

Qualidade microbiológica e físico-química da água de bebedouros da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Santa Mônica

Microbiological and physico-chemical quality of water from beverages of Uberlândia Federal University, Campus Santa Mônica

Gabriela de Oliveira Silva Fernandes Correia¹; Sueli Moura Bertolino²; Milla Alves Baffi²

¹Aluna do curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. E-mail: gabiosfc@gmail.com

² Professora do curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5111-070X>. E-mail: suelibertolino@ufu.br. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0983-889X> E-mail: milla.baffi@ufu.br

RESUMO: Este estudo avaliou a qualidade da água dos bebedouros de dois edifícios da Universidade Federal de Uberlândia, do campus Santa Mônica, monitoramento que faz parte do Plano de Segurança da Água da Instituição. A qualidade da água foi investigada através de análise bacteriológica e parâmetros físico-químicos durante 12 semanas, totalizando 72 amostras. Na análise bacteriológica, nenhuma amostra apresentou crescimento de coliformes, estando em conformidade com a legislação. Na análise físico-química, obteve-se média de pH de 5,62 e 5,44, nos blocos 1B e 5RA, respectivamente. No bloco 1B, o parâmetro cor apresentou média de 6,85 uC, sendo que seis amostras apresentaram valores ligeiramente acima do limite. Os demais parâmetros estavam de acordo com as normas, com valores médios para o bloco 1B de: turbidez - 0,18 NTU, condutividade - 64,55 us cm⁻¹ e sólidos dissolvidos - 43,89 mg L⁻¹ e para o bloco 5RA de: cor - 2,10 uc, turbidez - 0,14 NTU, condutividade - 52,70 us cm⁻¹ e sólidos dissolvidos - 35,84 mg L⁻¹. Quanto aos metais, somente uma amostra do bloco 1B apresentou valores de ferro, cromo e níquel acima do limite. Os resultados indicam a potabilidade e asseguram a qualidade da água que abastece a comunidade, quanto aos indicadores microbiológicos, toxicológicos e organolépticos.

Palavras-chave: Qualidade da água; potabilidade; coliformes; parâmetros físico-químicos.

ABSTRACT: This study evaluated the water quality of drinking fountains in the buildings 1B and 5RA at the Santa Mônica campus, Federal University of Uberlândia, monitoring that is part of the institution's Water Safety Plan. The water quality was investigated through bacteriological analysis and physicochemical parameters. The analyses were during 12 weeks in a total of 72 samples. In the bacteriological analysis, none of the samples showed growth of coliforms, being this parameter in accordance to the legislation. In the physicochemical analysis, an average pH of 5.62 and 5.44 was obtained in 1B and 5RA buildings, respectively. In 1B, the color showed an average of 6.85 uC, with six samples showing values slightly above the limit. The other parameters were in accordance to the standards, with average values for block 1B of: turbidity - 0.18 NTU, conductivity - 64.55 us cm⁻¹ and dissolved solids - 43.89 mg L⁻¹ and for 5RA were of: color - 2.10 uc, turbidity - 0.14 NTU, conductivity - 52.70 us cm⁻¹ and dissolved solids - 35.84 mg L⁻¹. Regarding metals, only one sample from 1B presented values of iron, chromium and nickel above the limit. The results indicate the potability and the security of the evaluated water in terms of microbiological, toxicological and organoleptic indicators.

Keywords: Water quality; potability; coliforms; physicochemical parameters.

INTRODUÇÃO

O acesso à água de qualidade é um direito das gerações, de acordo com a Lei Federal nº 9.433/1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997). O saneamento básico, direito fundamental para o desenvolvimento da cidadania, trata de medidas que visam proteger ou restabelecer as condições do ambiente, com o objetivo de promover a saúde da população e a prevenção de doenças (TRATA BRASIL, 2012; FAXINA et al., 2019). A disponibilidade, o manejo sustentável da água e o saneamento básico para todos, fazem parte dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU), como parte da Agenda 2030. Esta Agenda é um pacto global de desenvolvimento sustentável assinado durante a Cúpula das Nações Unidas em 2015, por 193 países (CABRAL; GEHRE, 2020).

No Brasil, em 2019, de acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) e o Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA), cerca de 83,7% da população foram atendidos por Sistemas de Abastecimento de Água, sendo 85-90% nas regiões Sudeste, Sul e Centro-Oeste e 73,9 e 58% da população nas regiões Nordeste e Norte, respectivamente (BRASIL, 2019; OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2019). Com relação à qualidade da água, 1,3 e 2,1% da população recebe água sem tratamento, sendo que na região Norte, este índice aumenta para 7,2%, podendo representar risco à saúde (ARAUJO et al., 2022). De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), cerca de 11 mil pessoas morrem por ano no mundo em virtude da falta de saneamento básico, geralmente, devido a agentes microbianos procedentes de contaminação fecal na água (IBGE, 2021).

Para ser considerada potável, a água deve atender a parâmetros microbiológicos, físicos e químicos a fim de evitar riscos à saúde coletiva (ARAUJO et al., 2020). Os riscos associados à qualidade da água de consumo podem ser derivados de poluentes químicos ou à presença de agentes biológicos na água. Dentre as principais formas de contaminações dos recursos hídricos, estão o lançamento de esgoto sem tratamento prévio em rios e lagos, lixões, uso de agrotóxicos que afetam os lençóis freáticos e de fossas secas em residências, ou ainda a redes de fornecimento, como cisternas, caixas d'água, torneiras e bebedouros, cuja manutenção e higienização não são adequadas (ALMEIDA; COTA; RODRIGUES, 2020). A água tratada que apresenta bactérias de origem fecal pode ainda estar relacionada com a integridade do sistema de distribuição devido ao acúmulo de sedimentos e matérias orgânicas, promovendo o desenvolvimento de microrganismos (CASTELLO BRANCO et al., 2022).

Tendo em vista a importância da qualidade da água para consumo humano, o seu monitoramento é indispensável. As análises permitem averiguar se a água distribuída à população está isenta de patógenos e substâncias prejudiciais, atendendo às normas de potabilidade. Dentre os agentes patogênicos de veiculação hídrica de maior impacto para a saúde pública, destacam-se as bactérias *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *Shigella* spp. e *Pseudomonas aeruginosa* e os vírus da hepatite A, rotavírus, adenovírus e enterovírus (PRADO; MIAGOSTOVICH, 2014). A alta circulação desses microrganismos vem sendo relacionada às condições sanitárias ineficientes, incluindo a falta na cobertura de serviços ou ineficácia das tecnologias de tratamento de água e esgoto. Portanto, análises microbiológicas são fundamentais, visto que em diversas regiões do Brasil a contaminação

da água ainda é uma adversidade frequente, e o monitoramento é uma medida preventiva para contribuir com as políticas públicas de saneamento (OLIVEIRA et al., 2020).

Uma das formas de assegurar a qualidade da água para consumo humano consiste em verificar a presença de bactérias do grupo coliforme que são utilizados como bioindicadores de contaminação (VALIATTI et al., 2021). De acordo com os “Métodos Padrões de Avaliação de Água e Águas Residuais” (APHA), 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” (APHA, 2012). Além dos indicadores microbiológicos, parâmetros físico-químicos também são analisados, tais como pH, turbidez, cor, sólidos dissolvidos, metais, cloro residual, entre outros (SOUZA; GASTALDINI, 2014). Tais análises seguem o Plano de Segurança da Água (PSA), recomendado pela Portaria do Ministério da Saúde nº 888 de 2021, que visa garantir a segurança da água através do monitoramento e planos de gestão dos recursos hídricos, no intuito de prevenir contaminações no sistema de distribuição e armazenamento (BRASIL, 2021).

Entretanto, mesmo garantindo essas etapas essenciais, problemas operacionais e de manutenção na rede, lançamento clandestino de efluentes e penetração de contaminantes podem interferir na potabilidade da água. Logo, deve ser realizado o cuidado com as instalações internas e a limpeza e conservação dos reservatórios para manter a sua qualidade. Em locais públicos, como instituições de ensino, que se comportam como pequenos núcleos urbanos em função do quantitativo de população flutuante, os bebedouros podem ser tornar fonte indireta de contaminação, devido às condições de uso e de higienização (BRITO et al., 2021; SOUZA et al., 2021). Assim, o monitoramento e a manutenção dos bebedouros nessas em instituições são indispensáveis para garantir a qualidade da água aos consumidores (MARTINS et al., 2016). Neste contexto, o presente estudo avaliou a qualidade da água de bebedouros da Universidade Federal de Uberlândia, 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 Portarias do Ministério da Saúde PRC nº 05 de 2017 (BRASIL, 2017) e anexo XX PRT nº 888 de 2021 (BRASIL, 2021).

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta de amostras

O estudo foi realizado em dois edifícios (blocos 1B e 5RA) do campus Santa Mônica, da Universidade Federal de Uberlândia, localizada em Uberlândia, MG. Os edifícios 1B e 5RA são blocos de salas de aula com grande circulação de pessoas, cujos bebedouros são utilizados por uma população flutuante de cerca de 1000 pessoas diariamente, em cada bloco. Para a coleta das amostras dos bebedouros, deixou-se a água escoar por 1 minuto e, posteriormente, realizou-se 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. As amostras foram coletadas com periodicidade semanal, por 12 semanas e analisadas em triplicatas, totalizando 36 amostras para cada edifício.

Análise bacteriológica

As análises microbiológicas foram realizadas pelo Método Padrão de Tubos Múltiplos (APHA, 2012), através da contagem do Número Mais Provável (NMP) de bactérias coliformes em três etapas: teste presuntivo, teste confirmativo e teste completo, de acordo com a PRT-MS nº 888 (BRASIL, 2021). No teste presuntivo, as amostras de água foram homogeneizadas e diluídas 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 assepticamente: três alíquotas de 10mL de amostra de água em tubos contendo 10 mL de caldo lactosado na concentração dupla (amostra sem diluição), três alíquotas de 1mL em tubos contendo 9 mL de caldo lactosado na concentração normal (diluição de 10x) e três alíquotas de 0,1mL em tubos contendo 9,9 mL de caldo lactosado na concentração normal (diluição de 100x). As amostras foram incubadas em estufa a ± 36 °C por 48 horas. Após esse período, as amostras foram avaliadas quanto à produção de gás e presença de turbidez nos tubos, indicando a presença ou ausência de bactérias fermentadoras de lactose.

No teste confirmativo, alíquotas de 100 μ L dos tubos com resultado positivo no teste presuntivo foram transferidas para tubos falcon de 15 mL, contendo 5 mL de caldo Verde Bile Brillante 2 %. Após a incubação a 36 °C por 48 horas, a presença de gás e turbidez foi avaliada para confirmar a presença/ausência e calcular o NMP de coliformes *totais* nas amostras. Alíquotas de 100 μ L das amostras com resultado positivo no teste presuntivo foram também transferidas para tubos contendo caldo EC e incubadas por 24 horas 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 NMP.

Parâmetros físico-químicos

Os parâmetros físico-químicos pH, condutividade, cor, sólidos dissolvidos totais, turbidez e metais traços foram analisados de acordo com a PRT-MS nº 888 (BRASIL, 2021). Para a determinação de pH, foi utilizado o método potenciométrico através do equipamento pHmetro de bancada @MS Tecnopon 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 pH.

A condutividade foi analisada em equipamento multiparâmetro HACH - HQ40d pelo método de condutimetria, que se baseia na intensidade da corrente elétrica da água, com resultado expresso em μ S cm^{-1} . Os eletrodos do condutivímetro foram imersos na amostra e o resultado foi obtido pela intensidade da corrente elétrica que os atravessa. A determinação de sólidos dissolvidos totais foi realizada também no equipamento multiparâmetro, através da conversão que parte da condutividade elétrica da água (Condutividade elétrica = K * sólidos dissolvidos), com fator de multiplicação (K) recomendado entre 0,55 e 0,75. Dessa forma, no presente estudo foi utilizado o valor de 0,680 para o coeficiente de multiplicação a partir da condutividade elétrica medida. A concentração dos constituintes químicos dissolvidos na água foi expressa em mg L^{-1} , sendo

que o VMP em água para consumo humano é de 500 mg L⁻¹ (FELIPPE; ALMEIDA NETO, 2019).

Para turbidez, utilizou-se o método turbidimétrico que consiste em medir a interferência na passagem de luz devido à presença de partículas em suspensão na água. Para tanto, utilizou-se o equipamento ®PoliControl Turbidímetro AP2000, composto por uma fonte de luz (filamento de tungstênio) e um detector fotoelétrico que mede a luz dispersada e a unidade de turbidez expressa em uT. A amostra de água foi inserida em uma cubeta incolor e transparente que foi introduzida no turbidímetro para leitura. Para o parâmetro cor, utilizou-se o método espectrofotométrico através do equipamento ®PoliControl AquaColor, que mede a intensidade da cor na água. A amostra da água foi inserida em uma cubeta de vidro incolor e a cor da amostra foi determinada.

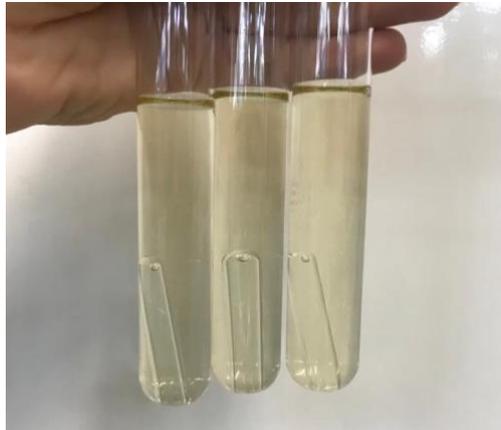
Para a análise de metais-traço, utilizou-se a técnica de espectrometria de emissão atômica com plasma acoplado indutivamente, em equipamento ICP-OES/5100 ®Agilent, para a determinação dos metais (Al, Ba, Cd, Pb, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni, Na e Zn). Essa técnica é baseada na detecção da emissão de radiação eletromagnética 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).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Análise bacteriológica

Após 12 semanas de monitoramento, a análise bacteriológica da água dos bebedouros dos Blocos 1B e 5RA não detectou a presença de coliformes em nenhuma das amostras (NMP = 0), tanto de coliformes totais, como de *Escherichia coli* durante o período avaliado. Os coliformes totais são indicadores microbiológicos de condições de higiene, que auxiliam na avaliação da integridade do sistema e da qualidade da água (BRITO et al., 2021). Já a presença de coliformes termotolerantes, representados pela bactéria *E. coli*, indica a ocorrência de contaminação fecal. Dessa forma, os resultados demonstraram que a água dos bebedouros dos blocos 1B e 5RA não apresentou contaminação (**Figura 1**), indicando que as condições de higiene e a integridade do sistema avaliado encontram-se de acordo com a legislação vigente (BRASIL, 2021). Sampaio e da Silveira (2021) analisaram a água de 96 escolas da rede pública do município de Uberlândia através do método de substrato cromogênico e observaram que, em 23 escolas havia contaminação microbiológica, representando um cenário oposto ao evidenciado no presente estudo. Este 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. Assim, para assegurar a potabilidade da água, 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, de acordo com a Resolução no. 216, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2004).

Figura 1. Exemplo de teste presuntivo indicando a ausência de coliformes totais no bloco 1B, conforme Portaria MS 888/2021. Resultados expressos como a média de triplicatas



Parâmetros físico-químicos

A análise físico-química demonstrou que todos os parâmetros, exceto pH e cor, estavam em conformidade com a legislação (BRASIL, 2021). Para o pH, algumas amostras de algumas semanas apresentaram pequenas alterações, com valores levemente abaixo do exigido para o padrão de potabilidade, que deve variar entre 6,0 a 9,5 (**Figura 2A**). O pH é um parâmetro de qualidade de água importante, que pode estar relacionado à presença de metais, sendo que valores baixos podem ocasionar a corrosão das tubulações dos sistemas de distribuição (SILVA; LOPES; AMARAL, 2016). A acidez da água pode desencadear problemas e afetar a sua qualidade, visto que o pH baixo pode neutralizar agentes que são utilizados para a remoção de microrganismos (ARAÚJO; ANDRADE, 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. Neste trabalho, o valor médio de pH foi de 5,81 e 5,44 nos blocos 1B e 5RA, respectivamente. Estes valores de pH abaixo do valor mínimo estabelecido podem ser decorrentes a processos oxidativos, visto que a tubulação do prédio é de ferro e muito antiga. A acidez da água pode também estar associada à estabilidade do cloro, o que pode afetar a eficiência de desinfecção, comprometer o sabor e ocasionar a corrosão da tubulação, justificando o seu monitoramento (BRITO et al., 2021).

No entanto, neste estudo os valores de pH estão próximos à faixa determinada para consumo e não oferecem riscos potenciais à saúde humana. Para o parâmetro cor, o valor máximo permitido (VMP) para água potável é de até 15 uc, conforme Portaria MS nº 888/2021 (BRASIL, 2021). Para o bloco 5RA, o valor médio encontrado foi de 2,10 uc, estando em conformidade com a legislação (**Figura 2B**). Para o bloco 1B, a média geral foi de 13,10 uc; porém, seis amostras apresentaram valores levemente acima do VMP nas semanas 1, 4, 6 e 8 (**Figura 2B**). Após a 9ª semana, foi observada uma queda do valor em relação às semanas anteriores, que coincidiu com o aumento do pH. Como dito anteriormente, esse aumento do pH pode estar relacionado a processos oxidativos e consequentemente, à diminuição do valor do parâmetro cor.

Figura 2. Valores de pH (A) e cor aparente (B) da água de bebedouros dos blocos 1B e 5RA. Valor exigido para pH: 6,0 - 9,5 e VMP para unidades de cor (uc) < 15,0 (Portaria MS 888/2021). Resultados expressos como a média de triplicatas

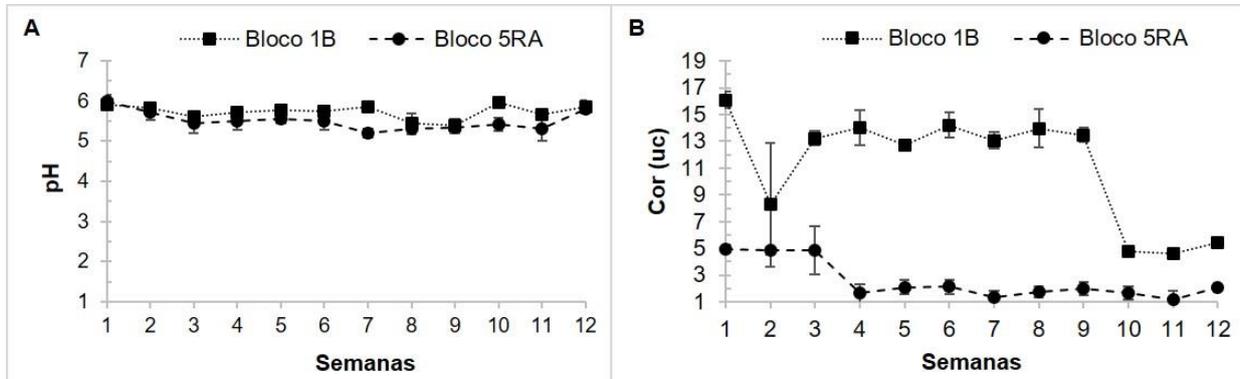
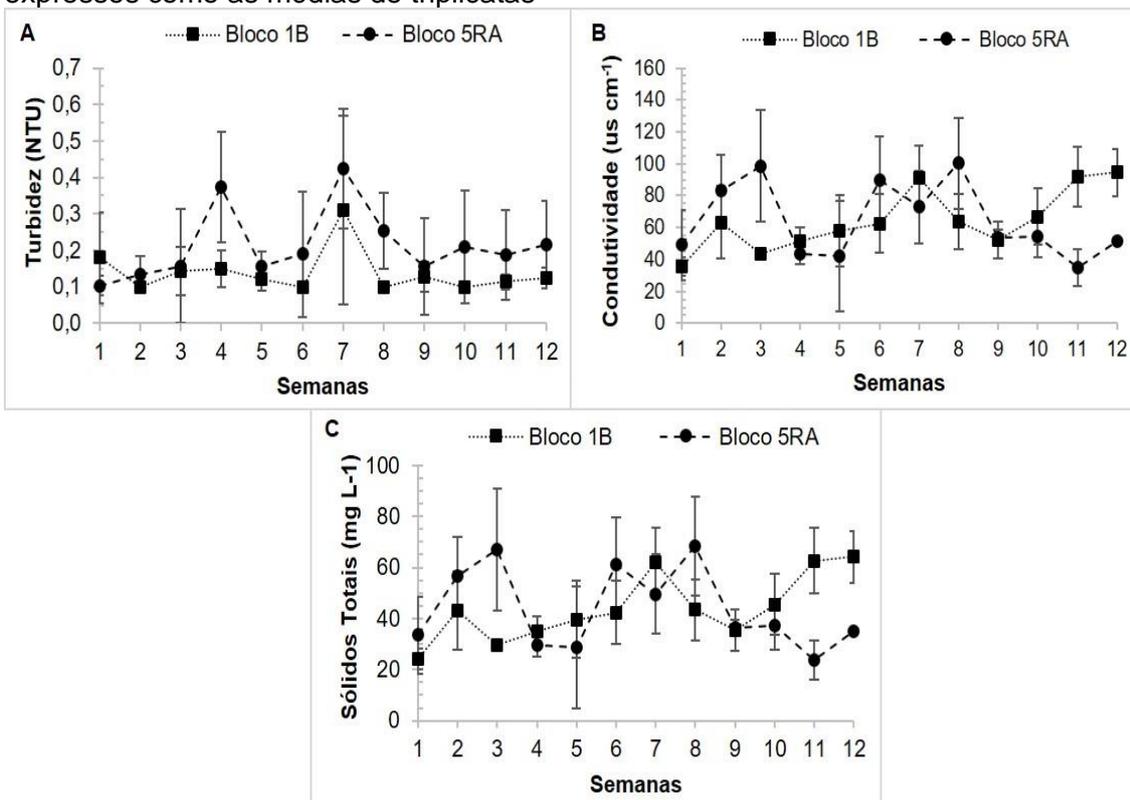


Figura 3. Turbidez (A), condutividade (B) e sólidos dissolvidos (C) da água de bebedouros dos Blocos 1B e 5RA. VMP para NTU < 5,0 e SD < 1000,0 mg L⁻¹ (Portaria MS 888/2021). Resultados expressos como as médias de triplicatas



Essa relação foi observada também por Araújo e Andrade (2020), em uma revisão da literatura sobre a qualidade da água em bebedouros de instituições de ensino. Esse resultado pode ser devido à retirada das caixas de água do bloco 1B, que passou a ser abastecido diretamente pela caixa central do campus a partir da 9ª semana de análise, mesma semana em que a alteração dos parâmetros cor e pH foi evidenciada. A cor indica a presença de substâncias dissolvidas ou em estado coloidal orgânico e inorgânico na água. O aumento na cor pode estar relacionado à idade do material da tubulação e ser

decorrente da alta concentração de alguns elementos, como ferro ou manganês, ou por decomposição de matéria orgânica (TELLES, 2013). Ainda assim, a cor é considerada uma característica estética que não apresenta risco direto à saúde.

Os demais parâmetros apresentaram resultados de acordo com o padrão de potabilidade, com valores médios para o bloco 1B de: turbidez - 0,10 NTU, condutividade - 53,65 $\mu\text{S cm}^{-1}$ e sólidos totais dissolvidos - 36,48 mg L^{-1} , demonstrando a boa qualidade da água (**Figura 3A, B e C**, respectivamente). Para o bloco 5RA, os resultados médios encontrados foram: turbidez - 0,14 NTU, condutividade - 52,70 $\mu\text{S cm}^{-1}$ e sólidos totais dissolvidos - 35,84 mg L^{-1} (**Figuras 3 A, B e C**), demonstrando que a água dos bebedouros deste bloco também se encontra em conformidade com a legislação. De forma geral, os resultados obtidos indicaram que a água analisada é de boa qualidade. Contudo, recomenda-se o monitoramento periódico, observando o prazo de validade dos filtros e as condições das mangueiras dos bebedouros que abastecem a comunidade.

Quantificação de metais

Conforme os Anexos 9 e 11 da Portaria MS 888/2021 (BRASIL, 2021), os valores máximos permitidos de metais traço em água para consumo humano estão apresentados na **Tabela 1**.

Para o bloco 1B, foram observadas alterações nos valores de Cr, Fe e Ni na 4ª semana de análise, com valores acima do VMP (**Tabela 2**). Os compostos de Cr, em concentrações altas, podem resultar problemas no sistema respiratório, rins e fígado, além de dermatites, diarreias e hemorragias e concentrações elevadas de Ni podem afetar nervos cardíacos e respiratórios e causar dermatites (AGUILLAR et al., 2020).

Tabela 1. VMP para metais, de acordo com os Anexos 9 e 11 da Portaria MS 888/2021

Parâmetro	VMP* (mg L^{-1})	LQ*** (mg L^{-1})
Al	0,2	0,0040
Ba	0,7	0,0005
Cd	0,003	0,0005
Pb	0,01	0,0080
Cu	2	0,0005
Cr	0,05	0,0005
Fe	0,3	0,0050
Mn	0,1	0,0005
Ni	0,07	0,0020
Na	200	0,0100
Zn	5	0,0020

*VMP Valor Máximo Permitido. **CAS Número de referência de compostos e substâncias químicas do Chemical Abstract Service. ***LQ Limite de Quantificação. Fonte: Portaria MS 888/2021.

Tabela 2. Quantificação de Metais (mg L^{-1}) do bloco 1B. Resultados expressos como a média de triplicatas, com desvio padrão $p < 0,05$. E: elemento químico

E	Semana											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Al	0,0954	0,1460	0,1378	0,0611	0,0689	0,0543	0,0569	0,1221	0,0779	0,0877	0,0752	0,1021
Ba	0,0177	0,0134	0,0134	0,0339	0,0167	0,0163	0,0130	0,0220	0,0157	0,0131	0,0125	0,0160
Cd	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0003
Pb	<0,0080	<0,0080	<0,0080	<0,0080	<0,0080	<0,0080	<0,0080	<0,0080	<0,0080	<0,0080	<0,0080	<0,0080
Cu	0,0025	0,0011	0,0009	0,0020	0,0013	0,0011	0,0011	0,0018	0,0021	0,0015	0,0020	0,0625
Cr	0,0037	0,0044	0,0058	0,0685	0,0035	0,0040	0,0044	0,0056	0,0054	0,0030	0,0043	0,0123
Fe	0,1204	0,0352	0,0629	0,3663	0,0814	0,0672	0,1167	0,0795	0,0954	0,1366	0,0834	0,0816
Mn	0,0042	0,0031	0,0040	0,0091	0,0045	0,0044	0,0106	0,0067	0,0105	0,0127	0,0078	0,0240
Ni	0,0056	0,0065	0,0085	0,0409	0,0054	0,0044	0,0035	0,0041	0,0042	0,0045	0,0035	0,0125
Na	0,9617	1,4178	2,5888	1,3901	0,9484	0,8250	0,6953	1,7705	1,3345	4,3973	4,3452	4,5295
Zn	0,0199	0,0105	0,0130	0,0229	0,0177	0,0180	0,0215	0,0256	0,0304	0,0255	0,0234	0,1002

De acordo com Marcelino et al. (2017), o Fe pode conferir coloração e sabor à água apresentando problemas estéticos e 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⁻¹, valor que indicaria alguma coloração da água, o que não foi 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 considerou-se que ocorreu algum erro experimental ou instrumental e a alteração foi desconsiderada. Para o bloco 5RA, os resultados obtidos para metais traço estavam todos de acordo com a legislação, indicando que a água está qualificada para consumo humano, segundo este parâmetro (**Tabela 3**).

Tabela 3. Valores médios de Metais (mg L⁻¹) do bloco 5RA. Resultados expressos como a média de triplicatas, com desvio padrão p<0,05. E: elemento químico

E	Semanas											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Al	0,0488	0,0823	0,0665	0,0590	0,0571	0,0480	0,0895	0,0283	0,0876	0,0689	0,0465	0,0865
Ba	0,0131	0,0165	0,0173	0,0177	0,0131	0,0152	0,0174	0,0123	0,0104	0,0133	0,0130	0,0169
Cd	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0002
Pb	<0,0080	<0,0080	<0,0080	<0,0080	<0,0080	<0,0080	<0,0080	<0,0080	<0,0080	<0,0080	<0,0080	<0,0080
Cu	0,0042	0,0023	0,0021	0,0023	0,0016	0,0014	0,0017	0,0007	0,0011	0,0032	0,0037	0,0017
Cr	0,0034	0,0040	0,0029	0,0026	0,0035	0,0039	0,0043	0,0130	0,0081	0,0009	0,0018	0,0087
Fe	0,0513	0,0757	0,0477	0,0409	0,0649	0,0442	0,0975	0,0572	0,0868	0,0428	0,0409	0,0618
Mn	0,0136	0,0173	0,0108	0,0080	0,0103	0,0061	0,0141	0,0061	0,0082	0,0240	0,0247	0,0240
Ni	0,0039	0,0044	0,0035	0,0037	0,0030	0,0150	0,0026	0,0035	0,0046	0,0066	0,0071	0,0111
Na	2,8512	2,3293	2,2701	1,5236	1,9805	1,8576	1,7319	4,7649	4,8616	4,0473	4,0416	4,5094
Zn	0,0207	0,0223	0,0232	0,0202	0,0182	0,0188	0,0228	0,0139	0,0111	0,0384	0,0357	0,0519

CONCLUSÕES

Após 24 semanas de monitoramento, o presente estudo apresentou resultados satisfatórios em relação à qualidade da água dos bebedouros da Universidade Federal de Uberlândia, indicando a ausência de contaminação por bactérias do grupo coliforme. Contudo, é importante prevenir a contaminação cruzada de bebedouros, evitando a proximidade com banheiros e realizar a higienização e manutenção periódica tanto dos reservatórios quanto dos sistemas filtrantes. Os parâmetros físico-químicos turbidez e sólidos dissolvidos estão em conformidade com o padrão de potabilidade; no entanto, pH e cor apresentaram pequenas alterações. Para metais traço, uma alteração pontual para Cr, Fe e Ni foi observada em uma única amostra. Tais alterações não oferecem riscos potenciais à saúde humana. Os resultados indicaram a potabilidade da água analisada e reforçam a importância do monitoramento da água em instituições de ensino, bem como da manutenção dos reservatórios e bebedouros, para assegurar a disponibilidade, saneamento e gestão sustentável da água para toda a comunidade, em conformidade com a ODS 6.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Universidade Federal de Uberlândia e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. As autoras agradecem também ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC/CNPq/UFU) pela bolsa de estudos concedida.

REFERÊNCIAS

- AGUILLAR, C.N.; Soares, L.Q., Mendes, F.Q., de Carvalho, A.M.X.; Nasser, V.G. Avaliação do teor de metais pesados na água de Rio Paranaíba–MG. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 64871-64880, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n9-064>.
- APHA. American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22. ed. Washington, D.C.: APHA, AWWA, WEF, 2012. 1120 p.
- ARAUJO, L. F.; CAMARGO, F. P.; NETTO, A. T.; VERNIN, N. S.; ANDRADE, R. S. Análise da cobertura de abastecimento e da qualidade da água distribuída em diferentes regiões do Brasil no ano de 2019. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 27, n. 7, p.2935-2947, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-81232022277.16472021>
- ARAÚJO, D. L.; ANDRADE, R. F. 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. DOI: <https://doi.org/10.34119/bjhrv3n4-009>

ALMEIDA, L. S.; COTA, A. L. S.; RODRIGUES, D. F. Saneamento, Arboviroses e Determinantes Ambientais: impactos na saúde urbana. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 25, n. 10, p. 3857-3868, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-812320202510.30712018>.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 216**, de 15 de setembro de 2004. Regulamento Técnico de Boas Práticas para Serviços de Alimentação. Diário Oficial da União: Seção 1, p. 25, Brasília, DF, 16 set. 2004.

BRASIL. **Lei Federal 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. Brasília, DF, 1997. 14f. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm. Acesso em: 03 dez. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde (MS). **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS)** - Série Histórica. Brasília: MS; 2019. Disponível em: <http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/>. Acesso em: 02 nov. 2022.

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. Brasília, DF, 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/sctie/farmacia-popular%20old/legislacao/prc-5-portaria-de-consolida-o-n-5-de-28-de-setembro-de-2017.pdf/view>. Acesso em: 03 nov. 2022.

BRASIL. **Ministério da Saúde. Portaria 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**, nº 85, Seção 1, páginas 126 a 136, 2021. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html. Acesso em: 03 nov. 2022.

BRITO, F. S. L.; SILVA, A. I. M.; DIAS, E. C.; RABELO, M. F.; AVIZ, M. D.; FERREIRA, R. S. 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. DOI: <https://doi.org/10.6008/CBPC2318-2881.2021.002.0008>

CABRAL, R.; GEHRE, T. G. (ed.) **Guia Agenda 2030: integrando ODS, Educação e Sociedade**. São Paulo: Lucas Fúrio Melara; Raquel Cabral, 2020. Disponível: <https://www.guiaagenda2030.org/>. Acesso em: 03 dez. 2022.

CASTELLO BRANCO, A. J. R.; MIRANDA, K. H. F.; SAMPAIO, T. M.; FARIAS, A. K. S. R.; PEÇANHA NETO, J. L.; FERREIRA RODRIGUES, S. Diagnóstico da qualidade da água de mananciais tributários das bacias hidrográficas do Rio Grande e do Rio Paranaíba, no Pontal do Triângulo Mineiro, baseada em atividade de educação ambiental. **Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Inovação**, v. 6, n. 2, p. 53–68, 2022. DOI: <https://doi.org/10.18554/rbcti.v6i2.5795>

DUARTE, S. A. C. **Caracterização de metais em soluções aquosas, utilizando a técnica de ICP-OES**. 2020. 113 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal, 2020.

FAXINA, R. R. C.; CALISTO, J. S.; SANTOS, L. F.; BERTOLINO, S. M. Saneamento básico: uma perspectiva da gestão nas grandes cidades interioranas do Brasil. **Revista Brasileira De Ciência, Tecnologia e Inovação**, v. 3, n. 2, p. 115–130, 2019. DOI: <https://doi.org/10.18554/rbcti.v3i2.3310>

FELIPPE, M. F.; de ALMEIDA NETO, O. J. 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, p. 19-33, 2019. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v20i1.1440>

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Atlas de saneamento: abastecimento de água e esgotamento sanitário** / IBGE, Coordenação de Geografia e Coordenação de Recursos Naturais e Meio Ambiente. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101885>. Acesso em: 11 nov. 2022.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Manual do Saneamento Básico: Entendendo o Saneamento Básico Ambiental no Brasil e sua importância socioeconômica**. Instituto Trata Brasil, 2012, 62 p. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/datafiles/uploads/estudos/pesquisa16/manual-imprensa.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2022.

MARCELINO, K. M.; MELO, A. R.; MARQUES, C. R. M.; BROLESI, T. M.; CAMPOS, D. P. Remoção de ferro em águas subterrâneas de poços tubulares em uma indústria de beneficiamento de arroz. **Revista Vincici-Periódico Científico da Faculdade SATC**, v. 2, n. 1, p. 161-182, 2017.

MARTINS, G. A. F.; OLIVEIRA, J. M. S.; BATISTELA, M. R. M.; BAFFI, M. A. Estudo epidemiológico e da qualidade da água em uma escola de ensino fundamental do município de Uberlândia, Minas Gerais: aspectos ambientais e sociais. **Em Extensão**, v. 14, n. 2, p. 104–121, 2016. DOI: https://doi.org/10.14393/REE-v14n22015_art05

OLIVEIRA JÚNIOR, A.; MAGALHÃES, T. B.; MATA, R. N.; SANTOS, F. S. G.; OLIVEIRA, D.C.; CARVALHO, J. L. B. et al. Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Sisagua): características, evolução e aplicabilidade. **Epidemiologia & Serviços de Saúde**, v. 28, p. e2018117, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5123/s1679-49742019000100024>

OLIVEIRA, R. P. B.; SIQUEIRA, A. A.; NUNES, A. L. V. F.; MONÇÃO, K. C. R.; GONÇALVES, L. L. D.; CHAVES, S. R. 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. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n4-140>

PRADO, T.; MIAGOSTOVICH, M. P. Virologia ambiental e saneamento no Brasil: uma revisão narrativa. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 30, n. 7, p. 1367-1378, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-311X00109213>

SAMPAIO, A. C. F.; da SILVEIRA, A. C. 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. DOI: <https://doi.org/10.14393/RCG227953967>

SILVA, L. J.; LOPES, L. G.; AMARAL, L. A. Qualidade da água de abastecimento público do município de Jaboticabal, SP. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n. 3, p. 615-622, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522016121151>

SOUZA, J. W. F.; TARGINO, M. V. P.; TARGINO, A. N.; ARAÚJO, D. G. S.; DUTRA, A. F. O.; VASCONCELOS, G. M. S. 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.

SOUZA, M. M.; GASTALDINI, M. C. C. Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 263-274, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522014019000001097>

TELLES, D. D. A. **Ciclo ambiental da água: da chuva à gestão**. Editora Blucher, 2013, 55p.

VALIATTI, T. B.; SANTANA, J. R.; SANTOS, F. F.; SALVI, J. O.; ROMÃO, N. F.; SOBRAL, F. O. S. Análise microbiológica da água de bebedouros de uma instituição de ensino superior de Rondônia, Brasil. **Saúde (Santa Maria)**, v. 47, n. 1, p. 1-9, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5902/2236583464944>

Recebido em: 05/12/2022

Aprovado em: 04/02/2023