

ADSORÇÃO DE GLIFOSATO EM CARVÃO ATIVADO PRODUZIDO A PARTIR DO RESÍDUO DE ACÁCIA NEGRA (*Acacia mearnsii* De Wild)

DA ROSA, J. V.¹, LEITE, B. J.², FUQUES, K.M.³, DA ROSA, G.S.⁴ ALMEIDA, A. R. F.⁵

¹ Universidade Federal do Pampa (Unipampa) – Bagé – RS – Brasil –
josuerosa.aluno@unipampa.edu.br

² Universidade Federal do Pampa (Unipampa) – Bagé – RS – Brasil –
brunaleite.aluno@unipampa.edu.br

³ Universidade Federal do Pampa (Unipampa) – Bagé – RS – Brasil –
kassianifuques.aluno@unipampa.edu.br

⁴ Universidade Federal do Pampa (Unipampa) – Bagé – RS – Brasil – gabrielarosa@unipampa.edu.br

⁵ Universidade Federal do Pampa (Unipampa) – Bagé – RS – Brasil –
andrealmeida@unipampa.edu.br

RESUMO

O estudo investigou a cinética de adsorção do glifosato utilizando carvão ativado produzido a partir da casca de acácia negra. O uso de agrotóxicos, como o glifosato, é uma prática comum na agricultura, mas levanta preocupações ambientais devido à sua persistência em ambientes aquáticos. Associado a isso, existe a geração de resíduo agroindustrial que necessita de aproveitamento, a fim de evitar seu descarte na natureza. Para mitigar esse impacto, o carvão da casca da acácia foi testado para remoção do glifosato. Ensaios de adsorção foram realizados em batelada com 0,5 g/L de carvão em solução de 20 ppm do contaminante. Neste processo o glifosato fica retido na superfície porosa do carvão ativado, reduzindo sua concentração. Os resultados experimentais foram ajustados aos modelos cinéticos de pseudo-primeira e pseudo-segunda ordem. O modelo de pseudo-segunda ordem apresentou o melhor ajuste, com um valor de capacidade de adsorção de 24,118 mg/g. O estudo conclui que o carvão ativado produzido a partir da casca de acácia negra possui boa capacidade de remoção do glifosato em meio aquoso, sendo uma alternativa viável para a descontaminação de águas.

Palavras-chave: adsorvente, novos materiais, sustentabilidade.

1 INTRODUÇÃO

O modelo de produção agrícola no mundo adotou diversas mudanças tecnológicas e organizacionais, como é o caso do uso massivo e crescente de agrotóxicos. A aplicação dos agrotóxicos desempenha um papel fundamental nas grandes produções agrícolas e até mesmo pequenas, como o controle contra insetos, ervas daninhas e doenças (Jayaraj; Megha; Sreedev, 2017). Apesar dos benefícios

dos agrotóxicos e sua relevância na economia, o uso intenso desse tipo de produto contribui para a contaminação do solo e de águas superficiais e subterrâneas (Silva *et al.*, 2019).

Ainda no âmbito de produção agrícola, a geração de resíduos agroindustriais é um desafio. Entre os resíduos industriais, a casca da acácia negra destaca-se como um material com poder de aproveitamento, principalmente na produção de carvão ativado (Herath; Poh; Ng, 2019). Alguns estudos mostram que o carvão obtido da acácia negra possui características adequadas para a adsorção do glifosato, como sua alta área superficial e a presença de grupos funcionais que promovem a interação entre carvão e glifosato. (Li *et al.*, 2020; Lutzke, 2016).

Dentro desse contexto, o presente estudo visa avaliar a cinética de adsorção do glifosato no carvão obtido da casca de acácia negra através de ensaio em batelada.

2 METODOLOGIA

O resíduo da casca de acácia utilizado é proveniente da Sociedade Extrativa Tanino de Acácia Ltda - SETA, localizada no município de Estância Velha - RS. No presente estudo, foi utilizado como adsorvente o carvão ativado produzido por Bitencourt (2023) através de pirólise e ativação química com ácido fosfórico. O glifosato utilizado é da marca Roundup, com 74% de pureza aproximada.

Para a leitura em espectrofotômetro UV-Vis, o glifosato foi derivatizado com ninidrina e molibdato de sódio a 5%, sendo a leitura realizada em 570 nm. A curva de calibração obtida é expressa na Equação 1, que relaciona absorbância (*abs*) e concentração de glifosato (*C*, mg L⁻¹).

$$C = \frac{abs}{0,00524} \quad (1)$$

Para o ensaio de cinética de adsorção foi preparada uma solução de 20 ppm de glifosato em pH de 3,5. Os ensaios foram realizados em batelada utilizando 0,5 g/L de carvão em 25mL de solução, variando o tempo até 180 min. Para agitação foi utilizado *shaker* (Nova Ética, 109-1, Brasil) e para separar o carvão da solução foi utilizada centrífuga (Quimis, Q222TM216, Brasil). As Equações 2 e 3 foram utilizadas para determinar a capacidade de adsorção (*q_e*, mg.g⁻¹)

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

onde C_0 é a concentração inicial do adsorvato (mg L^{-1}); C_f a concentração final do adsorvato; m a massa de adsorvente (g) e V o volume da solução (L)

Para ajuste dos dados experimentais foram utilizados os modelos cinéticos de pseudo-primeira ordem (PPO) (Lagergren, 1898) e pseudo-segunda ordem (PSO) (Ho e McKay, 1998), de acordo com as Equações 4 e 5.

$$q_t = q_e(1 - e^{-k_1 t}) \quad (3)$$

$$q_t = \frac{q_e^2(k_2 t)}{(1 + q_e k_2 t)} \quad (4)$$

sendo k_1 e k_2 as constantes da velocidade de adsorção de pseudo-primeira ordem (min^{-1}) e pseudo-segunda ordem ($\text{g mg}^{-1}\text{min}^{-1}$) e q_t a capacidade de adsorção no tempo t (min).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores obtidos para os ajustes dos dados experimentais estão relacionados de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros obtidos para os ajustes dos modelos cinéticos

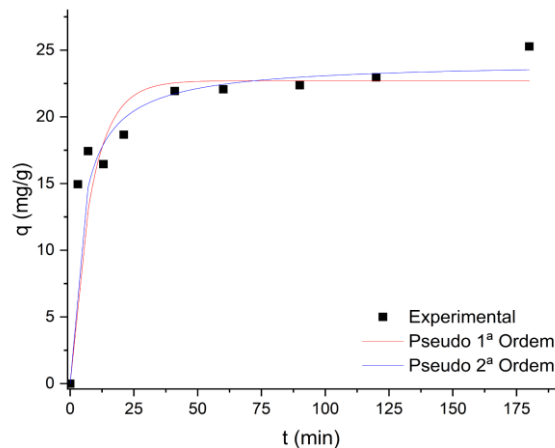
Modelos	Pseudo-primeira Ordem	Pseudo-segunda Ordem
Parâmetros	$q_e = 22,706 \pm 0,893 \text{ mg g}^{-1}$ $k_1 = 0,121 \pm 0,027 \text{ min}^{-1}$	$q_e = 24,118 \pm 0,862 \text{ mg g}^{-1}$ $k_2 = 0,009 \pm 0,003 \text{ g mg}^{-1}\text{min}^{-1}$
R^2	0,998	0,999
X^2	3,957	1,976

Fonte: Autores (2024).

Analisando os valores obtidos a partir dos ajustes cinéticos expostos na Tabela 3 é possível observar que os dois modelos apresentaram um alto coeficiente de determinação (R^2). No entanto o qui-quadrado (x^2) para o modelo de PSO foi menor, indicando que, associado ao valor de R^2 , o modelo se ajustou melhor aos dados experimentais. O valor de k_2 obtido indica que a adsorção ocorre de maneira mais lenta se comparada com o valor de k_1 , obtido para o modelo de PPO. De acordo com Ho e McKay (1998), o modelo de PSO representa um processo de adsorção que ocorre em função da troca de íons entre adsorvente e adsorvato.

Na Figura 1 são apresentados os ajustes obtidos para os modelos cinéticos a partir dos dados experimentais obtidos.

Figura 1. Ajuste dos modelos cinéticos para a adsorção utilizando o carvão ativado de Acácia Negra



Fonte: Autores (2024).

A partir da Figura 1, é possível observar que a adsorção foi crescendo nos primeiros 50 min, indicando a eficiência do adsorvente e o tempo que ele levou para atingir o equilíbrio. Após esse período, a concentração de glifosato na solução estacionou. Estudos recentes, como o de Besghaier *et al.* (2022), relataram, em processo de adsorção do glifosato utilizando uma heteroestrutura porosa de argila, um período em torno de 100 min para entrar em equilíbrio e observaram que o modelo PSO descreveu melhor a cinética do que o modelo PPO. Yamaguchi, Rubio e Bergamasco (2019), ao utilizar carvão ativado impregnado com ferro e manganês, reportaram um tempo de 24h até o processo entrar em equilíbrio e tiveram sua cinética melhor descrita pelo modelo PSO.

4 CONCLUSÃO

Os valores máximos encontrados para capacidade de adsorção foram de $22,706 \pm 0,893$ mg/g para o modelo PPO e $24,118 \pm 0,862$ mg/g para o modelo PSO. Os resultados obtidos foram satisfatórios, sendo o modelo PSO o que melhor se ajustou aos dados experimentais, atingindo o equilíbrio em 50 min.

Com base nesses resultados, é possível concluir que o carvão ativado produzido possui uma boa capacidade de remoção do poluente glifosato em meio aquoso.

AGRADECIMENTOS

À CAPES, à Fapergs, ao CNPq e à Universidade Federal do Pampa.

REFERÊNCIAS

BESGHAIER, S.; CECILIA, J. A.; CHOUIKHI, N. et al. Glyphosate adsorption onto porous clay heterostructure (PCH): kinetic and thermodynamic studies. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v. 39, p. 903–917, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s43153-021-00166-7>.

BITENCOURT, D. S. L. **Adsorção de ibuprofeno por carvão ativado obtido do resíduo da casca da acácia negra (Acacia mearnsii De Wild)**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Química) - Universidade Federal do Pampa - UNIPAMPA, Bagé, RS, 2023. Disponível em: <https://dspace.unipampa.edu.br/handle/riu/9618>.

HERATH, G. A. D.; POH, L. S.; NG, W. J. Statistical optimization of glyphosate adsorption by biochar and activated carbon with response surface methodology. **Chemosphere**, v. 227, p. 533-540, 2019. ISSN 0045-6535. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.04.078>.

HO, Y. S.; MCKAY, G. A Comparison of chemisorption kinetic models applied to pollutant removal on various sorbents. **Process Safety and Environmental Protection**, [s. l.], v. 76, n. 4, p. 332–340, 1998. Disponível em: <https://doi.org/10.1205/095758298529696>.

JAYARAJ, R.; MEGHA, P.; SREEDEV, P. Organochlorine pesticides, their toxic effects on living organisms and their fate in the environment. **Interdisciplinary Toxicology**, v. 9, n. 3-4, p. 90-100, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1515/intox-2016-0012>.

LAGERGREN, S. Zur theorie der sogenannten adsorption gelöster stoffe. **Kungliga Svenska Vetenskapsakademiens. Soft Matter**, [s. l.], v. 24, p. 1–39, 1898. Disponível em: <https://doi.org/10.1039/c2sm25489a>.

LI, H.; DONG, X.; DA SILVA, E. B.; DE OLIVEIRA, L. M.; CHEN, Y.; MA, L. Q. Mechanisms of metal sorption by biochars: Biochar characteristics and modifications. **Chemosphere**, 242, 125469. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.03.072>.

LUTZKE, S. F. **Produção de carvão ativado a partir do bagaço da casca de acácia- negra (Acacia mearnsii de wild.) e sua aplicação como adsorvente**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Química Bacharelado) - Universidade Federal do Rio Grande - FURG, Rio Grande, RS, 2016. Disponível em: <https://www.repositorio.furg.br/handle/1/8675>.

SILVA, V.; MOL, H. G. J.; ZOMER, P.; TIENSTRA, M.; RITSEMA, C. J.; GEISSEN, V. Pesticide residues in European agricultural soils – A hidden reality unfolded. **Science of The Total Environment**, v. 612, p. 1238-1248, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.441>.

YAMAGUCHI, N. U.; RUBIO, A. J.; BERGAMASCO, R. Activated carbon loaded with manganese and iron for glyphosate adsorption: Kinetics, isotherms and thermodynamic studies. **Revista Ambiente & Água**, v. 14, n. 6, e2414, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2414>.