

## 13º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2022

### USO DE CARVÃO ATIVADO NA REMOÇÃO DE TRIHALOMETANOS (THM) E DE SEUS PRECURSORES EM ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Bruno Moreira de Oliveira<sup>1</sup>, Patrícia dos Santos Lisboa<sup>2</sup>, Maria Raquel Manhani<sup>3</sup>, Vanessa Aparecida Soares<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Graduando em Bacharelado em Química Industrial - IFSP Câmpus Suzano - moreira.bruno1@aluno.ifsp.edu.br.

<sup>2</sup> Graduando em Bacharelado em Química Industrial - IFSP Câmpus Suzano - patricia.lisboa@aluno.ifsp.edu.br.

<sup>3</sup> Docente do curso de Bacharelado em Química Industrial - IFSP Câmpus Suzano - Doutora em Tecnologia dos Alimentos - raquelmanhani@ifsp.edu.br.

<sup>4</sup> Docente do curso de Bacharelado em Química Industrial - IFSP Câmpus Suzano - Doutora em Biotecnologia - soavan@ifsp.edu.br.

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 1.06.04.07-3 Análise de Traços e Química Ambiental

**RESUMO:** Os trihalometanos (THM) são compostos orgânicos halogenados encontrados em água de abastecimento humano após a cloração, provenientes da reação do cloro livre residual com a matéria orgânica natural (MON), oriunda da decomposição de plantas e da ação dos micro-organismos. Essa pesquisa teve como objetivo elaborar uma revisão bibliográfica sobre a utilização do carvão ativado na remoção de THM e de seus precursores em água de abastecimento. Diversas pesquisas têm mostrado que a técnica de adsorção por carvão ativado é uma alternativa para remoção de THM e de seus precursores, devido à vantagem de ser regenerado e utilizado novamente. O uso do carvão ativado é benéfico ao meio ambiente, visto que há muitos materiais biodegradáveis de origem mineral, vegetal e animal que podem ser utilizados como carvão ativado na mitigação de poluentes em água.

**PALAVRAS-CHAVE:** Trihalometanos; Matéria orgânica natural; Água potável; Adsorção.

### USE OF ACTIVATED CARBON TO REMOVE TRIHALOMETHANES AND THEIR PRECURSORS IN DRINKING WATER: REVIEW

**ABSTRACT:** Trihalomethanes (THMs) are halogenated organic compounds found in drinking water after chlorination, originating from the reaction of residual free chlorine with natural organic matter (NOM) and originating from the decomposition of plants and microorganisms. This research aimed to elaborate a review on the use of activated carbon in the removal of THM and its precursors in drinking water. Several types of research have shown that the technique of adsorption by activated carbon is an alternative for the removal of THM and its precursors, due to the advantage of being regenerated and used again. The use of activated carbon is beneficial to the environment since there are many biodegradable materials of mineral, plant, and animal origin that can be used as activated carbon in the mitigation of pollutants in water.

**KEYWORDS:** Trihalomethanes; Organic natural matter; drinking water; adsorption.

## INTRODUÇÃO

O crescimento da sociedade civil em meio à urbanização, causou o aumento da demanda dos recursos hídricos, e como consequência, a poluição dos corpos de água devido ao despejo inapropriado de poluentes oriundos de esgotos domésticos não tratados e aos efluentes industriais. Tal fato tem preocupado autoridades quanto ao elevado custo no processo de tratamento de água na remoção de contaminantes químicos e de micro-organismos (COSTA, 2022).

Uma etapa importante no tratamento de água é a utilização de cloro no processo de desinfecção, que tem por objetivo eliminar micro-organismos causadores de doenças aos seres humanos e animais, entretanto, o cloro residual livre na presença de MON, oriunda de plantas e do metabolismo microbiano, formam subprodutos de desinfecção como os THM, os quais são compostos orgânicos halogenados representados pelo clorofórmio, dibromoclorometano, bromodichlorometano e tribromometano (OLIVEIRA et al., 2020). Pesquisas realizadas no Brasil têm mostrado elevada concentração de THM em água para consumo humano em algumas cidades, ultrapassando o limite de  $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$  de THM totais determinado pelo Ministério da Saúde. Estudos têm mostrado a relação da presença de THM em água com o desenvolvimento de câncer em seres humanos (BRASIL, 2011; FREITAS, 2022). Em razão da problemática apresentada, esta pesquisa tem o objetivo de descrever a eficiência do uso do carvão ativado na remoção e redução de THM e de seus precursores na água para consumo humano.

## MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo é pautado na revisão da literatura. Para esse fim, recorreu-se às bases de dados Periódicos CAPES, SciELO, Banco Digital de Teses e Dissertações e Google Scholar, por reunirem periódicos internacionais e nacionais. O levantamento foi realizado no período de fevereiro a setembro de 2022, por meio dos descritores “*trihalometanos*”, “*matéria orgânica natural*”, “*carvão ativado na remoção de THM*”, “*carvão ativado na remoção de MON*”, em português e inglês. Foram selecionadas as fontes publicadas entre 2011 até 2022.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Processo de adsorção em carvão ativado

O impacto da contaminação de corpos hídricos tem despertado a importância da necessidade de desenvolvimento de novas tecnologias para remoção de poluentes, assim o processo de adsorção tem se tornado um dos métodos mais utilizados para o tratamento de água para consumo humano. O processo de adsorção consiste na transferência de um ou mais poluentes presentes na água para a superfície de um determinado sólido, chamado de adsorvente, que possui característica porosa e elevada área superficial interna para adsorver poluentes que são chamados de adsorvatos (NASCIMENTO et al., 2020).

Há uma gama de materiais que podem ser utilizados como adsorventes, por exemplo, o carvão ativado de origem mineral, vegetal e animal, classificados como adsorventes de baixo custo devido à grande quantidade na natureza ou serem subprodutos de processos industriais. O carvão ativado é obtido por meio de dois processos principais: carbonização (ou pirólise) e ativação (ou oxidação) e pode estar na forma de pó (CAP) ou granular (CAG) (GOMES, 2021; ARAÚJO et al., 2018). O carvão ativado tem sido amplamente utilizado no tratamento de água para remover substâncias orgânicas dissolvidas, por ser eficiente e de baixo custo de implementação em estações de tratamento de água (FRANCO et al., 2021).

Diversas pesquisas vêm sendo conduzidas com este adsorvente para a remoção de precursores de subprodutos de desinfecção (FU et al., 2022).

Park et al. (2019), utilizaram CAP com capacidade de adsorção de  $k = 130 (\text{mg.g}^{-1})(\text{mg.L}^{-1})^{-1/n}$  e força (ou seja,  $1/n = 0,23$ ), em água com potencial de formação de THM após 24 h, constatando uma maior eficiência na remoção de clorofórmio, variando de 19 a 50%. Para o bromodichlorometano, a remoção foi de 8,8 a 34%. Contudo, foi ineficiente para a remoção de dibromoclorometano e bromofórmio. O estudo mostrou que o CAP reduz a concentração total de THMs, por diminuir o

potencial de formação do clorofórmio, entretanto o CAP mostrou-se limitado para remoção de THM bromado.

Golea et al. (2020) avaliaram a capacidade de remoção de Carbono Orgânico Dissolvido (COD) por diferentes tipos de CAG (Carvão betuminoso e carvão ativado) em duas amostras de água. O carvão betuminoso, com distribuição volumétrica do tamanho dos poros de 0,442 nm e isoterma de adsorção de 16 e 27 mg.g<sup>-1</sup> para as amostras de água A e B, respectivamente e carvão ativado, com distribuição volumétrica do tamanho dos poros de 0,517 nm e 20,7 e 27,1 mg.g<sup>-1</sup>, respectivamente apresentaram eficácia média de remoção de 50%. Em estudo similar, feito por Mavaieie Júnior (2019) removeu COD em ensaios rápidos em coluna de escala reduzida com ozônio e pH em torno de 6,5 e obteve redução de 55%.

Shen et al. (2020) conduziram um estudo com carvão ativado biológico combinado com ozônio para a retirada de THM, em amostras com pH 7,02 a 20°C, obtendo eficiência de 70%, enquanto o tratamento convencional com filtro de areia, nas mesmas condições, atingiu 37%. Estudo semelhante foi realizado por Lin et al. (2019), que pesquisaram a remoção de THM utilizando o mesmo método combinado. Neste caso, a amostra foi mantida ao abrigo da luz a 25°C obtendo eficiência de 61% e ainda concluíram que esse método combinado pode reduzir a concentração de ácido húmico na água.

Reis Neto (2020) realizou uma pesquisa em que expôs a eficiência de remoção de Carbono Orgânico Total (COT) de água com pH 7,07 a 25°C em tratamento com ciclo completo por meio de CAP de origem vegetal (pinus, madeira e coco babaçu), mineral (betume) e animal (escama de peixe). Os resultados mostraram que a eficácia foi de 91% para o de origem vegetal, 83% para o mineral e 82% para o animal. Estes resultados foram similares aos de Moreira et al. (2020), que avaliaram a efetividade de CAP para remover COT, após dosagem de 30 mg.L<sup>-1</sup> e tempo de contato de 25 minutos, concluindo que o carvão ativado de madeira foi o que apresentou melhor eficiência, pois removeu 91% de COT. De acordo com Dantas et al. (2018), o parâmetro de COT é tido como o mais adequado para mensurar o carbono orgânico existente na água, pois não depende do estado de oxidação da matéria orgânica. Além disso, torna-se um importante diagnóstico para estabelecer a retirada de MON (VIEIRA, 2018).

Fischer et al. (2018) analisaram o comportamento da água com pH 7,9 – 8,4 a 25°C, tratada com e sem pré-cloração por meio de testes rápidos de coluna em pequena escala com CAG. A água com pré-cloração produziu 30% de THM devido à redução de MON, enquanto a amostra sem pré-cloração formou 66% de THM, concluindo que a utilização da pré-cloração combinada com CAG reduz concentrações de THM.

Apesar de a técnica de adsorção em carvão ativado apresentar-se como uma tecnologia promissora para remoção de poluentes em água, este apresenta a desvantagem da saturação, resultando em um sólido altamente contaminado (SANTOS, 2021). Vale ressaltar que este sólido pode ser regenerado, e em seguida reaproveitado, sendo um método benéfico ao meio ambiente, pois contribui com o conceito de lixo zero, utilizando ao máximo e eliminando seu descarte para o aterro (HÜBNER, 2020).

## CONCLUSÕES

A cloração em sistemas de tratamento de água para consumo humano é necessária, mas como consequência, traz subprodutos que são prejudiciais aos seres humanos. Os resultados apresentados neste artigo apontam que o carvão ativado é uma alternativa sustentável e de baixo custo para remoção de THM e de seus precursores.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, S. L.; COUTINHO, A. R.; ALVAREZ-MENDEZ, M. O.; MORUZZI, R. B.; CALIJURI, M. C.; CUNHA, D. G. F. Caracterização e avaliação de fatores que determinam a remoção de microcistina-LR em carvão ativado granular produzido a partir de diferentes matérias-primas. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, p. 1131-1142, 2018. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522018177756>. Acesso em: set. 2022.

**Brasil. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011.** Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em: Ministério da Saúde (saude.gov.br). Acesso em: abr. 2022.

COSTA, S. B. G. **Processo de tratamento de água de uma ETA na cidade de Cuiabá- MT.** Cuiabá: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2022. (Trabalho de conclusão de curso). Disponível em: Biblioteca Digital de Monografia: Processo de tratamento de água de uma ETA na cidade de Cuiabá (ufmt.br). Acesso em: set. 2022.

DANTAS, A. D. B.; BERNARDO, L. D.; VOLTAN, P. E. N.; KOYAMA, M. H. Eficiência de remoção de carbono orgânico total em ETA de ciclo completo no tratamento de água superficial contaminada – estudo de caso. **Portal Tratamento de Água**, 2018. Disponível em: Eficiência de remoção de carbono orgânico total em eta de ciclo completo no tratamento de água superficial contaminada – estudo de caso (tratamentodeagua.com.br). Acesso em: ago. 2022.

FISCHER, N.; GHOSH, A.; TALABI, B.; SEIDEL, C.; WESTERHOF, P. Chlorine addition prior to granular activated carbon contactors improves trihalomethane control. **American Water Works Association**. 2019. <https://doi.org/10.1002/aws2.1119>. Acesso em: set. 2022.

FREITAS, H. Tratamento na água gera substâncias cancerígenas em 493 Cidades Brasileiras: risco de câncer e outras doenças crônicas é maior para quem bebe, de forma contínua, água com subprodutos do cloro que estão acima do limite. **Repórter Brasil**, São Paulo, Mar. 2022. Disponível em: Tratamento na água gera substâncias cancerígenas em 493 cidades brasileiras (reporterbrasil.org.br) Acesso em: abr. 2022.

FU, J.; HUANG, C-H.; DANG, C.; WANG, Q. A review on treatment of disinfection byproduct precursors by biological activated carbon process. **Chinese Chemical Letters**, v. 33, n. 10, p. 4495-4504, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.ccl.2021.12.044>. Acesso em: set. 2022.

FRANCO, E. S.; CAMARGO, J. A.; HIRLE, N. P.; MARQUES, I. C. Estudo de caso da eficiência do filtro de carvão ativado granular para remoção de ácidos haloacéticos em amostras sintéticas. **Vértices (Campos dos Goitacazes)**, v. 23, n. 2, p. 590-607, 2021. <https://doi.org/10.19180/1809-2667.v23n22021p590-607>. Acesso em: mar. 2022.

GOLEA, D. M.; JARVIS, P.; JEFFERSON, B.; SUTHERLAND, S.; PARSONS, S. A.; JUDD, S. J. Influence of granular activated carbon media properties on natural organic matter and disinfection by-product precursor removal from drinking water. **Water Research**, v. 174, p. 115613, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.115613>. Acesso em: set. 2022.

GOMES, A. L. M. **Utilização de adsorventes à base de sílica para remoção de contaminantes orgânicos em meios aquosos.** Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas, 2021. (Dissertação de mestrado). Disponível em: Repositório Institucional da UFMG: Utilização de adsorventes à base de sílica para remoção de contaminantes orgânicos em meios aquosos. Acesso em: set. 2022.

HÜBNER, J. V. M. **Avaliação experimental da habilidade do carvão ativado em adsorver cafeína múltiplas vezes.** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2020. (Dissertação de mestrado). Disponível em: 001117606.pdf (ufrgs.br). Acesso em set. 2022.

LIN, Q.; DONG, F.; MIAO, Y.; LI, C.; FEI, W. Removal of disinfection by-products and their precursors during drinking water treatment processes. **Water Environment Research**, v. 92, n. 5, p. 698-705, 2019. <https://doi.org/10.1002/wer.1263>. Acesso em: set. de 2022.

MAVAIEIE JÚNIOR, P. G. **Remoção de carbono orgânico dissolvido em águas de abastecimento por pré-oxidação e adsorção em carvão ativado granular.** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2019. (Dissertação de mestrado). Disponível em: Remoção de carbono orgânico dissolvido em águas de abastecimento por pré-oxidação e adsorção em carvão ativado granular (ufrgs.br). Acesso em: abr. 2022.

MOREIRA, R. F.; SILVA, G. G.; NETO, R. J. D.; QUEIROZ, S. C. B.; NETO, A. F. R. Avaliação do carvão ativado pulverizado na remoção de Carbono orgânico total em ETA de ciclo completo. **11<sup>a</sup> Jornada de Iniciação Científica e Extensão**. Palmas. Instituto Federal do Tocantins, Tocantins, 2020. Acesso em: set. 2022.

NASCIMENTO, R. F.; LIMA, A. C. A.; VIDAL, C. B.; MELO, D. Q.; RAULINO, G. S. C. **Adsorção**: aspectos teóricos e aplicações ambientais. 2. ed. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2020. ISBN 978-65-990722-7-7.

OLIVEIRA, R. R.; ARAÚJO, A. L. C.; DUARTE, M. A. C. Estudo do potencial de formação de trihalometanos na lagoa de Extremoz (RN). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 25, p. 315-322, 2020. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522020181889>. Acesso em: ago. 2022.

PARK, K-Y.; YU, Y-J.; YUN, S-J.; KWON, J-H. Natural organic matter removal from algal-rich water and disinfection byproducts formation potential reduction by powdered activated carbon adsorption. **Journal of Environmental Management**, v. 235, p. 310-318, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.01.080>. Acesso em: jul. 2022.

REIS NETO, A. F. **Influência das condições de aplicação do carvão ativado pulverizado na eficiência de remoção de matéria orgânica no tratamento de água em ciclo completo**. Palmas: Universidade Federal do Tocantins, 2020. (Dissertação de mestrado). Disponível em: Repositório UFT: Influência das condições de aplicação do carvão ativado pulverizado na eficiência de remoção de matéria orgânica no tratamento de água em ciclo completo. Acesso em set. 2022.

SANTOS, D. H. S. **Avaliação da eficiência dos processos oxidativos avançados na regeneração de carvão ativado saturado com poluente orgânico**. Maceió: Universidade Federal de Alagoas, 2021. (Tese de doutorado). Disponível em: Avaliação da eficiência dos processos oxidativos avançados na regeneração de carvão ativado saturado com poluente orgânico (ufal.br). Acesso em jun. 2022.

SHEN, H.; FAN, H.; WU, N.; HU, J. A comparison of removal efficiencies of conventional drinking water treatment and advanced treatment equipped with ozone-biological activated carbon process. **Environmental Technology**, v. 42, n. 26, p. 4079-4089, 2020. <https://doi.org/10.1080/09593330.2020.1745290>. Acesso em ago. 2022.

VIEIRA, J. F. F. **Avaliação comparativa da remoção de Carbono orgânico total em estações de tratamento de água de ciclo completo na UGRHI-10 (Bacia do Rio Sorocaba e Médio-Tietê)**. Ribeirão Preto: Universidade De Ribeirão Preto, 2018. (Dissertação de mestrado). Disponível em: Avaliação comparativa da remoção de carbono orgânico total em estações de tratamento de água de ciclo completo na ugrhi-10 (Bacia do Rio Sorocaba e Médio-Tietê) (unaerp.br). Acesso em jun. 2022.