AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA BRUTA E DESEMPENHO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA CONVENCIONAL EM MUNICÍPIO DA REGIÃO DO MÉDIO SÃO FRANCISCO

Gilson Costa Passos Júnior [1] ; Igor Tavares dos Santos [2]; Leonardo Lucas Santos Rondon [3]; Leonardo Nascimento de Souza [4]; Maria Clara Silva Elias [5]; Cristiano Gabriel Persch [6]; Amanda Alcaide Francisco Fukumoto [7].

RESUMO – A qualidade da água destinada ao consumo humano é um fator fundamental para a proteção da saúde pública, tornando essencial o monitoramento dos mananciais e da eficiência dos sistemas de tratamento. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a qualidade da água bruta e da água tratada de um município localizado na região do Médio São Francisco, no estado da Bahia, bem como verificar a eficiência operacional da Estação de Tratamento de Água (ETA) e a conformidade da água distribuída com os padrões estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021. Foram analisados dados operacionais e resultados de monitoramento referentes aos anos de 2023, 2024 e 2025, contemplando os parâmetros turbidez, cor aparente e potencial hidrogeniônico (pH). Os resultados indicaram que a qualidade da água bruta apresentou variações sazonais influenciadas pelo regime pluviométrico, com elevação dos valores de turbidez e cor aparente nos períodos de maiores precipitações. Apesar dessas alterações, a água tratada manteve-se dentro dos padrões de potabilidade durante todo o período analisado. Os resultados demonstram elevada eficiência do sistema de tratamento, evidenciando condições operacionais adequadas da ETA e sua capacidade de garantir o fornecimento contínuo de água potável à população.

ABSTRACT– The quality of water intended for human consumption is a fundamental factor in protecting public health, making the monitoring of water sources and the efficiency of treatment systems essential. In this context, the present study aimed to evaluate the quality of raw and treated water in a municipality located in the Middle São Francisco region, in the state of Bahia, as well as to verify the operational efficiency of the Water Treatment Plant (WTP) and the conformity of the distributed water with the standards established by Ordinance GM/MS No. 888/2021. Operational data and monitoring results for the years 2023, 2024, and 2025 were analyzed, including the parameters turbidity, apparent color, and hydrogen ion potential (pH). The results indicated that the quality of the raw water presented seasonal variations influenced by the rainfall regime, with an increase in turbidity and apparent color values during periods of higher precipitation. Despite these changes, the treated water remained within potability standards throughout the period analyzed. The

[1]) Gilson Costa Passos Júnior, (55) 65 99626-1753, enggilson.junior@gmail.com
[2]) Igor Tavares dos Santos, (55) 62 99319-0845, itsxande2@gmail.com
[3]) Leonardo Lucas Santos Rondon, (55) 65 98465-8529, leonardolucassantosrondon@gmail.com
[4]) Leonardo Nascimento de Souza, (55) 65 99343-2414, lleonardo.souza16@gmail.com
[5]) Maria Clara Silva Elias, (55) 65 99606-0965, maria.elias1@sou.ufmt.br
[6]) Cristiano Gabriel Persch, (55) 55 99632-5009, cristiano.persch@ufmt.br
[7]) Amanda Alcaide Francisco Fukumoto, (55) 43 99985-1672, amanda.fukumoto@ufmt.br

results demonstrate high efficiency of the treatment system, highlighting adequate operating conditions of the water treatment plant and its capacity to guarantee a continuous supply of potable water to the population.

Palavras-Chave – potabilidade; monitoramento ambiental; abastecimento público.

INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural indispensável à manutenção da vida, ao desenvolvimento econômico e à saúde pública. Entre seus diversos usos, destaca-se o abastecimento público, que requer o fornecimento de água em quantidade e qualidade adequadas para garantir a proteção da saúde da população. A disponibilidade de água potável é considerada um direito humano fundamental e constitui um dos principais fatores para a prevenção de doenças e promoção da qualidade de vida (BÁRTA et al., 2021; FORTES; FREITAS, 2019).

Alterações na disponibilidade e na qualidade dos recursos hídricos representam desafios significativos para a manutenção dos ecossistemas, da saúde humana e do desenvolvimento socioeconômico. Nesse contexto, a conservação e a gestão sustentável da água são essenciais para garantir a segurança hídrica das gerações atuais e futuras (UNESCO, 2024; ANA, 2024).

Nesse contexto, as Estações de Tratamento de Água (ETAs) desempenham papel fundamental na remoção de impurezas e na adequação da água aos padrões da Portaria GM/MS nº 888/2021, que dispõe sobre os padrões de potabilidade da água para consumo humano (BRASIL, 2021). A eficiência operacional dessas unidades é essencial para assegurar que as variações observadas na qualidade da água bruta não comprometam a qualidade da água distribuída à população.

O município A, localizado na região do Médio São Francisco, utiliza como manancial de abastecimento um trecho do Rio São Francisco, corpo hídrico de grande importância socioeconômica para o país. Considerando a relevância desse manancial e a necessidade de monitoramento contínuo da qualidade da água destinada ao consumo humano, torna-se fundamental avaliar tanto as características da água bruta captada quanto a eficiência do tratamento realizado pela concessionária responsável pelo sistema de abastecimento.

Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo avaliar a qualidade da água bruta e da água tratada do município A, por meio da análise dos parâmetros turbidez, cor aparente e pH, bem como verificar a eficiência da ETA e a conformidade da água distribuída com os padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021.

METODOLOGIA

Área de estudo

A área de estudo abrange o Rio São Francisco cuja nascente se localiza no estado de Minas Gerais e a foz ocorre na divisa dos estados de Alagoas e de Sergipe, De acordo com o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (CBHSF, 2015), o rio possui aproximadamente 2.863 km de extensão, área de drenagem superior a 639.219 km², correspondendo a cerca de 8% do território nacional.

O município A, localizado no estado da Bahia, está inserido integralmente na região do Médio São Francisco. De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005, que estabelece a classificação dos corpos d'água e o Plano Municipal de Saneamento Básico de 2018 (PMSB), esse manancial superficial, no trecho correspondente ao município, é classificado como água doce de Classe II (BRASIL, 2005; PMSB, 2018).

Procedimento metodológico

A presente pesquisa obteve laudos qualitativos referentes à água bruta e tratada, bem como informações relacionadas à estrutura física da unidade operacional e aos insumos químicos empregados no tratamento, junto à concessionária responsável pelos serviços de abastecimento de água no município analisado. Foram disponibilizadas planilhas com registros diários de análises realizadas em intervalos de duas horas, contendo dados referentes aos anos de 2023, 2024 e 2025. Esses dados abrangem parâmetros físico-químicos das águas bruta e tratada, tais como vazão, turbidez, cor aparente e pH.

Nesse contexto, a avaliação foi estruturada com base nas análises realizadas, contemplando a verificação da infraestrutura da ETA, bem como a análise da qualidade da água bruta nos pontos de captação do município e água tratada verificando sua conformidade com os padrões estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021.

O município A utiliza sistema convencional, projetada para atender a vazão de 70L/s, sendo composto pelas etapas de coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção, fluoretação e correção de pH. A ETA é constituída por unidade de medição de vazão do tipo calha Parshall, três floculadores hidráulicos, um decantador de alta taxa e quatro filtros, com meio filtrante composto por camadas de seixos (com gradação da maior para a menor granulometria), areia grossa, areia fina e antracito. Para a etapa de coagulação, é empregado o sulfato de alumínio ($Al_2(SO_4)_3$) como agente coagulante e na etapa de desinfecção é empregado o gerador de hipoclorito de sódio da marca hidrogeron, que produz 24 Kg/Cloro por dia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Água bruta

As análises dos parâmetros da água bruta contemplaram os parâmetros de turbidez, cor aparente e pH, considerando um período de monitoramento de três anos no ponto de captação da ETA. Na Figura 01, são apresentados os resultados dos parâmetros turbidez e cor aparente para o Município A, sendo a turbidez identificada pela sigla T e a cor aparente pela sigla C e o valor máximo permitido (VMP) de turbidez de acordo com sua classe de enquadramento na CONAMA 357/2005.

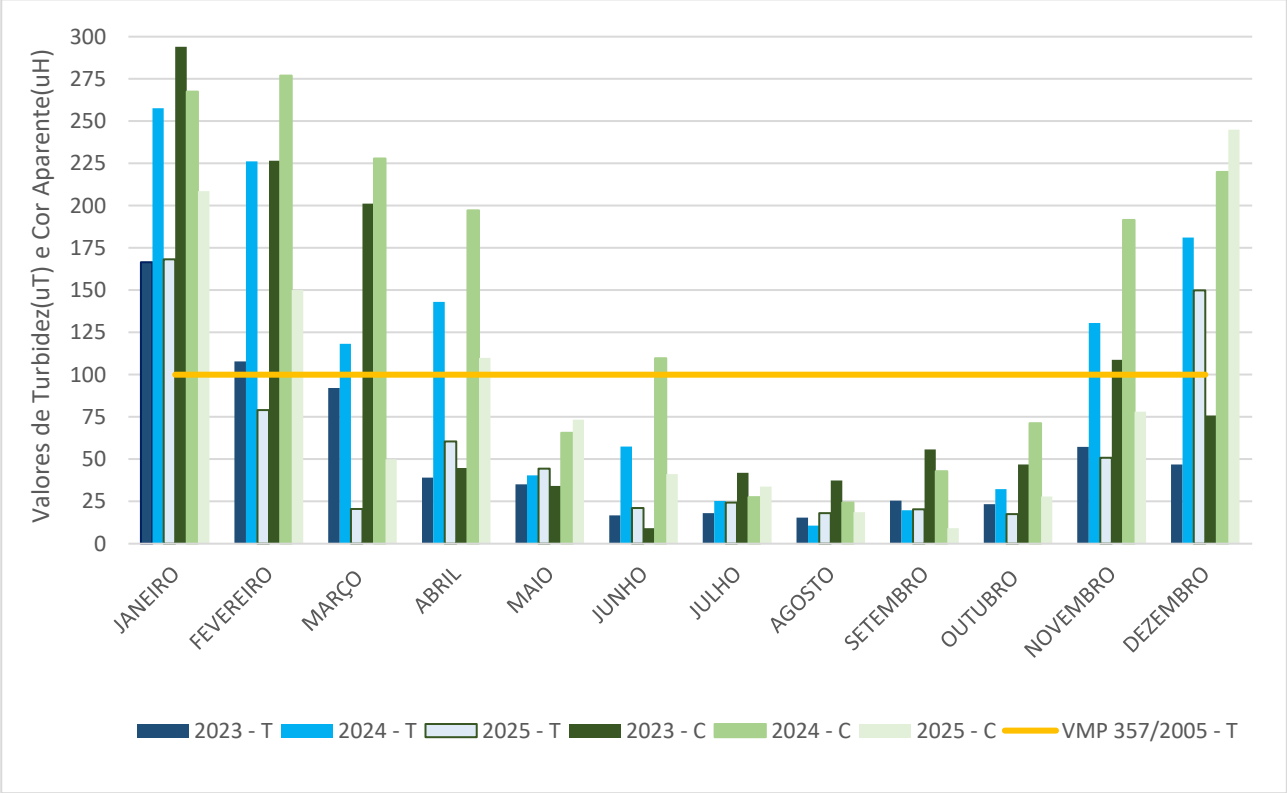


Figura 01 Valores de turbidez e cor aparente de água bruta - Município A.
Fonte – Autores.

A turbidez constitui um indicador relevante da presença de partículas suspensas na água e pode sofrer variações em função de eventos pluviométricos, que intensificam o transporte de sedimentos e materiais particulados para os cursos d'água superficiais (ANDRADE et al., 2024; SILVA, 2022). No município A, de acordo com o PMSB, encontra-se solos tipo cambissolo eutrófico, solos aluviais eutróficos latossolo vermelho e amarelo álico, podzólico vermelho e amarelo eutrófico, em que ocorre a predominância dos dois últimos tipos de solo.

Portanto, observa-se que os solos predominantes na região, associados às condições de relevo e à sua suscetibilidade aos processos erosivos e de lixiviação, exercem influência direta sobre os parâmetros qualitativos das águas do manancial superficial. O transporte de sedimentos, partículas

argilosas, matéria orgânica e minerais provenientes do solo contribui significativamente para alterações nos parâmetros de qualidade da água, especialmente cor aparente, turbidez e pH.

No município A, verifica-se que a variação dos sólidos suspensos e dissolvidos, representados pelos parâmetros de turbidez e cor aparente, apresenta comportamento diretamente influenciado pelo regime pluviométrico local. Observa-se intensificação desses parâmetros nos meses compreendidos entre novembro e abril, período caracterizado pelo aumento das precipitações na região.

De acordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005, o valor máximo para a turbidez de rios classe II é de 100 uT, valor que foi superado nos meses de maior precipitação para os três anos analisados, destacando-se o valor médio máximo de turbidez de 257,70 uT, observado no mês de janeiro de 2024, conforme a Figura 01.

O comportamento da cor aparente no município manteve compatibilidade com os resultados observados para a turbidez, apresentando elevação nos períodos de maiores precipitações pluviométricas. Esse comportamento pode ser explicado pelo aumento do processo de lixiviação e carreamento de sólidos, matéria orgânica, minerais e resíduos vegetais para o corpo hídrico, associados à ocorrência de erosão dos solos na área da bacia hidrográfica.

Conforme apresentado na Figura 01, o maior valor de cor aparente foi registrado no mês de janeiro, porém no ano de 2023, atingindo 294,11 uH. Esse resultado reforça a influência do regime pluviométrico característico da região do Médio São Francisco sobre a qualidade da água bruta, evidenciando a similaridade sazonal dos períodos de maior precipitação e seus impactos nos parâmetros de qualidade da água.

Os valores de pH da água bruta do município encontram-se em conformidade com os padrões estabelecidos para o corpos hídricos de água doce – Classe II, variando de 6 a 9, em sua maioria. Contudo, conforme ilustrado na Figura 02, observou-se um pico no valor médio máximo de pH, que atingiu 9,4 em setembro de 2024. Os resultados evidenciam esta concentração superior ao valor máximo permitido para águas doces Classe 2. Na Figura 02, a linha horizontal inferior (VMP 1) representa o limite mínimo de referência e a linha horizontal superior (VMP 2) corresponde ao limite máximo estabelecido para essa classe de enquadramento.

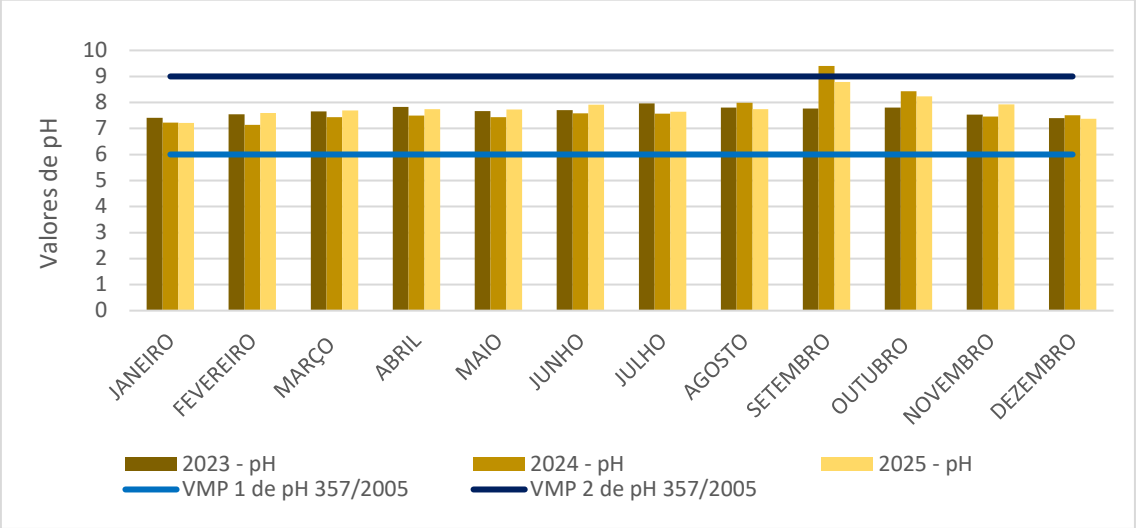


Figura 02 - Valores de pH de água bruta – Município A.
Fonte – Autores.

Água tratada

A coleta da água tratada do município A foi realizada na saída do reservatório de distribuição, ou seja, após a etapa de desinfecção. Nas Figuras 03, 04 e 05 estão apresentados os resultados de análises de turbidez, cor aparente e pH, respectivamente, considerando os VMPs para cada um desses parâmetros estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021.

Nesse sentido, observa-se na Figura 03 que os valores de turbidez da água tratada permaneceram em conformidade com os padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação vigente, apresentando resultados compatíveis inclusive com o limite recomendado para saída de filtros rápidos, de até 0,5 uT, na maior parte do período analisado.

Os resultados demonstram elevada eficiência do sistema de tratamento ao longo dos anos avaliados, evidenciando adequadas condições operacionais da estação de tratamento de água, compatíveis com a vazão de projeto e a vazão efetivamente operada. Observa-se que o maior valor médio de turbidez registrado foi de 0,79 uT, no mês de setembro de 2024, ainda assim inferior ao limite de VMP para turbidez, conforme estabelecido pela legislação vigente.

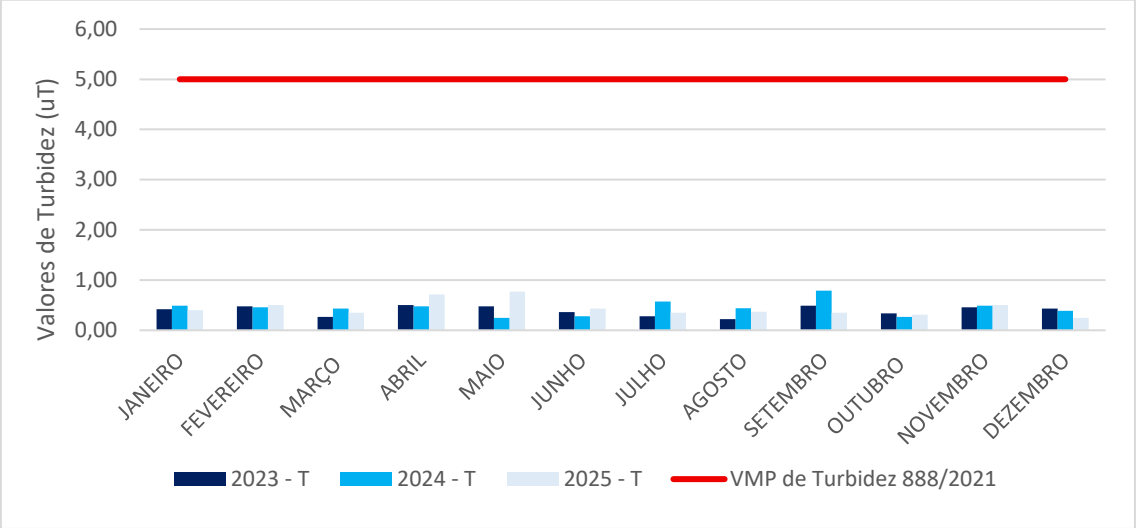


Figura 03 - Valores de turbidez da água tratada ETA convencional - Município A
Fonte – Autores.

Da mesma forma, os valores de cor aparente da água tratada do município A se mantiveram em conformidade com os padrões estabelecidos pela legislação vigente durante todos os meses dos três anos analisados. Mesmo nos períodos de maior precipitação pluviométrica, quando ocorre aumento da concentração de sólidos e maior dificuldade operacional no tratamento da água bruta, o sistema apresentou elevada eficiência na remoção de cor. Observa-se na Figura 04 que o valor médio máximo de cor aparente registrado foi de 3,48 uH no mês de maio de 2025, ainda inferior ao VMP de cor aparente de 15 uH, como evidenciado na Figura 04.

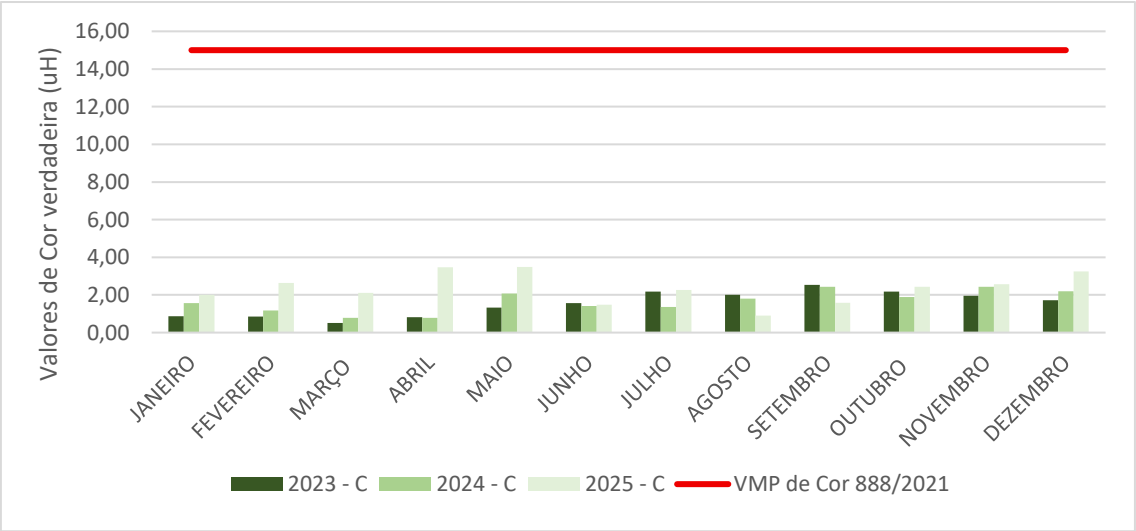


Figura 04 - Valores de cor da água tratada ETA convencional - Município A.
Fonte – Autores.

Os valores de pH da água tratada do município A também permaneceram dentro da faixa estabelecida pela legislação vigente. Observa-se na Figura 05 que o valor médio máximo registrado foi de 7,81 em outubro de 2024.

A concessionária responsável pelo sistema informou que, sempre que necessário, são realizadas correções de pH na desinfecção da água, visando garantir o atendimento aos padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação aplicável.

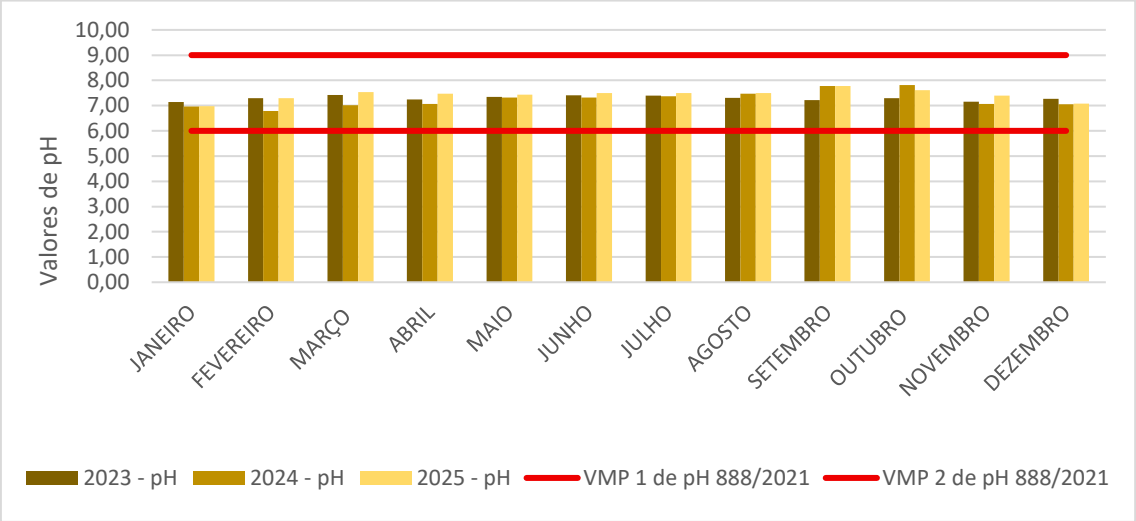


Figura 05 - Valores de pH da água tratada ETA convencional - Município B.
Fonte – Autores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos demonstram que a qualidade da água bruta do manancial estudado apresenta variações sazonais associadas ao regime pluviométrico da região. Observou-se a elevação dos valores de turbidez e cor aparente durante os períodos de maiores precipitações, comportamento esperado em decorrência do aumento do escoamento superficial e do consequente carreamento de sedimentos, matéria orgânica e outros sólidos para o corpo hídrico.

Apesar das alterações verificadas na água bruta, os resultados do Município A evidenciam elevada eficiência do sistema de tratamento, uma vez que os parâmetros de qualidade da água tratada permaneceram dentro dos limites estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021, mesmo nos períodos de maior degradação da qualidade do manancial. Tal desempenho demonstra a efetividade dos processos de tratamento empregados e a adequada operação da Estação de Tratamento de Água (ETA), garantindo o fornecimento contínuo de água potável à população.

Dessa forma, conclui-se que a ETA do Município A apresenta capacidade operacional satisfatória para enfrentar as variações na qualidade da água bruta decorrentes da sazonalidade climática, assegurando a conformidade da água distribuída com os padrões de potabilidade vigentes e contribuindo para a proteção da saúde pública.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. *Panorama da Qualidade das Águas Superficiais no Brasil*. Brasília, 2024.

ANDRADE, L. C. et al. Estimativa da turbidez da água utilizando imagens de sensoriamento remoto e técnicas de aprendizado de máquina. *Revista do Departamento de Geografia*, 2024.

BÁRTA, R. L. et al. Qualidade da água para consumo humano no Brasil: revisão integrativa da literatura. *Visa em Debate*, 2021.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n. 53, p. 58-63, 18 mar. 2005

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, ed. 85, p. 127, 7 maio 2021.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO (CBHSF). *A bacia*.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Classificação de solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, [s.d.]. Disponível em: Embrapa Solos – Classificação de Solos.

Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) – Produto C: Diagnóstico Técnico Participativo, Prefeitura Municipal de Serra do Ramalho – BA, julho de 2018.

Plano Municipal de Saneamento Básico – PMSB, Produto D (Prospectiva e Planejamento Estratégico), Prefeitura Municipal de Serra do Ramalho – BA, 2018.

SILVA, R. C. Relação entre precipitação e turbidez em cursos d'água no Espírito Santo. *Caminhos de Geografia*, 2022.

TUCCI, C. E. M. Hidrologia: ciência e aplicação. 3.ed. Porto Alegre: ABRH, 2004.

TUCCI, C. E. M. Hidrologia: ciência e aplicação. EDUSP, Editora da UFGRS,
ABRH, 952 p. 1993.

UNESCO. *Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2024: água para a prosperidade e a paz*. Paris: UNESCO, 2024.