

SISTEMA PILOTO DE TRATAMENTO DE ÁGUA COM CARVÃO ATIVADO PRODUZIDO A PARTIR DE CAROÇO DE AÇAÍ E ZEÓLITA A

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/conresol.8.25.XV-020>

Luís Otávio Coelho De Sousa (*), João Vitor Nascimento Lavandoski, José Cláudio Ferreira dos Reis Junior, Quêzia Leandro de Moura.

* Universidade Federal do Oeste do Pará e e-mail: luisotaviocoelho98@gmail.com

RESUMO

A contaminação da água subterrânea por ferro compromete sua potabilidade, afetando diretamente a saúde pública e a aceitação para consumo. Este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de uma estação piloto de tratamento instalada em uma escola pública de Santarém (PA), utilizando materiais alternativos de baixo custo: carvão ativado produzido a partir do caroço de açaí e zeólita A sintetizada a partir de caulinita. O sistema foi estruturado com processos combinados de aeração, leito de contato, filtração e cloração, visando à remoção de ferro da água de abastecimento local, cuja concentração inicial ultrapassava 3 mg/L. O carvão ativado foi obtido por carbonização térmica e ativação química com NaOH, enquanto a zeólita A foi produzida por calcinação da caulinita e tratamento alcalino. As análises físico-químicas e microbiológicas da água foram realizadas antes e após o tratamento, e os dados avaliados por estatística descritiva e ANOVA. O sistema apresentou eficiência superior a 90% na remoção de ferro, reduzindo os valores para menos de 0,3 mg/L. Também foram observadas reduções significativas de turbidez e cor aparente, além da elevação do pH, favorecendo a estabilidade da água. As análises microbiológicas confirmaram a ausência de coliformes totais e termotolerantes na água tratada, evidenciando a eficácia da unidade de cloração. Os resultados demonstram a viabilidade técnica, ambiental e econômica da proposta, sugerindo sua replicação em comunidades com fontes subterrâneas contaminadas por ferro. Recomenda-se a continuidade dos estudos quanto à durabilidade e regeneração dos materiais adsorventes utilizados.

PALAVRAS-CHAVE: tratamento de água, carvão ativado, zeólita A, adsorção, tecnologias sustentáveis.

ABSTRACT

The contamination of groundwater by iron compromises its potability, directly impacting public health and its acceptance for human consumption. This study aimed to evaluate the efficiency of a pilot water treatment station installed at a public school in Santarém (PA), using low-cost alternative materials: activated carbon produced from açai seeds and zeolite A synthesized from kaolinite. The system was structured with combined processes of aeration, contact bed, filtration, and chlorination, targeting the removal of iron from the local water supply, which initially exceeded 3 mg/L. The activated carbon was obtained through thermal carbonization and chemical activation with NaOH, while zeolite A was produced by kaolinite calcination followed by alkaline treatment. Physicochemical and microbiological analyses were conducted before and after treatment, with data evaluated using descriptive statistics and ANOVA. The system achieved over 90% iron removal efficiency, reducing concentrations to below 0.3 mg/L. Significant reductions in turbidity and apparent color were also observed, along with a rise in pH, contributing to the treated water's chemical stability. Microbiological tests confirmed the absence of total and thermotolerant coliforms in the treated water, demonstrating the effectiveness of the chlorination unit. The results highlight the technical, environmental, and economic feasibility of the approach, supporting its potential application in communities relying on iron-contaminated groundwater. Further studies are recommended on the durability and regeneration of the adsorbent materials used.

KEY WORDS: water treatment, activated carbon, zeolite A, adsorption, sustainable technologies.

INTRODUÇÃO

A qualidade da água subterrânea pode ser comprometida pela presença de metais como ferro e manganês, afetando a potabilidade e a aceitação para consumo humano. A remoção desses metais requer processos eficientes e acessíveis, especialmente para comunidades com infraestrutura limitada.

Neste estudo visou-se avaliar a eficiência de uma estação piloto de tratamento de água localizada em uma escola pública de Santarém, Pará, que passou por adaptações para potencializar a remoção de ferro. O sistema foi aprimorado

com a implantação de materiais filtrantes alternativos de baixo custo: carvão ativado produzido a partir do caroço de açaí e zeólita A sintetizada a partir de caulinita.

A pesquisa buscou contribuir para o desenvolvimento de soluções sustentáveis de saneamento, promovendo o reuso de subprodutos e melhorando a qualidade da água ofertada para a escola onde foi desenvolvido o projeto e comunidades rurais e periurbanas.

Objetivos

Geral

Avaliar a eficiência de um sistema piloto de tratamento de água subterrânea, utilizando processos combinados de aeração, filtração e adsorção, com a incorporação de carvão ativado derivado do caroço de açaí e zeólita A para remoção de ferro.

Específicos

- Implementar a estação piloto de tratamento de água;
- Produzir carvão ativado a partir do caroço do açaí;
- Sintetizar Zeólita A a partir da caulinita e avaliar sua capacidade adsorvente;
- Realizar análises físico-químicas e microbiológicas da água antes e depois do tratamento.
- Determinar a eficiência do sistema de tratamento;
- Comparar os resultados obtidos com os padrões de potabilidade da Portaria GM/MS 888/2021 do Ministério da Saúde.

Metodologia

✓ Produção do Carvão Pré-Ativado

A pesquisa foi realizada na Escola Municipal de Ensino Fundamental Francisca das Chagas, em Santarém, Pará (figura 1).

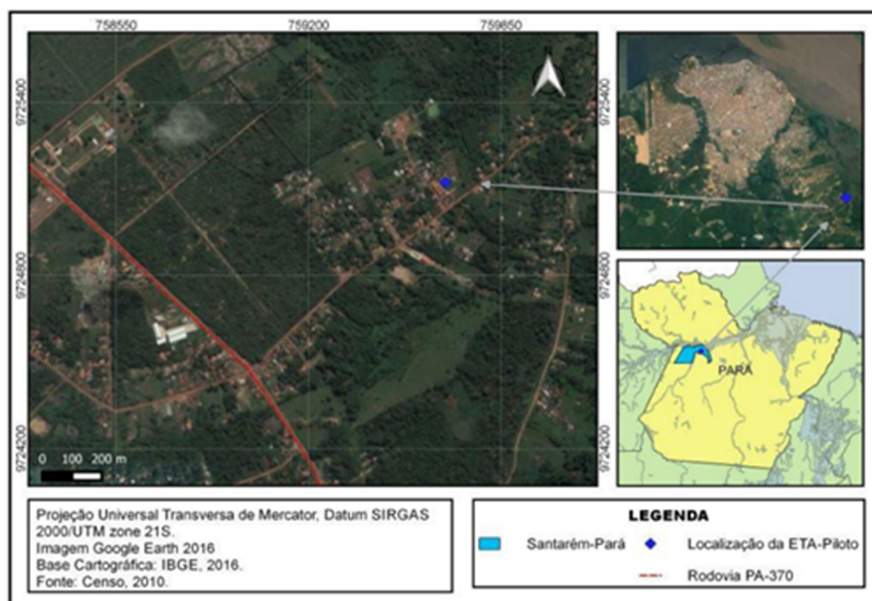


Figura 01 - Localização da área de estudo. Fonte: Autores do trabalho

A estação é composta por um aerador de tabuleiro, seguido de um filtro e do processo de cloração da água, tendo como referência os componentes ilustrados na Figura 2.

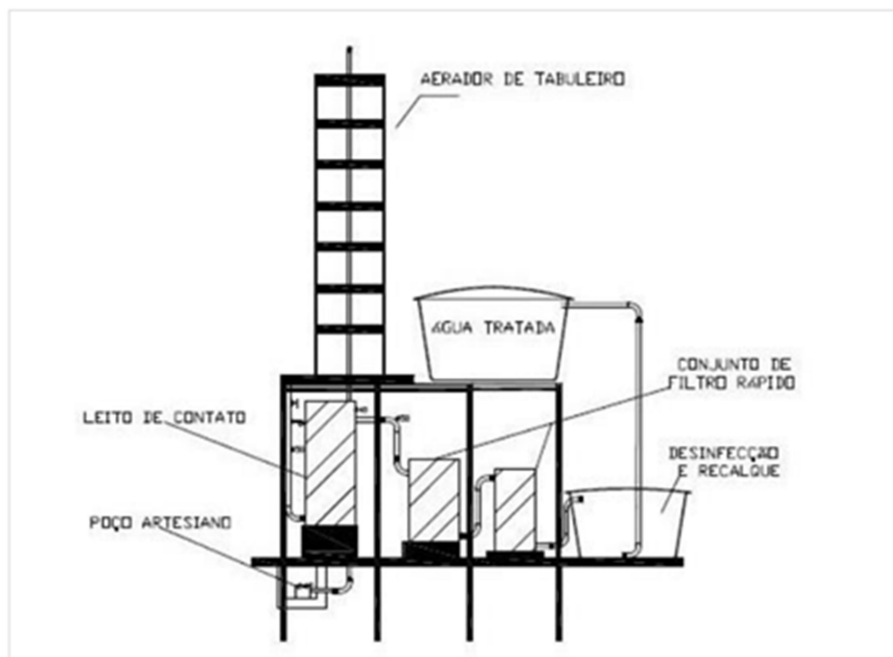


Figura 02 - Localização da área de estudo. Fonte: Autores do trabalho

A estrutura da estação piloto foi construída em madeira e conta com duas plataformas que sustentam o aerador a uma altura de dois metros do solo. As unidades do aerador e do filtro são fabricadas predominantemente em fibra de vidro. A escolha deste local para a instalação do sistema experimental deve-se à elevada concentração de ferro na água de abastecimento, que excede 3 mg/L.

Os procedimentos experimentais seguiram as seguintes etapas:

- ✓ **Dimensionamento do sistema piloto** – Reestruturação da estação piloto, com inclusão de aerador, leito de contato e filtros com materiais alternativos.
- ✓ **Produção de carvão ativado** – O caroço do açaí foi lavado, seco, carbonizado a 600°C e ativado quimicamente com NaOH.
- ✓ **Produção de Zeólita A** – A caulinita foi processada por calcinação e tratada com NaOH para formação da zeólita.
- ✓ **Implantação do sistema piloto** – Instalação e operação do sistema de tratamento.
- ✓ **Análises laboratoriais** – Coletas foram realizadas em seis pontos para medição dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos.
- ✓ **Análise estatística dos dados** – Os resultados foram avaliados usando estatística descritiva e ANOVA para verificação de diferenças significativas entre os pontos amostrados.

Resultados e discussões

Notou-se que o sistema piloto apresentou eficiência de remoção de ferro total superior a 90%, reduzindo os teores desse metal para valores dentro dos padrões de potabilidade. Antes do tratamento, a concentração de ferro total na água bruta ultrapassava 3 mg/L, enquanto a água tratada apresentou valores inferiores a 0,3 mg/L, conforme exigido pela Portaria GM/MS 888/2021.

A remoção do ferro ocorreu principalmente no leito de contato ascendente e nos filtros rápidos descendentes. O aerador de bandejas auxiliou na oxidação do ferro solúvel (Fe^{2+}) para a forma insolúvel (Fe^{3+}), facilitando sua remoção nos estágios subsequentes. A camada de carvão ativado contribuiu significativamente para a adsorção de compostos orgânicos e inorgânicos, reduzindo também a cor aparente e a turbidez da água. A zeólita A, por sua vez, desempenhou um papel importante na adsorção seletiva de íons metálicos, complementando o processo de remoção de ferro.

Os valores médios de turbidez da água bruta estavam acima de 5 uT, enquanto na água tratada esse parâmetro foi reduzido para valores inferiores a 1 uT. Além disso, observou-se um leve aumento do pH da água após a passagem pelo sistema, o que favorece a estabilidade química da água tratada e melhora sua aceitação para consumo.

A eficiência do sistema piloto também foi avaliada por meio de análises microbiológicas, que demonstraram a ausência de coliformes totais e termotolerantes na água final. Isso confirma a eficácia da unidade de cloração instalada, garantindo um processo seguro para o consumo humano.

Conclusões/Recomendações

Os resultados confirmam a viabilidade do uso de materiais alternativos para remoção de ferro em sistemas descentralizados. O carvão ativado produzido a partir do caroço de açaí e a zeólita A demonstraram um alto potencial para aplicação em sistemas de tratamento de água de baixo custo.

Recomenda-se a expansão do estudo para otimizar os parâmetros operacionais, como a taxa de filtração e o tempo de contato dos materiais adsorventes. Além disso, futuras pesquisas podem explorar a regeneração dos meios filtrantes e sua durabilidade ao longo do tempo.

A implementação desse sistema pode ser uma solução acessível e sustentável para comunidades que dependem de fontes subterrâneas com altos teores de ferro, contribuindo para a melhoria da qualidade da água e da saúde pública.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Apha. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 2005.
2. Brasil. **Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021**. Estabelece os padrões de qualidade para água destinada ao consumo humano e seu controle e vigilância. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 7 maio 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou>. Acesso em: 16 jan. 2025.
3. Carvalho, M. F. **Adsorção de metais pesados utilizando carvão ativado**. Revista de Saneamento Ambiental, 2005.
4. Funasa. **Manual de tratamento de água para consumo humano**. Brasília, 2006.
5. Madeira, L. M. **Remoção de ferro e manganês por processos oxidativos**. Química Nova, 2003.
6. Moruzzi, R. B. **Tratamento de água para consumo humano**. 2012.
7. Pergher, S. B. **Adsorção de ferro utilizando zeólitas naturais**. Revista Brasileira de Engenharia Química, 2005.
8. Richter, C. A.; Azevedo Neto, J. M. **Tratamento de água subterrânea**. São Paulo: ABES, 1995.
9. Rönnholm, T. et al. **Uso de carvão ativado na remoção de metais pesados**. Environmental Science & Technology, 2001.
10. Teixeira, T. S. **Utilização de biomassa na produção de carvão ativado**. Revista de Engenharia Sanitária, 2006.
11. Tsutyia, M. T. **Sistemas de abastecimento de água: uma abordagem técnica**. 2006.