

APLICAÇÃO DO POLÍMERO ZEÍNA COMO MATERIAL ADSORVENTE PARA REMOÇÃO DE CORANTE AZUL DE METILENO

YARA PROCK DA SILVA^{1,2*}, CAROLINE PLANSKI MARIA³, GUSTAVO
HENRIQUE FIDELIS DOS SANTOS⁴

1 INTRODUÇÃO

Os impactos ambientais provenientes do lançamento de efluentes industriais que possuem em sua composição componentes de alta toxicidade para o meio ambiente e para os seres humanos, como os corantes tem sido um problema na atualidade. Além de tóxicos, os corantes são compostos de difícil degradação (BARROSO et al., 2019). O corante azul de metileno (AM), é um corante catiônico, e sua exposição aos seres humanos pode provocar efeitos como aumento do batimento cardíaco, dor de cabeça intensa, náuseas, vômitos, diarreia e necrose do tecido humano.

A adsorção é um processo que pode ser empregado no tratamento de efluentes industriais para remoção de corantes presentes no meio aquoso. A adsorção é uma operação de transferência de massa do adsorvato presente em um meio líquido para o adsorvente (meio sólido), que captura o adsorvato por meio de forças atrativas com grupos funcionais presentes em sua superfície. Este processo depende de fatores físicos como interação adsorvente/corante, área superficial do adsorvente, tamanho da partícula, temperatura, tempo de contato e pH (NASCIMENTO et al., 2014).

O adsorvente empregado neste estudo foi a zeína, proteína do endosperma do milho que possui propriedades relevantes como hidrofobicidade, biodegradabilidade, biocompatibilidade, resistência ao ataque microbiano, atividade antioxidante e disponibilidade, devido ao crescimento da produção mundial de amido de milho e da indústria de bioetanol (BRAHATHEESWARAN et al., 2012).

¹Graduanda do curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus Laranjeiras do Sul*.

*E-mail para contato: yaraprocks@gmail.com

² Grupo de Pesquisa: Produção, transformação e armazenamento de alimentos.

³Graduanda do curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus Laranjeiras do Sul*.

⁴ Professor Doutor em Engenharia Química, Universidade Federal da Fronteira Sul, Orientador.

Título do subprojeto: Aplicação de nanofibras produzidas por tecnologia electrospinning como material adsorvente para remoção de íons selênio.

2 OBJETIVOS

O trabalho teve como objetivo estudar o efeito das variáveis: massa de zeína (adsorvente), do pH da solução na adsorção de corante azul de metileno e estudar o equilíbrio de adsorção do corante AM.

3 METODOLOGIA

Solução de azul de metileno (10 mgL^{-1}) foi preparada pela dissolução em água. O pH da solução foi ajustado utilizando HCl ($0,01 \text{ molL}^{-1}$) e NaOH ($0,01 \text{ molL}^{-1}$). A zeína (Sigma-Aldrich) foi utilizada na forma em pó, e não sofreu nenhum tratamento antes de ser utilizada nos experimentos de adsorção. Os ensaios experimentais para o estudo do efeito do pH na adsorção foram conduzidos em erlenmeyers contendo 3 g do adsorvente e 30 mL da solução do corante na concentração de 10 mg.L^{-1} em pH 2, 3, 4, 5, 6, 8 e 10. Os ensaios foram realizados sob agitação a 100 rpm por 24 horas.

Os ensaios experimentais para o estudo do efeito da massa de adsorvente na adsorção foram conduzidos em erlenmeyers contendo 30 mL da solução do corante na concentração de 10 mg.L^{-1} e pH em torno de 6, sendo adicionado diferentes massas de zeína 1, 2, 3, 4, 5, e 6 g. Os experimentos foram conduzidos a 100 rpm por 24 horas. Os ensaios experimentais do estudo do equilíbrio de adsorção foram conduzidos em erlenmeyers contendo 3 g do adsorvente e 30 mL da solução do corante em pH 6 e em diferentes concentrações iniciais de 2,5; 5; 10; 15; 20; 30; 40; 50; 60; 80; 100; 120; 140; 180 e 220 mg.L^{-1} . Os ensaios foram realizados sob agitação a 100 rpm por 24 horas.

Nos ensaios descritos acima, a análise da concentração de corante (inicial e final) foi realizada pelo método de espectroscopia no ultravioleta visível (UV/Vis), em comprimento de onda de 660 nm.

O cálculo da quantidade adsorvida de corante, Q_e (mg g^{-1}) foi realizado pela Equação 1:

$$Q_e = i$$

Sendo: C_0 : Concentração inicial da solução (mg L^{-1}), C_e : Concentração final da solução após a adsorção (mg L^{-1}), V : volume da solução de corante (L), m : Massa de zeína utilizada (g).

No ensaio de equilíbrio de adsorção, os modelos de Langmuir (Equação 2) e de Freundlich (Equação 3) foram ajustados aos dados experimentais.

$$Q_e = \left(\frac{Q_0 K_L C_e}{1 + K_L C_e} \right) \text{ (Eq. 2)}$$

$$Q_e = K_f C_e^{\frac{1}{n}} \text{ (Eq. 3)}$$

Em que: Q_0 - capacidade máxima de adsorção (mg g^{-1}); K_L - constante relacionada à energia de ligação do metal no solo (mg L^{-1}); K_f - constante de Freundlich (mg g^{-1}); n - parâmetro de afinidade do adsorvente pelo soluto (adimensional).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos no estudo do efeito do pH da adsorção do corante AM estão expressos na Tabela 1. Os resultados foram submetidos ao teste de Tukey com a finalidade de avaliar se houve diferença significativa na adsorção com a variação do pH da solução do corante.

Tabela 1: Estudo da adsorção do corante AM em diferentes pH.

pH	Q_e (mg/g)
2	0,066833 ^b
3	0,067000 ^b
4	0,066000 ^c
5	0,066000 ^c
6	0,068000 ^a
8	0,068000 ^a
10	0,067000 ^b

Letras diferentes na mesma coluna representam resultados diferentes entre si a 5% de probabilidade pelo teste de tukey.

Fonte: Os autores (2021)

Pela Tabela 1, a quantidade de corante adsorvida em diferentes pH não apresentou diferença significativa entre os pH 2, 3 e 10. Também não houve diferença significativa entre o pH 4 e 5. Em relação ao pH 6 e 8, não houve diferença significativa na adsorção do corante, sendo observado que nesta faixa de pH ocorreu a maior adsorção do corante AM. A solução em pH 6, além de resultar em maior adsorção do corante AM, não era necessário ajustá-lo com NaOH e HCl.

Os resultados obtidos no estudo do efeito da massa de adsorvente na adsorção do corante AM estão expressos na Tabela 2. Os resultados foram submetidos ao teste de Tukey com a finalidade de avaliar se houve diferença significativa na adsorção com a variação da massa de adsorvente.

Tabela 2: Estudo da adsorção do AM em diferentes massas de adsorvente.

Massa de zeína (g)	Q _e (mg/g)	Porcentagem removida
1	0,088666 ^a	27,433333 ^f
2	0,076833 ^b	47,350000 ^e
3	0,065000 ^c	59,400000 ^d
4	0,058000 ^d	72,200000 ^c
5	0,051000 ^e	78,266666 ^a
6	0,040000 ^f	76,400000 ^b

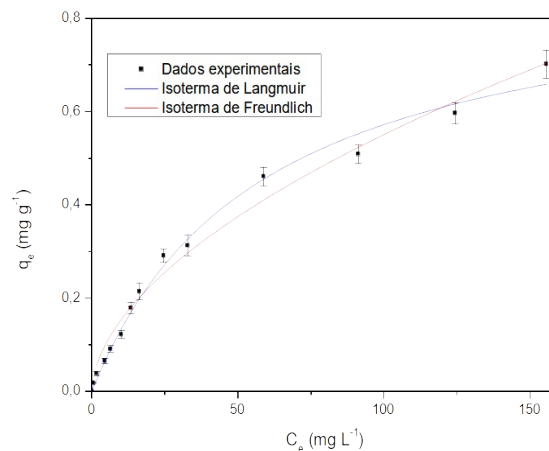
Letras diferentes na mesma coluna representam resultados diferentes entre si a 5% de probabilidade pelo teste de tukey.

Fonte: Os autores (2021)

Ao analisar a Tabela 2, todos os ensaios apresentaram diferenças significativas, tanto para o estudo de Q_e como para o estudo da porcentagem removida. É observado que utilizando 1 g de zeína obteve-se o maior valor Q_e, porém ao se analisar a porcentagem de corante removida, esta foi a massa que menos removeu o corante AM. Outro fator importante a se analisar é em relação as massas de 3 g e 4 g que apresentaram bons resultados tanto nos valores de Q_e como na porcentagem removida. Apesar de 4 g apresentar maior porcentagem removida foi decido trabalhar com a massa de 3 g de zeína pensando na economia de material adsorvente devido ao seu custo elevado.

Na Figura 1 está apresentado o estudo de equilíbrio de adsorção do corante AM, aplicando as isotermas de adsorção de Langmuir e Freundlich.

Figura 1: Equilíbrio de adsorção do corante AM e ajuste das isotermas de Langmuir e Freundlich.



Fonte: Os autores (2021)

Pela Figura 1, nas menores concentrações de corante, a adsorção ocorreu com maior intensidade, caracterizando a afinidade entre o corante e a zeína. Conforme aumento das concentrações iniciais do AM, houve uma diminuição da adsorção, que pode ser devido a saturação dos sítios ativos do material adsorvente. O ajuste da isoterma de Langmuir aos dados de equilíbrio a 25 °C (Figura 1) resultou nos parâmetros: capacidade máxima de adsorção ($Q_0 = 0,9047 \text{ mg g}^{-1}$) e constante de Langmuir ($K_L = 0,01721 \text{ mg L}^{-1}$). O ajuste da isoterma de Freundlich resultou nos parâmetros: constante de Freundlich ($K_f = 0,04269 \text{ mg g}^{-1}$) e afinidade do adsorvente pelo soluto ($n = 1,801$). O coeficiente de determinação (R^2) da isoterma de Langmuir e Freundlich foi 0,99117 e 0,98431, respectivamente, ou seja, ambas isotermas representaram bem os dados de equilíbrio. Segundo Lázaro et al. (2008), os valores de $1/n$ para o modelo de Freundlich pode representar o processo de adsorção como sendo favorável (valores entre 0 a 1). Neste estudo, o valor de $1/n$ foi de 0,55538 mostrando que o processo de adsorção do corante AM pela zeína foi favorável.

5 CONCLUSÃO

Verificou-se que o pH 6 foi o melhor para adsorção do corante AM e que a massa de 3g de zeína resultou em elevada porcentagem de remoção e concentração adsorvida. A capacidade máxima de adsorção determinada pelo modelo de Langmuir foi $0,9047 \text{ mg g}^{-1}$, que indica boa afinidade do corante pelo adsorvente. Ambos os modelos de isoterma se mostraram adequados ao estudo de equilíbrio, mas a isoterma de Langmuir proporcionou melhor ajuste



aos dados experimentais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROSO, J.A.D., et al. “Estudo da adsorção de azul de metileno utilizando cascas de pequi”. Blucher Chemical Engineering Proceedings , 1, 2019, p. 574–80.

LÁZARO, D.A.; MANSUR, M.B.; FRANCA, A.S.; OLIVEIRA, L.S.; ROCHA, S.D. F. Performance of cold-pressed cake from Raphanus sativus (L.Var.) oilseeds, a solid residue from biodiesel production, as adsorbent for basic dyes. International Journal of Chemical Eng., 1, p. 289-302, 2008.

NASCIMENTO, R.F. et al. Adsorção: aspectos teóricos e aplicações ambientais. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2014. 256 p.

BRAHATHEESWARAN, D.; MATHEW, A.; ASWATHY, R.G.; NAGAOKA, Y.; VENUGOPAL, K; YOSHIDA, Y.; MAEKAWA, T.; SAKTHIKUMAR, D. Hybrid fluorescent curcumin loaded zein electrospun nanofibrous scaffold for biomedical applications. Biomedical Materials, v. 7, n. 4, 2012.

Palavras-chave:

Azul de metileno; Zeína; Efeito do pH; Equilíbrio de Adsorção; Modelo de Langmuir e Freundlich.

Nº de Registro no sistema Prisma: PES-2020-0471.

Financiamento: UFFS.