



SEMINÁRIO INTERNACIONAL BRASIL - COLÔMBIA SOBRE PROCESSOS INDUSTRIAS SUSTENTÁVEIS

UNISC

Desfluoretação da água subterrânea em escola urbana: avaliação de desempenho de um sistema de tratamento alternativo

Luana Bertolo Y Castro Bender^{1*}; Andreia Ulinoski Pereira^{1,4}; Natan Gabriel Leopoldo^{2,4}; Maria Luiza Santos Severo³; Dariane Severgnini⁴; Eduardo A. Lobo¹; Rosana de Cássia de Souza Schneider¹; Adilson Ben da Costa¹

* luanacastro@mx2.unisc.br

¹ PPG em Tecnologia Ambiental, Universidade de Santa Cruz do Sul; ² Curso de Engenharia de Produção; ³ Curso de Engenharia Civil; ⁴ Setor de Engenharia – Área Ambiental

INTRODUÇÃO

A crescente demanda por recursos hídricos e a degradação da qualidade dos mananciais superficiais têm contribuído significativamente para o aumento do uso de águas subterrâneas, o que torna necessário garantir o acesso à água potável e ao saneamento, conforme Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS 6) da Organização das Nações Unidas, da agenda de 2030. (AHMED; GHOSH; HASAN; RAHMAN, 2020).

O flúor (F) está presente em águas subterrâneas de regiões com formações rochosas vulcânicas. Em concentrações adequadas, é benéfico para a saúde óssea e dental, mas níveis elevados causam fluorose endêmica, um problema de saúde pública em vários países, incluindo Brasil e Colômbia. Assim, a Organização Mundial da Saúde (OMS) estabelece limite máximo para o flúor $1,5 \text{ mg L}^{-1}$ na água potável (LACSON; LU; HUANG, 2021). No Brasil, a Portaria GM/MS nº 888/2021 adota esse mesmo valor, no estado do Rio Grande do Sul, Portaria nº 10/1999 define uma faixa entre $0,6 \text{ mg L}^{-1}$ e $0,9 \text{ mg L}^{-1}$ (BRASIL, 2021; PORTARIA Nº 10, 1999).

Diversas alternativas de tratamento são empregadas para a remoção do flúor, como precipitação, coagulação, osmose reversa e eletrodiálise; contudo, apresentam desvantagens técnicas e econômicas. Nesse contexto, a adsorção destaca-se como uma alternativa eficiente, de baixo custo e com possibilidade de regeneração do adsorvente, sendo promissora para países em desenvolvimento (MEDELLÍN CASTILLO; GONZÁLEZ FERNÁNDEZ; THIODJIO-SENDJA; AGUILERA-FLORES et al., 2023).

Dentre os adsorventes existentes, o carvão ósseo ativado, produzido a partir de ossos animais, é um adsorvente eficaz com alta afinidade por poluentes, incluindo metais pesados e compostos orgânicos. Além disso, apresenta vantagens como viabilidade econômica, ampla disponibilidade e potencial de reutilização após regeneração (RAMANAN; MKONGO; ZHANG; WEN et al., 2022).

Portanto, a pesquisa avaliou o desempenho de sistemas de desfluoretação com carvão ósseo ativado, em escola urbana no município de Santa Cruz do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil, demonstrando uma abordagem tecnológica sustentável, de baixo custo, simples operação e manutenção.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida em duas etapas metodológicas: a primeira consistiu na montagem e instalação dos sistemas de desfluoretação, enquanto a segunda envolveu a coleta e o monitoramento da

qualidade da água subterrânea em uma escola urbana situada na área da Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC, no município de Santa Cruz do Sul, RS, Brasil.

Os oito sistemas de desfluoretação foram montados a partir da inserção de todos os itens necessários, utilizando 6 kg de carvão ósseo ativado (20 x 50 mesh, área superficial interna de $120 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$, tamanho de poro variando de 7,5 a 60.000 nm), produzido pela Bonechar, localizada em Maringá, PR, Brasil, instalados e monitorados nos blocos 4, 6, 7, 8 (dois pontos), 9, 12 e 45.

As amostras de água foram coletadas e analisadas seguindo as diretrizes descritas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA; HEALTH., 2023). As amostras de 500 mL de água foram acondicionadas em frascos de polipropileno (PP), armazenados em caixa térmica e encaminhadas para análise. O monitoramento foi conduzido por um período de cinco meses, com amostragens quinzenais. As concentrações de íons fluoreto (F^-) foram medidas por eletrodo íon seletivo (ISE) acoplado a um medidor modelo SevenCompact pH/íon S220 (METTLER TOLEDO).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do monitoramento da concentração de íons fluoreto na água natural e na água tratada dos sistemas de desfluoretação indicaram concentração média de fluoreto de $2,2 \pm 0,33 \text{ mg L}^{-1}$ ($n = 65$) na água natural, excedendo o limite máximo permitido (LMP) de $1,5 \text{ mg L}^{-1}$ da Portaria GM/MS nº 888/2021. Após a filtração, a média dos valores foi de $0,3 \text{ mg L}^{-1}$ (Figura 1). A remoção de fluoreto superou 85%, assegurando níveis seguros para consumo. Apenas no bloco 6, o valor médio de fluoreto foi de $0,9 \text{ mg L}^{-1}$. Apesar da recomendação de $0,6$ a $0,9 \text{ mg L}^{-1}$ na Portaria nº 10/1999, a remoção praticamente total nos outros blocos não compromete a potabilidade da água (BRASIL, 2021; SECRETARIA ESTADUAL DE SAÚDE - RS, 1999).

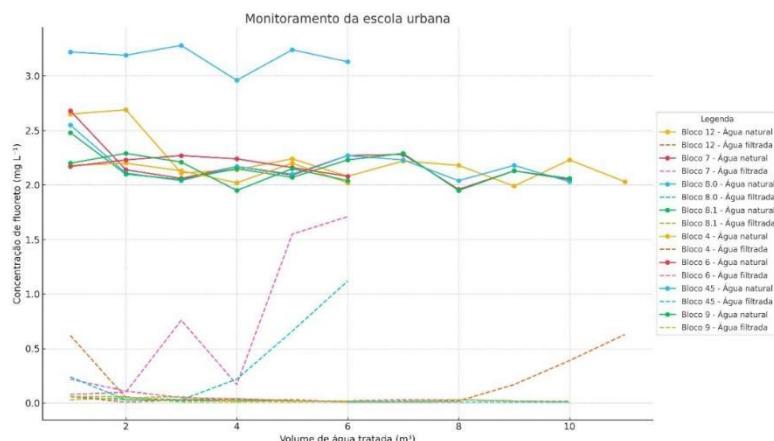


Figura 1. Resultados do monitoramento da concentração de flúor dos sistemas de desfluoretação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa sobre os sistemas de desfluoretação com carvão ósseo ativado para a remoção de íons fluoreto excedentes em águas de abastecimento público apresentou eficiência, atendendo aos padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação vigente e contribuindo para a melhoria das condições de saneamento em escola urbana.

PALAVRAS-CHAVE

Água subterrânea; adsorção; carvão ósseo ativado; fluoreto; saneamento; saúde pública.

Seminário Internacional Brasil - Colômbia Sobre Processos Industriais Sustentáveis

<https://online.unisc.br/acadnet/anais/index.php/semibrasilcol/index>

Santa Cruz do Sul, 2025

AGRADECIMENTOS

À CAPES, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pelo financiamento à pesquisa.

REFERÊNCIAS

AHMED, A.; GHOSH, P. K.; HASAN, M.; RAHMAN, A. Surface and groundwater quality assessment and identification of hydrochemical characteristics of a south-western coastal area of Bangladesh. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 192, n. 4, p. 258, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10661-020-8220-1>.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WATER ENVIRONMENT FEDERATION. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. Washington, DC: APHA, 2023.

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

LACSON, C. F. Z.; LU, M.-C.; HUANG, Y.-H. Fluoride-containing water: A global perspective and a pursuit to sustainable water defluoridation management – An overview. *Journal of Cleaner Production*, v. 280, p. 124236, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124236>.

MEDELLÍN CASTILLO, N. A. et al. Bone char for water treatment and environmental applications: A review. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, v. 175, p. 106161, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jaat.2023.106161>.

SECRETARIA ESTADUAL DE SAÚDE (RS). Portaria nº 10: Define teores de concentração do íon fluoreto nas águas para consumo humano fornecidas por sistemas públicos de abastecimento. *Diário Oficial do Estado*, Porto Alegre, 27 ago. 1999.

RAMANAN, S. et al. Assessing the environmental impact of bone char production by in-situ emission monitoring and life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, v. 367, art. 133036, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133036>.