

# NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE FERRO E COBRE PARA REMOÇÃO DE AZUL DE METILENO DE SOLUÇÕES AQUOSAS

Taynara Basso Vidovix<sup>1</sup>, Eduarda Freitas Diogo Januário<sup>2</sup>, Lennon Alonso de Araújo<sup>3</sup>, Rosângela Bergamasco<sup>4</sup> e Angélica Marquetotti Salcedo Vieira<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Doutoranda em Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá – UEM, Maringá/PR. taynaravidovix@gmail.com

<sup>2</sup>Doutoranda em Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá – UEM, Maringá/PR.

eduardafjanuario@gmail.com

<sup>3</sup>Doutorando em Biotecnologia Ambiental, Campus Maringá/PR, Universidade Estadual de Maringá – UEM. Bolsista CNPq.

alonso\_new@live.com

<sup>4</sup>Professora, Doutora, Departamento de Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá – UEM, Maringá/PR.

ro.bergamasco@hotmail.com

<sup>5</sup>Orientadora, Doutora, Departamento de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Maringá – UEM, Maringá/PR.

amsvieira@uem.br

## RESUMO

A presença de azul de metileno (AM) nos corpos hídricos, mesmo em baixas concentrações pode causar diversos efeitos deletérios ao meio ambiente e à saúde humana. Tratamentos avançados para complementar os tratamentos convencionais de água e efluentes estão sendo comumente pesquisados. A adsorção e o emprego de nanopartículas metálicas (NP) como materiais adsorventes tem se destacado na literatura, devido as suas propriedades únicas que facilitam a fixação dessa classe de contaminante. Nesse âmbito, muitos métodos de obtenção de NP têm sido avaliados. A síntese verde, por sua vez, utiliza reagentes redutores fitoquímicos presentes em diversas substâncias naturais, como no extrato das folhas de algumas plantas. Isso propicia vantagens em relação a outros métodos, devido ao apelo ecológico e baixo custo de obtenção. Logo, o objetivo do presente trabalho foi sintetizar nanopartículas de óxido de ferro e cobre, pelo método de síntese verde, utilizando extratos vegetais de romã e hibisco, para posterior aplicação na adsorção do corante AM em soluções aquosas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Adsorção; Corantes; Efluentes; Nanopartículas metálicas; Síntese verde.

## 1 INTRODUÇÃO

O azul de metileno (AM) é um corante extremamente empregado nas indústrias têxteis e bioquímicas (JANUÁRIO *et al.*, 2021). A disposição inadequada dessa substância em efluentes pode causar diversos impactos ao meio ambiente e à saúde humana (VIDOVIX *et al.*, 2019). Nos corpos hídricos, o principal impacto está relacionado com a redução da infiltração da luz solar, que conseqüentemente afeta a taxa de oxigênio dissolvido (JANUÁRIO *et al.*, 2020). Já no que se refere à saúde humana, o AM pode provocar distúrbios oculares, respiratórios, digestivos e mentais (SANTOSO *et al.*, 2020).

Diante disso, técnicas adicionais de tratamento, como a adsorção, estão sendo comumente investigadas para remoção completa dessa classe de contaminante (MOUNI *et al.*, 2018). Diversos materiais podem ser utilizados como adsorventes, contudo, as nanopartículas metálicas (NP) vêm apresentando excelentes resultados na remoção de corantes em solução aquosa, devido as suas propriedades únicas que facilitam a fixação desses compostos (GUPTA; TANDON; KAUR, 2020; VIDOVIX *et al.*, 2021).

A obtenção das NP pode ser realizada por métodos distintos, entretanto, o método de síntese verde possui muitas vantagens em relação aos outros. Isso porque, este método utiliza reagentes redutores fitoquímicos presentes em diversas substâncias naturais, como no extrato das folhas de algumas plantas, por exemplo (DE LIMA BARIZÃO *et al.*, 2020). Logo, as folhas das plantas empregadas no processo são de baixíssimo custo, não necessitam de armazenagem especial, diminuem os riscos de contaminação, além de serem mais estáveis a condições rígidas (VARGHESE *et al.*, 2020). Portanto, o objetivo do presente trabalho foi a obtenção de nanopartículas de óxido de ferro e cobre pelo método de síntese verde, utilizando extrato de folhas de romã (*Punica granatum*) e hibisco (*Hibiscus rosa-sinensis L.*), para posterior aplicação na remoção do corante AM em solução aquosa.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram desenvolvidos no Laboratório de Gestão, Controle e Preservação Ambiental (LGCPA) do Departamento de Engenharia Química (DEQ) da Universidade Estadual de Maringá – UEM.

### 2.1 SÍNTESE VERDE DAS NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE FERRO E COBRE

Para a síntese das NPs preparou-se soluções de Nitrato de Cobre ( $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ ) e Nitrato de Ferro ( $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ ), ambas na concentração de 0,2M e soluções de extrato de romã e hibisco, ambas  $60 \text{ g L}^{-1}$ . Para isso, as folhas de romã e hibisco foram imersas, separadamente, em água deionizada à  $80^\circ\text{C}$  por 1h. Na sequência, adicionou-se aos extratos as soluções de  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  e  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ , na proporção 1:2 (v/v). As misturas foram acondicionadas em estufa com circulação de ar, na temperatura de  $105^\circ\text{C}$ , até completa evaporação dos extratos. As NPs foram, então, trituradas e peneiradas ( $250 \mu\text{m}$ ) (VIDOVIX *et al.*, 2019). As NPs foram denominadas de acordo com os sais e extratos precursores: NP-CuOR ( $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  e Romã), NP-CuOH ( $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  e Hibisco), NP-FeOR ( $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  e Romã) e NP-FeOH ( $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  e Hibisco).

### 2.3 ENSAIO DE ADSORÇÃO

Os ensaios de adsorção foram realizados em mesa agitadora (Tecnal TE-4200) com controle de temperatura e velocidade de agitação. Para quantificação, após o processo adsorptivo, as amostras foram filtradas em membrana de acetato de celulose (Millipore) de  $0,45 \mu\text{m}$  de porosidade e analisadas em espectrofotômetro DR5000, no comprimento de onda de 664 nm.

Primeiramente, preparou-se a solução contaminante de AM, em pH natural, e concentração inicial de  $50 \text{ mg L}^{-1}$ . Na sequência, adicionou-se 25 mL da solução em erlenmeyers contendo 0,025g de adsorvente (NPs) em base seca, deixando-as, posteriormente, sob agitação, à temperatura e rotação fixas de  $25^\circ\text{C}$  e 150 rpm, por 24 horas, com a finalidade de garantir o equilíbrio cinético. Todas as análises foram realizadas em duplicata. Os dados experimentais obtidos foram calculados em função dos percentuais de remoção, %RA (%), e capacidades de adsorção,  $q_e$  ( $\text{mg g}^{-1}$ ), conforme as equações 1 e 2.

$$\%RA = \frac{(C_0 - C_e) \cdot 100}{C_0} \quad \text{Equação (1)}$$

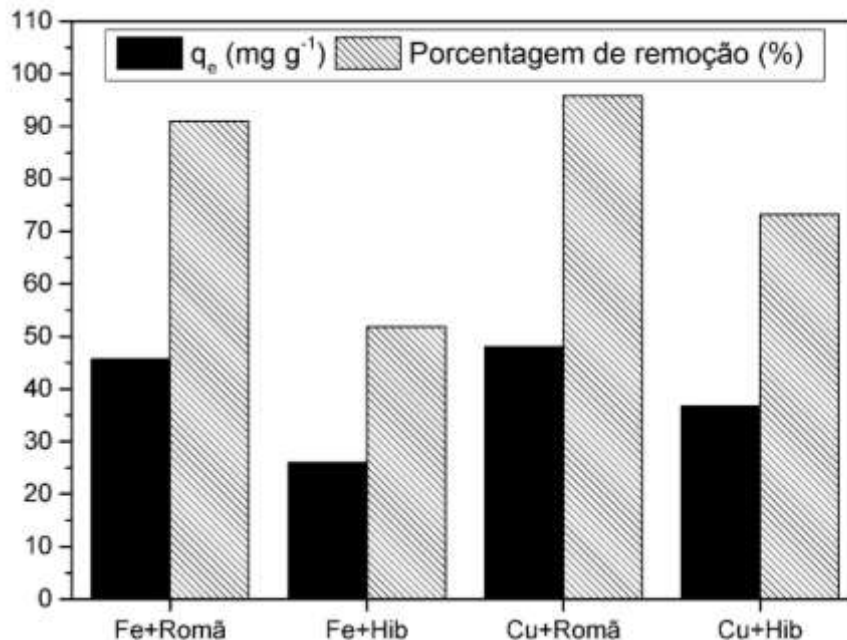
$$q_e = \frac{(C_0 - C_e) \cdot V}{m} \quad \text{Equação (2)}$$

Em que,  $C_0$  a concentração inicial e  $C_e$  a concentração no equilíbrio ( $\text{mg L}^{-1}$ ),  $V$  o volume da solução (L),  $m$  a massa (g) de adsorvente utilizado.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O gráfico 1 representa a capacidade de adsorção e porcentagem de remoção de AM em NP-CuOR, NP-CuOH, NP-FeOR e NP-FeOH. É possível observar resultados satisfatórios para todos os adsorventes avaliados. Contudo, os melhores valores de porcentagem de remoção e capacidade adsorptiva de AM foram obtidos com NP-CuOR ( $48,07 \text{ mg g}^{-1}$  e 95,83%). Por essa razão, os ensaios subsequentes (efeito massa, pH,

cinética e isoterma) de adsorção de AM serão realizados com esta NP. Nota-se ainda que as NP-FeO obtiveram os resultados menos satisfatórios, para ambos extratos utilizados no processo de síntese ( $45,63 \text{ mg g}^{-1}$  e  $90,97\%$  para NP-FeOR e  $26,02 \text{ mg g}^{-1}$  e  $51,87\%$  para FeOH). Já ao comparar a eficiência dos extratos em específico, verifica-se que os melhores resultados foram obtidos com o extrato de romã, para ambos sais utilizados ( $36,72 \text{ mg g}^{-1}$  e  $73,21\%$  para NP-CuOH).



**Gráfico 1:** Capacidade de adsorção e porcentagem de remoção de AM em NP-CuOR, NP-CuOH, NP-FeOR e NP-FeOH

## 4 CONCLUSÃO

Pode-se concluir que a alternativa de tratamento proposta no presente trabalho para remoção de AM em solução aquosa, através do processo de adsorção utilizando nanopartículas de óxido de ferro e cobre foram eficientes, visto que os resultados obtidos foram satisfatórios, sendo que altas porcentagens de remoção e capacidade de adsorção foram verificadas para todas as nanopartículas. Em especial, a nanopartícula de óxido de cobre sintetizada com extrato de romã destacou-se e por esse motivo estudos posteriores serão realizados com este material. Além disso, a metodologia de obtenção das nanopartículas também mostrou-se eficaz.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES e CNPq pelo apoio financeiro e pela bolsa de estudo de alguns alunos.

## REFERÊNCIAS

DE LIMA BARIZÃO, Ana Carolina et al. Green synthesis of iron oxide nanoparticles for tartrazine and bordeaux red dye removal. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, 2020.

GUPTA, Akshita; TANDON, Moksh; KAUR, Anupreet. Role of metallic nanoparticles in water remediation with special emphasis on sustainable synthesis: a review. **Nanotechnology for Environmental Engineering**. 2020.

JANUÁRIO, E. F. D. et al. Functionalization of membrane surface by layer-by-layer self-assembly method for dyes removal. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 134, p. 140–148, 2020.

JANUÁRIO, Eduarda Freitas Diogo et al. Advanced graphene oxide-based membranes as a potential alternative for dyes removal: A review. **Science of The Total Environment**, v. 789, p. 147957, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147957>.

MOUNI, Lotfi et al. Removal of Methylene Blue from aqueous solutions by adsorption on Kaolin: Kinetic and equilibrium studies. **Applied Clay Science**, 2018.

SANTOSO, E. et al. Review on recent advances of carbon based adsorbent for methylene blue removal from waste water. **Materials Today Chemistry**. 2020.

VARGHESE, R. Jose et al. Green synthesis protocol on metal oxide nanoparticles using plant extracts. **Elsevier Inc.**, 2020.

VIDOVIX, Taynara Basso et al. Adsorption of Safranin-O dye by copper oxide nanoparticles synthesized from Punica granatum leaf extract . **Environmental Technology**, 2021.

VIDOVIX, Taynara Basso et al. Green synthesis of copper oxide nanoparticles using Punica granatum leaf extract applied to the removal of methylene blue. **Materials Letters**, v. 257, p. 126685, 2019.