

Estudo cinético da adsorção do corante reativo Azul 5G utilizando *Leucaena leucocephala* (Lam.) em batelada

Kinetic study of the batch adsorption of the reactive Blue 5G dye using *Leucaena leucocephala* (Lam.)

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento cinético de adsorção do corante reativo Azul 5G, empregando folhas de leucena como material adsorvente, de modo a contribuir com os estudos que visam melhorar o tratamento de efluentes industriais com corantes tóxicos. Assim sendo, no preparo do material adsorvente, as folhas de leucena foram secas na temperatura de 40°C e em seguida, moídas. Foram realizados ensaios cinéticos de adsorção em batelada onde buscou-se avaliar duas diferentes concentrações iniciais de corante (100 e 300 mg L⁻¹), sendo que, para cada ensaio efetuou-se o cálculo da quantidade de corante removida no fim de cada experimento e realizou-se o ajuste dos modelos empíricos de pseudo-primeira e pseudo-segunda ordens aos dados experimentais. Os estudos cinéticos demonstraram que o modelo de pseudo-segunda ordem foi o que melhor representou a cinética de adsorção do corante reativo Azul 5G.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento de efluente. Folhas. Indústria têxtil.

ABSTRACT

The present work aimed to evaluate the kinetic behavior of reactive Blue 5G dye adsorption, employing leucena leaves as adsorbent material, in order to contribute to the studies that seek to improve the treatment of industrial effluents containing toxic dyes. Therefore, in the preparation of adsorbent material, leucena leaves were dried at 40 °C and then ground. Batch adsorption kinetic assays were performed where sought to evaluate two different initial dye concentrations (100 and 300 mg L⁻¹), whereas, for each of the tests the amount of dye removed at the end of each experiment was calculated and the pseudo-first and pseudo-second order empirical models were adjusted to the experimental data. Kinetic studies have shown that pseudo-second order model best represented the adsorption kinetics of the reactive Blue 5G dye.

KEYWORDS: Effluent treatment. Leaves. Textile industry.

Recebido: 19 ago. 2019.

Aprovado: 01 out. 2019.

Direito autoral: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



INTRODUÇÃO

O setor têxtil é responsável por uma parcela bastante significativa da economia mundial, além disso, é um dos segmentos mais tradicionais e antigos da indústria. É caracterizado por consumir uma grande quantidade de água e gerar elevados volumes de efluentes líquidos com altas concentrações de produtos químicos e corantes, os quais apresentam um considerável grau de toxicidade, fato que agrava a situação ambiental na atividade têxtil (SOUZA et al., 2013).

Adsorção é o processo pelo qual um adsorvente sólido pode atrair um componente presente na água para a sua própria superfície e formar um anexo por meio de uma ligação física ou química, removendo assim o componente da fase fluida (DEMIRBAS et al., 2008). É um dos processos mais efetivos para a remoção de corantes de efluentes têxteis, levando em conta seu elevado índice de remoção e seu baixo custo (dependendo do material utilizado como adsorvente), além disso, é um processo que não forma intermediários e depende apenas de fatores físico-químicos, como as propriedades físicas (tamanho da partícula, área superficial, pH, temperatura, etc.) (SCHIMMEL, 2008).

Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o comportamento cinético de adsorção do corante reativo Azul 5G, muito utilizado nas indústrias têxteis, empregando folhas de leucena como material adsorvente de baixo custo, de modo a contribuir com os estudos que visam melhorar o tratamento de efluentes industriais com corantes tóxicos.

MATERIAL E MÉTODOS

As folhas de leucena foram coletadas na manhã do dia 24 de abril de 2019, no município de Dois Vizinhos-PR. As pinas foram arrancadas e desfolhadas manualmente, sendo secas posteriormente na temperatura de 40°C, em estufa. Após a secagem, a biomassa foi moída em moinho de facas.

Foi preparada uma solução estoque do corante reativo Azul 5G, a partir da dissolução do mesmo em água destilada, na concentração de 1 g L⁻¹ e pH 2, ajustado com o auxílio do ácido clorídrico.

O estudo cinético de adsorção foi realizado em batelada e buscou avaliar duas diferentes concentrações iniciais de corante (100 e 300 mg L⁻¹) empregando-se béqueres com 400 mL de solução acrescidos de 0,4 g de material adsorvente para cada ensaio.

Os ensaios cinéticos se deram com o auxílio de um agitador magnético sob agitação constante e temperatura ambiente, onde alíquotas da solução eram retiradas em intervalos de tempo estabelecidos (0, 1, 5, 10, 20, 30, 60, 120, 180, 360, 480, 600 e 720 minutos). As respectivas absorbâncias foram medidas em espectrofotômetro, a 623 nm.

A partir de uma curva de calibração linear, que relaciona absorbância e concentração, foi possível obter a concentração de corante na fase líquida para cada concentração inicial avaliada neste trabalho. A capacidade de remoção foi calculada pela Equação 1.

$$q = \frac{V(C_0 - C)}{m} \quad (1)$$

Sendo q a concentração de corante na fase sólida (mg g^{-1}), V o volume de solução (L), C_0 e C as concentrações iniciais e finais do corante em solução (mg L^{-1}) e m a massa de adsorvente (g).

O comportamento cinético da adsorção do corante em estudo foi obtido a partir do ajuste dos modelos empíricos de pseudo-primeira ordem, representado pela equação (2), e de pseudo-segunda ordem, expresso na equação (3), ambos realizados a partir do *software* Maple. Os parâmetros ajustados foram a quantidade adsorvida na fase sólida (q_e) e as constantes de velocidade (k_1) e (k_2).

$$q_t = q_e (1 - e^{-k_1 t}) \quad (2)$$

Em que q_t é a quantidade adsorvida no tempo t (mg g^{-1}), q_e é a quantidade adsorvida na fase sólida (mg g^{-1}), t é o tempo (min) e k_1 é a constante de velocidade de pseudo-primeira ordem (min^{-1}).

$$q_t = \frac{k_2 q_e^2 t}{1 + k_2 q_e t} \quad (3)$$

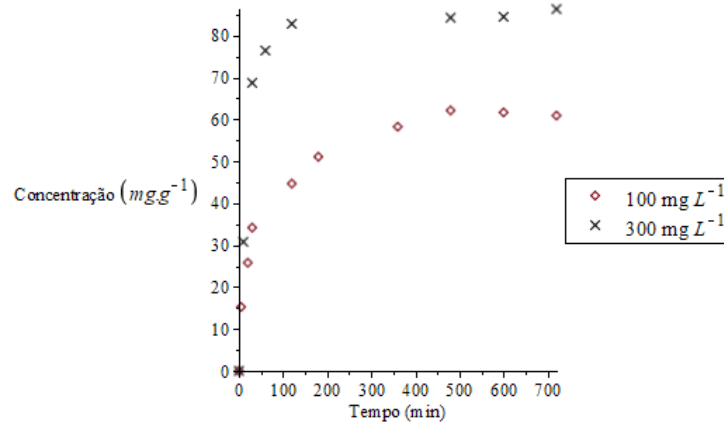
Onde k_2 é a constante de velocidade de modelo de pseudo-segunda ordem (g mg min^{-1}).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta o efeito do tempo de contato sobre a adsorção, em batelada e a temperatura ambiente, com concentrações iniciais de corante reativo Azul 5G em 100 mg L^{-1} e 300 mg L^{-1} . A quantidade de remoção aumenta com o tempo nas primeiras horas e com o passar deste, tende a ficar mais lenta devido a saturação dos poros do adsorvente, no entanto, nenhuma das concentrações iniciais avaliadas atingiram um equilíbrio bem definido dentro das 12 horas de ensaio.

Pode-se observar também que a concentração final de corante removido, após o período de estudo cinético, foi mais elevada para a maior concentração inicial de adsorvente empregada (300 mg L^{-1}), obtendo uma quantia aproximada de $86,31 \text{ mg g}^{-1}$. Fato que pode ser explicado pelo aumento da força motriz, responsável pela ocorrência do processo adsorptivo, em consequência do acréscimo da concentração inicial, o que favoreceu a transferência de massa (GOEL et al., 2005).

Figura 1 – Cinética de adsorção do corante reativo Azul 5G empregando leucena como adsorvente



Fonte: Autoria própria (2019).

Os ajustes dos dados experimentais foram realizados a partir dos modelos de pseudo-primeira e pseudo-segunda ordens e os resultados das regressões não lineares estão apresentados na Tabela 1. O primeiro modelo, afirma que a difusão superficial é a etapa determinante da taxa de adsorção e o segundo, implica que a adsorção química na superfície é a etapa limitante do processo (HO et al., 1999).

A partir da análise da Tabela 1 é possível constatar que o modelo de pseudo-segunda ordem foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais para ambas as concentrações iniciais de corante, visto que, possuem um coeficiente de determinação (R^2) mais elevado. Destaca-se ainda, o fato de que a capacidade de adsorção obtida experimentalmente, em ambas as concentrações, se assemelhou ao teórico obtido pelo modelo aplicado, assegurando a aplicabilidade do modelo em questão.

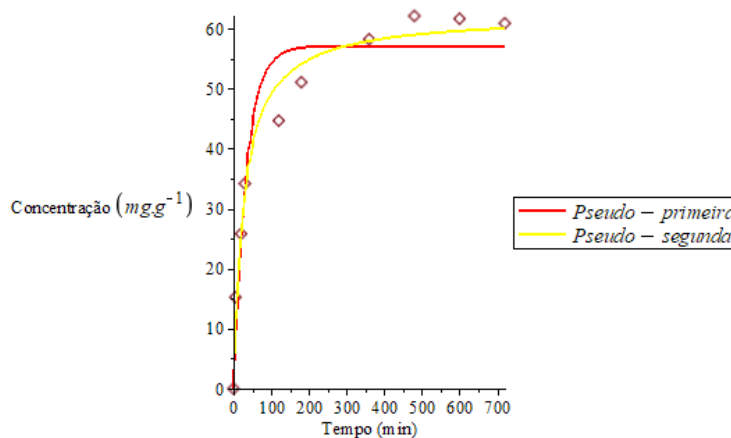
Tabela 1 – Avaliação estatística dos resultados

Concentração	Parâmetros	Pseudo-primeira ordem	Pseudo-segunda ordem
100 mg L ⁻¹	qeq	57,076	62,2797
	k	0,0296	0,0005
	R ²	0,9381	0,9778
300 mg L ⁻¹	qeq	78,8700	89,0174
	k	0,0576	0,0008
	R ²	0,9772	0,9805

Fonte: Autoria própria (2019).

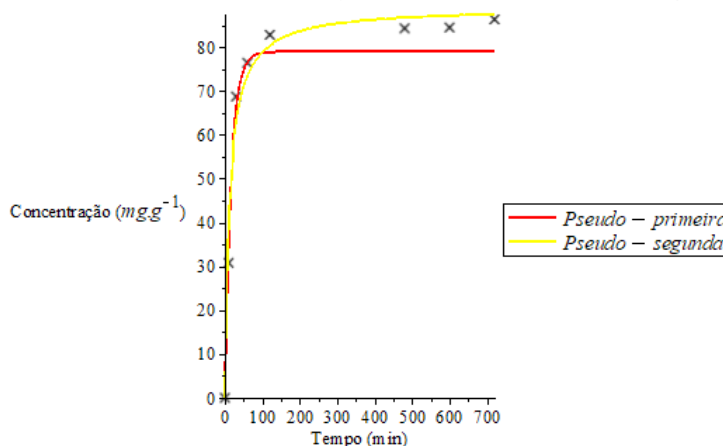
As Figuras 2 e 3 ilustram a cinética de adsorção relacionando a quantidade de corante adsorvida com o ajuste dos modelos cinéticos para as duas concentrações iniciais de corante analisadas, comprovando a concordância dos resultados teóricos do modelo de pseudo-segunda ordem com os dados experimentais e indicando que a adsorção na superfície do adsorvente, proposta pelo mesmo, controla a velocidade do processo.

Figura 2 – Cinética de adsorção do corante reativo Azul 5G empregando leucena como adsorvente a uma concentração inicial de corante de 100 mg L⁻¹



Fonte: Autoria própria (2019).

Figura 3 – Cinética de adsorção do corante reativo Azul 5G empregando leucena como adsorvente a uma concentração inicial de corante de 300 mg L⁻¹



Fonte: Autoria própria (2019).

CONCLUSÃO

O presente estudo mostrou que as folhas de leucena podem ser utilizadas como adsorventes na remoção do corante reativo Azul 5G, apresentando uma capacidade máxima de remoção de 86, 31 mg g⁻¹. Maiores concentrações iniciais de corante favorecem a transferência de massa e são capazes de melhorar o processo. O modelo de pseudo-segunda ordem mostrou ser o mais aplicável a cinética de adsorção do corante, definindo que a sua velocidade é controlada pela adsorção na superfície do adsorvente.

REFERÊNCIAS

DEMIRBAS, E.; KOBYA, M.; SULAK, M. T. Adsorption kinetics of a basic dye from aqueous solutions onto apricot stone activated carbon. **Bioresource Technology**, v. 99, n. 13, p. 5368-5373, 2008. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852407009534>. Acesso em: 28 jul. 2019.

GOEL, J.; KADIRVELU, K.; RAJAGOPAL, C.; CARG, V. K. Removal of lead (II) by adsorption using treated granular activated carbon: Batch and column studies. **J. Hazard. Mater.**, v. 125, n. 1-3, p. 211-220, 2005. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389405002712>. Acesso em: 28 jul. 2019.

HO, Y. S.; MCKAY, G. Pseudo-second order model for sorption processes. **Process Biochemistry**, v. 34, n. 5, p. 451-465, 1999. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032959298001125>. Acesso em: 28 jul. 2019.

SCHIMMEL, D. Adsorção dos corantes reativos Azul 5G e Azul turquesa QG em carvão ativado comercial. 2008. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento de Processos) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2008.

SOUZA, K. C.; ANTUNES, M. L. P.; CONCEIÇÃO, F. T. Adsorção do corante reativo Azul 19 em solução aquosa por lama vermelha tratada quimicamente por peróxido de hidrogênio. **Química Nova**, São Paulo, v. 36, n. 5, p. 651-656, 2013. Disponível em: http://quimicanova.sbg.org.br/imagebank/pdf/Vol36No5_651_06-AR12612.pdf. Acesso em: 28 jul. 2019.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Dois Vizinhos, pelo espaço cedido e pelo fomento disponibilizado por meio da bolsa de iniciação científica para a realização do projeto. Agradeço também aos meus orientadores Pedro Yahico Ramos Suzaki e Gracielle Johann que foram imprescindíveis durante o desenvolvimento do mesmo.