017) afirma que “o parâmetro Carbono Orgânico Total (COT) é um dos indicadores de matéria orgânica em águas naturais, sendo dividido em frações referentes às partes dissolvidas ou particuladas. O monitoramento do COT se tornou relevante quando se verificou a necessidade de se diminuir a formação de trihalometanos (THM) e outros subprodutos da desinfecção de águas”. Libânio (2010) afirma que “em águas subterrâneas, a concentração de COT é de 0,1 a 2,0 mg/L^{-1} ”, ao passo que para águas superficiais varia de 1 a 20 mg/L^{-1} ”. As análises de carbono orgânico total (COT) foram realizadas mediante a execução de dois processos: oxidação catalítica do carbono total a 680 °C e deslocamento do equilíbrio do carbono inorgânico total após adição de ácido fosfórico à amostra. Portanto, o COT é 57 calculado pela diferença do CT (carbono total) e CIT (carbono inorgânico total). Assim sendo, a mineralização do carbono orgânico total das amostras de água foi medida empregando-se um analisador de carbono TOC-VCPH/CPN da SHIMADZU, equipado com um Autosampler Injector modelo ASI-V.

3 RESULTADOS

Os resultados das análises das amostras de água dos mananciais de abastecimento (Poços) das unidades escolares da zona rural do município de Humaitá apresentaram dados distintos de alguns parâmetros conforme tabela 1.

Tabela 1 - Resultados das análises das amostras coletadas nos poços.

RESULTADOS DAS ANÁLISES (POÇOS)					
	Escola 1	Escola 2	Escola 3		
Parâmetros	Resultados	Resultados	Resultados	VMP	Unidade de Medida
Escherichia coli	Presente	Ausente	Ausente	Ausente em 100mL	Aus/Pres em 100mL
Coliformes totais	Presente	Presente	Ausente	Ausente em 100mL	Aus/Pres em 100mL
Condutividade Elétrica a 25°C	15,93	11,06	13,87	N.A	µS/cm
Cor Aparente	<5,0	<5,0	<5,0	até 15,00	uH
Dureza Total	2,53	2,53	2,53	até 300,00	mg/L
Salinidade	0,01	<0,01	0,01	N.A	%
Temperatura da amostra	24,1	24,06	24	N.A	°C
Turbidez	<1,0	<1,0	<1,0	até 5,00	UNT
Cloro Residual Livre	<0,01	<0,01	<0,01	de 0,20 a 5,00	mg/L
pH a 25°C	5,43	4,72	5,3	N.A	pH
Carbono Orgânico Total	<1,0	<1,0	<1,0	N.A	mg/L
Ferro total	<0,1	<0,1	<0,1	até 0,30	mg/L

Fonte: Autor, 2023.

Os parâmetros Escherichia Coli e Coliformes totais foram confirmados como presentes nas amostras coletadas no poço da escola 1. Já na escola 2, foi verificada a presença de coliformes totais nas amostras do poço. Portanto, estão em desacordo com o estabelecido pelo Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/GM/MS, de 28 de setembro de 2017, o qual estabelece que para cada amostra de 100mL de água, a Escherichia Coli e os Coliformes Totais devem estar ausentes. Outro parâmetro com resultados fora dos padrões recomendados foi o pH. A Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 recomenda que o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5 no sistema de distribuição. Nesse contexto, os valores de pH encontrados no poço da escola 1 (5,43), escola 2 (4,72) e na escola 3 (5,3) apresentam resultados abaixo do recomendado, apresentando característica de acidez (pH < 7,0).

A seguir apresenta-se a tabela 2 com os valores encontrados nos reservatórios das escolas.

Tabela 2 - Resultados das análises das amostras coletadas nos reservatórios.

RESULTADOS DAS ANÁLISES (RESERVATÓRIO/CAIXA D'ÁGUA)					
	Escola 1	Escola 2	Escola 3		
Parâmetros	Resultados	Resultados	Resultados	VMP	Unidade de Medida
Escherichia coli	Presente	Ausente	Ausente	Ausente em 100mL	Aus/Pres em 100mL
Coliformes totais	Presente	Presente	Ausente	Ausente em 100mL	Aus/Pres em 100mL
Condutividade Elétrica a 25°C	15,52	10,69	13,62	N.A	µS/cm
Cor Aparente	<5,0	<5,0	<5,0	até 15,00	uH
Dureza Total	5,06	5,06	2,53	até 300,00	mg/L
Salinidade	<0,01	<0,01	<0,01	N.A	%
Temperatura da amostra	23	24,06	24,1	N.A	°C
Turbidez	<1,0	<1,0	<1,0	até 5,00	UNT
Cloro Residual Livre	<0,01	<0,01	<0,01	de 0,20 a 5,00	mg/L
pH a 25°C	5,29	4,64	5,43	N.A	pH
Carbono Orgânico Total	<1,0	<1,0	<1,0	N.A	mg/L
Ferro total	<0,1	<0,1	<0,1	até 0,30	mg/L

Fonte: Autor, 2023.

Os resultados das análises das amostras de água coletadas nos reservatórios de cada escola apresentaram valores distintos para os parâmetros Escherichia Coli e Coliformes totais. Nas amostras coletadas na escola 1 as análises revelaram a presença de Escherichia coli e coliformes totais. Portanto, a água do reservatório está em desacordo com a legislação, a qual estabelece que para cada amostra de 100mL de água, a Escherichia Coli e os Coliformes Totais devem estar ausentes. No reservatório da escola 2, foi verificada a presença de coliformes totais, portanto fora do padrão estabelecido, e ausência de Escherichia coli. Quanto à escola 3, as análises mostraram ausência desses parâmetros microbiológicos na amostra de 100mL de água. Quanto às análises para Cloro Residual Livre, as escolas apresentaram valores iguais de <0,01 mg/L em seus reservatórios. Portanto, abaixo do padrão de referência (0,2 a 0,5 mg/L). As análises de Ph para as amostras coletadas nos reservatórios das escolas apresentaram valores distintos. Na escola 1, o valor encontrado foi 5,29, na escola 2, o valor foi 4,64. Já na escola 3, o valor foi 5,43. Logo, os valores estão abaixo do recomendado e apresentam característica de acidez (pH < 7,0).

A seguir apresenta-se a tabela 3 com os valores encontrados nas torneiras dos bebedouros das escolas.

Tabela 3 - Resultados das análises das amostras coletadas nos bebedouros.

RESULTADOS DAS ANÁLISES (BEBEDOURO)					
	Escola 1	Escola 2	Escola 3		
Parâmetros	Resultados	Resultados	Resultados	VMP	Unidade de Medida
Escherichia coli	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente em 100mL	Aus/Pres em 100mL
Coliformes totais	Presente	Ausente	Ausente	Ausente em 100mL	Aus/Pres em 100mL
Condutividade Elétrica a 25°C	14,78	8,49	11,7	N.A	µS/cm
Cor Aparente	<5,0	<5,0	<5,0	até 15,00	uH
Dureza Total	2,53	2,53	2,53	até 300,00	mg/L
Salinidade	<0,01	<0,01	<0,01	N.A	%
Temperatura da amostra	23,1	24,6	23,6	N.A	°C
Turbidez	<1,0	<1,0	<1,0	até 5,00	UNT
Cloro Residual Livre	<0,01	<0,01	<0,01	de 0,20 a 5,00	mg/L
pH a 25°C	5,25	5,1	5,61	N.A	pH
Carbono Orgânico Total	<1,0	<1,0	<1,0	N.A	mg/L
Ferro total	<0,1	<0,1	<0,1	até 0,30	mg/L

Fonte: Autor, 2023.

As análises para verificação dos valores de Escherichia Coli e Coliformes totais das amostras de água coletadas nas torneiras dos bebedouros de cada escola apresentaram valores distintos. No bebedouro da escola 1, as análises revelaram a presença da bactéria Escherichia coli e de coliformes totais. Portanto, a água do bebedouro está imprópria para o consumo humano, visto que está em desacordo com a legislação. A norma dispõe que para cada amostra de 100mL de água, a Escherichia Coli e os Coliformes Totais devem estar ausentes para que a água seja considerada potável. Também houve a constatação da presença de coliformes totais no bebedouro da escola 2, portanto fora do padrão estabelecido pela legislação. Quanto a Escherichia coli, o valor encontrado no bebedouro da escola 2 foi a ausência da bactéria. Portanto dentro do padrão legal. Quanto às análises para o padrão Cloro Residual Livre, os bebedouros das escolas apresentaram valores iguais (<0,01 mg/L). Portanto, à margem do padrão de referência (0,2 a 0,5 mg/L). As análises do parâmetro Ph para as amostras coletadas

nos bebedouros das escolas apresentaram valores distintos. Na escola 1, o valor encontrado foi 5,25. Na escola 2, o valor foi 5,10. Já na escola 3, o valor encontrado foi 5,61. Portanto, os valores estão abaixo do recomendado e apresentam característica de acidez ($\text{pH} < 7,0$).

A seguir apresenta-se a tabela 3 com os valores encontrados nas torneiras das cozinhas das escolas pesquisadas.

Tabela 4 - Resultados das análises das amostras coletadas nas torneiras de cozinha.

RESULTADOS DAS ANÁLISES (TORNEIRA DE COZINHA)					
	Escola 1	Escola 2	Escola 3		
Parâmetros	Resultados	Resultados	Resultados	VMP	Unidade de Medida
Escherichia coli	Presente	Ausente	Ausente	Ausente em 100mL	Aus/Pres em 100mL
Coliformes totais	Presente	Ausente	Ausente	Ausente em 100mL	Aus/Pres em 100mL
Condutividade Elétrica a 25°C	15,95	11,33	12,02	N.A	$\mu\text{S}/\text{cm}$
Cor Aparente	<5,0	<5,0	10,8	até 15,00	uH
Dureza Total	7,59	5,06	2,53	até 300,00	mg/L
Salinidade	<0,01	<0,01	<0,01	N.A	%
Temperatura da amostra	23	24,1	24,1	N.A	°C
Turbidez	<1,0	<1,0	<1,0	até 5,00	UNT
Cloro Residual Livre	<0,01	<0,01	<0,01	de 0,20 a 5,00	mg/L
pH a 25°C	5,27	4,7	5,42	N.A	pH
Carbono Orgânico Total	<1,0	<1,0	<1,0	N.A	mg/L
Ferro total	<0,1	<0,1	<0,1	até 0,30	mg/L

Fonte: Autor, 2023.

Os resultados das análises das amostras de água coletadas nas torneiras das cozinhas de cada escola apresentaram valores distintos para os parâmetros Escherichia Coli e Coliformes totais. Na escola 1 as análises revelaram a presença de Escherichia coli e coliformes totais. Portanto, a água da torneira da cozinha é imprópria para o consumo e em desacordo com a legislação, visto que os parâmetros analisados devem apresentar ausência em amostra de 100mL de água. Em relação às análises do parâmetro Cloro Residual Livre, as escolas apresentaram valores iguais de <0,01 mg/L em suas torneiras de cozinha. Os valores encontrados estão abaixo do padrão de referência (0,2 a 0,5 mg/L). As análises de Ph para as amostras coletadas nas torneiras das cozinhas de cada escola apresentaram valores distintos. Na escola 1, o valor encontrado foi 5,27, já na escola 2, o valor foi 4,70. Na escola 3, o valor foi 5,42. Os valores estão abaixo do recomendado e apresentam característica de acidez ($\text{pH} < 7,0$).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos nesta pesquisa manifestam que a qualidade da água, utilizada para consumo humano, em três escolas do campo da Secretaria Municipal de Educação de Humaitá, sul do Amazonas, apresenta alguns parâmetros fora dos padrões de potabilidade de que trata a Portaria de consolidação nº 5/GM/MS, de 28 de setembro de 2017. Quanto ao parâmetro Escherichia coli, a escola do campo 1 apresentou resultados demonstrando presença dessa bactéria em três pontos de coleta (Poço, Caixa d'água e na torneira da cozinha).

O único ponto com resultado ausente (negativo) deste parâmetro, na escola 1, foi o bebedouro. É possível que a não ocorrência da E. coli no bebedouro da escola 1 tenha relação com o uso de filtro na conexão da rede de distribuição com o bebedouro, porém, observa-se

que o filtro não eliminou outros coliformes verificados nos resultados. Já o parâmetro Coliformes totais foi verificado como presentes nos resultados das amostras de todos os pontos de coleta (poço, reservatório, torneiras da cozinha e no bebedouro) da escola 1.

A presença de coliformes termotolerantes, como a *Escherichia coli*, na água de consumo humano da escola 1 pode ter relação com a distância entre o poço e a fossa (aproximadamente de 40m). A escola 2 apresentou resultado positivo (presença) para coliformes totais no poço e no reservatório. É possível que a ausência de coliformes nas torneiras de cozinha e bebedouro da escola 2 tenha relação com os filtros instalados.

Todas as escolas envolvidas na pesquisa apresentaram baixo teor de cloro residual livre (<0,01 mg/L) em seus quatro pontos de coleta (poço, reservatório, torneiras de cozinha e bebedouro), portanto fora dos padrões estabelecidos pela legislação (0,20 a 5,00 mg/L).

Libânio (2010) afirma que “o objetivo primordial do uso do cloro em sistemas de abastecimento de água é a desinfecção.” “Contudo, devido ao seu alto poder oxidante, sua aplicação nos processos de tratamento tem servido a propósitos diversos como controle do sabor e odor, prevenção de crescimento de algas, remoção de ferro e manganês, remoção de cor e controle do desenvolvimento de biofilmes em tubulações.” (FUNASA, 2014).

Através de um levantamento de informações sobre a estrutura do sistema alternativo de abastecimento coletivo e suas condições higiênico-sanitárias foi possível fazer uma correlação entre os valores indesejados, encontrados nas análises, com a falta de manutenção periódica do sistema de abastecimento.

Ademais, a proximidade do poço da escola 1 com a fossa séptica indica um fator potencial de contaminação. Em relação à presença de coliformes (totais), no poço e no reservatório da escola 2, é possível associar com as fossas sépticas da própria escola e das casas do seu entorno.

Portanto, verifica-se que existe a necessidade de promover ações de sensibilização junto à comunidade escolar e o poder público responsável por essas unidades de ensino da zona rural, quanto à conservação dos recursos hídricos disponíveis visando a redução de impactos ambientais causados por ações antrópicas que podem causar alterações das propriedades da água tornando-a imprópria para o consumo humano.

Neste contexto, os órgãos competentes precisam direcionar esforços no sentido de promover ações corretivas de desinfecção e cloração, em caráter de urgência, nas escolas 1 e 2, para evitar o risco à saúde de alunos, servidores e visitantes, por doenças de veiculação hídrica, visto que as análises detectaram a presença de patógenos microbiológicos nas amostras coletadas. Dentre outras ações interventivas, recomenda-se a prática de higienização dos reservatórios (caixas d'água) a cada trimestre e a vigilância da qualidade da água por meio de análises periódicas para garantir o acesso e consumo da água em quantidade suficiente e compatível como padrão de potabilidade estabelecido pela legislação aplicável (Portaria nº 5/MS/GM, de 28 de setembro de 2017).

Outrossim, recomenda-se a realocação das fossas sépticas de forma a respeitar uma distância mínima de 15 metros em relação ao manancial (poço) de captação da água, além de promover ações de sensibilização ambiental junto aos moradores dessas localidades para que preservem as matas ciliares dos corpos de água, evitem o uso de defensivos de composição tóxica em suas plantações evitando que essas substâncias sejam absorvidas pelo solo e, assim, encontrando o lençol freático. Aos docentes dessas unidades escolares, recomenda-se incluir em seus planos de ensino a prática da educação ambiental de forma a promover uma mudança

de comportamento das futuras gerações quanto à conservação e preservação dos recursos hídricos.

REFERÊNCIAS

ALVES, A. L. Escherichia Coli como agente etiológico de doenças transmitidas por alimentos no Brasil: dados epidemiológicos, principais alimentos, fatores causais, classificação, sintomatologia e medidas profiláticas. Congresso Brasileiro de Ciências da Saúde. Realize Eventos Científicos & Editora. Rua Aristides Lobo, 331, Bairro: São José, Campina Grande - PB. 2018. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/41039>. Acesso em: 10 de fev. 2023.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. 2340 Hardness (2017): Standard Methods for the examination of water and wastewater. Washington: APHA, 2017. DOI: 10.2105/SMWW.2882.025. Disponível em: <https://www.standardmethods.org/doi/epdf/10.2105/SMWW.2882.219>. Acesso em: 10 nov. 2022.

BRASIL. CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, 17 de março de 2005. Ministério do Meio Ambiente, 2005.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água** / Fundação Nacional de Saúde – 4. ed. Brasília: Funasa, 2013.

BRASIL. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Portal IBGE Cidades. Dados de Humaitá-AM. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/am/humaita/panorama>. Acesso em: 18 jan. 2023.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 176º da Independência e 109º da República, n. 6, p. 470-474, 8 jan. 1997.

BRASIL. Ministério da Saúde (BR). Portal da saúde. Sisagua [Internet]. Brasília-DF: Ministério da Saúde; 2018 [citado 6 jan. 2023]. Disponível em: <http://sisagua.saude.gov.br/sisagua/paginaExterna.jsf>. Acesso em: 6 jan. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS** / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. Brasília: Funasa, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria 888, de 4 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>. Acesso em: 10 mar. 2023.

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. Disponível em: http://portalsinan.saude.gov.br/images/documentos/Legislacoes/Portaria_Consolidacao_5_28_SETEMBRO_2017.pdf. Acesso em: 27 de fev. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano/ Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. – Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 212 p. – (Série B. Textos Básicos de Saúde)

KUHN, M. R. *et al.* Avaliação físico-química e microbiológica da qualidade das águas dos poços artesianos que abastecem o distrito de Boa Vista, no município de Triunfo – RS. **Revista destaques acadêmicos**, v. 7, n. 4, p.132 - 140, 2015.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Editora Átomo: Campinas-SP, 2010.

LOVATO, P. F. F. Desenvolvimento E Validação de Métodos Analíticos para Quantificação de Ferro Total em Sedimentos de Fundo por Imagem Digital. Dissertação (Mestrado em Química) Universidade Tecnológica Federal do

Paraná, 2022. Curitiba-PR. Disponível em:

<https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/30065/1/metodosanaliticosquantificacaoferro.pdf>. Acesso em: 23 jan. 2023.

MEDEIROS, M. S. Qualidade da água de consumo e ações de educação ambiental em escolas do campo de Uberlândia-MG. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental). UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA. 2017. Disponível em:

<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/18353/1/QualidadeAguaConsumo.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2023.

OLIVEIRA, E. M.; RIBEIRO, D. M.; CRONEMBERGER, M. G. O.; CARVALHO, W. F.; LIMA, M. D. P; SOUSA, K. R. F. Análises físico-químicas e microbiológicas da água de bebedouros em escolas públicas da cidade de Timon -MA. **PUBVET**, v. 12, n. 5, p. 1-6, 2018.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. Conferência Internacional sobre Cuidados Primários de Saúde. Brasília, DF: Ministério da Saúde. Relatório mundial de saúde, 2006: trabalhando juntos pela saúde. Brasília, DF: Ministério da Saúde/OMS, 2007.

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

SANTOS, R. S.; MOHR, T. Saúde e qualidade da água: Análises microbiológicas e físico-químicas em águas subterrâneas. **Revista Contexto e Saúde**, Ijuí, v.13, n. 24/25, p. 46- 53, Jan/jun. 2013 – jul/dez. 2013. Disponível em: <<https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/contextoesaude/article/viewFile/2877/3353>>. Acesso: 27/12/2022.

SHIKLOMANOV, I. A. Recursos hídricos mundiais: uma nova avaliação e avaliação para o século XXI. Um resumo da monografia Recursos Hídricos Mundiais. p. 1998. Disponível em: https://www.protos.org/sites/default/files/library_assets/w-alg-e51_assess21century.pdf. Acesso em: 20 jan. 2023.

VARGAS, E. V. Água e relações internacionais. Notas, **Revista Brasileira de Política Internacional** do Centro de Estudos Globais - Universidade de Brasília - Campus Universitário Darcy Ribeiro - Asa Norte - Brasília - DF. n. 43 (1), p. 178-182, 2000.