

## ANÁLISE PRELIMINAR DE EXPANSÃO DE LEITO DE AREIA EM UM REATOR DE LEITO FIXO BI-FLUXO CONTÍNUO (RLF-BFC)

**Milena Santiago Chiquim**

Universidade Federal da Fronteira Sul - Campus Cerro Largo  
milena\_chiquim@hotmail.com

**Renata Welter Martins**

Universidade Federal da Fronteira Sul - Campus Cerro Largo  
welter\_martins@hotmail.com

**Aline Raquel Müller Tones**

Universidade Federal da Fronteira Sul - Campus Cerro Largo  
aline.tones@uffs.edu.br

**Alcione Aparecida de Almeida Alves**

Universidade Federal da Fronteira Sul - Campus Cerro Largo  
alcione.almeida@uffs.edu.br

### *Eixo 03: Engenharias*

**Resumo:** A filtração rápida em leito de areia é um processo amplamente utilizado devido seu baixo custo e facilidade de operação. Dentre os fatores que garante a eficiência desse processo, destaca-se a necessidade de limpezas periódicas. A retrolavagem é uma das alternativas descritas para limpeza rápida e eficiente dos leitos de areia e durante este processo é necessário que se garanta uma velocidade mínima de fluidização para melhor expansão do leito filtrante, sem que ocorra perdas de material e que promova a máxima remoção das impurezas retidas. Diante disto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento de expansão de um leito filtrante durante o processo de retrolavagem em um novo modelo de reator para potabilização de água. Para isto, foram realizados ensaios em um Reator de Leito Fixo Bi-Fluxo Contínuo (RLF-BFC), onde por meio de uma bomba centrífuga (DANCOR/CP-4R 0,5CV) controlada por um painel com inversor de frequência e potenciômetro acoplados (WEG/CFW<sup>10</sup> EASYDRIVE) a água era inserida em sentido contracorrente no leito de areia, tendo sido monitorados os parâmetros de expansão do leito e vazão de entrada, durante toda realização da retrolavagem. Os resultados indicam um comportamento semelhante ao esperado, ou seja, com proporcionalidade de expansão e velocidade ao longo de todo processo, entretanto, este estudo não apresentou um comportamento linear quanto à relação da expansão do leito e a velocidade de aproximação.

**Palavras-chave:** Retrolavagem. Expansão de Leito. Filtração rápida

### Introdução

A filtração consiste em um processo utilizado para remoção de partículas suspensas e coloidais de soluções aquosas. Devido ao baixo custo e facilidade de implantação/operação, a filtração em leito de areia é amplamente utilizada em sistemas de potabilização de água. Os principais fatores que podem influenciar na eficiência do processo de filtração estão relacionados as características das partículas suspensas, do meio filtrante e hidráulicas (GARCÍA-ÁVILA *et al.*, 2020). Para fins de potabilização de água comumente é empregada a filtração rápida e por vezes a filtração lenta, ambas diferem entre si devido a taxa de filtração aplicada e a granulometria do meio filtrante (DI BERNARDO & DANTAS, 2005).

Em termos operacionais, o acúmulo de partículas retidas na camada filtrante afeta diretamente a eficiência do processo, dessa forma, a filtração em leito de areia demanda de limpezas periódicas para garantir seu funcionamento. A retrolavagem é uma alternativa para limpeza dos filtros, em que filtros de pequena escala apresentam como maiores vantagens a facilidade e rapidez de limpeza, menor uso e perda de material filtrante, além da alta eficiência comprovada (SOUZA; PIZZOLATTI; SENS, 2021).

Durante a operacionalização da retrolavagem os principais fatores que devem ser considerados são a fluidização e expansão da camada filtrante devido a inserção da água em fluxo contrário. Diversos estudos mostram que a expansão ótima do leito depende principalmente do modelo do filtro, da granulometria e homogeneidade das partículas, bem como a vazão empregada (HUNCE; SOYER; AKGIRAY, 2018; SALCEDO; TESTEZLAF; MESQUITA, 2011). Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi avaliar a expansão do leito de areia durante o processo de retrolavagem no filtro de areia do RLF-BFC empregado para potabilização de água subterrânea.

### **Manutenção de Filtros de Areia - Retrolavagem**

Por efeito do acúmulo de partículas, filtros de areia demandam de limpezas periódicas para garantir a eficiência do processo. Sendo considerada extremamente vantajosa, a retrolavagem realiza a limpeza do leito pela inserção da água em sentido contracorrente, em uma vazão controlada que garanta a expansão adequada do meio filtrante, onde é possível assegurar uma limpeza rápida e eficiente do filtro (MARNOTO, 2008). Os parâmetros fundamentais que devem ser considerados durante a operação da retrolavagem são: a perda de carga, a velocidade mínima e a fluidização expansão do meio filtrante (SOUZA, 2013).

## Fluidização e Expansão do Meio Filtrante

Durante o processo de retrolavagem ocorre a fluidização do leito filtrante, fenômeno que consiste em dar propriedades de um fluido para partículas sólidas. A fluidização depende da inserção de um fluido em velocidade mínima, a qual consiga levantar as partículas em uma altura previamente determinada sem que ocorra perdas do material do leito (KURODA *et al.*, 2020). A partir do momento que atingida a velocidade mínima de fluidização, o leito passa a se expandir proporcionalmente ao aumento da velocidade superficial, permitindo determinar qual será o nível máximo de expansão, e garantindo que ocorra a perda mínima de material filtrante e máxima remoção das impurezas retidas (WOOD; STORBRÅTEN; NEUBAUER, 2020).

### Metodologia

O presente estudo avaliou, por meio de pesquisa experimental (GIL, 2008) e realização de testes preliminares, a expansão de um leito fixo filtrante integrante do sistema de um Reator de Leito Fixo Bi-Fluxo Contínuo (RLF-BFC) desenvolvido por Alves *et al.* (2018)<sup>1</sup>, para aplicação na potabilização de água de abastecimento. Os ensaios foram realizados nas dependências do Laboratório de Águas e Ecotoxicologia da Universidade Federal da Fronteira Sul - *Campus* Cerro Largo, Rio Grande do Sul (RS), Brasil.

### Sistema do RLF-BF

A construção do RLF-BF baseou-se em estudos preliminares realizados por Alves *et al.* (2018)<sup>1</sup>, empregando definições estabelecidas pela NBR 12.216 (ABNT, 1992) que trata de projetos de Estações de Tratamento de Água (ETA) para abastecimento público considerando filtros rápidos. O RLF-BFC alia o processo de filtração em leito fixo de areia a filtração/adsorção em leito fixo constituído por carvão ativado granular (CAG). O presente estudo concentrou-se no leito fixo filtrante composto por uma camada suporte com altura igual a 0,25 m de seixos rolados e uma camada filtrante de areia de 0,25 m de altura.

### Procedimento experimental

---

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

Os ensaios preliminares de expansão de leito de areia se deram a partir da inserção de água em sentido ascendente no leito, fazendo com que as partículas de areia se movimentassem objetivando a expansão e fluidização do leito. A água utilizada nos ensaios provém de captação subterrânea que abastece o *Campus* da Universidade.

Para controle da vazão de entrada da água no leito, utilizou-se um sistema composto por uma bomba centrífuga (DANCOR/CP-4R 0,5CV) controlada por um painel com inversor de frequência e potenciômetro acoplados (WEG/CFW<sup>10</sup> EASYDRIVE). O monitoramento e coleta de dados de vazão foi realizado por meio de um medidor de vazão digital (K24) alocado na saída da bomba e entrada da água no leito. Para análise, foram monitorados os parâmetros de expansão do leito e perda de carga e vazão aplicada.

## Resultados e Discussão

A partir dos ensaios realizados, na Tabela 1 estão apresentados os valores observados para cada parâmetro durante o procedimento experimental além da velocidade de aproximação calculada para cada expansão.

Tabela 1 - Resultados dos ensaios de expansão obtidos no leito filtrante de areia.

Perda de carga (cm)	Expansão (%)	Vazão (cm <sup>3</sup> .min <sup>-1</sup> )	Velocidade de aproximação (cm.min <sup>-1</sup> )
2,5	10	2772,4	8,8
6,25	25	3350,9	10,7
12,5	50	3578	11,4
18,75	75	3747,2	11,9
25	100	3906,7	12,4
31,25	125	3918,1	12,5
37,5	150	3946,4	12,6
43,75	175	4146,2	13,2
50	200	4284,2	13,6
56,25	225	4418,6	14,1

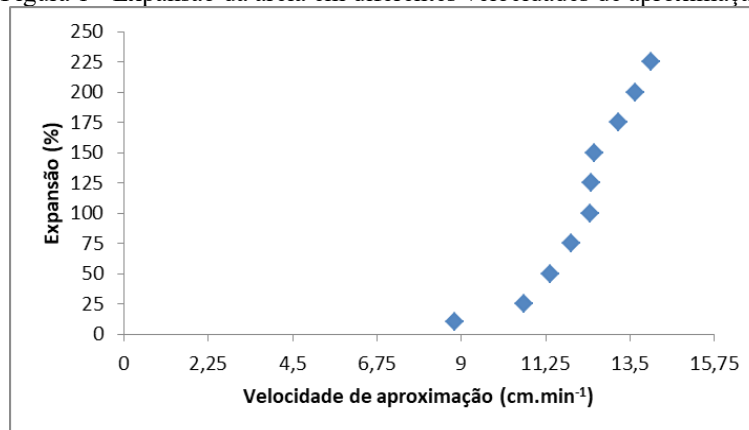
Fonte: As autoras (2023).

Nota: diâmetro da coluna: 0,2 m; área da coluna: 0,0314 m<sup>2</sup>.

Na Figura 1 se encontra a relação entre a velocidade de aproximação e a expansão do leito a partir dos dados coletados nos ensaios. Os resultados observados nos ensaios apresentam-se semelhantes ao comportamento esperado, ou seja, de forma crescente (Figura 1). No entanto, divergem da literatura que apresenta um comportamento linear como sendo ideal

quando se relaciona a expansão do leito e a velocidade de aproximação. Em contrapartida, analisando o intervalo de expansão de 25% a 100% (Figura 1), pode-se verificar a proporcionalidade entre este parâmetro e a velocidade, ou seja, à medida que a velocidade aumenta neste intervalo, a expansão do leito também aumenta.

Figura 1 - Expansão da areia em diferentes velocidades de aproximação.



Fonte: As autoras (2023).

De acordo com Richter (2009), dois mecanismos atuam durante a lavagem de um filtro: a colisão de partículas, enquanto não há expansão do meio, e o cisalhamento hidrodinâmico, quando o meio expande e diminui a probabilidade de colisão. Segundo o mesmo autor, a velocidade (ou taxa) de lavagem deve ser suficiente para arrastar o material acumulado no filtro sem remover as partículas mais finas do leito filtrante. Segundo Di Bernardo e Dantas (2005), a expansão considerada eficiente para retrolavagem de filtros rápidos é de 40%. Conforme os pré-testes realizados, observa-se uma expansão de 50% com velocidade de aproximação igual a 11,4 cm min<sup>-1</sup> (Figura 1).

Um dos fatores que pode ter influenciado os resultados é o fato de ter operado em vazões baixas e que não foram suficientes para que fosse atingida a velocidade mínima de fluidização de partículas da areia, o que acaba comprometendo o processo. Koerig (2022), ao avaliar a expansão de um leito de areia em função da velocidade de aproximação, obteve 40% de expansão operando com uma velocidade ascensional da água de 0,49 m.min<sup>-1</sup>. Esse valor corresponde a aproximadamente 4 vezes a velocidade aplicada no presente estudo para uma expansão de 50% do leito filtrante.

Outro fator a ser considerado é a possibilidade da crepina, parte integrante da coluna responsável por distribuir a água quando em fluxo contracorrente, apresentar acúmulo de areia

em seu interior, criando caminhos preferenciais no leito. No entanto, cabe destacar que os ensaios realizados foram tratados como pré-testes e os resultados obtidos servirão de base para um estudo mais aprofundado do comportamento do leito em futuras operações de retrolavagem.

### Considerações Finais

Diante dos resultados apresentados foi possível analisar de forma preliminar o comportamento de um leito fixo de areia integrante do sistema de um Reator de Leito Fixo Bi-Fluxo Contínuo (RLF-BFC) quanto à expansão do leito em processo de retrolavagem. Os resultados demonstraram que entre 25% e 100% de expansão, o leito apresentou um comportamento esperado, tendendo a linearidade. Analisando os dados na íntegra, pôde-se observar que fatores como a aplicação de baixas vazões e o possível acúmulo de material particulado na crepina podem ter influenciado nos resultados. No entanto, esses pré-testes poderão servir de base para um estudo mais aprofundado em futuras operações de retrolavagem do leito.

### Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 12.216/1992**: Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público: procedimento. Rio de Janeiro, 1992. BRASIL.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. 2. ed. São Carlos: Rima, 2005. 1565 p. 2 v.

GARCÍA-ÁVILA, Fernando *et al.* Optimization of water use in a rapid filtration system: a case study. **Water-Energy Nexus**, [S.L.], v. 3, p. 1-10, 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wen.2020.03.005>.

GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2008.

HUNCE, Selda Yigit; SOYER, Elif; AKGIRAY, Ömer. On the backwash expansion of graded filter media. **Powder Technology**, [S.L.], v. 333, p. 262-268, jun. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2018.04.032>.

KOERIG, Larissa Lis do Amparo. **Avaliação da retrolavagem em um sistema de filtração lenta utilizando areia e carvão antracitoso como material filtrante**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 66 p. 2022.

KURODA, Masao *et al.* The Fluidization Backwash Method of Filter Beds by Air-water Bubbly Flow. **Journal of Water and Environment Technology**, [S.L.], v. 18, n. 6, p. 349-358, 2020. Japan Society on Water Environment. <http://dx.doi.org/10.2965/jwet.20-014>.

MARNOTO, Maria João Estêvão. **Expansão da areia durante a retrolavagem dos filtros lentos - influência sobre a qualidade da água para abastecimento e a duração das carreiras**. 2008. 62 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

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

SALCEDO, Juan C; TESTEZLAF, Roberto; MESQUITA, Márcio. Processo da retrolavagem em filtros de areia usados na irrigação localizada. **Engenharia Agrícola**, [S.L.], v. 31, n. 6, p. 1226-1237, dez. 2011. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-69162011000600020>.

SOUZA, Fernando Hymno de. **Influência do diâmetro efetivo do meio filtrante em filtros lentos retrolaváveis**. 2013. 44 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

SOUZA, Fernando Hymnô de; PIZZOLATTI, Bruno Segalla; SENS, Maurício Luiz. Backwash as a simple operational alternative for small-scale slow sand filters: from conception to the current state of the art. **Journal of Water Process Engineering**, [S.L.], v. 40, p. 101864, abr. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101864>.

WOOD, Jaran Raymond; STORBRÅTEN, Tone; NEUBAUER, Timo. Expansion and Headloss Dependencies for Flowrate and Fluidization during Backwashing of Sand, Anthracite and Filtralite® Expanded Aluminosilicate Filters. **Water**, [S.L.], v. 12, n. 10, p. 2790, 8 out. 2020. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/w12102790>.