



# REMOÇÃO DE MICROCONTAMINANTES POR O<sub>3</sub>-BAC: OTIMIZAÇÃO DA DOSE DE O<sub>3</sub> E CARACTERIZAÇÃO DOS BIOFILTROS

**Palavras-Chave:** CARVÃO GRANULAR ATIVADO, PESTICIDAS, OZÔNIO

**Autores e coautores:**

**JACQUELINE APARECIDA MALVESTITI, FT – UNICAMP**

**LUAN ARAUJO CAMARA, FT - UNICAMP**

**MARIA JULIA DOS SANTOS, FT – UNICAMP**

**RODRIGO PEREIRA CALVALCANTE, FT - UNICAMP**

**Prof<sup>(a)</sup>. Dr<sup>(a)</sup>. RENATO FALCÃO DANTAS (orientador), FT - UNICAMP**

---

## INTRODUÇÃO:

A expansão de centros urbanos, indústrias, agricultura e pecuária vêm aumentando exponencialmente a contaminação de rios, lagos e reservatórios, por inúmeros compostos sintéticos, conhecidos como contaminantes emergentes (CEs). Aliado a contaminação das fontes de água, surge também, um problema importantíssimo: a escassez de água. Neste contexto, a utilização da água de reuso têm se destacado como uma importante alternativa (MARIN et al., 2016).

Os tratamentos convencionais de efluentes, não possuem capacidade para remover tais compostos e, portanto, se faz necessário o desenvolvimento de novas formas de tratamentos mais eficientes para sua remoção e que garantam uma qualidade de água que seja adequada para reuso (MOURA e ARANHA, 2020).

Os processos baseados em ozonização são métodos viáveis para o tratamento de águas residuais visando o reuso. No entanto, uma das limitações como tratamentos únicos são os altos custos operacionais envolvidos. Uma tecnologia promissora que é a combinação de tecnologias avançadas com biofiltros (principalmente filtros de carvão ativado biológico, BAC), onde sua principal característica é a capacidade de remover compostos recalcitrantes através de metabolização microbiana e adsorção das moléculas no biofilme. Nesse contexto, o presente projeto propôs aplicar a combinação de processos baseados em ozonização com biofiltração. A primeira etapa consiste na ozonização e a segunda, a biofiltração pelas colunas de BAC. Foi avaliada a remoção de cinco pesticidas, sendo eles, os pesticidas alaclor, atrazina, carbofurano, metolaclo e molinato. Os filtros de BAC já estão em operação e foram construídos a partir de dois diferentes tipos de carvão ativado granular, GAC, sendo um adquirido da Sigma-Aldrich (Darco®, 12-20 mesh) e o outro da empresa comercial de tratamento de água BFilters com granulometria de 12-25 mesh. Após a investigação da remoção dos

microcontaminantes no processo O<sub>3</sub>-BAC, foi realizada a caracterização metagenômica do carvão ativo biológico, para avaliar a mudança da comunidade bacteriana em função da presença dos microcontaminantes.

## METODOLOGIA:

(A) Realização da coleta de efluente na saída da unidade de tratamento secundário (tanque de lodo ativado) da estação de tratamento de efluentes “Águas da Serra” localizada na cidade de Limeira SP e análise de caracterização físico-química, avaliando os parâmetros inerentes ao processo, segundo APHA, AWWA, WEF (2012): demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), pH, alcalinidade, sólidos suspensos totais (SST), turbidez, cor, aromaticidade (determinada por medidas de UV254nm) e carbono orgânico dissolvido (COD).

(B) Preparação as soluções padrões dos pesticidas de interesse, sendo eles alaclor, atrazina, carbofurano, metalocloro e molinato, com concentrações determinadas pela bibliografia. Foi preparado também a solução de trabalho de padrão interno (metolacloro-d6), utilizado nas quantificações dos analitos em estudo. Após, foi feita uma solução contendo todos os pesticidas (denominado de mix) com a função de contaminar as amostras de efluentes, na concentração de contaminantes dependendo do estudo em questão.

(C) Experimentos de degradação dos microcontaminantes realizados em duas etapas:

1º etapa: Ozonização de em uma quantidade pré-definida de efluente já condicionado com os microcontaminantes nas concentrações de interesse. O ozônio será produzido por um gerador de ozônio (modelo O&L 1.5RM da Ozone&Life) com capacidade máxima de produção de ozônio de 70,0 mgO<sub>3</sub>/L. A concentração de ozônio na fase aquosa foi medida por meio de uma técnica indireta de iodometria, onde o ozônio gasoso foi borbulhado em uma solução de KI 2% e depois titulado com uma solução padronizada de tiosulfato de sódio (TJAHJANTO et al. 2012).

2º etapa: Subsequentemente, após o efluente contendo os microcontaminantes serem submetidos a ozonização, o mesmo foi submetido a filtração pelos filtros biológicos (Figura 1) e coletados na saída do filtro para ser analisados por cromatografia gasosa acoplado a um espectrômetro de massas (GC-MS). Neste estudo, foram avaliadas as seguintes variáveis:

(a) dosagem de ozônio aplicada (5 mg O<sub>3</sub>/L, 10 mg O<sub>3</sub>/L e 15 mg O<sub>3</sub>/L); (b) tempo de filtração e contato da amostra com o biofiltro; (c) filtração com os diferentes biofiltros para investigar o efeito da altura da coluna de carvão ativado e o tipo de carvão ativado. As seguintes configurações das colunas foram construídas: (i) uma coluna empacotada com aproximadamente 25 cm de GAC (denominado de BAC 1) e (ii) uma coluna empacotada com 50 cm de GAC (BAC 2), ambos com o carvão ativado adquirido da BFilters; (iii)

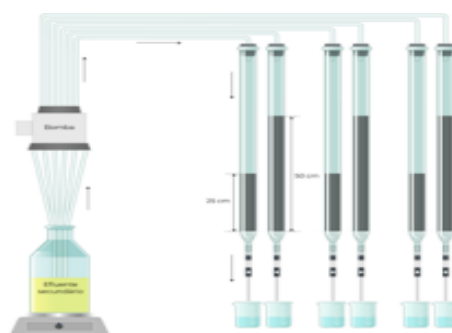


Figura 1: Configuração das colunas BAC - esquema e protótipo real

uma coluna empacotada com 25 cm de GAC (denominado de BAC 3) e (iv) e com 50 cm de GAC (BAC 4), ambos com o carvão ativado adquirido da Sigma-Aldrich.

(D) Caracterização metagenômica dos biofilmes após filtração das amostras de efluente contendo os contaminantes em estudo

(E) Revisão bibliográfica e preparação de artigo científico referente a remoção dos contaminantes pelo sistema  $O_3$ /BAC.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para avaliar a eficiência dos biofiltros, as amostras contaminadas com os pesticidas foram levadas diretamente à etapa de filtração e avaliação de tempo de contato com o BAC partindo do inicial até 210 minutos, onde por meio da análise de cromatografia gasosa acoplado a um espectrômetro de massas obteve-se resultados satisfatórios de remoção dos contaminantes, como apresentado nos gráficos a seguir.

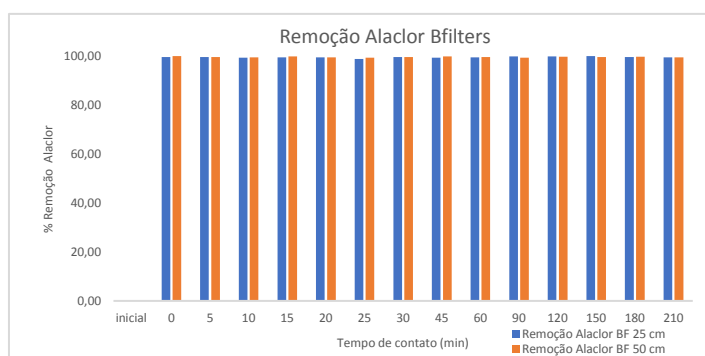


Figura2 - Remoção Alaclor x tempo

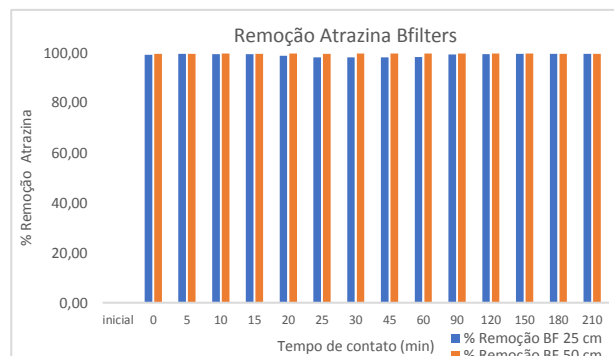


Figura3 - Remoção Atrazina x tempo

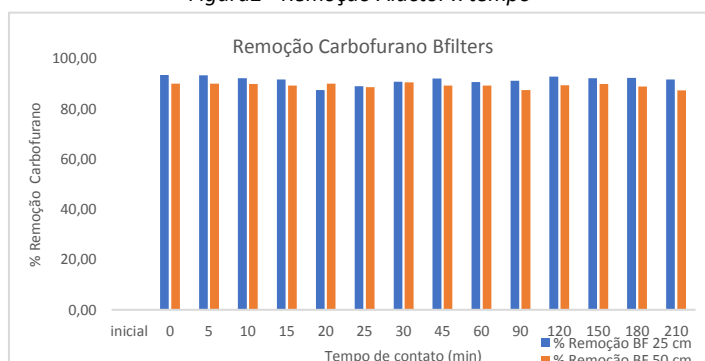


Figura 4- Remoção Carbofurano x tempo

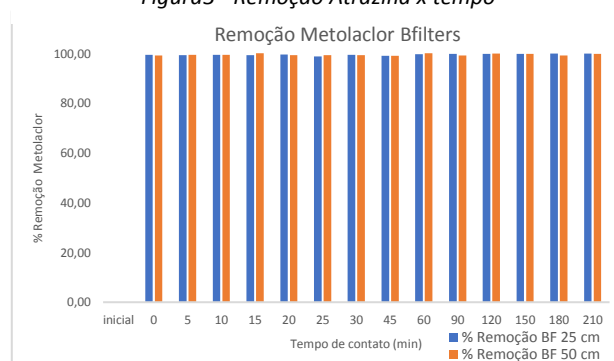


Figura 5- Remoção Metolaclor x tempo

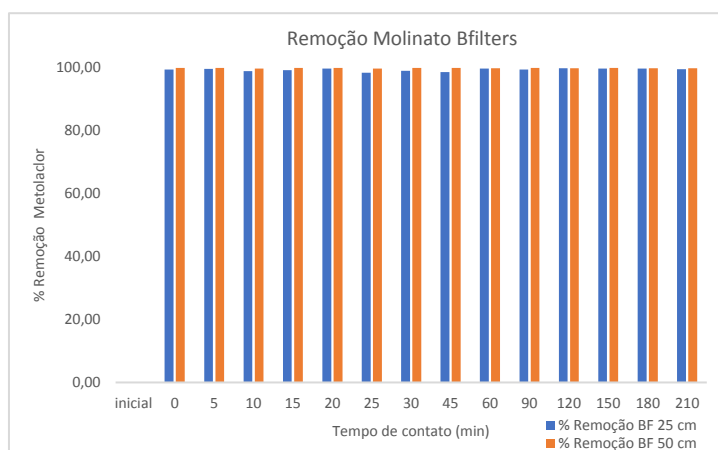


Figura 6- Remoção Molinato x tempo

Com isso, temos a figura 7 com as porcentagens de remoção de cada pesticida. Nesta etapa, é evidente a eficiência dos biofiltros, no entanto, estes resultados foram os únicos obtidos nesta pesquisa, devido a um problema com o GS-MS, no qual acarretou em um grande atraso, atrapalhando a etapa de análise do sistema O<sub>3</sub>-BAC, o qual é o objetivo das futuras pesquisas realizadas pelo Laboratório de Tratamento Avançado de Águas e Efluentes (OXLAB), contanto com a análise de toxicidade.

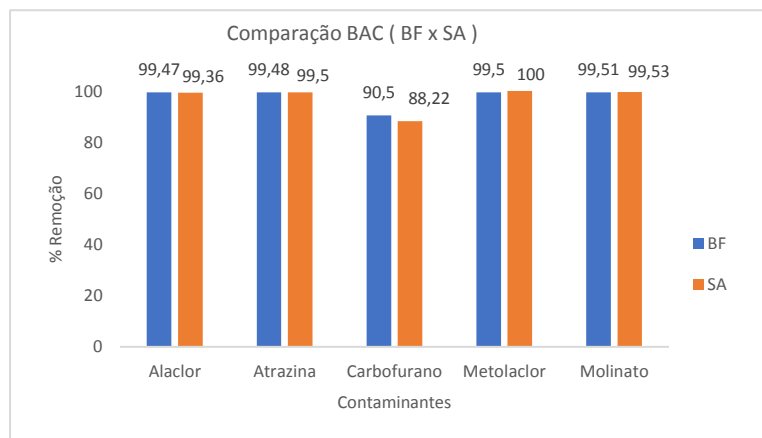


Figura 7 – Remoção % x contaminantes

## CONCLUSÕES

Os biofiltros mostraram-se muito eficientes com a remoção dos pesticidas em estudo, o que é um progresso para alcançar os objetivos de remover os contaminantes emergentes de efluentes e ainda proporcionar uma boa qualidade de água para reuso. É válido ressaltar que o processo multibarreiras não foi analisado por problemas de estrutura e tempo, no entanto, tornou-se o principal objetivo das futuras pesquisas, a quais contaram ainda com testes de toxicidade, influência de íons inorgânicos, metais e microcontaminantes, e desta forma, obter água para reuso realmente segura, ajudando a sociedade a enfrentar o problema de escassez hídrica e minimizando significativamente a contaminação dos corpos d'água.

## BIBLIOGRAFIA

- APHA, AWWA, WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22th ed. Washington (DC): American Public Health Association; 2012.
- COSGROVE, S.; JEFFERSON B.; JARVIS P. **Application of activated carbon fabric for the removal of a recalcitrant pesticide from agricultural run-off**. Science of the Total Environment v. 815, p.152626, 2022.
- GODOI, A.; MAZUMDER, P.; TYAGI V. K.; CHAMINDA G.G. T.; AN, A. K.; KUMAR M. **Occurrence and fate of emerging contaminants in water environment: A review**. Groundwater for Sustainable Development, v. 6, p. 169–180, 2018.
- JUSTO, A.; GONZÁLEZ, O.; SANS, C.; ESPLUGAS, S. **BAC filtration to mitigate micropollutants and EfOM content in reclamation reverse osmosis brines**. Chemical Engineering Journal, v. 279 p. 589–596, 2015.
- MARIN, F. R.; PILAU, F. G.; SPOLADOR, H. F. S.; OTTO, R.; PEDREIRA, C. G. S. **Intensificação sustentável da agricultura brasileira: cenários para 2050**. Revista de Política Agrícola, v. 25, n. 3, p. 108-124, 2016.
- MICHAEL-KORDATOU, I.; MICHAEL, C.; DUAN, X.; HE, X.; DIONYSIOU, D.D.; MILLS, M.A.; FATTA-KASSINOS, D. **Dissolved effluent organic matter: Characteristics and potential implications in wastewater treatment and reuse applications**. Water Research, v. 77, p. 213–248, 2015.

Moura PG, Aranha FN, Handam NB, Martin LE, Salles MJ, Carvajal E, et al. **Água de reúso: uma alternativa sustentável para o Brasil**. Eng Sanit Ambient [Internet]. 2020;25(6):791–808.

PAN, Z.; SONG, C.; LI, L.; WANG, H.; PAN, Y.; WANG, C.; LI, J.; WANG, T.; FENG, X. **Membrane technology coupled with electrochemical advanced oxidation processes for organic wastewater treatment: Recent advances and future prospects**, Chemical Engineering Journal, v. 376, p. 120909, 2019.

PEÑA-GUZMÁN, C.; ULLOA-SÁNCHEZ, S.; MORA, K.; HELENA-BUSTOS, R.; LOPEZ-BARRERA, E.; ALVAREZ, J.; RODRIGUEZ-PINZÓN, M. **Emerging pollutants in the urban water cycle in Latin America: A review of the current literature**. Journal of Environmental Management, v. 237 p. 408–423, 2019.

TEODOSIU, C. GILCA, A-F.; BARJOVEANU, G.; FIORE, S. **Emerging pollutants removal through advanced drinking water treatment: A review on processes and environmental performances assessment**. Journal of Cleaner Production, v. 197 p. 1210-1221, 2018.

TJAHJANTO, R.T.; GALUH, D.R.; WARDANI, S. **Ozone determination: A comparison of quantitative analysis methods**. The Journal of Pure and Applied Chemistry Research v. 1, p. 18–25, 2012.

WANG, W-L.; CAI, Y-Z.; HU H-Y., CHEN, J.; WANG, J.; XUE, G.; WU, Q.-Y. **Advanced treatment of bio-treated dyeing and finishing wastewater using ozonebiological activated carbon: A study on the synergistic effects**. Chemical Engineering Journal, v. 359, p. 168–175, 2019.

World Health Organization, WHO. (2017). **Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating first addendum**, 4th ed + 1st add. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/254637>. Licença: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. ISBN 978-92-4-154995-0.