



Evento:XXX Jornada de Pesquisa

CARVÕES NANOESTRUTURADOS PARA A REMOÇÃO DE COMPOSTOS FARMACOLÓGICOS EM EFLUENTES REAIS¹**Luis Fernando Noronha², Matias Schadeck Netto³, Guilherme Luiz Dotto⁴ Fernanda da Cunha Pereira³,**¹ projeto de pesquisa desenvolvido na Unijuí em parceria com a UFSM² Referência que identifique o Primeiro Autor - Bolsista; estudante do curso xxx; professor xxxxxxxx. Bolsistas de programas de fomento (Capes, CNPq) devem fazer referência ao tipo de bolsa/financiamento.³ Professor do curso de Engenharia Química - Unijuí⁴ Professor do curso de Engenharia Química - UFSM**INTRODUÇÃO**

Nos últimos anos, o crescimento significativo das atividades industriais em diversos setores tornou essencial a adoção de métodos eficazes para o tratamento de efluentes, com o objetivo de preservar os recursos hídricos. Isso se deve ao fato de que a água é um recurso vital e insubstituível, não apenas para o funcionamento das indústrias, mas, sobretudo, para a sobrevivência e equilíbrio da vida animal e vegetal. Essa temática é de extrema relevância, sendo definida também pelos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) - 6, a qual tem por objetivo assegurar a disponibilidade e a gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos. Dentre as principais metas da ODS a serem atingidas até 2030, destaca-se melhorar a qualidade da água, reduzindo a poluição e o despejo de resíduos. Neste sentido, o desenvolvimento de tecnologias que possibilitem o tratamento eficiente de efluentes e a remoção de contaminantes emergentes, como resíduos de medicamentos, pesticidas e metais pesados, torna-se essencial.

Compostos farmacêuticos desempenham um papel fundamental no corpo humano, desde a prevenção e o tratamento de doenças até a melhoria da qualidade de vida (Huerta Fontela et al., 2011). No entanto, o consumo crescente de medicamentos representa uma possível fonte de poluição dos recursos hídricos. Após a administração dos fármacos, quantidades significativas dessas substâncias são introduzidas nos corpos d'água por meio da excreção humana (Bolong et al., 2009). Além disso, o descarte inadequado de medicamentos também pode contribuir para a poluição ambiental.

A adsorção é uma das alternativas mais eficazes para eliminar medicamentos e reduzir as concentrações de efluentes a níveis baixos (Singh et al., 2018). Isso se deve à sua alta eficiência, baixo custo e facilidade de implementação, características que a tornam aplicável em diversas condições operacionais. Carvão ativado é um dos principais materiais disponíveis no mercado e apresenta uma ótima capacidade de adsorção para os mais diferentes contaminantes (Ruthven 1984). Adsorventes nanoestruturados são eficazes porque possuem alta área superficial, o que aumenta os sítios ativos para adsorção. Além disso, suas propriedades físico-químicas em escala nanométrica favorecem maior eficiência, seletividade e rapidez na remoção de contaminantes (Nishihara et al., 2018). Neste contexto, o objetivo deste trabalho consiste na síntese de um adsorvente de elevada área superficial e consequentemente elevada capacidade de adsorção, empregando uma zeólita Y como material de suporte, e álcool metílico como fonte de carbono, para o tratamento de efluentes reais contaminados com fármacos.

METODOLOGIA

Síntese do adsorvente

Para a síntese, 10 g de zeólita Y foram colocadas sob agitação com 100 mL de metanol e deixadas por 24 horas. Após as 24 horas de agitação, a zeólita foi separada do metanol por filtração a vácuo e deixada repousar por 30 minutos a temperatura de 40 °C. Na sequência a zeólita Y foi acondicionada em um reator de quartzo e acoplada a um forno de pirólise. A entrada do reator foi conectada a um borbulhador contendo metanol. Gás N₂ foi passado através do sistema a uma vazão de 25 mL min⁻¹. Inicialmente, a configuração experimental foi mantida a uma temperatura de 40 °C por um período de 90 minutos, seguido de aquecimento gradual até 550 °C durante um período de 2 horas com uma rampa de aquecimento de 10 °C/min. Após a carbonização, o sistema foi deixado resfriar até a temperatura ambiente, e o composto carvão nanoestruturado/zeólita foi lavado com Ácido Fluorídrico e Ácido Clorídrico para remoção da fração inorgânica. Por fim, o carvão nanoestruturado obtido foi separado por filtração e lavado com água deionizada até pH próximo a neutralidade



Experimentos de adsorção

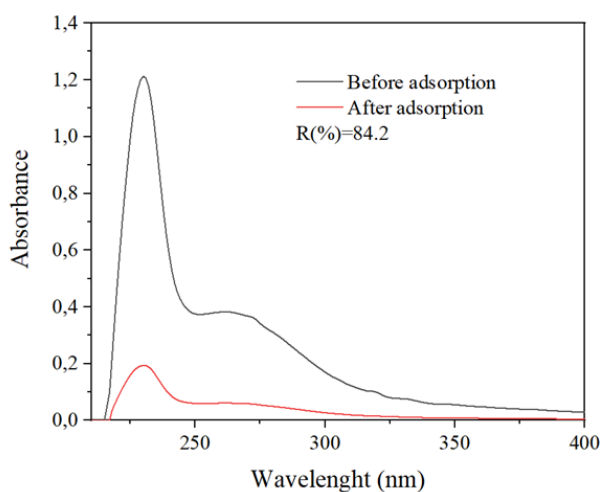
A fim de se avaliar o potencial adsorptivo do carvão de uma forma mais próxima da realidade, um efluente simulado foi produzido utilizando água de rio como matriz, onde diversos fármacos e sais foram solubilizados. Foram utilizados no experimento os fármacos cetoprofeno, na concentração de 10 ppm, e os fármacos ibuprofeno, naproxeno, ivermectina, propranolol em uma concentração de 5 ppm. A essa água também foi adicionado 50 ppm de NaCl e Na₂SO₄. O potencial de remoção foi estudado por espectrofotometria, em um espectrofotômetro Shimadzu UV-2600. Para os experimentos, foi utilizada uma dosagem de adsorvente de 5 g/L .

O efluente simulado de água de rio também foi caracterizado antes e após a adsorção para determinar a presença ou a ausência de coliformes totais e *Escherichia coli* através da técnica da cultura. O meio de cultura COLITEST® possui em sua formulação substâncias, nutrientes e MUG que, devidamente balanceados, inibem o crescimento de bactérias Gram-positivas, favorecem o crescimento de bactérias do grupo Coliformes e facilitam a identificação de *E.coli*. Na presença de coliformes totais e de *E. coli*, o pH do meio se altera, devido à fermentação da lactose, isso faz com que o meio de cultura COLITEST® mude sua cor inicial de púrpura para amarelo. As amostras líquidas pré e pós adsorção foram coletadas, e foi adicionado meio de cultura COLITEST®. As amostras foram então incubadas em estufa bacteriológica a 35 + 2°C por 48 h (Manafi et al., 1991).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uma solução simulada foi preparada para testar o desempenho do ZTC frente a uma mistura sintética de fármacos e compostos inorgânicos comumente encontrados em efluentes reais. Os resultados, apresentados na Figura 1, mostram curvas de absorção (200–400 nm) antes e depois do ensaio de adsorção. O carvão nanoestruturado apresentou excelente desempenho, removendo 84,2% dos compostos da solução. Isso destaca o grande potencial do carvão nanoestruturado na eliminação de compostos orgânicos no tratamento de efluentes reais.

Figura 1 - Tratamento da mistura sintética contendo fármacos utilizando carvão nanoestruturado como adsorvente.



Também foram realizados testes microbiológicos na amostra não tratada e após a adsorção com o carvão nanoestruturado, para determinar a presença de coliformes totais e *E. coli*. O resultado é apresentado na Figura 2, onde o frasco à esquerda representa a incubação por 48 horas da água de rio contaminada com medicamentos, a qual foi submetida ao processo de adsorção. Não houve alteração de cor, indicando a ausência de coliformes totais e *E. coli*. A mudança de cor para um tom amarelado indica a presença de coliformes totais e *E. coli*, como pode ser observado no frasco à direita, que representa a água de rio contaminada e não tratada.

Figura 2 - Teste microbiológico para determinação de coliformes totais e *E. coli*. A esquerda efluente tratado com o carvão nanoestruturado, a direita efluente não tratado



CONSIDERAÇÕES FINAIS

O carvão ativado nanoestruturado foi sintetizado utilizando metanol como fonte de carbono, destacando-se como um adsorvente promissor para a remoção de contaminantes



orgânicos de águas residuais. Por fim, o material apresentou excelente desempenho adsorvente, removendo 84% dos compostos presentes no meio aquoso de uma solução sintética contendo produtos farmacêuticos e compostos inorgânicos comumente encontrados em efluentes reais. Portanto, este trabalho sugere que o carvão nanoestruturado sintetizado pode ser utilizado como uma nova alternativa de adsorvente para o tratamento de compostos orgânicos em águas residuais.

Palavras-chave: carvão nanoestruturado, adsorção, compostos orgânicos

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOLONG, N. *et al.* A review of the effects of emerging contaminants in wastewater and options for their removal. **Desalination**, v. 239, n. 1–3, p. 229–246, 2009.
- HUERTA-FONTELA, Maria; GÁLGERAN, Maria Teresa; VENTURA, Francesc. Occurrence and removal of pharmaceuticals and hormones through drinking water treatment. **Water Research**, v. 45, n. 3, p. 1432–1442, 2011.
- MANAFI, M. *et al.* Fluorogenic and chromogenic substrates used in bacterial diagnostics. **Microbiological reviews**, v. 55, n. 3, p. 335–348, 1991.
- NISHIHARA, H.; KYOTANI, T. Zeolite-templated carbons-three-dimensional microporous graphene frameworks. **Chemical Communications**, v. 54, n. 45, p. 5648–5673, 2018.
- RUTHVEN, D. M. **Principles of Adsorption and Adsorption Processes**. 1 ed. ed. New York: John Wiley & Sons, 1984.
- SINGH, Vikash; SRIVASTAVA, Vimal Chandra. Self-engineered iron oxide nanoparticle incorporated on mesoporous biochar derived from textile mill sludge for the removal of an emerging pharmaceutical pollutant. **Environmental Pollution**, v. 259, 1 abr. 2020