

# SIMPÓS

II Simpósio de Pós-Graduação do Sul do Brasil

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

## ESTUDO DA EFICIÊNCIA DE UM REATOR DE LEITO FIXO BI-FLUXO (RLF-BF) PARA POTABILIZAÇÃO DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO

**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:** A contaminação da água tem demandando cada vez mais de tecnologias de potabilização que aliem processos convencionais e avançados. Diante disso, este trabalho objetivou avaliar a construção de um Reator de Leito Fixo Bi-Fluxo (RLF-BF) desenvolvido por Alves (2018), e a sua eficiência para potabilização de água de abastecimento. O RLF-BF em escala piloto possuía leito filtrante (areia) e um leito filtrante/adsorvente (carvão ativado granular), operando em fluxo descendente e ascendente, respectivamente. Para avaliação da eficiência foram avaliados parâmetros físico-químicos e microbiológicos de acordo com o estabelecido pela Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde (MS), em amostras de água bruta (AB), água tratada por filtração (ATF) e água tratada por filtração e adsorção (ATF-A). Foram obtidos resultados de eficiência média de remoção nas amostras de ATF-A de 33,2% na cor aparente e 22% na turbidez. O pH com valores entre 7,2 a 9. Os parâmetros de coliformes totais e termotolerantes e cloro livre apresentaram-se em desacordo com o preconizado pela Portaria nº 888/2021 do MS.

**Palavras-chave:** Sistemas inovadores de potabilização de água. Filtração rápida. Adsorção.

## Introdução

A água para consumo humano deve ser potável, e para determinação de sua qualidade são avaliados diversos parâmetros físico, químicos, bacteriológicos e indicativos de contaminação orgânica e biológica (RICHTER, 2009). No entanto, os métodos convencionais de tratamento de águas são incapazes de remover alguns compostos em sua totalidade, com isso, é necessário a implementação de tecnologias adequadas para este fim.

Muitos são os processos aplicados a potabilização de água, em síntese vinculados a sistema simplificado, convencional ou avançado (DI BERNARDO e DANTAS, 2005). Dentre os processos de potabilização de água estudos têm demonstrado que a aplicação da adsorção em carvão ativado combinada à tecnologia de filtração rápida gera melhores resultados no tratamento de água se comparado a aplicação de somente o processo de filtração (ALVES *et al.*, 2019; EBRAHIMZADEH *et al.*, 2022).

Diante disso, este estudo teve como objetivo reproduzir a construção e avaliar a eficiência de Reator de Leito Fixo Bi-fluxo (RLF-BF) desenvolvido por Alves (2018)<sup>1</sup>, constituído por processo de filtração em areia seguido de filtração/adsorção em carvão ativado granular (CAG), considerando parâmetros estabelecidos na Portaria nº 888/2021 do MS.

## Desenvolvimento

No Brasil, para uma água ser considerada apta ao consumo humano, deve atender aos padrões estabelecidos pela Portaria nº 888/2021 do MS, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (BRASIL, 2021).

Recentemente, diversas tecnologias têm sido aplicadas e comparadas para eliminação de micropoluentes orgânicos da água potável, dentre elas destaca-se a osmose reversa, a nanofiltração, os processos oxidativos avançados e a adsorção em carvão ativado (EBRAHIMZADEH *et al.*, 2022). A adsorção em carvão ativado destaca-se pelas propriedades do adsorvente quanto à capacidade de regeneração e de adsorver micropoluentes, sem formação de subprodutos tóxicos.

---

1 Alves *et al.* (2018). Chamada Universal MCTIC/CNPq nº28/2018

Comumente carvão ativado tem sido aplicado em pó (CAP) ou granular (CAG) em filtros de leito empacotado (KATSIKIANNIS *et al.*, 2015), sendo o CAG superior ao CAP quando considerado a capacidade de regeneração e reuso do adsorvente.

No entanto, devido aos aspectos físico do CAG relacionados aos seus micro, meso e macroporos, sua aplicação tem apresentado melhores resultados quando combinada com processo de filtração rápida (EBRAHIMZADEH *et al.*, 2022).

## Metodologia

O presente estudo avaliou o desempenho do processo de um RLF-BF desenvolvido por Alves *et al.* (2018)<sup>2</sup> para tratamento de potabilização da água. Para isso, construiu-se um RLF-BF que teve sua eficiência avaliada por meio do monitoramento de amostras de água bruta (AB), água tratada por filtração (ATF) e saída da água tratada por filtração e adsorção (ATF-A). Os experimentos foram realizados no Laboratório de Águas e Ecotoxicologia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), *Campus* Cerro Largo.

### Amostra de estudo

A água utilizada no estudo foi coletada em um poço de captação e abastecimento no meio rural no município de Cerro Largo – RS no mês de março de 2022. A água bruta passou por processo de desinfecção previamente ao abastecimento.

### Construção do RLF-BF

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

O leito filtrante era constituído de areia com tamanho efetivo 0,25 mm, diâmetro médio de 100 mm e altura no leito fixo igual a 15 cm. A areia, previamente ao uso, passou por lavagem com água ultrapura e secagem em estufa a 110 °C durante 24 h. O leito filtrante/adsorvente possuía 25 cm de altura, com diâmetro médio de 200 mm e foi constituído de CAG

---

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

comercial oriundo do epicarpo do babaçu (*Orbignya phalerata*) e ativado fisicamente por vapor d'água. O preparo do CAG consistiu na lavagem com água ultrapura até que todo o pó do CAG fosse removido e o pH da água de lavagem se mantivesse constante. Após, o material foi seco em estufa a  $150\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 4 h.

Em ambos os leitos, adicionou-se camada suporte de seixos rolados de diferentes tamanhos e espessura da camada de 0,25 m.

## Procedimento experimental

A AB armazenada em um reservatório de 200 L foi encaminhada ao leito filtrante de areia operando em fluxo descendente. Após atingir a camada suporte, a ATF passava para o leito filtrante/adsorvente de CAG operando em fluxo ascendente até a coleta da ATF-A. O RLF-BF operou com taxa de aplicação superficial (TAS) de  $120\text{ m}^3\text{ m}^{-2}\text{ d}^{-1}$ , conforme a ABNT NBR n° 12.216/92. Durante a operação do RLF-BF, monitorou-se a perda de carga dos leitos filtrante e adsorvente.

As amostras AB, ATF e ATF-A foram analisadas considerando os parâmetros: cloro livre, cor aparente, pH, turbidez e coliformes totais e termotolerantes.

## Resultados

Os resultados obtidos para os parâmetros de pH, turbidez e cor aparente estão evidenciados na Tabela 1. Estes parâmetros são contemplados pela Portaria n° 888/2021, sendo padrões considerados para potabilidade da água.

Tabela 1 – Resultados observados de pH, turbidez e cor aparente.

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

Fonte: As autoras (2022).

Quanto ao pH, observa-se que não houve grande discrepância dos valores, os quais variaram entre 7,2 a 9, se mantendo em condições alcalinas. Nota-se diferenças apenas nos valores de pH das amostras de ATF-A, tendendo a neutralidade. Segundo a Portaria nº 888/2021 do MS, a faixa de pH recomendada é de 6 a 9. Com isso, todas as amostras observadas se enquadram neste padrão de potabilidade. O controle do valor do pH é fundamental no controle da desinfecção, sendo que a cloração perde eficiência em pH elevado (HELLER e PÁDUA, 2010).

Nas amostras de ATF e ATF-A houve um aumento da turbidez em relação às amostras de AB. Entretanto, comparando-se os valores das amostras de ATF-A com as de ATF, observa-se que a partir da 5ª amostragem houve uma redução média de 22% da turbidez. A Portaria nº 888/21 do MS estabelece um valor máximo permitido de 5,00 uT. Com isso, o único valor incompatível com o estabelecido pela normativa foi o observado na amostra 0 de ATF-A, sendo que todos os demais foram identificados como abaixo do valor máximo permitido (VMP).

No tocante ao parâmetro cor aparente e comparando-se a ATF e a ATF-A no RLF-BF, houve uma redução média de 33,2% da cor aparente, sendo o CAG se mostrou eficiente na redução deste parâmetro, demonstrando tendência em diminuir ao longo da operação. O VMP descrito na Portaria nº 888/21 é de 15,00 uC. Desse modo, o RLF-BF atendeu ao estabelecido pela referida Portaria.

Considerando os parâmetros de turbidez e cor aparente, nota-se que não houve diferenças significativas nas amostras de AB para ATF e ATF-A. Este comportamento se justifica pela possibilidade de ter ocorrido arraste de partículas dos leitos durante a operação do sistema. Entretanto, cabe destacar que, quando comparadas as 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.

Quanto ao parâmetro de cloro livre, os resultados de todas as amostras de AB, ATF e ATF-A foram inferiores a 0,01 mg.L<sup>-1</sup>. A Portaria nº 888/2021 do MS estabelece VMP de 5mg L<sup>-1</sup> e um valor mínimo de 0,2 mg L<sup>-1</sup>. Desse modo, não foi identificada alteração nos valores de cloro livre por parte dos processos de tratamento de RLF-BF.

Quanto às análises microbiológicas, detectou-se a presença de coliformes totais e termotolerantes nas amostragens 0 e 10 de AB e ATF-A. Para certificação, realizou-se contra-prova por meio de um teste em amostra de AB *in loco* no poço rural e o teste resultou em ne-

gativo. Conforme os padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria nº 888/2021 do MS, uma amostra de 100 mL deve apresentar ausência de coliformes totais e termotolerantes. Desse modo, considera-se a possibilidade da ocorrência de contaminação cruzada durante o processo, desde a coleta diretamente no poço até as atividades em laboratório.

### **Conclusão**

Diante dos resultados obtidos, pode-se concluir que o RLF-BF melhorou a qualidade da água de abastecimento rural nas amostragens ATF-A, sendo eficiente para os parâmetros de cor aparente (33,2%), pH (7,2 a 9) e turbidez (22%), estando a ATF-A de acordo com os padrões de potabilidade estabelecidos na Portaria nº 888/2021 do MS para os parâmetros cor aparente, turbidez e pH. Os parâmetros cloro residual livre e coliformes totais e termotolerantes, ficaram em desacordo com o estabelecido pela norma.

### **Referências**

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 Nº 888, de 4 de maio de 2021. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF 2021.

DI BERNARDO, Luiz; DANTAS, Angela Di Bernardo. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. São Carlos: RiMa, 2005.

EBRAHIMZADEH, Salma; WOLS, Bas; AZZELLINO, Arianna; KRAMER, Franca; VAN DER HOEK, Jan Peter. 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, Léo; PÁDUA, Valter de Lúcio. **Abastecimento de água para consumo humano**. 2. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010.

KATSIGIANNIS, A.; NOUTSOPOULOS, C.; MANTZIARAS, J., GIOLDASI, M. Removal of emerging pollutants through Granular Activated Carbon. **Chemical Engineering Journal**, 2015, v. 280, p.49-57. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2015.05.109>. Acesso em: 11 de ago. 2022.

RICHTER, Carlos A. **Água: Métodos e Tecnologia de Tratamento**. São Paulo: Editora Blucher, 2009.