

# SIMPÓS

II Simpósio de Pós-Graduação do Sul do Brasil

BICENTENÁRIO DA INDEPENDÊNCIA: 200 ANOS DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO NO BRASIL

## **AVALIAÇÃO DA PERDA DE CARGA EM UM REATOR DE LEITO FIXO BI-FLUXO (RLF-BF) APLICADO AO TRATAMENTO DE ÁGUA DE CONSUMO HUMANO**

**Stefani Sulzbacher Souza**

Universidade Federal da Fronteira Sul  
[stefani\\_sulzbacher@hotmail.com](mailto:stefani_sulzbacher@hotmail.com)

**Júlia Villela Toledo Ferreira**

Universidade Federal da Fronteira Sul  
[juliavillela3@gmail.com](mailto:juliavillela3@gmail.com)

**Milena Santiago Chiquim**

Universidade Federal da Fronteira Sul  
[milena\\_chiquim@hotmail.com](mailto:milena_chiquim@hotmail.com)

**Alcione Aparecida Almeida Alves**

Universidade Federal da Fronteira Sul  
[alcione.almeida@uffs.edu.br](mailto:alcione.almeida@uffs.edu.br)

**Eixo 03: Engenharias**

**Resumo:** O tratamento de água para fins de atingir padrões de potabilidade tem demandado de tecnologias capazes de remover os mais distintos poluentes presentes na água, com isso, cada vez mais faz-se à utilização de processos de tratamento combinados. Dentre estes, a filtração seguida de adsorção apresentam como limitadores a colmatação do leito filtrante/adsorvente e conseqüentemente são suscetíveis à de perda de carga ao longo do processo de tratamento. Diante disso, esta pesquisa objetivou avaliar a perda de carga ocorrida durante a operação de um Reator de Leito Fixo Bi-Fluxo (RLF-BF) desenvolvido por Alves (2018), com processo de filtração (areia) e adsorção (carvão ativado granular) aplicado ao tratamento de água. Para análise da perda de carga, consideraram-se os parâmetros de turbidez e cor aparente do RLF-BF. Os resultados demonstraram que a perda de carga foi atingida após 2 h 20 min de operação do RLF-BF. Foram obtidas reduções de 22% na turbidez e 33,2% na cor aparente.

**Palavras-chave:** Potabilização de água. Filtração rápida. Adsorção.

## Introdução

A operação unitária de adsorção tem sido largamente estudada e aplicada para produção de água potável. E a sua aplicação utilizando carvão ativado (CA) como material adsorvente em leito fixo é considerada eficaz devido a afinidade do CA por uma ampla gama de compostos e a sua grande área de superfície interna (EBRAHIMZADEH *et al.*, 2022).

Todavia, a interação do carvão ativado na forma granular (CAG) com micropoluentes orgânicos acarreta no fenômeno colmatação do CAG, reduzindo assim, o tempo de uso do adsorvente em um leito fixo (ALVES *et al.*, 2019). Dessa forma, uma alternativa promissora é a combinação desse processo com a filtração em areia.

Em ambos e, por se tratarem de processos que utilizam materiais granulares, um dos fatores a ser considerado para efetividade do processo é a perda de carga do leito filtrante e/ou adsorvente. Em síntese, o valor da perda de carga aumenta à medida que o filtro coleta os sólidos, limitando ao longo do tempo, o funcionamento de um filtro (HOWE *et al.*, 2016).

Desse modo, este estudo teve como objetivo avaliar a perda de carga na operação de um sistema de filtração rápida seguida de adsorção por CAG em um Reator de Leito Fixo Bi-Fluxo (RLF-BF)<sup>1</sup> bem como os parâmetros de turbidez e cor aparente da água.

## Desenvolvimento

Os adsorventes de CA destacam-se por serem altamente porosos e apresentarem diferentes tamanhos de poros, desde rachaduras visíveis até fendas de dimensões moleculares (JEIRANI, HUI NIU; SOLTAN, 2016). Estudos que combinam a adsorção em CA à filtração rápida têm demonstrado melhores resultados no tratamento de água potável do que tratamentos que contemplam apenas a adsorção (EBRAHIMZADEH *et al.*, 2022).

Entretanto, um limitante da efetividade desse processo consiste na chamada perda de carga, que quando se apresenta em valores elevados, gera maior diferença de pressão entre a entrada e a saída do filtro, elevando a pressão exercida pelo fluido no sentido de provocar a passagem dos contaminantes no interior do leito, o que compromete mais rapidamente a operação de filtração (PIZZOLO, 2015). E, para definir a perda de carga no processo os parâmetros turbidez e cor aparente são precursores da análise, pois a retenção de material particulado colmata o leito filtrante e resultada na perda de carga no processo de tratamento.

<sup>1</sup> Alves *et al.* (2018). Chamada Universal MCTIC/CNPq n°28/2018

## Metodologia

O presente estudo avaliou a perda de carga ocorrida durante a operação de um RLF-BF, desenvolvido por Alves *et al.* (2018)<sup>2</sup> utilizado para tratamento de água de abastecimento. Para isso, utilizou-se um RLF-BF constituído de um leito filtrante de areia e um leito adsorvente de CAG. Da mesma forma, foram avaliados parâmetros de cor aparente e turbidez nas amostras de água bruta (AB), água tratada por filtração (ATF) e água tratada por filtração/adsorção (ATF-A). Os experimentos foram realizados no Laboratório de Águas e Ecotoxicologia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), *Campus* Cerro Largo.

### Construção do RLF-BF

Para a construção do RLF-BF considerou-se o estudo realizado por Alves *et al.* (2018)<sup>2</sup>, bem como a ABNT NBR n° 12.216/1992 que trata de projetos de Estação de Tratamento de Água (ETA) para abastecimento público, considerando filtros rápidos.

O sistema contava com um leito filtrante de areia com altura de 15 cm e leito filtrante/adsorvente com 25 cm altura, sendo utilizado CAG comercial oriundo do epicarpo do babaçu (*Orbignya phalerata*) e preparado conforme o descrito por Alves *et al.* (2018). Ambos os leitos contavam com uma camada suporte de seixos rolados.

A água utilizada no estudo foi coletada em um poço de captação e abastecimento do meio rural no município de Cerro Largo – RS no mês de março de 2022.

### Procedimento experimental

O sistema construído operava do seguinte modo: a AB armazenada em um reservatório de 200 L era encaminhada ao leito filtrante de areia operando em fluxo descendente. Após atingir a camada suporte, a ATF passava para o meio adsorvente de CAG operando em fluxo ascendente até a coleta da ATF-A. O RLF-BF operou com taxa de aplicação superficial (TAS)  $120 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ , conforme a ABNT NBR n° 12.216/92.

---

2 Alves et al. (2018). Chamada Universal MCTIC/CNPq n°28/2018

O monitoramento da perda de carga dos leitos filtrante e filtrante/adsorvente foi realizado por meio de marcadores de profundidade acopladas no interior do RLF-BF. Para análise dos parâmetros de cor aparente e turbidez das amostras, eram coletadas alíquotas de 50 mL de amostra nos pontos AB, ATF e ATF-A.

## Resultados

Os resultados de perda de carga do RLF-BF estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados de perda de carga.

| Amostragem | Perda de carga leito filtrante (cm) | Perda de carga leito filtrante/adsorvente (cm) | Tempo de operação (min) |
|------------|-------------------------------------|--|-------------------------|
| 0          | 16                                  | 11   | 40                      |
| 1          | 20                                  | 15   | 50                      |
| 2          | 20                                  | 15   | 60                      |
| 3          | 20                                  | 15   | 70                      |
| 4          | 20                                  | 15   | 80                      |
| 5          | 20                                  | 15   | 90                      |
| 6          | 21                                  | 15   | 100                     |
| 7          | 21                                  | 15   | 110                     |
| 8          | 21                                  | 15   | 120                     |
| 9          | 21                                  | 15   | 130                     |
| 10         | 21                                  | 15   | 140                     |

Fonte: As autoras (2022).

Conforme apresentado na Tabela 1, os valores de perda de carga variaram entre 11 a 21 cm, se considerado o filtrante/adsorvente (CAG) e o leito filtrante (areia).

Quanto ao leito filtrante, notou-se que em 40 min de operação, a perda de carga correspondeu a 16 cm e atingiu 21 cm em 1 h 40 min, se mantendo constante até o final da operação. No leito filtrante/adsorvente, notou-se que nos primeiros 40 min de operação do RLF-BF ocorreu uma perda de carga igual a 11 cm e logo após, aos 50 min atingiu o valor de 15 cm e se manteve constante até o final da operação.

Howe *et. al.* (2016) destacaram que a perda de carga através do leito do filtro aumenta à medida que o filtro retém sólidos. Desse modo, os parâmetros de turbidez e cor aparente estão diretamente relacionados à perda de carga, uma vez que a turbidez está relacionada à presença de matéria particulada em suspensão na água, como matéria orgânica e inorgânica enquanto a cor aparente denota a matéria orgânica presente na água (HELLER e PÁDUA, 2010).

Nesse sentido, os valores dos parâmetros de turbidez e cor aparente estão evidenciados na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados de turbidez e cor aparente.

| Amostragem | Parâmetros    |      |       |                   |       |       |
|------------|---------------|------|-------|-------------------|-------|-------|
|            | Turbidez (uT) |      |       | Cor aparente (uC) |       |       |
|            | AB            | ATF  | ATF-A | AB                | ATF   | ATF-A |
| 0          | 0,54          | 1,09 | 8,07  | 1                 | 10,67 | 11,5  |
| 1          | 0,32          | 1,18 | 4,53  | 6,17              | 11,9  | 10,5  |
| 2          | 0,39          | 1,79 | 3,27  | 6,33              | 13,5  | 13,9  |
| 3          | 0,33          | 1,2  | 3,1   | 5,77              | 13,2  | 8,83  |
| 4          | 0,47          | 1,47 | 2,4   | 3,47              | 11,9  | 7,9   |
| 5          | 0,53          | 1,56 | 1,78  | 3                 | 10,6  | 9,37  |
| 6          | 0,46          | 1,72 | 1,62  | 3,07              | 10,9  | 6,1   |
| 7          | 0,52          | 1,57 | 1,48  | 2,3               | 10,8  | 7,27  |
| 8          | 0,52          | 2,33 | 1,37  | 3,3               | 9,5   | 6,57  |
| 9          | 0,55          | 1,72 | 1,17  | 2,77              | 9,8   | 6,4   |
| 10         | 0,64          | 1,54 | 1,15  | 1,97              | 8,27  | 4,29  |

Fonte: As autoras (2022). Nota: Água bruta (AB); água tratada por filtração (ATF); água tratada por filtração e adsorção (ATF-A).

Em ambas as amostras (ATF e ATF-A) houve um aumento da turbidez em relação às amostras de AB. Comparando as amostras ATF-A com ATF, constatou-se que a partir da 5ª amostragem houve uma redução média de 22 % de turbidez.

Em relação à cor aparente, houve uma variação de 1 a 13,9 uC. Observou-se que nas amostragens ATF para ATF-A houve redução média de 33,2 %, sendo o CAG eficiente na redução da cor aparente com valores satisfatórios, ou seja, abaixo dos valores máximos descritos na Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde, demonstrando ainda, tendência em diminuir ao longo da operação.

Quando comparadas às amostras de ATF-A e ATF, houve reduções médias para os dois parâmetros, evidenciando melhores resultados quando aplicado o método de filtração seguido de filtração/adsorção em CAG. Conforme Alves (2017), o aumento da perda de carga pode estar relacionado principalmente à remoção de turbidez e cor aparente, pois os sólidos presentes na água são retidos pelo leito filtrante, reduzindo os poros disponíveis do leito adsorvente, diminuindo a vazão de saída de água e aumentando, conseqüentemente, a perda de carga e a colmatação dos leitos.

## Conclusão

Considerando o objetivo proposto e os resultados obtidos, pode-se concluir que: i) a perda de carga máxima observada no RLF-BF ocorreu após 2 h 20 min de operação do RLF-

BF; ii) ocorreu reduções nos valores de turbidez (22%) e cor aparente (33,2%) e; iii) o RLF-BF foi capaz de reter uma porção das partículas. Por fim, estudos complementares se fazem necessários para que se possa compreender melhor a perda de carga no referido reator.

### Referências

ALVES, A. A. A. **Emprego da tecnologia de adsorção em leito fixo de carvão ativado granular para a remoção de agrotóxicos carbamatos da água de abastecimento público.** Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, Florianópolis, 2017.

ALVES, A. A. A.; DERVANOSKI, A. ; TONES, A. R. M. ; NONATO, T. C. M. ; RUIZ, G. L.O. ; SENS, M. L. . Removal of carbamate insecticides from drinking water through a fixed bed column of granular activated carbon: a thermodynamic, kinetic and equilibrium study of multicomponent adsorption. **Desalination and Water Treatment JCR**, v. 108, p. 171-182, 2018.

ALVES, A. A. A.; RUIZ, G. L. O.; NONATO, T. C. M.; PELISSARI, C.; DERVANOSKI, A.; SENS, M. L.. Combined microfiltration and adsorption process applied to public water supply treatment: water quality influence on pesticides removal. **Environmental Technology**, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09593330.2019.1567605>. Acesso em: 13 de ago. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria N° 888, de 4 de maio de 2021. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF 2021.

EBRAHIMZADEH, S.; WOLS, B.; AZZELLINO, A.; KRAMER, F.; VAN DER HOEK, J. P. Removal of organic micropollutants in a drinking water treatment plant by powdered activated carbon followed by rapid sand filtration. **Journal of Water Process Engineering**, 2022, v. 47. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2022.102792>. Acesso em: 11 de ago. 2022.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L.. **Abastecimento de água para consumo humano**. 2. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010.

HOWE, K. J.; HAND, D. W.; CRITTENDEN, J. C.; TRUSSELL, R. R.; TCHOBANOGLIOUS, G. **Princípios de Tratamento de Água**. São Paulo: Cengage Learning Brasil, 2016.

JEIRANI, Z.; HUI N., Catherine; SOLTAN, J. Adsorption of emerging pollutants on activated carbon. **Chemical Engineering**, 2016, 33(5). Disponível em: <https://doi.org/10.1515/revce-2016-0027>. Acesso em: 13 de ago. 2022.

PIZZOLO, J. P. **Avaliação do transporte de soluto e de correlações para estimativa de perda de carga em filtração descendente com leito granular**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós Graduação em Engenharia Química, Florianópolis, 2015.