

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

Gabriela de Oliveira Silva Fernandes Correia

**“QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO:
BEBEDOUROS DO CAMPUS SANTA MÔNICA - UFU”**

Uberlândia
Minas Gerais - Brasil
Janeiro/2022

GABRIELA DE OLIVEIRA SILVA FERNANDES CORREIA

**“QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO:
BEBEDOUROS DO CAMPUS SANTA MÔNICA - UFU”**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto de Ciências
Agrárias, da Universidade Federal de
Uberlândia, para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Profa. Dra. Milla Alves Baffi

Uberlândia
Minas Gerais - Brasil
Janeiro/2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família que sempre esteve ao meu lado me dando apoio e incentivo. Agradeço especialmente a minha mãe, Luiza que foi fundamental para a minha caminhada durante a graduação provendo todo suporte e amor. Agradeço a minha irmã, Mariana que é a minha companheira de todos os dias e esteve ao meu lado me dando forças. Ao meu pai, Marcelo por ajudar a me guiar no caminho que me trouxe até aqui. Ao meu namorado, Henrique pelo otimismo, por todo incentivo e cuidado constante.

Agradeço a minha orientadora e amiga, Milla Alves Baffi por todos os ensinamentos, motivação e orientação durante meu trajeto acadêmico. À professora Sueli Moura Bertolino e aos técnicos do LAQUA e LAMIC por contribuírem com meu trabalho, auxiliando nas análises e por sempre esclarecerem minhas dúvidas. Aos professores do curso de graduação de Engenharia Ambiental que foram fundamentais no meu desenvolvimento e aprendizado. Agradeço aos meus amigos e colegas pela troca de conhecimento e pelos momentos que passamos juntos.

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de iniciação científica (PIBIC-CNPq) concedida para a realização deste trabalho. Por fim, agradeço à coordenação do nosso curso e a todos os envolvidos na manutenção da Universidade Federal de Uberlândia, pela estrutura concedida e suporte aos estudos. Meus sinceros agradecimentos!

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	1
RESUMO	3
ABSTRACT	4
1. INTRODUÇÃO	5
2. JUSTIFICATIVA	6
3. METODOLOGIA	7
3.1. Coleta de amostras	7
3.2. Avaliação da Qualidade da Água	9
3.2.1. Análise Bacteriológica.....	9
3.2.1.1. Teste Presuntivo.....	9
3.2.1.2. Teste confirmativo.....	9
3.2.1.3. Teste completo.....	10
3.2.2. Parâmetros Físico-Químicos.....	10
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	12
4.1. Bloco 1B	12
4.1.1. Parâmetros microbiológicos.....	12
1.1.1. Parâmetros físico-químicos.....	14
4.2. Bloco 5RA	19
4.2.1. Parâmetros microbiológicos.....	20
4.2.2. Parâmetros físico-químicos.....	22
5. CONCLUSÕES	26
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27

RESUMO

A água é um recurso natural fundamental para o planeta e o principal componente das células do corpo humano. A água, por ser um potencial meio transmissor de patógenos, pode oferecer riscos à saúde, sendo a ingestão a forma mais comum de transmissão. Assim, é indispensável monitorar a qualidade da água e os parâmetros de potabilidade que abrangem análises físico-químicas e microbiológicas, visando assegurar a saúde humana. Neste contexto, o presente estudo avaliou a qualidade da água dos bebedouros de dois blocos (1B e 5RA) do campus Santa Mônica, da Universidade Federal de Uberlândia, com base nas normas estabelecidas pela Portaria do Ministério da Saúde nº 888 de 2021. A qualidade da água dos blocos foi investigada através da análise bacteriológica pela técnica de tubos múltiplos e também por meio de parâmetros físico-químicos, tais como pH, cor, turbidez, condutividade, sólidos dissolvidos e metais traços. As análises foram realizadas em triplicatas durante 24 semanas, totalizando 72 amostras analisadas. Os resultados mostraram que 79,72% das amostras de água apresentaram parâmetros físico-químicos em conformidade com os padrões estabelecidos. Para o parâmetro pH, os valores variaram de 5,07 a 6,13, com média geral de 5,62 estando levemente abaixo do intervalo determinado pela legislação ($6,0 < \text{pH} < 9,5$). O parâmetro cor apresentou média de 6,85uC, sendo que em seis amostras do bloco 1B o valor esteve acima do limite máximo permitido ($< 15\text{uC}$). Os metais Fe, Cr e Ni apresentaram valores acima do limite máximo permitido em apenas uma das amostras do bloco 1B. Os demais parâmetros se encontraram em acordo com a legislação, com valor médio de turbidez de 0,18NTU, condutividade de $64,55\mu\text{s/cm}$ e sólidos dissolvidos de 43,89 mg/L. Na análise bacteriológica, não foi identificado crescimento de coliformes nos testes confirmativos, indicando que este parâmetro se encontra dentro dos padrões estabelecidos. Os dados obtidos demonstraram que, de forma geral, as amostras estavam em conformidade com a legislação, indicando a potabilidade da água analisada. No entanto, alguns parâmetros (cor, pH e metais) apresentaram alguns valores fora do recomendado, indicando que o monitoramento periódico deve ser realizado a fim de garantir a qualidade da água à comunidade universitária.

Palavras-chave: Água. Potabilidade. Análise bacteriológica. Parâmetros físico-químicos. Qualidade da água.

ABSTRACT

The water is a fundamental natural resource for the planet and the main component of human cells. The water can carry pathogens, offering health risks, and this transmission can occur by different mechanisms, being the ingestion the most common. Thus, it is essential to monitor its quality and the parameters of potability, which include physical-chemical and microbiological analysis, in order to ensure the human health. In this context, the present study evaluated the quality of water in the drinking watercooler of two buildings (1B and 5RA) of the Santa Mônica Campus at Federal University of Uberlândia, according to the standards established by the Ministry of Health Ordinance No. 888 of 2021, which amends Annex XX of the Consolidation Ordinance No. 05 of 2017. The water quality of the two buildings were investigated through bacteriological analysis by the multiple tube technique and through physicochemical parameters: pH, color, turbidity, conductivity, dissolved solids and trace metals. The analyses were performed in triplicates over 24 weeks, and a total of 72 samples were analyzed. The results showed that 79.72% of the water samples examined presented parameters in conformity with the established standards. For the pH parameter, the values ranged from 5.07 to 6.13, with a general average of 5.62, being slightly inferior to the interval determined by the legislation ($6.0 > \text{pH} < 9.5$). The color parameter had an average of 6.85, and in six samples from the building 1B the value was above the maximum allowed limit ($< 15 \text{uc}$). The metals Fe, Cr and Ni presented values above the maximum allowed limit in one of the samples of the building 1B. The other parameters were in accordance with the legislation, with an average value of turbidity of 0.18NTU, conductivity of 64.55us/cm and dissolved solids of 43.89mg/L. In the bacteriological analysis, coliform growth was not identified in the confirmatory tests, indicating that this parameter is in accordance with the established standards. The data obtained demonstrated that, in general, the samples analyzed were in compliance with the legislation, indicating the potability of the water in the analyzed samples. However, some parameters (color, pH and metals) presented some values in disagreement with the recommended, indicating that periodic monitoring might be carried out in order to guarantee the water quality to the university community.

Key-words: Water. Potability. Bacteriological analysis. Physicochemical parameters. Water quality.

1. INTRODUÇÃO

A água destinada ao abastecimento humano pode ser um canal de propagação de doenças, sendo indispensável o monitoramento da qualidade da água. Para ser considerada potável, a água deve atender a parâmetros microbiológicos, físicos e químicos que possam oferecer riscos à saúde coletiva (ARAÚJO 2020).

Os riscos à saúde humana associados à qualidade da água de consumo podem ser derivados de poluentes químicos ou relacionados à ingestão de água contaminada por agentes biológicos. Dentre as principais formas de contaminações microbiológicas dos recursos hídricos, estão os lançamentos de esgoto sem tratamento prévio em rios e lagos, construção de lixões, cemitérios, uso de agrotóxicos que afetam os lençóis freáticos e o uso de fossas secas e poços rasos em residências (JESUS et al, 2019). Os bebedouros, por sua vez, podem ser considerados como fonte de contaminação da água devido às condições de uso e de higienização do sistema (BRITO, 2021).

O saneamento básico, direito fundamental para o desenvolvimento da cidadania, trata de medidas que visam proteger ou restabelecer as condições do meio ambiente, com o objetivo de promover a saúde e prevenir doenças, beneficiando a qualidade de vida da população, porém, ainda insuficiente no Brasil (TRATA BRASIL, 2018). Considerando que existem diversos agentes que podem influenciar na qualidade da água após o tratamento, é indispensável o seu monitoramento e suas devidas análises.

Uma das formas de avaliar a qualidade da água para consumo humano é através da análise microbiológica, que consiste em verificar a presença de bactérias do grupo coliforme que são utilizados como bioindicadores microbiológicos de contaminação (VALIATTI, 2021). De acordo com os “Métodos Padrões de Avaliação de Água e Águas Residuais” (do inglês: “*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*” (RICE, BAIRD, EATON, 2017), o grupo coliforme pode ser definido como: “todas as bactérias aeróbias ou anaeróbias facultativas, Gram negativas, não esporuladas e na forma de bastonete, que fermentam a lactose com formação de gás em 48h a 36°C”. A bactéria *Escherichia coli* pertence ao grupo coliforme e tem origem exclusivamente fecal, sendo considerada o melhor indicador de contaminação fecal (VALIATTI, 2021). Além dos indicadores microbiológicos, existem parâmetros físico-químicos que são utilizados para complementar a determinação da qualidade da água, dentre eles o pH, a turbidez, cor e o teor de cloro residual livre (NUNES, 2018).

A Organização Mundial da Saúde (2018) estima que 15 mil pessoas no mundo morrem por ano em virtude de doenças transmitidas pela água. Estas doenças são, em maior parte, causadas por agentes microbianos presentes na água oriundos de contaminação fecal. Algumas fontes de contaminação existentes são referentes às redes internas de fornecimento como cisternas, caixas d'água, torneiras e bebedouros, cuja manutenção referente à higiene não é adequada,

contaminando a água tratada. A água tratada que apresenta a existência de coliformes totais pode ainda estar relacionada com a integridade do sistema de distribuição, pois águas insuficientemente tratadas ou com infiltrações podem permitir o acúmulo de sedimentos e matérias orgânicas promovendo o desenvolvimento de bactérias (COSTA, 2018). Um dos métodos mais utilizados para desinfecção da água visando garantir sua qualidade microbiológica, é a adição de cloro residual. O decaimento do cloro pode estar associado ao tempo de detenção da água no reservatório observando a relação entre o tamanho do reservatório e o consumo de água. O cloro presente na água reage com outras substâncias ao longo do sistema de distribuição, reduzindo assim a sua concentração inicial e propiciando o desenvolvimento de microrganismos (BARBOSA, 2021).

Assim, é de grande importância realizar análises microbiológicas nas diversas regiões do Brasil, visto que em várias localidades do país a contaminação da água ainda é uma adversidade frequente, e o acompanhamento microbiológico é uma medida preventiva que pode contribuir com as políticas públicas de saneamento básico (DE OLIVEIRA, 2020).

O Plano de Segurança da Água (PSA) é um instrumento, recomendado pelo Ministério da Saúde (Portaria do MS nº 518/2004), que visa garantir a segurança da água para consumo humano com abordagem preventiva identificando e priorizando perigos e riscos através da avaliação do sistema, monitoramento e planos de gestão e comunicação. Esse instrumento é de grande importância e contribui diretamente com a qualidade da água para consumo humano minimizando as fontes de contaminação e prevenindo a contaminação da água no sistema de distribuição e durante o armazenamento. Sendo uma das responsabilidades do PSA de uma instituição verificar rotineiramente a qualidade da água que está sendo distribuída dentro da universidade.

Neste contexto, este projeto avaliou a qualidade da água dos bebedouros da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) do campus Santa Mônica, através de análises de parâmetros físico-químicos e microbiológicos, com o objetivo de verificar se a água consumida pela comunidade universitária se encontra em conformidade com padrões de potabilidade definidos pelas Consolidação 05/2017 e 888/2021, do Ministério da Saúde.

2. JUSTIFICATIVA

O acesso à água de qualidade e em quantidade suficiente é um direito das gerações presentes e futuras, reafirmado pela Lei nº 9.433/97, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Tendo em vista a importância da água para a manutenção da vida e ressaltando a necessidade de sua qualidade para a saúde humana, é indispensável o monitoramento da sua potabilidade. As análises permitem averiguar se a água que é distribuída para a população está isenta de patógenos, microrganismos e substâncias prejudiciais à saúde, atendendo às normas e padrões de potabilidade.

A vigilância e o controle da qualidade da água para consumo são recursos essenciais para proteção à saúde humana, através de medidas de prevenção ou correção, visando garantir a sua qualidade para consumo (FORTES, 2018). Ainda assim, mesmo garantindo essas etapas essenciais, diversos fatores e situações podem interferir na potabilidade da água como problemas operacionais e de manutenção na rede, lançamento clandestino de efluentes e penetração de contaminantes. A responsabilidade da manutenção da qualidade da água após o hidrômetro é do cliente, através do cuidado com as instalações internas, da limpeza e da conservação dos seus reservatórios. Em locais públicos, como em instituições de ensino que recebem um grande fluxo de pessoas com hábitos de higiene desconhecidos, os bebedouros podem ser tornar fonte de contaminação indireta (VALIATTI, 2021).

Assim, o monitoramento constante da qualidade da água e a manutenção dos bebedouros da universidade são indispensáveis para garantir aos consumidores uma água de qualidade. Neste sentido, o presente projeto objetivou analisar a qualidade da água que abastece a comunidade universitária do campus Santa Mônica, visando contribuir com o Plano de Segurança da Água e também no direcionamento e necessidade de manutenção das instalações internas da Universidade Federal de Uberlândia.

3. METODOLOGIA

3.1. Coleta de amostras

O estudo foi realizado nos blocos 1B e 5RA do campus Santa Mônica da Universidade Federal de Uberlândia – UFU, localizada na cidade de Uberlândia. Os blocos 1B e 5RA são os primeiros blocos de salas de aula da entrada pelo bairro Saraiva.

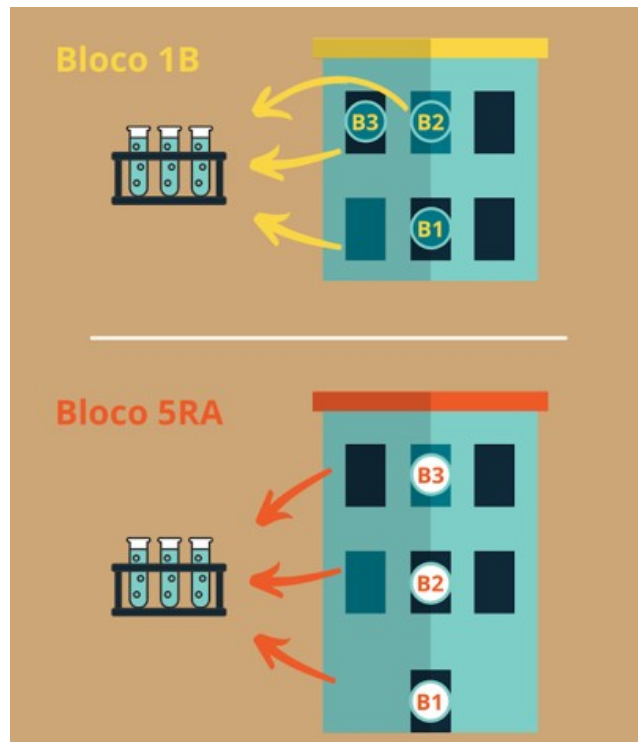
As análises foram realizadas em triplicata e para isso, foi coletada uma amostra de cada andar do bloco 5RA, que é um edifício de três andares. As amostras do bloco 5RA foram identificadas de acordo com os andares, as do primeiro andar como B1, do segundo como B2 e do terceiro como B3. O bloco 1B é um edifício de dois andares e para realizar a análise em triplicata, foram coletadas amostras de um bebedouro do primeiro andar e de dois bebedouros do segundo andar. As amostras do bebedouro do primeiro andar foram identificadas como B1, do bebedouro próximo aos laboratórios de informática no segundo andar como B2 e por fim, do bebedouro próximo ao banheiro no segundo andar como B3.

Mapa 1: Mapa do Campus Santa Mônica com indicação dos blocos 1B e 5RA e do reservatório.



Fonte: Universidade Federal de Uberlândia.

Figura 1: Esquema de identificação dos bebedouros.



Fonte: Autor.

Para a coleta das amostras de água dos bebedouros, foi necessário deixar a água escoar por 1 minuto e, posteriormente, foi realizada a coleta em tubos falcon de 45 mL, previamente esterilizados em autoclave a 121°C e 1,2 atm por 20 minutos. Os tubos foram identificados e levados diretamente para análise, realizadas em laboratórios do Instituto de Ciências Agrárias (ICIAG) da Universidade Federal de Uberlândia, situados no campus Umuarama.

3.2. Avaliação da Qualidade da Água

3.2.1. Análise Bacteriológica

As análises microbiológicas foram realizadas no Laboratório de Microbiologia Ambiental (LAMIC) através da técnica do Número Mais Provável (NMP), mais conhecida como Método Padrão de Tubos Múltiplos (RICE, BAIRD, EATON, 2017), para detecção de bactérias do grupo *Coliforme Fecal* em três etapas: *teste presuntivo*, *teste confirmativo* e *teste completo*, de acordo com as Portarias do Ministério da Saúde 2914/2011, e 888/2021, visto que a portaria vigente durante o período de análise, Portaria nº 2914/2011, foi alterada pela Portaria nº 888/2021.

3.2.1.1. Teste Presuntivo

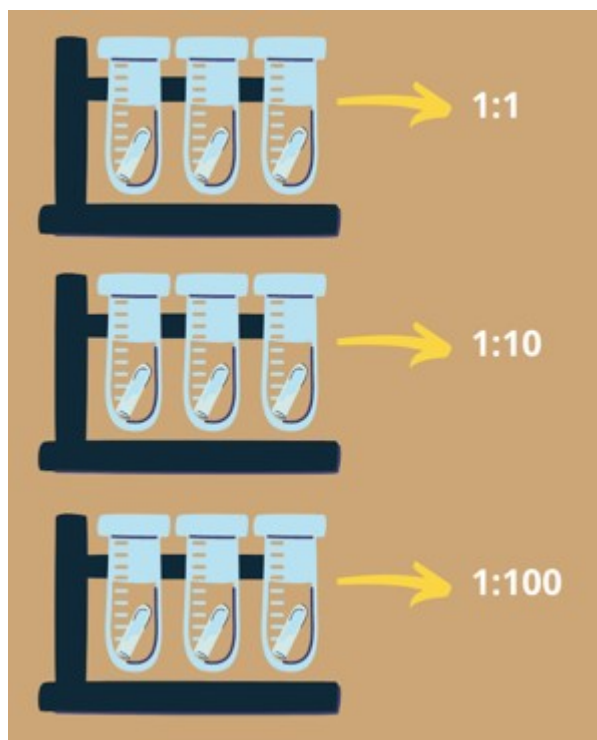
A fase de teste presuntivo consiste em homogeneizar e diluir a amostra de água em tubos de ensaio contendo caldo lactosado como única fonte de carbono e tubos de Durham invertidos. Para cada série de três tubos contendo caldo lactosado, foram transferidos asepticamente: três alíquotas de 10mL de amostra de água para a concentração dupla de caldo lactosado (amostra sem diluição), três alíquotas de 1mL (diluição de 10x) e três alíquotas de 0,1mL (diluição de 100x) para tubos contendo a concentração normal de caldo lactosado. As amostras foram incubadas na estufa a $\pm 36^{\circ}\text{C}$ por 48 horas.

Posteriormente, os tubos de ensaio foram avaliados quanto à produção de gás e crescimento microbiano (identificado através da presença de turbidez), indicando a presença ou ausência de bactérias fermentadoras de lactose.

3.2.1.2. Teste confirmativo

A partir dos tubos com resultado positivo ou duvidoso no teste presuntivo, alíquotas de 100 μL foram transferidos para tubos falcon de 15 mL, contendo 5 mL de caldo Verde Bile Brilhante 2%. Após a incubação a 36°C por 48h, a presença de gás e turbidez foi avaliada para confirmar a presença/ausência e o NMP de coliformes *totais* nas amostras analisadas.

Figura 2: Diluições da amostra no teste presuntivo.



Fonte: Autor.

Alíquotas de 100 μL das amostras com resultado positivo ou duvidoso no teste presuntivo foram também transferidas para tubos contendo caldo EC e incubadas por 24h a 45°C para avaliação da presença de coliformes *termotolerantes*. Posteriormente, foi realizada a contagem dos tubos que apresentaram crescimento microbiano e formação de gás para obtenção do o Número Mais Provável (NMP).

3.2.1.3. Teste completo

As amostras com resultado positivo no teste Confirmativo com caldo EC foram inoculadas em meio EMB (Ágar Eosina Azul de Metileno – 37,5%) por 24h a 45°C, para identificar colônias pertencentes ao grupo de coliformes termotolerantes patogênicos (bactérias *Escherichia coli*).

3.2.2. Parâmetros Físico-Químicos

Os parâmetros físico-químicos analisados no Laboratório de Qualidade Ambiental (LAQUA-ICIAG) foram: condutividade, turbidez e cor. O parâmetro potencial de hidrogênio (pH) foi analisado no Laboratório de Microbiologia Ambiental (LAMIC-ICIAG). As referências de qualidade da água para consumo humano foram adotadas de acordo com a Portaria GM/MS nº 888 de 2021.

3.2.2.1. pH

O método utilizado para a determinação de pH foi o potenciométrico através do equipamento pHmetro de bancada @MS Tecnocon mPA-210. O phmetro foi calibrado com as soluções tampões-padrão de pH 4,0 e 7,0 antes da leitura das amostras semanais. A leitura foi realizada através a imersão do eletrodo limpo e seco na amostra de água até a estabilização do valor de pH.

3.2.2.2. Condutividade

As análises foram realizadas através de equipamento multiparâmetro HACH - HQ40d com capacidade de realizar leituras pelo método de condutimetria, o qual se baseia na intensidade da corrente elétrica da água e o resultado é expresso em $\mu S cm^{-1}$. Os eletrodos do condutivímetro são imersos na amostra de água e o resultado é obtido pela intensidade da corrente elétrica que os atravessa.

3.2.2.3. Sólidos dissolvidos totais

O parâmetro sólidos dissolvidos totais mede a concentração dos constituintes químicos dissolvidos na água e é expressa em $mg L^{-1}$. O valor máximo permitido em água para consumo humano é de $1.000 mg L^{-1}$ (BRASIL, 2004) e a determinação deste parâmetro foi realizada por meio de uma conversão que parte da condutividade elétrica da água.

$$\text{Condutividadeelétrica} = K * \text{Sólidosdissolvidostotais}$$

Essa conversão foi descrita por Felipe (2019), em um estudo de comparação de técnicas de obtenção de sólidos totais dissolvidos nas águas, no qual é recomendado a utilização do fator de multiplicação (K) entre 0,55 e 0,75. Dessa forma, para o presente estudo foi utilizado o valor de 0,680 para o coeficiente de multiplicação, utilizado na determinação dos sólidos dissolvidos totais a partir da condutividade elétrica medida.

3.2.2.4. Turbidez

Para a determinação da turbidez foi utilizado o equipamento @PoliControl Turbidímetro AP2000 que é composto por uma fonte de luz (filamento de tungstênio) e um detector fotoelétrico que mede a luz dispersada e a turbidez é expressa em uT (unidade de turbidez). O método

aplicado foi o turbidimétrico que consiste em medir a interferência na passagem de luz devido a presença de partículas em suspensão na água. A amostra de água é inserida em uma cubeta incolor e transparente que é introduzida no turbidímetro para leitura da amostra.

3.2.2.5. Cor

O método utilizado é o espectrofotométrico e, os resultados deste parâmetro foram obtidos através do equipamento ®PoliControl AquaColor Cor que mede a intensidade da cor na água. A amostra da água é inserida em uma cubeta de vidro incolor e a cor da amostra é determinada no equipamento.

3.2.2.6. Metais traço

As amostras coletada foram armazenadas em tubo falcon de 15mL e acondicionadas em refrigeradores a $\pm 8^{\circ}C$ até a leitura dos valores de metais. Posteriormente, foi utilizada a técnica de espectrometria de emissão atômica com plasma acoplado indutivamente, em equipamento ICP-OES/5100 ®Agilent, para a determinação dos metais (Al, Ba, Cd, Pb, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni, Na e Zn). A técnica utilizada é baseada na detecção da emissão de radiação eletromagnética por elétrons, átomos, íons ou moléculas no seu estado excitado, ou estados de emissão, os quais podem ter sua concentração determinada através da utilização da intensidade da luz ou comprimento de onda específico (DUARTE, 2020).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Bloco 1B

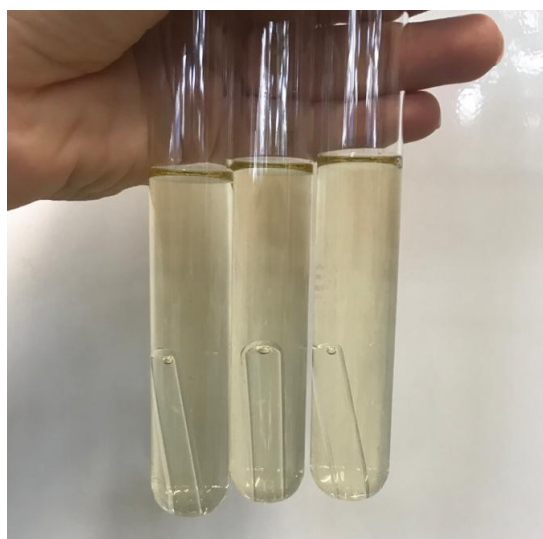
As amostras de água analisadas foram coletadas de bebedouros no Bloco 1B do Campus Santa Mônica da Universidade Federal de Uberlândia, um edifício de dois andares, com periodicidade semanal, por 12 semanas, totalizando 36 amostras.

4.1.1. Parâmetros microbiológicos

A análise bacteriológica da água dos bebedouros foi realizada a partir da averiguação do Número Mais Provável de bactérias (NMP), determinando a *Ausência* ou *Presença* de coliformes totais e termotolerantes. Os resultados obtidos para os parâmetros microbiológicos apontaram a ausência de bactérias coliformes totais e termotolerantes (Tabela 1).

De acordo com os dados apresentados das análises microbiológicas, após 12 semanas de monitoramento, não foi observada a presença de bactérias do grupo coliforme em nenhuma das amostras analisadas. Assim, os resultados obtidos demonstraram-se adequados e a qualidade da água dos bebedouros do bloco 1B apresentou-se em conformidade com a Portaria MS 888/2021, que estabelece ausência de coliformes em amostras com 100 mL (Tabela 1 e Figura 3).

Figura 3: Teste presuntivo indicando a ausência de coliformes totais no Bloco 1B.



Fonte: Autor.

Conforme Brito (2021), os coliformes totais são indicadores microbiológicos de condições de higiene, que auxiliam na avaliação da integridade do sistema, visando averiguar a qualidade microbiológica da água. Já a presença de coliformes termotolerantes, representados pela bactéria *Escherichia Coli*, indica a ocorrência de contaminação fecal. Dessa forma, os dados obtidos indicaram que as condições de higiene e a integridade do sistema avaliado encontraram-se em conformidade com a legislação vigente.

Tabela 1: Resultados das análises microbiológicas do bloco 1B.

Semana	Análises	Unidade	V.M.P.*	B1	B2	B3
Semana 1	Coliformes Totais	NMP/100mL		Ausência	Ausência	Ausência
	Escherichia Coli	NMP/100mL		Ausência	Ausência	Ausência
Semana 2	Coliformes Totais	NMP/100mL		Ausência	Ausência	Ausência
	Escherichia Coli	NMP/100mL	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
Semana 3	Coliformes Totais	NMP/100mL	em	Ausência	Ausência	Ausência
	Escherichia Coli	NMP/100mL	100mL	Ausência	Ausência	Ausência
Semana 4	Coliformes Totais	NMP/100mL		Ausência	Ausência	Ausência
	Escherichia Coli	NMP/100mL		Ausência	Ausência	Ausência
Semana 5	Coliformes Totais	NMP/100mL		Ausência	Ausência	Ausência

Semana 6	Escherichia Coli	NMP/100mL	Ausência	Ausência	Ausência
	Coliformes Totais	NMP/100mL	Ausência	Ausência	Ausência
Semana 7	Escherichia Coli	NMP/100mL	Ausência	Ausência	Ausência
	Coliformes Totais	NMP/100mL	Ausência	Ausência	Ausência
Semana 8	Escherichia Coli	NMP/100mL	Ausência	Ausência	Ausência
	Coliformes Totais	NMP/100mL	Ausência	Ausência	Ausência
Semana 9	Escherichia Coli	NMP/100mL	Ausência	Ausência	Ausência
	Coliformes Totais	NMP/100mL	Ausência	Ausência	Ausência
Semana 10	Escherichia Coli	NMP/100mL	Ausência	Ausência	Ausência
	Coliformes Totais	NMP/100mL	Ausência	Ausência	Ausência
Semana 11	Escherichia Coli	NMP/100mL	Ausência	Ausência	Ausência
	Coliformes Totais	NMP/100mL	Ausência	Ausência	Ausência
Semana 12	Escherichia Coli	NMP/100mL	Ausência	Ausência	Ausência
	Coliformes Totais	NMP/100mL	Ausência	Ausência	Ausência

* Valor máximo permitido (V.M.P.) para parâmetros microbiológicos para água de consumo humano, conforme Portaria de Consolidação do Ministério da Saúde nº 05/2017 (Anexo XX).

Fonte: Elaborado pelo autor.

1.1.1. Parâmetros físico-químicos

As amostras de água foram submetidas à análise físico-química dos parâmetros pH, cor, turbidez, condutividade e sólidos dissolvidos. Os resultados obtidos demonstraram que algumas amostras apresentaram alterações para os parâmetros cor e pH, com valores fora do exigido para o Padrão de Potabilidade da Portaria GM/MS 888/2021 (Tabela 2, destacados em vermelho).

Tabela 2: Resultados das análises físico-químicas do Bloco 1B.

Semana	Parâmetro	Unidad e	V.M.P.*	B1	B2	B3
Semana 1	pH	-	6,0 - 9,5	5,83	5,92	5,96
	Cor	uc	< 15	16,00	16,80	15,50
	Turbidez	NTU	< 5,0	0,10	0,34	0,10
	Condutividade	us/cm	200	31,60	43,30	31,90
	Sólidos Dissolvidos	mg/L	<1000	21,49	29,44	21,69
Semana 2	pH	-	6,0 - 9,5	5,94	5,79	5,75
	Cor	uc	< 15	2,40	12,00	10,40
	Turbidez	NTU	< 5,0	0,10	0,10	0,10
	Condutividade	us/cm	200	49,20	48,40	92,40
	Sólidos Dissolvidos	mg/L	<1000	33,46	32,91	62,83
Semana 3	pH	-	6,0 - 9,5	5,69	5,61	5,56
	Cor	uc	< 15	13,80	13,30	12,60

	Turbidez	NTU	< 5,0	0,10	0,10	0,23
	Condutividade	us/cm	200	43,70	43,90	42,40
	Sólidos Dissolvidos	mg/L	<1000	29,72	29,85	28,83
	pH	-	6,0 - 9,5	5,84	5,53	5,78
	Cor	uc	< 15	14,00	15,50	12,60
Semana 4	Turbidez	NTU	< 5,0	0,10	0,21	0,14
	Condutividade	us/cm	200	61,10	41,60	52,00
	Sólidos Dissolvidos	mg/L	<1000	41,55	28,29	35,36
	pH	-	6,0 - 9,5	5,66	5,84	5,83
	Cor	uc	< 15	12,50	12,40	13,20
Semana 5	Turbidez	NTU	< 5,0	0,10	0,10	0,16
	Condutividade	us/cm	200	86,90	43,60	44,00
	Sólidos Dissolvidos	mg/L	<1000	59,09	29,65	29,92
	pH	-	6,0 - 9,5	5,57	5,84	5,85
	Cor	uc	< 15	14,30	15,20	13,10
Semana 6	Turbidez	NTU	< 5,0	0,10	0,10	0,10
	Condutividade	us/cm	200	86,10	50,70	50,20
	Sólidos Dissolvidos	mg/L	<1000	58,55	34,48	34,14
	pH	-	6,0 - 9,5	5,67	5,93	5,96
	Cor	uc	< 15	13,00	12,40	13,80
Semana 7	Turbidez	NTU	< 5,0	0,10	0,64	0,19
	Condutividade	us/cm	200	96,90	110,40	66,00
	Sólidos Dissolvidos	mg/L	<1000	65,89	75,07	44,88
	pH	-	6,0 - 9,5	5,15	5,42	5,74
	Cor	uc	< 15	13,20	15,80	12,90
Semana 8	Turbidez	NTU	< 5,0	0,10	0,10	0,10
	Condutividade	us/cm	200	86,20	55,30	49,70
	Sólidos Dissolvidos	mg/L	<1000	58,62	37,60	33,80
	pH	-	6,0 - 9,5	5,61	5,29	5,26
	Cor	uc	< 15	12,90	14,10	13,40
Semana 9	Turbidez	NTU	< 5,0	0,10	0,18	0,10
	Condutividade	us/cm	200	56,30	37,40	62,50
	Sólidos Dissolvidos	mg/L	<1000	38,28	25,43	42,50
	pH	-	6,0 - 9,5	6,08	5,82	6,03
	Cor	uc	< 15	4,70	5,10	4,60
Semana 10	Turbidez	NTU	< 5,0	0,10	0,10	0,10
	Condutividade	us/cm	200	88,70	61,30	50,80
	Sólidos Dissolvidos	mg/L	<1000	60,32	41,68	34,54
	pH	-	6,0 - 9,5	5,63	5,57	5,77
	Cor	uc	< 15	5,00	4,40	4,50
Semana 11	Turbidez	NTU	< 5,0	0,10	0,10	0,14
	Condutividade	us/cm	200	87,30	115,00	73,70
	Sólidos Dissolvidos	mg/L	<1000	59,36	78,20	50,12
Semana 12	pH	-	6,0 - 9,5	6,01	5,64	5,92

Cor	uc	< 15	5,66	5,40	5,10
Turbidez	NTU	< 5,0	0,16	0,10	0,11
Condutividade	us/cm	200	92,40	78,90	112,00
Sólidos Dissolvidos	mg/L	<1000	62,83	53,65	76,16

* Valor máximo permitido (V.M.P.) para cada parâmetro físico-químico, conforme padrão de Potabilidade da Portaria do Ministério da Saúde nº 2914 de 2011.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A acidez elevada da água pode desencadear problemas e afetar a qualidade da água, visto que o pH baixo pode neutralizar agentes que são utilizados para a remoção de microrganismos na água (ARAÚJO, 2020). Além disso, a acidez exerce efeito indireto a longo prazo sobre a precipitação de metais que podem influenciar em outros parâmetros como a cor da água. Conforme o Padrão de Potabilidade (Portaria GM/MS 888/2021), o pH da água para consumo humano deve variar de 6,0 a 9,5. No presente estudo, o valor médio do pH das amostras desse edifício foi de 5,81 e das 36 amostras de água apenas 8% estavam dentro do intervalo permitido, sendo estes referentes às 10^a e 12^a semanas. Apesar disso, os valores de pH que foram encontrados abaixo do intervalo estabelecido se encontravam bastante próximos ao valor mínimo necessário, sendo o menor valor de pH igual a 5,15 (Tabela 2). Os valores de pH abaixo do valor mínimo estabelecido pela legislação podem ser decorrentes a processos oxidativos, visto que a tubulação do prédio é de ferro e também muito antiga.

Para o parâmetro cor, o valor máximo permitido para água potável é de até 15 uc (unidade de cor); porém, seis amostras apresentaram valores levemente acima do V.M.P. nas semanas 1, 4, 6 e 8 (Tabela 2). A cor indica a presença de substâncias dissolvidas ou em estado coloidal orgânico e inorgânico na água. A média geral do parâmetro cor desse edifício durante as 12 semanas de análise foi de 13,10 uc. No geral, a cor elevada pode estar relacionada a idade e material da tubulação do bloco e ser decorrente da alta concentração de alguns elementos, como ferro ou manganês, ou pela decomposição de matéria orgânica (TELLES, 2012). Ainda assim, a cor é considerada uma característica física estética que não apresenta risco direto à saúde.

Após a 9^a semana, foi observada uma queda do valor registrado para o parâmetro cor em relação às semanas anteriores, que coincidiu com o aumento do pH. Esse aumento do pH pode estar relacionado à redução de processos oxidativos e conseqüentemente, à diminuição do valor do parâmetro cor. Essa relação foi observada também por Araújo e Andrade (2020), em uma revisão sistemática da literatura sobre a qualidade da água utilizada em bebedouros de instituições de ensino. Esse resultado pode ser devido à retirada das caixas de água do bloco 1B e este passou a ser abastecido diretamente pela caixa central do campus a partir da 10^a semana de análise, mesma semana em que a alteração dos parâmetros cor e pH foi evidenciada. Essa alteração no abastecimento do bloco foi informada pela Diretoria de Sustentabilidade da UFU.

Os demais parâmetros físico químicos apresentaram resultados satisfatórios e estão de acordo com o Padrão de Potabilidade de água para consumo humano, com valor médio de turbidez de 0,10NTU, condutividade de 53,65us/cm e o valor médio de sólidos dissolvidos de 36,48mg/L, demonstrando uma boa qualidade da água para consumo humano deste bloco.

1.1.2. Quantificação de metais

Conforme os Anexos 9 e 11 da Portaria MS nº 888 de 2021, os valores máximos permitidos (VMP) de metais traço em água para consumo humano estão apresentados na Tabela 3. As análises apresentaram alterações nos valores de Cromo, Ferro e Níquel na 4ª semana de análise da água dos bebedouros do bloco 1B, com valores acima do valor máximo permitido (Tabela 4).

Os compostos de Cr, em concentrações altas, podem resultar em casos de problemas no sistema respiratório, rins e fígado, além de dermatites, diarreias e hemorragias internas. Concentrações elevadas de Ni podem afetar nervos cardíacos e respiratórios e também causar dermatites (COSTA, 2018). De acordo com Marcelino et al (2017), o Fe pode conferir coloração e sabor à água apresentando problemas estéticos e também pode causar incrustações e corrosão nas tubulações possibilitando o aparecimento de bactérias ferruginosas. Portanto, esses parâmetros devem ser monitorados constantemente. A concentração de Fe no ponto B3 na 4ª semana de análise foi de 0,9443 mg/L, valor que indicaria alguma coloração da água, o que não é evidenciado nos resultados do parâmetro cor da mesma amostra. Visto que apenas uma amostra dentre 36 amostras apresentou alteração nos valores dos metais Cr, Fe e Ni, pode-se considerar que ocorreu algum erro de análise ou instrumental. Diante disso, essa alteração foi desconsiderada.

Tabela 3. VMP para metais de acordo com o Anexo 9 e Anexo 11 da Portaria MS nº 888 de 2021.

Parâmetro	Símbolo	CAS**	Unidade	VMP* (mg/L)
Alumínio	Al	7429-90-5	mg/L	0.2
Bário	Ba	7440-39-3	mg/L	0.7
Cádmio	Cd	7440-43-9	mg/L	0.003
Chumbo	Pb	7439-92-1	mg/L	0.01
Cobre	Cu	7440-50-8	mg/L	2
Cromo	Cr	7440-47-3	mg/L	0.05
Ferro	Fe	7439-89-6	mg/L	0.3
Manganês	Mn	7439-96-5	mg/L	0.1
Níquel	Ni	7440-02-0	mg/L	0.07
Sódio	Na	7440-23-5	mg/L	200
Zinco	Zn	7440-66-6	mg/L	5

*VMP Valor Máximo Permitido.

**CAS Número de referência de compostos e substâncias químicas do Chemical Abstract Service.

Tabela 4. Valores de Metais Traço (mg/L) do Bloco 1B.

E.Q.	Semana 1			Semana 2			Semana 3		
	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3
Al	0.0997	0.1112	0.0754	0.1377	0.1711	0.1292	0.1451	0.1798	0.0885
Ba	0.018	0.0216	0.0134	0.0104	0.0134	0.0164	0.0128	0.0123	0.0152
Cd	-0.0002	0.0001	0	0	-0.0001	0.0001	0.0001	0	0
Pb	-0.0062	-0.0071	-0.0058	-0.0049	-0.0074	-0.003	-0.0071	-0.007	-0.0065
Cu	0.0038	0.003	0.0007	0.0009	0.0015	0.0008	0.0009	0.0007	0.001
Cr	0.0031	0.004	0.0039	0.0048	0.004	0.0045	0.0044	0.005	0.0081
Fe	0.1272	0.1305	0.1036	0.0288	0.0365	0.0404	0.0417	0.0739	0.0731
Mn	0.0042	0.0056	0.0029	0.0023	0.0042	0.0028	0.0025	0.0056	0.004
Ni	0.0053	0.0078	0.0036	0.0055	0.0069	0.007	0.0111	0.0074	0.0071
Na	0.9508	1.0528	0.8815	1.5157	1.5057	1.2321	2.6979	2.7316	2.337
Zn	0.0291	0.0109	0.0196	0.0111	0.0088	0.0115	0.0147	0.0136	0.0108
	Semana 4			Semana 5			Semana 6		
	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3
Al	0.0487	0.0601	0.0746	0.0594	0.0795	0.0678	0.05	0.0668	0.046
Ba	0.0132	0.0202	0.0682	0.0171	0.013	0.02	0.0131	0.0178	0.0179
Cd	-0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0001	0	0.0002	0.0002	-0.0002
Pb	-0.0101	-0.0045	-0.0073	-0.0057	-0.006	-0.0023	-0.0055	-0.0062	-0.0042
Cu	0.0007	0.0017	0.0037	0.0012	0.0015	0.0012	0.0011	0.0008	0.0014
Cr	0.0036	0.0073	0.1945	0.0032	0.0036	0.0037	0.0058	0.0029	0.0034
Fe	0.067	0.0875	0.9443	0.0794	0.1317	0.033	0.0345	0.1288	0.0383
Mn	0.0032	0.0035	0.0206	0.0031	0.0066	0.0038	0.0026	0.0067	0.004
Ni	0.0047	0.0062	0.1118	0.0056	0.0039	0.0067	0.0026	0.0056	0.0051
Na	1.185	1.6805	1.3048	0.913	0.8883	1.044	0.6611	0.8121	1.0018
Zn	0.0175	0.0215	0.0296	0.0151	0.0198	0.0183	0.0119	0.0277	0.0143
	Semana 7			Semana 8			Semana 9		
	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3
Al	0.0331	0.1061	0.0316	0.0776	0.1453	0.1435	0.0561	0.0548	0.1227
Ba	0.0124	0.0129	0.0136	0.0211	0.0259	0.0191	0.0163	0.0127	0.018
Cd	0.0001	0.0001	0	-0.0001	0.0003	0.0002	-0.0001	0	0.0001
Pb	-0.0065	-0.006	-0.0049	-0.0047	-0.0031	-0.0091	-0.007	-0.0015	-0.0059
Cu	0.0008	0.0015	0.0009	0.0024	0.0012	0.0019	0.0016	0.0024	0.0022
Cr	0.0042	0.0047	0.0042	0.0038	0.0037	0.0092	0.0055	0.0049	0.0059
Fe	0.054	0.2403	0.0559	0.0367	0.1175	0.0842	0.0519	0.0731	0.1612
Mn	0.0031	0.0261	0.0026	0.0039	0.0114	0.0049	0.0061	0.0075	0.018
Ni	0.0056	0.0031	0.0017	0.0039	0.0051	0.0032	0.0041	0.004	0.0044
Na	0.8091	0.6324	0.6443	1.6706	1.6853	1.9555	1.3315	1.3077	1.3642
Zn	0.0195	0.0323	0.0128	0.0215	0.0297	0.0256	0.024	0.0317	0.0356
	Semana 10			Semana 11			Semana 12		
	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3
Al	0.0866	0.0927	0.0838	0.0425	0.0833	0.0999	0.102	0.0782	0.1262
Ba	0.0141	0.0104	0.0149	0.0137	0.0096	0.0143	0.0127	0.0177	0.0175

Cd	0.0002	-0.0001	-0.0001	0	0.0002	0.0001	0.0002	0.0005	0.0002
Pb	-0.0033	-0.0052	-0.0085	-0.0029	-0.0063	-0.0053	-0.0066	-0.0028	0.0006
Cu	0.0012	0.0008	0.0026	0.0018	0.0014	0.0029	0.0177	0.0766	0.0933
Cr	0.0028	0.0033	0.003	0.0041	0.0047	0.004	0.0146	0.0123	0.0101
Fe	0.1115	0.1378	0.1605	0.0554	0.0963	0.0985	0.0847	0.0712	0.0888
Mn	0.0123	0.0095	0.0163	0.0066	0.0095	0.0072	0.0217	0.0223	0.028
Ni	0.0069	0.0017	0.005	0.0032	0.0055	0.0018	0.0133	0.0165	0.0078
Na	5.3702	2.4785	5.3432	3.7483	5.0755	4.2118	4.3013	4.5131	4.7742
Zn	0.0314	0.0206	0.0244	0.0216	0.024	0.0246	0.0367	0.0972	0.1667

4.2. Bloco 5RA

As amostras de água coletadas de bebedouros do Bloco 5RA do Campus Santa Mônica também foram submetidas a análises físico-químicas e bacteriológicas. Foram analisados um total de 36 amostras de água do Bloco 5RA que possui três andares, onde foram coletadas semanalmente uma amostra de cada andar, durante o período de 12 semanas.

4.2.1. Parâmetros microbiológicos

As amostras de água do bloco 5RA foram submetidas às análises microbiológicas com averiguação do Número Mais Provável para determinação de *Ausência* ou *Presença* de coliformes totais e termotolerantes e apontaram em seus resultados a ausência tanto para coliformes totais, como para *Escherichia coli* durante o período de análise (Tabela 5).

Tabela 5. Resultados das análises microbiológicas do bloco 5RA.

Semana	Análises	Unidade	V.M.P.*	B1	B2	B3
Semana 1	Coliformes	NMP/	Ausência	Ausênci	Ausência	Ausênci
	Totais	100mL	em	a		Ausênci
	Escherichia Coli	NMP/	100mL	Ausênci	Ausência	Ausênci
Semana 2	Coliformes	100mL		a	Ausência	a
	Totais	NMP/		Ausênci		Ausência
	Escherichia Coli	100mL		a	Ausência	a
Semana 3	Coliformes	NMP/		Ausênci	Ausência	Ausênci
	Totais	100mL		a		Ausência
	Escherichia Coli	NMP/		Ausênci	Ausência	Ausênci
Semana 4	Coliformes	100mL		a	Ausência	a
	Totais	NMP/		Ausênci		Ausência
		100mL		a		a

Semana 5	Escherichia Coli	NMP/ 100mL	Ausênci a	Ausência	Ausênci a
	Coliformes	NMP/ 100mL	Ausênci a	Ausência	Ausênci a
	Totais	NMP/ 100mL	Ausênci a	Ausência	Ausênci a
Semana 6	Escherichia Coli	NMP/ 100mL	Ausênci a	Ausência	Ausênci a
	Coliformes	NMP/ 100mL	Ausênci a	Ausência	Ausênci a
	Totais	NMP/ 100mL	Ausênci a	Ausência	Ausênci a
Semana 7	Escherichia Coli	NMP/ 100mL	Ausênci a	Ausência	Ausênci a
	Coliformes	NMP/ 100mL	Ausênci a	Ausência	Ausênci a
	Totais	NMP/ 100mL	Ausênci a	Ausência	Ausênci a
Semana 8	Escherichia Coli	NMP/ 100mL	Ausênci a	Ausência	Ausênci a
	Coliformes	NMP/ 100mL	Ausênci a	Ausência	Ausênci a
	Totais	NMP/ 100mL	Ausênci a	Ausência	Ausênci a
Semana 9	Escherichia Coli	NMP/ 100mL	Ausênci a	Ausência	Ausênci a
	Coliformes	NMP/ 100mL	Ausênci a	Ausência	Ausênci a
	Totais	NMP/ 100mL	Ausênci a	Ausência	Ausênci a
Semana 10	Escherichia Coli	NMP/ 100mL	Ausênci a	Ausência	Ausênci a
	Coliformes	NMP/ 100mL	Ausênci a	Ausência	Ausênci a
	Totais	NMP/ 100mL	Ausênci a	Ausência	Ausênci a
Semana 11	Escherichia Coli	NMP/ 100mL	Ausênci a	Ausência	Ausênci a
	Coliformes	NMP/ 100mL	Ausênci a	Ausência	Ausênci a
	Totais	NMP/ 100mL	Ausênci a	Ausência	Ausênci a
Semana 12	Escherichia Coli	NMP/ 100mL	Ausênci a	Ausência	Ausênci a
		100mL	a		a

* Valor máximo permitido (V.M.P.) para parâmetros microbiológicos para água de consumo humano, conforme Portaria de Consolidação do Ministério da Saúde nº05 de 2017 (Anexo XX).

Fonte: Elaborado pelo autor.

Porém, os resultados do teste presuntivo referente às semanas 1, 3 e 10 apresentaram formação de biofilme, o que gerou dúvida sobre a presença de bactérias fermentadoras de lactose nas amostras (Figura 4). Diante disso, foi realizado o teste confirmativo para os resultados duvidosos do teste presuntivo.

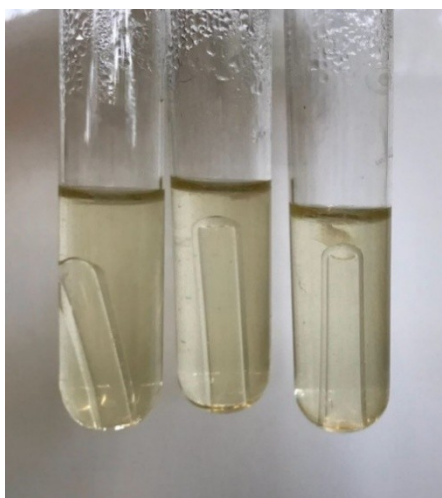
Na primeira semana, o teste presuntivo deu negativo para o 2º e 3º andar, porém apresentou formação de biofilme sem formação de gás na amostra do 1º andar, o valor de NMP encontrado foi de 0,3, com limite inferior <0,5 e limite superior 0,9. As amostras foram submetidas

ao teste confirmativo nos meios VBB e caldo EC e as amostras de todos os andares apresentaram resultado negativo, indicando a ausência de coliformes totais e *Escherichia coli*.

Na terceira semana, foi observado alteração no 1º andar, novamente com formação de biofilme, porém sem formação de gás e o valor de NMP determinado foi de 03, com limite inferior <0,5 e limite superior 0,9. As amostras dessa semana também foram submetidas ao teste confirmativo, no qual foi indicada a ausência tanto para coliformes totais, como para *Escherichia coli*.

Já na décima semana, foi observado formação de biofilme com ausência de formação de gás nas amostras do 1º e do 2º andar resultando em um NMP de 9 com limite inferior de 1 e limite superior de 36. Porém, novamente o resultado foi negativo nos testes confirmativos em caldo EC e meio VBB para todas as amostras, indicando a ausência de bactérias dos grupos coliforme totais e termotolerantes.

Figura 4: Exemplo de resultado com formação de biofilme no Teste Presuntivo do Bloco 5RA.



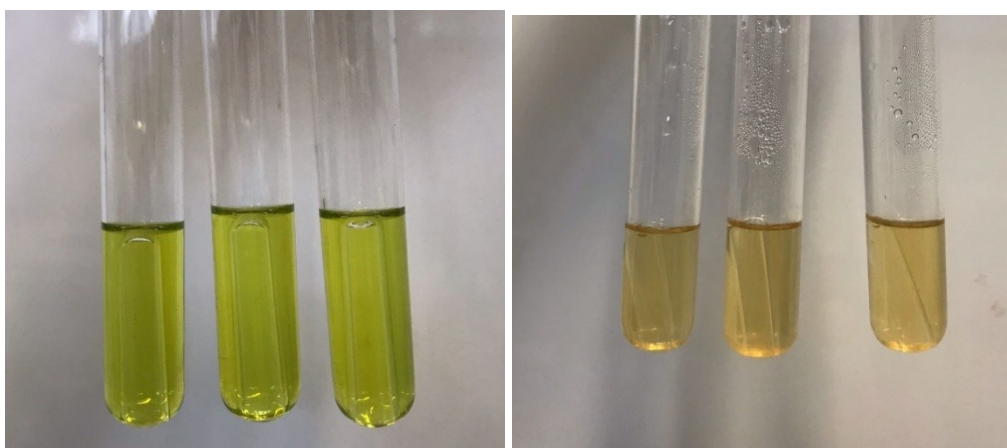
Fonte: Autor.

Para as semanas 1, 3 e 10, o teste confirmativo em meio VBB deu negativo para os três andares, indicando a ausência de bactérias fermentadoras de lactose. Na análise de crescimento em caldo EC para termotolerantes, o resultado também foi negativo em todos os andares para as três semanas em questão, indicando a ausência de *E. coli*.

Após 12 semanas de monitoramento microbiológico no bloco 5RA, não se observou a presença de bactérias do grupo coliforme (Figura 5). Dessa forma, conclui-se que os resultados obtidos foram satisfatórios e a qualidade da água dos bebedouros do bloco 5RA apresenta-se em conformidade com a Portaria MS 888/2021. Um fator que pode estar relacionado à formação do biofilme é o decaimento da concentração de cloro na água, que pode ocorrer devido ao tempo de detenção da água no reservatório ou aos sistemas filtrantes utilizados, implementados para reduzir o sabor da água, retirando o cloro.

Um estudo sobre a qualidade da água de escolas públicas do município de Uberlândia realizado por Sampaio (2021) analisou a água de 96 escolas da rede pública através do método de substrato cromogênico e constatou que em 23 escolas havia contaminação microbiológica da água, representando um cenário bem diferente ao evidenciado no presente estudo. Este mesmo estudo mostrou que a água que chega às escolas é de boa qualidade, indicando que a contaminação ocorre após o abastecimento nas escolas, podendo ser devido à falta de manutenção e higienização dos reservatórios de água e dos sistemas filtrantes dos bebedouros (Sampaio, 2021). Conforme recomendado pela legislação, a manutenção e higienização dos reservatórios de água devem ser realizadas com intervalos de no máximo seis meses para evitar contaminações.

Figura 5: Exemplos de resultado negativo do Teste Confirmativo do Bloco 5RA.



Fonte: Autor.

4.2.2. Parâmetros físico-químicos

Os resultados obtidos para a pesquisa dos parâmetros físico-químicos pH, cor, turbidez, condutividade e sólidos dissolvidos estão dispostos na Tabela 6. Foi observado alterações nos valores do parâmetro pH em relação ao Padrão de Potabilidade da Portaria GM/MS 888/21.

Tabela 6. Resultados das análises físico-químicas do bloco 5RA.

Semana	Parâmetro	Unidade	V.M.P.*	B1	B2	B3
Semana 1	pH	-	6,0 - 9,5	5,83	6,02	6,13
	Cor	Uc	< 15	5	4,6	5,3
	Turbidez	NTU	< 5,0	0,1	0,11	0,1
	Condutividade	us/cm	200	54,2	48,9	44,5
	Sólidos Dissolvidos	mg/L	<1000	36,856	33,252	30,26
Semana 2	pH	-	6,0 - 9,5	5,71	5,68	5,8
	Cor	Uc	< 15	4,9	4,5	5,1
	Turbidez	NTU	< 5,0	0,1	0,17	0,13

	Condutividade	us/cm	200	102,8	78,8	67,9
	Sólidos Dissolvidos	mg/L	<1000	69,904	53,584	46,172
Semana 3	pH	-	6,0 - 9,5	5,28	5,39	5,71
	Cor	Uc	< 15	5,1	4,5	5
	Turbidez	NTU	< 5,0	0,1	0,23	0,14
	Condutividade	us/cm	200	130,2	87,3	78
	Sólidos Dissolvidos	mg/L	<1000	88,536	59,364	53,04
Semana 4	pH	-	6,0 - 9,5	5,17	5,53	5,82
	Cor	Uc	< 15	2,1	1,2	1,6
	Turbidez	NTU	< 5,0	0,31	0,54	0,27
	Condutividade	us/cm	200	52	40	39,5
	Sólidos Dissolvidos	mg/L	<1000	35,36	27,2	26,86
Semana 5	pH	-	6,0 - 9,5	5,51	5,72	5,48
	Cor	Uc	< 15	2,6	1,1	2,6
	Turbidez	NTU	< 5,0	0,2	0,14	0,13
	Condutividade	us/cm	200	35,3	39,6	51,5
	Sólidos Dissolvidos	mg/L	<1000	24,004	26,928	35,02
Semana 6	pH	-	6,0 - 9,5	5,46	5,37	5,66
	Cor	Uc	< 15	2	2,1	2,3
	Turbidez	NTU	< 5,0	0,16	0,17	0,24
	Condutividade	us/cm	200	128,9	81,4	59,8
	Sólidos Dissolvidos	mg/L	<1000	87,652	55,352	40,664
Semana 7	pH	-	6,0 - 9,5	5,3	5,07	5,25
	Cor	Uc	< 15	1,7	0,8	1,6
	Turbidez	NTU	< 5,0	0,24	0,59	0,44
	Condutividade	us/cm	200	60,5	95,3	62,8
	Sólidos Dissolvidos	mg/L	<1000	41,14	64,804	42,704
Semana 8	pH	-	6,0 - 9,5	5,25	5,4	5,29
	Cor	Uc	< 15	1,4	1,8	2,1
	Turbidez	NTU	< 5,0	0,22	0,15	0,39
	Condutividade	us/cm	200	121,6	83,9	95,6
	Sólidos Dissolvidos	mg/L	<1000	82,688	57,052	65,008
Semana 9	pH	-	6,0 - 9,5	5,4	5,32	5,29
	Cor	Uc	< 15	1,4	2,2	2,3
	Turbidez	NTU	< 5,0	0,24	0,1	0,13
	Condutividade	us/cm	200	55,2	52,7	52,4
	Sólidos Dissolvidos	mg/L	<1000	37,536	35,836	35,632
Semana 10	pH	-	6,0 - 9,5	5,56	5,29	5,42
	Cor	Uc	< 15	1,4	1,3	2,2
	Turbidez	NTU	< 5,0	0,1	0,1	0,43
	Condutividade	us/cm	200	51,8	63	48,6
	Sólidos Dissolvidos	mg/L	<1000	35,224	42,84	33,048
Semana 11	pH	-	6,0 - 9,5	5,18	5,53	5,23
	Cor	Uc	< 15	1,4	1,5	0,7
	Turbidez	NTU	< 5,0	0,1	0,1	0,36
	Condutividade	us/cm	200	30,8	27,5	46,4
	Sólidos Dissolvidos	mg/L	<1000	20,944	18,7	31,552
Semana 12	pH	-	6,0 - 9,5	5,8	5,72	5,89

Cor	Uc	< 15	2,4	1,7	2,1
Turbidez	NTU	< 5,0	0,21	0,1	0,34
Condutividade	us/cm	200	53	49,4	52,7
Sólidos Dissolvidos	mg/L	<1000	36,04	33,592	35,836

* Valor máximo permitido (V.M.P.) para cada parâmetro físico-químico, conforme padrão de Potabilidade da Portaria do Ministério da Saúde nº 2914 de 2011.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Excluídos os valores de pH do 2º e 3º andar da primeira semana de análises, o pH do Bloco 5RA apresentou-se levemente abaixo do exigido pelo Padrão de Potabilidade (Portaria MS 888/2021), que determina que o valor de pH da água para consumo humano deve variar entre 6,0 e 9,5. O valor médio do pH das 36 amostras desse edifício foi de 5,44 com apenas 6% dentro do intervalo permitido, referentes à primeira semana. O acompanhamento do parâmetro pH é de grande importância, visto que um valor de pH baixo pode estar relacionado com processos oxidativos e conseqüentemente, com a estabilidade do cloro na água, o que pode afetar a eficiência da desinfecção da mesma, comprometer o sabor da água e ocasionar a corrosão da tubulação (Brito, 2021). Ainda assim, esses valores de pH encontrados abaixo do recomendado pela legislação não oferecem risco potencial à saúde humana.

Os demais parâmetros físico químicos apresentaram resultados satisfatórios e estão de acordo com o padrão de potabilidade, onde o valor médio para o parâmetro cor foi de 2,10uc, para turbidez foi de 0,14NTU, para condutividade de 52,70us/cm e para sólidos dissolvidos foi de 35,84mg/L, demonstrando uma boa qualidade da água do edifício em questão.

4.2.3. Quantificação de Metais Traço

Os resultados obtidos para metais traço para o bloco 5RA (Tabela 7) foram satisfatórios e estão todos de acordo com a legislação, indicando que a água está qualificada para consumo humano, segundo este parâmetro.

Tabela 7. Valores de Metais Traço (mg/L) do Bloco 5RA.

E.Q.	Semana 1			Semana 2			Semana 3		
	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3
Al	0.0541	0.0469	0.0454	0.0427	0.112	0.0923	0.0689	0.0982	0.0324
Ba	0.0125	0.0137	0.013	0.0118	0.022	0.0158	0.0186	0.0206	0.0128
Cd	0.0001	0	0	0.0001	-0.0004	-0.0003	0.0002	0.0001	-0.0002
Pb	-0.0042	-0.0057	-0.0041	-0.0079	-0.0035	-0.0032	-0.0055	-0.0019	-0.01
Cu	0.006	0.0038	0.0029	0.0009	0.0024	0.0036	0.0017	0.004	0.0006
Cr	0.0035	0.0033	0.0034	0.0037	0.004	0.0043	0.0029	0.0029	0.0029
Fe	0.0656	0.0351	0.0533	0.0561	0.0846	0.0863	0.0631	0.0463	0.0336
Mn	0.0086	0.0164	0.0158	0.0061	0.024	0.0218	0.0149	0.0134	0.004
Ni	0.0049	0.0037	0.0031	0.0029	0.0059	0.0043	0.0048	0.0017	0.0039
Na	3.9729	2.4608	2.1199	3.6004	1.7983	1.5892	1.2296	2.1186	3.462
Zn	0.0229	0.0209	0.0182	0.0173	0.0268	0.0228	0.0203	0.029	0.0202

	Semana 4			Semana 5			Semana 6		
	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3
Al	0.0582	0.0837	0.035	0.0413	0.0664	0.0635	0.0347	0.0655	0.0438
Ba	0.0193	0.0226	0.0113	0.0135	0.0119	0.0138	0.0134	0.015	0.0173
Cd	-0.0001	-0.0001	-0.0001	-0.0001	0.0001	0.0002	0	0.0003	0.0004
Pb	-0.0087	-0.0059	-0.0039	-0.0087	-0.0045	-0.0058	-0.0077	-0.0029	-0.01
Cu	0.0029	0.0031	0.001	0.0016	0.0025	0.0008	0.0009	0.0015	0.0018
Cr	0.002	0.0039	0.002	0.0049	0.0017	0.004	0.0034	0.0047	0.0035
Fe	0.0402	0.0477	0.0349	0.0459	0.0782	0.0707	0.0435	0.0507	0.0383
Mn	0.0051	0.0127	0.0063	0.0051	0.0135	0.0122	0.0045	0.0071	0.0068
Ni	0.0058	0.0038	0.0016	0.0026	0.0043	0.002	0.0042	0.0402	0.0005
Na	2.7819	1.3088	0.4802	3.293	1.3018	1.3466	2.8449	1.3778	1.3502
Zn	0.0238	0.0268	0.0099	0.0243	0.0155	0.0149	0.0232	0.0177	0.0155

	Semana 7			Semana 8			Semana 9		
	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3
Al	0.041	0.1249	0.1027	0.0218	0.0335	0.0295	0.1648	0.0501	0.048
Ba	0.0143	0.0223	0.0156	0.0117	0.0126	0.0125	0.0108	0.0096	0.0108
Cd	0.0003	0	0.0002	0.0002	0	-0.0001	0.0003	0	0
Pb	-0.0063	-0.004	-0.0077	-0.0081	-0.0071	-0.0064	-0.0059	-0.0017	-0.0024
Cu	0.0009	0.0017	0.0026	0.0006	0.0009	0.0006	0.0013	0.0011	0.0008
Cr	0.0045	0.0044	0.004	0.0303	0.0042	0.0045	0.0201	0.0029	0.0014
Fe	0.0401	0.1358	0.1167	0.0544	0.0607	0.0566	0.1294	0.0652	0.0657
Mn	0.0041	0.0203	0.0178	0.0039	0.0075	0.0068	0.008	0.0083	0.0084
Ni	0.0019	0.0031	0.0029	0.0034	0.0027	0.0045	0.0033	0.003	0.0075
Na	2.1897	1.4801	1.526	3.7174	5.3976	5.1796	4.7903	4.8959	4.8985
Zn	0.0204	0.0258	0.0222	0.0161	0.0142	0.0113	0.0185	0.0068	0.0081

	Semana 10			Semana 11			Semana 12		
	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3
Al	0.0435	0.074	0.0891	0.0495	0.0658	0.0243	0.0589	0.0751	0.1254
Ba	0.0111	0.0136	0.0153	0.0095	0.0107	0.0187	0.0175	0.0122	0.0209
Cd	0.0002	0	0.0001	-0.0001	0.0001	0	0.0001	0.0003	0.0003
Pb	-0.0039	-0.0038	-0.006	-0.0021	-0.003	-0.004	-0.0013	-0.0027	0
Cu	0.0009	0.0007	0.0081	0.0008	0.0018	0.0085	0.0029	0.0006	0.0017
Cr	0.0006	0.0006	0.0016	0.0016	0.0015	0.0022	0.0095	0.0072	0.0095
Fe	0.0191	0.0203	0.0891	0.0281	0.0247	0.07	0.0545	0.0465	0.0845
Mn	0.0054	0.0079	0.0586	0.0045	0.0066	0.0629	0.0224	0.0212	0.0284
Ni	0.0066	0.0055	0.0077	0.0072	0.0046	0.0096	0.0152	0.0095	0.0085
Na	4.3648	3.6786	4.0984	4.0255	3.4036	4.6958	4.4712	4.2765	4.7804
Zn	0.0249	0.025	0.0654	0.0198	0.0198	0.0675	0.1	0.0388	0.017

Fonte: Autor.

5. CONCLUSÕES

Os dados do presente estudo, após 24 semanas de monitoramento dos Blocos 1B e 5RA do Campus Santa Mônica da Universidade Federal de Uberlândia apresentaram resultados satisfatórios em relação à qualidade da água para consumo humano.

Os resultados das análises bacteriológicas para os Blocos 1B e 5RA apresentaram ausência de coliformes totais e *Escherichia coli*, indicando que não há contaminação da água dos

bebedouros e que esta está apta para consumo humano. Ainda assim, é importante observar algumas recomendações que visam a prevenção da contaminação cruzada dos bebedouros, como evitar a proximidade dos bebedouros com banheiros, realizar a higienização frequente do bocal do bebedouro e a manutenção tanto do reservatório de água quanto dos sistemas filtrantes.

Em relação às análises físico químicas, os parâmetros turbidez, condutividade e sólidos dissolvidos apresentaram valores em conformidade com o padrão de potabilidade. No entanto, em ambos os blocos, os valores de pH estavam um pouco abaixo dos valores estabelecidos e no bloco 1B, o parâmetro cor apresentou alguns valores ligeiramente acima do permitido. Para os metais traço, foi apontada uma alteração pontual devido a valores elevados de Cr, Fe e Ni em uma amostra, não sendo observada nas demais, sugerindo um erro instrumental ou experimental.

Portanto, após as análises das amostras de água dos bebedouros dos blocos 1B e 5RA da Universidade Federal de Uberlândia, foi possível concluir que a maioria dos parâmetros analisados estavam de acordo com os padrões recomendados pelo Ministério da Saúde. No entanto, os parâmetros que apresentaram alteração não oferecem risco potencial à saúde humana, indicando resultados satisfatórios para a qualidade da água investigada.

Ainda assim, se faz necessário o monitoramento frequente da qualidade da água a partir de um plano de amostragem e a manutenção dos reservatórios e dos sistemas filtrantes dos bebedouros, observando a concentração de cloro e tempo de detenção da água no reservatório. Além do monitoramento e manutenção, é recomendado que seja observado o prazo de validade dos filtros e as condições das mangueiras dos bebedouros.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUILLAR, Carolina Neri et al. Avaliação do teor de metais pesados na água de Rio Paranaíba–MG. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 9, p. 64871-64880, 2020.

ARAÚJO, Daniela Lima; ANDRADE, Rafael França. Qualidade Físico-Química e Microbiológica da Água Utilizada em Bebedouros de Instituições de Ensino no Brasil: Revisão Sistemática da Literatura. *Brazilian Journal of Health Review*, v. 3, n. 4, p. 7301-7324, 2020.

BARBOSA, Bruna Luíza Cavalcante. Monitoramento da qualidade da água tratada estocada nos reservatórios do sistema de abastecimento de água do DMAE pela análise do decaimento do cloro residual. 2021.

BRASIL. Portaria de Consolidação MS nº 5, de 3 de outubro de 2017. *Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde*. Diário Oficial da União, 2017.

BRASIL. Portaria MS nº 888, de 04 de maio de 2021. *Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5 de 2017 e dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade*. Diário Oficial da União, 2021.

BRASIL. Portaria MS nº 2914 de 12 de dezembro de 2011. *Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade*, 2014.

COSTA, Fábio da. *Qualidade físico-química e microbiológica da água consumida em Guaíba (RS) e sua implicação na saúde*, 2018.

COSTA, Laís Azevedo da. *Análise das concentrações de metais pesados na água e sedimento do Rio Sergipe (SE)*. 2018.

DE OLIVEIRA, Rosiely Pereira Bettoni et al. *Análise Microbiológica da Água para Consumo Humano em uma Comunidade do Município de Santana do Riacho–MG*. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 4, p. 18552-18563, 2020.

DUARTE, Sofia Alexandra Correia. *Caracterização de metais em soluções aquosas, utilizando a técnica de ICP-OES*. 2020. Tese de Doutorado. Universidade de Aveiro.

FELIPPE, Miguel Fernandes; DE ALMEIDA NETO, José Oliveira. *COMPARAÇÃO DE TÉCNICAS DE OBTENÇÃO DE SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS NAS ÁGUAS: CONTRIBUIÇÃO PARA OS ESTUDOS DE DESNUDAÇÃO GEOQUÍMICA*. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 20, n. 1, 2019.

FORTES, Ana Carolina Chaves et al. *Índice de qualidade de água para consumo humano: uma proposta de ferramenta para a vigilância da qualidade da água comunicar os resultados à sociedade*. 2018. Tese de Doutorado.

FUNASA, FN d S. *Manual prático de análise de água*, 2006.

INSTITUTO TRATA BRASIL. *Entendendo o Saneamento Básico Ambiental no Brasil e sua importância socioeconômica*, 2018.

JESUS, Jonas Freitas de et al. *Qualidade da água subsuperficial captada por poços rasos no bairro Itanhangá em Caldas Novas (GO)*. 2019.

LIMA BRITO, Fábio Sergio et al. Qualidade da água consumida no setor profissional da cidade universitária Prof. José da Silveira Netto-UFPA. *Nature and Conservation*, v. 14, n. 2, p. 73-83, 2021.

MARCELINO, Kelly Mendes et al. Remoção de ferro em águas subterrâneas de poços tubulares em uma indústria de beneficiamento de arroz. *Revista Vincci-Periódico Científico da Faculdade SATC*, v. 2, n. 1, p. 161-182, 2017.

MARTINS, Guilherme Afonso Figueiredo. Estudo epidemiológico e da qualidade da água em uma escola de ensino fundamental do município de Uberlândia, MG: aspectos ambientais e sociais. *Ambiente & Educação*, v. 19, n. 1, p. 205-222, 2014.

NUNES, LGP. *Qualidade da água no município de São Mateus: análise parasitológica, microbiológica e físico-química*. 2018. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo.

PELCZAR, M. J.; CHAN, E. C. S.; KRIEG, N. R. *Microbiologia: Conceitos e aplicações*. 2a ed. São Paulo: Makron Books; v. 1, 1996. 556 p.

RESOLUÇÃO, Nº. 357, de 17 de março de 2005. *CONAMA-Conselho Nacional de Meio Ambiente*, 2005.

RICE, E.W.; BAIRD R.B.; EATON A.D. *Standard Methods for the examination of water and wastewater*. 23RD Edition. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, 2017.

SAMPAIO, Antônio Carlos Freire; DA SILVEIRA, Arnaldo Custódio. UM ESTUDO SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA DESTINADA AO CONSUMO DE ALUNOS NAS ESCOLAS PÚBLICAS DO MUNICÍPIO DE UBERLÂNDIA/MG. *Caminhos de Geografia*, v. 22, n. 79, p. 180-198, 2021.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A. *Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos*. São Paulo: Varela, 2001. 317 p.

SIQUEIRA, Leonardo Pereira de et al. *Avaliação microbiológica da água de consumo empregada em unidades de alimentação*. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 15, p. 63-66, 2010.

SOUZA, João Wallyson Feitosa et al. ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DE BEBEDOUROS EM ESCOLAS PÚBLICAS DE TABIRA-PE. *Journal of Medicine and Health Promotion*, v. 6, p. 73-83, 2021.

TELLES, Dirceu D.'Alkmin. *Ciclo ambiental da água: da chuva à gestão*. Editora Blucher, 2012.

VALIATTI, Tiago Barcelos et al. ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA DE BEBEDOUROS DE UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR DE RONDÔNIA, BRASIL. *Saúde (Santa Maria)*, v. 47, n. 1, 2021.

VON SPERLING, Marcos. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. Editora UFMG, 1996.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. *World health statistics 2018: monitoring health for the SDGs, sustainable development goals*. World Health Organization, 2018.