

Avaliação do Teor de Ferro e Análise da Qualidade da Água do Abastecimento Público de Presidente Dutra – MA

¹Matheus de Azevedo Santos; ²Leandra Gabriella da Silva e Silva; ³Luciana Pereira Cruz Marinho;
⁴Teresinha de Jesus Aguiar dos Santos Andrade; ⁵Wiury Chaves de Abreu; ⁶Cristiany Marinho Araújo;
⁷Antonio do Nascimento Cavalcante

Resumo

A água é uma substância de extrema importância para todo ser terrestre. Este composto químico ocupa 70% da terra e tem múltiplas utilidades, tais como, saciar a sede, lazer, irrigação, limpeza, higiene pessoal, dentre outras. Assim, torna-se imperativo conhecer a qualidade de qualquer corpo d'água que se utiliza para um determinado fim, ainda mais em água utilizada para abastecimento. O principal fator responsável pela origem do trabalho foi devido as constantes reclamações da população de Presidente Dutra – MA sobre a presença de ferro (Fe) na água do abastecimento público. Diante desse contexto, essa proposta tem como objetivo, fazer uma análise do teor de ferro e outros parâmetros físico-químicos e microbiológicos das águas fornecidas à população da cidade de Presidente Dutra - MA, a fim de verificar se estes parâmetros estavam de acordo com os padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação vigente. Observou-se que as amostras de água coletadas apresentaram, em geral, boa qualidade físico-química, mas possuíram falhas microbiológicas e de desinfecção que comprometem sua potabilidade.

Palavras-chave: Água. Padrões de Potabilidade. Teor de Ferro. Parâmetros Físico-Químicos e Microbiológicos.

Financiamento: Os autores agradecem ao IFMA Campus Presidente Dutra e à FAPEMA pelo financiamento e apoio a pesquisa.

1) Introdução

A expansão urbana e o aumento populacional geram preocupações contínuas sobre a qualidade da água potável fornecida à população, visando atender às suas

¹Estudante do Curso Técnico em Meio Ambiente; E-mail: mazevedo@acad.ifma.edu.br

²Estudante do Curso Técnico em Meio Ambiente; E-mail: leandragabriella@acad.ifma.edu.br

³Estudante do Curso Técnico em Meio Ambiente; E-mail: luciana.c@acad.ifma.edu.br

⁴Professora Doutora em Química do IFMA Campus Presidente Dutra; E-mail: Teresinha.andrade@ifma.edu.br

⁵Professor Doutor em Química do IFMA Campus Buriticupu; E-mail: wiury.abreu@ifma.edu.br

⁶Professora Doutora em Química do IFPI Campus Teresina Zona Sul; E-mail: crysmarinho@ifpi.edu.br

⁷Professor Doutor em Química do IFMA Campus Presidente Dutra; E-mail: antonio.cavalcante@ifma.edu.br

necessidades básicas de forma satisfatória. (RAZZOLIN; GÜNTHER, 2008). O fornecimento de água, tanto em termos de quantidade e qualidade, é fundamental para o desenvolvimento socioeconômico, que leva a reflexos diretos em relação as condições de saúde e bem-estar da população, pois envolve fatores como controle e prevenção de doenças, prática de hábitos higiênicos e o aumento da expectativa de vida e produtividade econômica. Sua escassez pode impulsionar o uso de fontes alternativas, resultando no consumo de água com qualidade sanitária questionável (ARAÚJO et. al., 2022).

A água é uma substância indispensável à vida. A preservação dos recursos hídricos e da vida aquática e terrestre depende crucialmente da qualidade da água. A contaminação dos rios representa um sério problema ambiental, com impactos negativos significativos em plantas, animais e na saúde humana, especialmente para aqueles que dependem dessas fontes de água para consumo. Além disso, a água é fundamental em uma ampla gama de atividades humanas, desde a agricultura até a produção de energia. É crucial destacar que a água é um recurso precioso e finito, cujo uso deve ser consciente e sustentável. É imperativo adotar medidas de conservação e evitar desperdícios, garantindo assim a preservação desse recurso vital para as gerações vindouras.

A água pode ser encontrada em diferentes estados físicos, como sólido (gelo), líquido e gasoso (vapor). A água é abundantemente distribuída pela Terra, cobrindo cerca de 71% de sua superfície, incluindo oceanos, mares, rios, lagos, aquíferos e até mesmo na atmosfera. No entanto, é preocupante o fato de que muitas comunidades ainda não têm acesso a água com qualidade potável, essencial para atender às necessidades básicas de consumo humano (GRASSI, 2005).

A água é essencial para à vida, pois é um elemento fundamental para células e processos biológicos. A água desempenha uma série de funções vitais no corpo humano, desde regular a temperatura corporal e transportar nutrientes e oxigênio para as células até a eliminação de substâncias tóxicas através da urina e do suor, além de lubrificar órgãos e articulações. Além disso, desempenha um papel essencial no processo de fotossíntese das plantas, fornecendo o alimento e o oxigênio necessários, e é um componente crucial na manutenção da biodiversidade dos ecossistemas (MORAES, 2017). Ressalta-se, que a água é considerada própria para consumo humano quando atende o padrão de potabilidade estabelecido pelo Ministério da Saúde, disposto na

¹Estudante do Curso Técnico em Meio Ambiente; E-mail: mazevedo@acad.ifma.edu.br

²Estudante do Curso Técnico em Meio Ambiente; E-mail: leandragabriella@acad.ifma.edu.br

³Estudante do Curso Técnico em Meio Ambiente; E-mail: luciana.c@acad.ifma.edu.br

⁴Professora Doutora em Química do IFMA Campus Presidente Dutra; E-mail: Teresinha.andrade@ifma.edu.br

⁵Professor Doutor em Química do IFMA Campus Buriticupu; E-mail: wiury.abreu@ifma.edu.br

⁶Professora Doutora em Química do IFPI Campus Teresina Zona Sul; E-mail: crysmarinho@ifpi.edu.br

⁷Professor Doutor em Química do IFMA Campus Presidente Dutra; E-mail: antonio.cavalcante@ifma.edu.br

Portaria de Consolidação nº 5, Anexo XX, de 28 de setembro de 2017 (BRASIL, 2017) e, atualmente, alterada pela Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021 (BRASIL, 2021).

A crescente demanda por água, impulsionada pelo aumento populacional, desenvolvimento industrial e agrícola, juntamente com as mudanças climáticas, está gerando escassez hídrica em várias partes do mundo, onde a oferta não é suficiente para suprir as necessidades básicas da população. É imperativo adotar medidas para conservar e preservar esse recurso vital, tais como a redução do desperdício, o tratamento e reutilização da água, a promoção de uma gestão sustentável dos recursos hídricos e o investimento em tecnologias para otimizar a eficiência no uso da água (MORAES, 2017).

Situada no estado do Maranhão, Presidente Dutra integra a região de Planejamento da Pré-Amazônia. Com uma população estimada em cerca de 45.155 habitantes, cobrindo uma área de 771,57 km² e com um Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 0,653 (BRASIL, 2022), a cidade desfruta de uma localização estratégica no coração do estado maranhense (Figura 1). Sua economia é predominantemente impulsionada pela pecuária, agricultura e comércio.

Há relatos de que a água distribuída para a população da cidade de Presidente Dutra – MA, é imprópria para o consumo, uma vez que o teor de ferro é extremamente elevado, neste contexto, há necessidade de fazer uma análise da água fornecida à população dessa cidade, através de determinação do teor de ferro e de análises dos parâmetros físico-químicos e microbiológicas, uma vez que essas análises são de extrema importância para garantir a segurança e saúde pública, além de monitorar possíveis impactos ambientais.

Figura 1: Localização do município de Presidente Dutra no estado do Maranhão.

¹Estudante do Curso Técnico em Meio Ambiente; E-mail: mazevedo@acad.ifma.edu.br

²Estudante do Curso Técnico em Meio Ambiente; E-mail: leandragabriella@acad.ifma.edu.br

³Estudante do Curso Técnico em Meio Ambiente; E-mail: luciana.c@acad.ifma.edu.br

⁴Professora Doutora em Química do IFMA Campus Presidente Dutra; E-mail: Teresinha.andrade@ifma.edu.br

⁵Professor Doutor em Química do IFMA Campus Buriticupu; E-mail: wiury.abreu@ifma.edu.br

⁶Professora Doutora em Química do IFPI Campus Teresina Zona Sul; E-mail: crysmarinho@ifpi.edu.br

⁷Professor Doutor em Química do IFMA Campus Presidente Dutra; E-mail: antonio.cavalcante@ifma.edu.br



Diante desse contexto, essa proposta teve como objetivo, realizar análises do teor de ferro e de parâmetros físico-químicos e microbiológicas da água fornecidas à população da cidade maranhense de Presidente Dutra, a fim de, verificar se estes parâmetros estavam de acordo com os padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação vigente.

2) Metodologia

A metodologia adotada para a execução dessa proposta, fez-se inicialmente uma pesquisa ampla nos principais Portais Periódicos da CAPES sobre a definição, conceitos e outros termos técnicos associados ao tema em estudo.

Foi realizada a coleta das amostras de águas de torneiras em 04 pontos de abastecimento da cidade de Presidente Dutra – MA, em diferentes bairros e no centro dessa cidade (Figura 2). Assim como também coletou uma amostra no Campus IFMA Presidente Dutra.

¹Estudante do Curso Técnico em Meio Ambiente; E-mail: mazevedo@acad.ifma.edu.br

²Estudante do Curso Técnico em Meio Ambiente; E-mail: leandragabriella@acad.ifma.edu.br

³Estudante do Curso Técnico em Meio Ambiente; E-mail: luciana.c@acad.ifma.edu.br

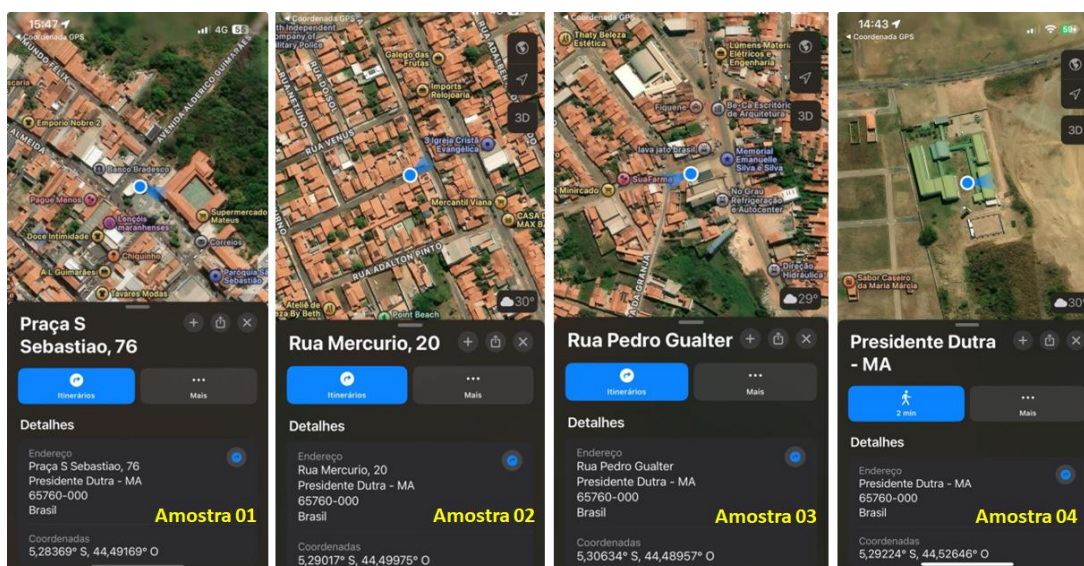
⁴Professora Doutora em Química do IFMA Campus Presidente Dutra; E-mail: Teresinha.andrade@ifma.edu.br

⁵Professor Doutor em Química do IFMA Campus Buriticupu; E-mail: wiury.abreu@ifma.edu.br

⁶Professora Doutora em Química do IFPI Campus Teresina Zona Sul; E-mail: crysmarinho@ifpi.edu.br

⁷Professor Doutor em Química do IFMA Campus Presidente Dutra; E-mail: antonio.cavalcante@ifma.edu.br

Figura 3: Localização geográfica da coleta das amostras.



Fonte: Autoria própria

As amostras foram coletadas com auxílio de garrafas de polietileno de 500 mL (Figura 3), acondicionadas em um recipiente térmico e encaminhada para serem analisadas no laboratório Biotec Ambiental – Biotecnologia e Meio Ambiente, na cidade de Teresina – PI.

No laboratório Biotec Ambiental determinou-se os parâmetros físico-químicos e microbiológicos a fim de observar a potabilidade e segurança da água distribuída no município de Presidente Dutra – MA.

Figura 4: Amostras coletadas para análises.



Fonte: Autoria própria

¹Estudante do Curso Técnico em Meio Ambiente; E-mail: mazevedo@acad.ifma.edu.br

²Estudante do Curso Técnico em Meio Ambiente; E-mail: leandragabriella@acad.ifma.edu.br

³Estudante do Curso Técnico em Meio Ambiente; E-mail: luciana.c@acad.ifma.edu.br

⁴Professora Doutora em Química do IFMA Campus Presidente Dutra; E-mail: Teresinha.andrade@ifma.edu.br

⁵Professor Doutor em Química do IFMA Campus Buriticupu; E-mail: wiury.abreu@ifma.edu.br

⁶Professora Doutora em Química do IFPI Campus Teresina Zona Sul; E-mail: crysmarinho@ifpi.edu.br

⁷Professor Doutor em Química do IFMA Campus Presidente Dutra; E-mail: antonio.cavalcante@ifma.edu.br

Com os dados adquiridos os bolsistas tabelaram, discutiram e compararam os resultados obtidos com os padrões estabelecidos pelos órgãos reguladores.

3) resultados e Discussão

A tabela 1 mostra os resultados analíticos da qualidade de água, obtidos no laboratório Biotec Ambiental, com diferentes parâmetros físico-químicos e microbiológicos das 04 amostras de água coletadas no município de Presidente Dutra - MA, comparados aos respectivos Valores Máximos Permitidos (VMP) segundo normas de potabilidade.

Tabela 1: Resultados obtidos dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos nas amostras de água do município de Presidente Dutra - MA.

RELATÓRIO ANALÍTICO							
PARÂMETRO	UNIDADE	AMOSTRA 1	AMOSTRA 2	AMOSTRA 3	AMOSTRA 4	VMP	METODOLOGIA
pH A 25 °C	Sorensen	7,7	7,5	7,4	7,4	6,0 – 9,0	SMEWW 4500 H + B
COR APARENTE	Mh	0,0	0,0	0,0	0,0	15,0	COLORIMETRO H1727
TURBIDEZ	µT	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	TURBIDIMETRO MI415
CONDUTIVIDADE	µS/cm	179,4	194,3	186,4	174,5	-----	CONDUTIVIMETRO
CLORO RESIDUAL	mg/L Cl ₂	0,11	0,25	0,14	0,12	0,20 – 5,0	HACH CAT14077-99
ALUMÍNIO	mg/L Al ³⁺	0,01	0,01	0,01	0,02	0,20	HACH2105769 - BR
DUREZA TOTAL	mg/L	90,71	160,19	125,45	84,92	300,0	SMEWW 4500 B
CLORETO	mg/L Cl ⁻	44,37	26,07	36,65	42,44	250,0	SMEWW 4500 B
FERRO	mg/L Fe	0,03	0,05	0,46	0,06	0,30	HACH1429449 - BR
SULFATO	mg/L SO ⁴⁻	30	18	15	14	250,0	HACH181732 - BR
SÓLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS	mg/L	116,6	126,25	123,02	115,17	500,0	SMEWW 2540 F
AMÔNIA	mg/L NH ₃	0,4	0,6	0,8	0,7	1,20	HACH TNT 832
NITRATO	mg/L NO ₃ ⁻	2,3	1,4	1,9	1,4	10,0	HACH2161169 - BR
NITRITO	mg/L NO ₂ ⁻	0,8	0,7	0,7	0,2	1,0	HACH2107169 - BR
FLUORETO	mg/L F ⁻	0,01	0,01	0,01	0,01	1,5	HX0001- 02663
COLIFORMES TOTAIS	Ausência em 100 mL	Presente	Ausente	Presente	Presente	Ausente	COLItest
COLIFORMES TERMO LUMINESCENTES	Ausência em 100 mL	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	COLItest

NOTA: VMP: Valor Máximo Permitido pela Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde.

Fonte: Autoria própria.

Após a realização das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água coletadas no sistema de abastecimento público do município de Presidente Dutra –

¹Estudante do Curso Técnico em Meio Ambiente; E-mail: mazevedo@acad.ifma.edu.br

²Estudante do Curso Técnico em Meio Ambiente; E-mail: leandragabriella@acad.ifma.edu.br

³Estudante do Curso Técnico em Meio Ambiente; E-mail: luciana.c@acad.ifma.edu.br

⁴Professora Doutora em Química do IFMA Campus Presidente Dutra; E-mail: Teresinha.andrade@ifma.edu.br

⁵Professor Doutor em Química do IFMA Campus Buriticupu; E-mail: wiury.abreu@ifma.edu.br

⁶Professora Doutora em Química do IFPI Campus Teresina Zona Sul; E-mail: crysmarinho@ifpi.edu.br

⁷Professor Doutor em Química do IFMA Campus Presidente Dutra; E-mail: antonio.cavalcante@ifma.edu.br

MA, observou-se, de maneira geral, que a qualidade da água distribuída está em conformidade com os padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021 do Ministério da Saúde. Ou seja, a maioria dos parâmetros físico-químicos estavam dentro dos limites pré-estabelecidos.

Entretanto, observou-se não conformidade com o parâmetro cloro residual (VMP: 0,20 – 5,0 mg/L), os valores obtidos das amostras estavam entre 0,11 e 0,25 mg/L. Sendo que a amostra 2 estava dentro do intervalo; enquanto que as amostras 1, 3 e 4, cujos valores encontrados, foram respectivamente, 0,11, 0,14 e 0,12 mg/L, ficando abaixo do limite mínimo, indicando possível ineficiência de desinfecção. Estudos da OMS (2017) demonstram que falhas na manutenção do cloro residual estão associadas a surtos de diarreias, hepatite A, cólera, giardíase e outras doenças de transmissão hídrica.

Também, observou-se não conformidade com o parâmetro ferro (VMP: $\leq 0,30$ mg/L) na amostra 3, cujo resultado encontrado foi de 0,46 mg/L, estando acima do limite máximo permitido. Embora o ferro seja um nutriente essencial ao organismo humano, sua presença elevada na água não é considerada toxicologicamente relevante, sua presença pode causar diversos problemas no abastecimento público de água. Ele altera a cor e o sabor da água, provoca manchas em roupas e utensílios sanitários e favorece a formação de depósitos nas canalizações. Além disso, contribui para o desenvolvimento de ferro-bactérias, que podem gerar contaminação biológica na própria rede de distribuição (DI BERNARDO; DANTAS, 2005; PONTIUS, 1990). Além disso, valores muito altos de ferro podem causar distúrbios gastrointestinais em indivíduos sensíveis (OMS, 2017).

Em relação aos parâmetros microbiológicos, observou-se ausência de coliformes termo luniscentes em todas as amostras analisadas, indicando ausência de contaminação fecal específica, o que é positivo. No entanto, foram detectados presença de coliformes totais nas amostras 1, 3 e 4, o que pode indicar contaminação por material orgânico ou falha na desinfecção, o que pode ocorrer risco potencial à saúde.

De modo geral, a água distribuída no município de Presidente Dutra – MA apresenta qualidade satisfatória em grande parte dos parâmetros avaliados, atendendo às exigências da Portaria GM/MS nº 888/2021. Contudo, as inconformidades detectadas nos teores de cloro residual e ferro, bem como a presença de coliformes totais em algumas amostras, apontam falhas no processo de desinfecção e possíveis riscos à saúde da

¹Estudante do Curso Técnico em Meio Ambiente; E-mail: mazevedo@acad.ifma.edu.br

²Estudante do Curso Técnico em Meio Ambiente; E-mail: leandragabriella@acad.ifma.edu.br

³Estudante do Curso Técnico em Meio Ambiente; E-mail: luciana.c@acad.ifma.edu.br

⁴Professora Doutora em Química do IFMA Campus Presidente Dutra; E-mail: Teresinha.andrade@ifma.edu.br

⁵Professor Doutor em Química do IFMA Campus Buriticupu; E-mail: wiury.abreu@ifma.edu.br

⁶Professora Doutora em Química do IFPI Campus Teresina Zona Sul; E-mail: crysmarinho@ifpi.edu.br

⁷Professor Doutor em Química do IFMA Campus Presidente Dutra; E-mail: antonio.cavalcante@ifma.edu.br

população. Assim, faz-se necessária uma atenção maior por parte do sistema de abastecimento, com medidas corretivas e monitoramento contínuo, a fim de garantir a segurança e potabilidade da água oferecida aos consumidores.

4) Conclusão

As amostras de água coletadas no município de Presidente Dutra – MA apresentaram, em geral, boa qualidade físico-química, mas possuíram falhas microbiológicas e de desinfecção que podem comprometer sua potabilidade.

Foi observado que uma das amostras analisada possuía concentração de ferro (Fe) acima do limite máximo permitido pela norma vigente. Embora a presença de ferro em concentrações ligeiramente maiores não seja, em geral, um risco sanitário imediato, seu excesso pode provocar alterações indesejáveis. Dessa forma, torna-se necessário um monitoramento mais rigoroso desse parâmetro, de modo a evitar problemas futuros relacionados tanto ao aumento da reprovação popular sobre a água distribuída, como à saúde pública.

Esses fatores reforçam a importância da vigilância contínua da qualidade da água do abastecimento público, uma vez que o monitoramento sistemático possibilita a detecção precoce de inconformidades e a adoção de medidas corretivas necessárias. Além disso, recomenda-se que o órgão responsável pelo abastecimento, a Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão (CAEMA), realize uma avaliação mais detalhada das possíveis fontes de ferro, que podem estar associadas a processos naturais, como a composição geológica dos mananciais da região, ou a fatores operacionais, como a ferrugem das tubulações feitas de materiais metálicos.

Sendo assim, torna-se fundamental a tomada de ações que busquem prevenir e corrigir problemas, a fim de se alinhar às diretrizes da vigilância sanitária, para que, deste modo, haja a garantia da manutenção da qualidade da água e a proteção da saúde da população do município de Presidente Dutra – MA.

Agradecimentos

¹Estudante do Curso Técnico em Meio Ambiente; E-mail: mazevedo@acad.ifma.edu.br

²Estudante do Curso Técnico em Meio Ambiente; E-mail: leandragabriella@acad.ifma.edu.br

³Estudante do Curso Técnico em Meio Ambiente; E-mail: luciana.c@acad.ifma.edu.br

⁴Professora Doutora em Química do IFMA Campus Presidente Dutra; E-mail: Teresinha.andrade@ifma.edu.br

⁵Professor Doutor em Química do IFMA Campus Buriticupu; E-mail: wiury.abreu@ifma.edu.br

⁶Professora Doutora em Química do IFPI Campus Teresina Zona Sul; E-mail: crysmarinho@ifpi.edu.br

⁷Professor Doutor em Química do IFMA Campus Presidente Dutra; E-mail: antonio.cavalcante@ifma.edu.br

Agradecemos ao Instituto Federal do Maranhão - IFMA em especial ao IFMA - Campus Presidente Dutra pela parceria e disponibilidade durante toda o desenvolvimento da pesquisa. Agradecemos também a FAPEMA e Pró reitoria de pesquisa, Pós graduação e inovação pela bolsa de pesquisa de iniciação científica.

Referências

ARAÚJO, L. F.; CAMARGO, F. P.; TORRES NETTO, A.; VERNIN, N. S. ANDRADE, R. C. **Analysis of the coverage of supply and of the water quality, distributed in different regions of Brazil in 2019.** *Ciência & Saúde Coletiva*, 27(7), 2935-2947, 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde (MS). **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. *Diário Oficial da União*, 2017.

BRASIL. **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*, 2021.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *IBGE Cidades: 2022*, Presidente Dutra. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/presidente-dutra/panorama>. Acesso em: 20.fev.2024.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B. Métodos e técnicas de tratamento de água, (2005).

GRASSI, M. T. **Águas no planeta Terra.** Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola, edição especial, 2005.

MORAES, M. A. *et al.* **Desafios da gestão de recursos hídricos no Brasil.** *Estudos Avançados*, v. 31, n. 91, p. 109-126, 2017.

PONTIUS, F. W. *Water Quality and Treatment.* American Water Works Association, 1990.

RAZZOLIN, M. T. P.; GÜNTHER, W. M. R. **Impactos na saúde das deficiências de acesso a água.** *Saude Soc.*, 17(1), 21-32, 2008.

WHO (World Health Organization). *Guidelines for drinking-water quality.* 4th edition, 2017.

¹Estudante do Curso Técnico em Meio Ambiente; E-mail: mazevedo@acad.ifma.edu.br

²Estudante do Curso Técnico em Meio Ambiente; E-mail: leandragabriella@acad.ifma.edu.br

³Estudante do Curso Técnico em Meio Ambiente; E-mail: luciana.c@acad.ifma.edu.br

⁴Professora Doutora em Química do IFMA Campus Presidente Dutra; E-mail: Teresinha.andrade@ifma.edu.br

⁵Professor Doutor em Química do IFMA Campus Buriticupu; E-mail: wiury.abreu@ifma.edu.br

⁶Professora Doutora em Química do IFPI Campus Teresina Zona Sul; E-mail: crysmarinho@ifpi.edu.br

⁷Professor Doutor em Química do IFMA Campus Presidente Dutra; E-mail: antonio.cavalcante@ifma.edu.br