

## **ADSORÇÃO DO AZUL DE METILENO EM BIOCARVÃO DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR MODIFICADO COM ÁCIDO FOSFÓRICO**

Pedro Henrique Santos Nogueira<sup>1</sup> (pedronogueira147@gmail.com), Saulo Freire de Oliveira<sup>1</sup> (saulofreireoliveira1@gmail.com); Vincenzo Lopes Barbini<sup>1</sup> (vincezo.barbini@gmail.com); Alan Rodrigues Teixeira Machado (Dr.)<sup>1</sup>(alan.machado@ulife.com.br)

*<sup>1</sup>Centro Universitário de Belo Horizonte, Belo Horizonte, Brasil*

### **Resumo**

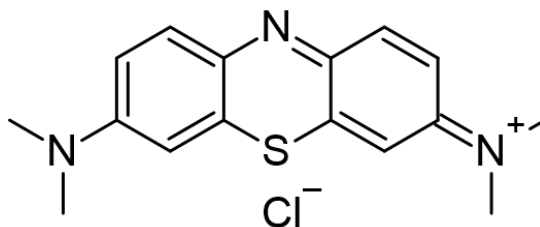
A presença de corantes sintéticos, como o azul de metileno, em efluentes industriais é uma preocupação ambiental devido à sua toxicidade e resistência à degradação. Este estudo avaliou a cinética de adsorção do azul de metileno utilizando biocarvão obtido do bagaço de cana-de-açúcar, modificado por ativação química com ácido fosfórico. O biocarvão ativado foi produzido por meio de tratamento térmico a 800 °C sob fluxo de nitrogênio após imersão em uma solução de ácido fosfórico a 40% v/v. Ensaios de cinética foram conduzidos com solução de azul de metileno a 100 mg/L, e as concentrações remanescentes foram monitoradas por espectrofotometria UV-Vis. Os resultados mostraram uma adsorção rápida nos primeiros minutos, com estabilização do sistema após 1 minuto, alcançando uma capacidade média de adsorção de 23,32 mg/g. Esses resultados evidenciam o potencial do biocarvão ativado como adsorvente para aplicações em tratamentos de efluentes industriais.

**Palavras- chave:** adsorção, biocarvão ativado, corantes.

### **Introdução**

A crescente preocupação com os impactos ambientais causados por resíduos industriais tem impulsionado a busca por tecnologias sustentáveis para mitigar a contaminação de efluentes. Entre os poluentes mais preocupantes estão os corantes, amplamente empregados em setores como têxtil, papel e couro, e frequentemente descartados sem tratamento adequado, o que intensifica os riscos ambientais (KUNZ et al., 2002; CUBA et al., 2021). O azul de metileno (Fig. 1), um dos corantes mais utilizados, destaca-se pela elevada toxicidade e

resistência à degradação, representando um desafio para os métodos convencionais de tratamento de efluentes (KHAN et al., 2023).



**Figura 1** – Fórmula estrutural do azul de metileno.

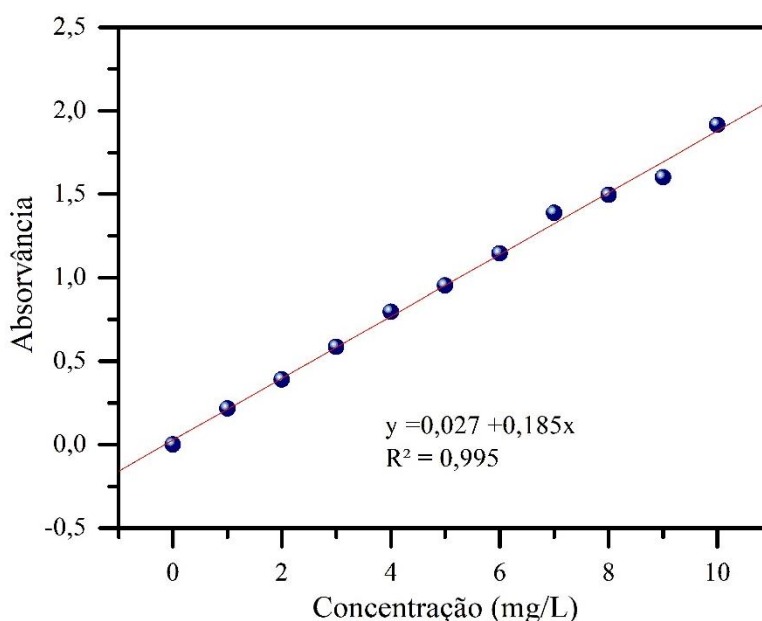
Nesse contexto, a adsorção tem se consolidado como uma alternativa eficaz e econômica para a remoção de contaminantes em efluentes líquidos. Esse processo baseia-se na retenção de moléculas de um fluido na superfície de um sólido, o adsorvente, e apresenta vantagens como alta eficiência, simplicidade operacional e a possibilidade de regeneração do material empregado (NASCIMENTO et al., 2020). Essas características tornam a adsorção uma solução atrativa para tratar efluentes contaminados com corantes de alta persistência.

Entre os adsorventes mais promissores, o biocarvão tem se destacado. Esse material carbonáceo é produzido pela conversão térmica de biomassa residual sob condições limitadas de oxigênio (Roz et al., 2015). Dessa forma, o biocarvão apresenta uma solução que alia o reaproveitamento de resíduos agrícolas, como o bagaço de cana-de-açúcar, à sua elevada capacidade adsortiva. Suas propriedades, como alta porosidade e presença de grupos funcionais na superfície, contribuem para sua eficácia na purificação de efluentes. Além disso, essas características podem ser otimizadas por meio de tratamentos químicos ou físicos, ampliando ainda mais seu potencial de aplicação.

Diante do exposto, este estudo tem como objetivo avaliar a cinética de adsorção do azul de metileno em biocarvão produzido a partir do bagaço de cana-de-açúcar e ativado com ácido fosfórico.

## Metodologia

O biocarvão investigado foi preparado anteriormente a partir do bagaço de cana-de-açúcar, seguindo o procedimento descrito por Pinto et al. (2023). O material foi imerso em solução de ácido fosfórico a 40% (v/v) por 24 horas e, em seguida, submetido a filtração para separar a fase sólida. Posteriormente, o biocarvão foi tratado termicamente em uma mufla sob fluxo de nitrogênio a 800 °C por 1 hora, Para avaliar a cinética de adsorção do azul de metileno, foi construída inicialmente uma curva de calibração utilizando soluções padrão do corante, com concentrações variando de 0 a 10 mg/L (Fig. 2). As análises foram realizadas por espectrofotometria UV-Vis, com medições de absorbância no comprimento de onda de 665 nm.



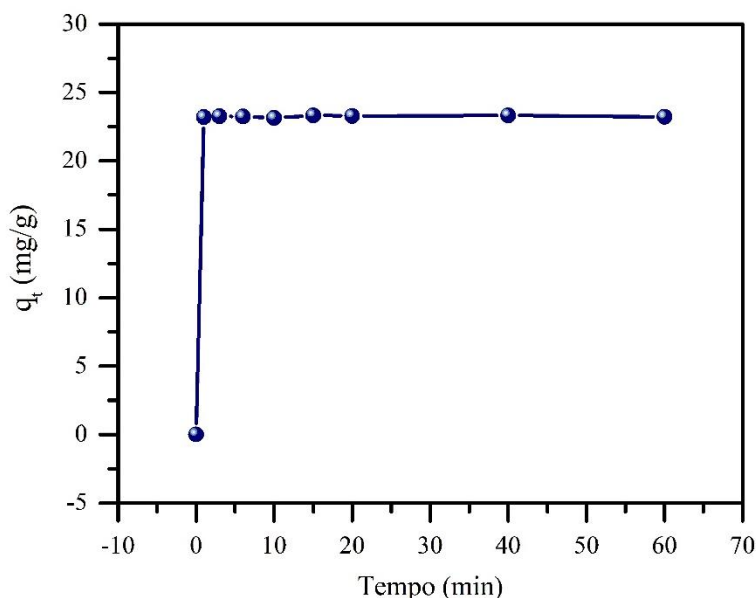
**Figura 2** – Curva de calibração do azul de metileno.

Os ensaios de cinética foram realizados em duplicatas, utilizando frascos Erlenmeyer contendo 25 mL de solução de azul de metileno, com concentração inicial de 100 mg/L, e 0,10 g de biocarvão ativado. Os frascos foram mantidos sob agitação constante a 135 rpm em um agitador tipo shaker. A concentração

do azul de metileno foi monitorada ao longo do tempo por espectrofotometria UV-Vis a 665 nm.

## Resultados e Discussões

A curva de calibração do azul de metileno apresentou uma relação linear  $R^2=0,995$ , indicando alta correlação entre concentração e absorvância (Fig. 2). O método mostrou-se adequado para quantificação do azul de metileno na faixa de 0 a 10 mg/L. A análise da curva de cinética de adsorção do azul de metileno (Fig. 3) revelou um comportamento caracterizado por uma adsorção inicial rápida, seguida por estabilização até atingir o equilíbrio. Nos primeiros instantes (0 a 1 minuto), a quantidade adsorvida ( $q_t$ ) aumenta abruptamente de 0 para 23,19 mg/g, indicando uma alta disponibilidade inicial de sítios de adsorção e uma forte afinidade do adsorvente pelo corante (NASCIMENTO et al., 2020). Esse rápido incremento reflete a fase inicial de adsorção, onde as moléculas do corante são rapidamente retidas nos sítios mais acessíveis na superfície do biocarvão.



**Figura 3** – Cinética de adsorção do azul de metileno em biocarvão do bagaço de cana-de-açúcar modificado com ácido fosfórico.



Após o primeiro minuto, a curva apresenta uma tendência de estabilização. Embora haja pequenas variações nos valores de  $q_t$ , o resultado demonstra aproximação ao equilíbrio dinâmico. Aos 60 min, o valor médio registrado é de 23,21 mg/g, sugerindo que as taxas de adsorção e dessorção se igualam e que os sítios de adsorção mais disponíveis estão majoritariamente ocupados (NASCIMENTO et al., 2020).

O perfil observado destaca o potencial do adsorvente na remoção do corante em um curto período, favorecendo aplicações industriais que demandam processos rápidos. A estabilização sugere que a maximização da adsorção pode depender de ajustes no material adsorvente, como a modificação da área superficial ou o controle da distribuição de poros, para prolongar a capacidade de remoção e aumentar sua eficiência em sistemas contínuos.

## **Conclusões**

Os resultados obtidos indicam que o biocarvão produzido a partir do bagaço de cana-de-açúcar e ativado com ácido fosfórico, apresenta potencial para remoção do azul de metileno em soluções aquosas. A cinética de adsorção mostrou um processo rápido, com a estabilização do sistema ocorrendo em aproximadamente 1 minuto, e uma capacidade adsortiva média de 23,32 mg/g. Esses achados destacam o potencial do material como uma alternativa sustentável e de baixo custo para o tratamento de efluentes contendo corantes. Futuras investigações podem explorar modificações adicionais no biocarvão para otimizar sua capacidade de adsorção e avaliar sua aplicação em escala industrial.

## **Referências**

**CUBA, R. M. F. et al.** Biocarvão ativado produzido a partir de lodo anaeróbio de estação de tratamento de efluentes para remoção do corante tartrazina. *Matéria*



(Rio de Janeiro), v. 26, n. 4, e13109, 2021. <https://doi.org/10.1590/S1517-707620210004.1309>

**KHAN, M. A. et al.** Synthesis of Zr–Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> photocatalyst by novel hydrothermal method for highly selective photo inhibition of pathogens, pollutant degradation and DPPH stabilization. *Materials Chemistry and Physics*, v. 302, p. 127746, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2023.127746>

**KUNZ, A. et al.** Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. *Quím Nova*, v. 25, n. 1, p. 78–82, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422002000100014>

**NASCIMENTO, R. F. do et al.** Adsorção: aspectos teóricos e aplicações ambientais. 2. ed. - Fortaleza: Imprensa Universitária, 2020.

**PINTO, Bruna Cristina et al.** Biochar influences the cane fields' microbiota and the development of pre-sprouted sugarcane seedlings. *Waste Disposal & Sustainable Energy*, v. 5, n. 1, p. 75-88, 2023.

**RÓZ, A. L. da et al.** Maximização do teor de carbono fixo em biocarvão aplicado ao sequestro de carbono. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 19, n. 8, p. 810–814, 2015. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n8p810-814>

## Fomento

O trabalho teve a aprovação do Pró- Ciência 2024/1, contando com os recursos fornecidos pelo Centro Universitário de Belo Horizonte.