

OTIMIZAÇÃO DA ADSORÇÃO DE CORANTE POR CARVÃO ATIVADO PRODUZIDO A PARTIR DE LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

SOARES, J. O. ¹, JANNER, N. N.², FILHO, A. V.³, ROSA, G. S.⁴

¹ Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) – Bagé – RS – Brasil – jeffsoares27@gmail.com

² Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) – Bagé – RS – Brasil – nnjanner@gmail.com

³ Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) – Bagé – RS – Brasil – alaorvf@msn.com

⁴ Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) – Bagé – RS – Brasil – gabysrosa@gmail.com

RESUMO

Um dos principais problemas das estações de tratamento de água (ETA) é a geração do lodo e sua destinação final. Visando uma reutilização sustentável e aplicabilidade adequada, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a otimização do processo de utilização de lodo gerado em uma ETA para a remoção do corante de azul de metileno, através de um Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR). Os parâmetros avaliados foram o tempo de contato do adsorvente com o adsorvato, a massa de adsorvente e o pH da solução de adsorvato, e como respostas foram avaliadas a capacidade de adsorção (Q) e o percentual de remoção (R). Inicialmente, avaliou-se a influência dos parâmetros através do diagrama de Pareto. Em sequência, foi avaliada a significância dos modelos através da Análise de Variância (ANOVA), obtendo-se coeficientes de correlação (R^2) de 98,23 e 81,41 % para Q e R, respectivamente. Considerando a metodologia da superfície de resposta, as condições obtidas para maximizar os percentuais de remoção foram em ensaios com massa superior a 1g e tempo maior que 40min, enquanto maiores capacidades de adsorção são obtidas com massa de adsorvente inferior a 0,38g, para qualquer tempo de contato.

Palavras-chave: Planejamento experimental, azul de metileno, adsorvente alternativo.

1 INTRODUÇÃO

O lodo é um dos principais resíduos sólidos gerados nas estações de tratamento de água (ETA), sua taxa de produção é proporcional ao crescimento populacional. Grande parte dos custos de operação de uma ETA é direcionada a maneiras de minimizar os impactos ambientais e econômicos gerados por esse resíduo (SMITH *et al.*, 2009).

Devido à presença de alta quantidade de matéria orgânica, o lodo é usualmente aplicado como fertilizante, porém, elevadas concentrações de contaminantes presentes no mesmo podem ser prejudiciais ao solo e a produção agrícola (PRADO *et al.*, 2017). O lodo vem sendo destaque em diversas pesquisas, constituindo-se

como adsorvente alternativo, tendo em vista os altos custos de alguns adsorventes convencionais. (VASQUES, 2008).

A adsorção é uma operação de transferência de massa, responsável pela purificação na remoção de líquidos ou gases, estando intimamente ligada às características da substância adsorvida (adsorvato), como concentração e temperatura, e ao estado de retenção do adsorvente (RODRIGUES FILHO, 2012).

Dessa forma, o presente trabalho tem por objetivo estudar e otimizar o processo de adsorção de azul de metileno por um carvão ativado produzido a partir do lodo do tanque de sedimentação da ETA do Departamento de Água e Esgoto de Bagé (DAEB), utilizando a metodologia de planejamento experimental.

2 METODOLOGIA (MATERIAL E MÉTODOS)

Para a produção do carvão ativado, o lodo seco e moído sofreu adição de hidróxido de cálcio e cloreto de zinco, formando uma pasta de lodo. Essa pasta foi seca, moída e classificada, sendo selecionadas as partículas com diâmetro inferior a 495 μm . Em seguida, a amostra sofreu pirólise à temperatura de 550°C durante 30 min, produzindo o carvão ativado. Foi realizada lavagem ácida, seguida de neutralização com água. Por fim, o carvão ativado foi seco em estufa a 105 °C durante 24 h, para remoção da umidade.

Para realizar os ensaios de adsorção, foi utilizada a técnica de Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) em *Software* estatístico, com 16 ensaios e três pontos centrais em duplicata, a fim de avaliar a influência dos fatores massa de adsorvente, tempo de contato e pH da solução sobre a capacidade de adsorção e o percentual de remoção. As condições das variáveis selecionadas estão dispostas na Tabela 1.

Variável	Níveis				
	-1,68	-1	0	1	1,68
Massa de adsorvente (g)	0,33	0,5	0,75	1,0	1,17
Tempo de contato (min)	13,18	20	30	40	46,82
pH	1,95	4	7	10	12,04

Tabela 1 – Níveis das variáveis utilizadas no planejamento.

Em todos os ensaios, o adsorvente foi colocado em contato com 50 mL de azul de metileno, com agitação de 70 ppm em mesa agitadora, com agitação de 125 rpm. Em seguida, as amostras foram centrifugadas a 3000 rpm durante 10 min, para decantação dos sólidos presentes. A concentração do adsorvato remanescente foi

determinada em espectrofotômetro de UV visível, no comprimento de onda de 665 nm.

Para a determinação da capacidade de adsorção e do percentual de remoção, foram utilizadas as Equações 1 e 2, respectivamente.

$$Q = \frac{C_i - C_f}{M} \cdot V \quad (1)$$

$$R = \frac{C_i - C_f}{C_i} \cdot 100 \quad (2)$$

Em que Q é a capacidade de adsorção (mg.g^{-1}), R é o percentual de remoção (%), C_i é a concentração inicial do adsorvato (mg.L^{-1}), C_f é a concentração final do adsorvato (mg.L^{-1}), M é a massa de adsorvente (g) e V é o volume do adsorvato (mL).

As variáveis significativas (independentes) para R e Q foram identificadas através do Diagrama de Pareto, com intervalo de 95 % de confiança. A Análise de Variância (ANOVA) e o Teste de Fisher, foram utilizados para avaliar a significância dos modelos. A otimização do processo foi realizada a partir da superfície de resposta.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta a matriz com variáveis dependentes e independentes resultante do planejamento experimental.

Ensaio	Massa	Tempo	pH	Q (mg.g^{-1})		R (%)	
1	-1	-1	-1	6,74	6,77	96,32	96,71
2	-1	-1	1	6,68	6,75	95,37	96,50
3	-1	1	-1	6,45	6,50	92,13	92,90
4	-1	1	1	6,40	6,52	91,37	93,15
5	1	-1	-1	3,40	3,37	97,04	96,29
6	1	-1	1	3,32	3,35	94,99	95,67
7	1	1	-1	3,48	3,48	99,39	99,39
8	1	1	1	3,50	3,47	98,57	99,13
9	-1,68	0	0	9,97	9,77	93,83	92,01
10	1,68	0	0	2,97	2,97	99,37	99,23
11	0	-1,68	0	4,37	4,39	93,54	94,09
12	0	1,68	0	4,62	4,64	98,89	99,34
13	0	0	-1,68	6,55	4,48	97,46	96,08
14	0	0	1,68	4,62	4,62	99,04	99,02
15	0	0	0	4,56	4,57	97,64	98,03
16	0	0	0	4,6	4,56	98,66	97,73
17	0	0	0	4,58	4,56	98,21	97,78
18	0	0	0	4,58	4,58	98,18	98,05
19	0	0	0	4,59	4,57	98,30	97,94

Tabela 2 – Matriz do DCCR para as três variáveis e suas respostas.

A Figura 1 ilustra os Diagramas de Pareto gerados para as variáveis dependentes.

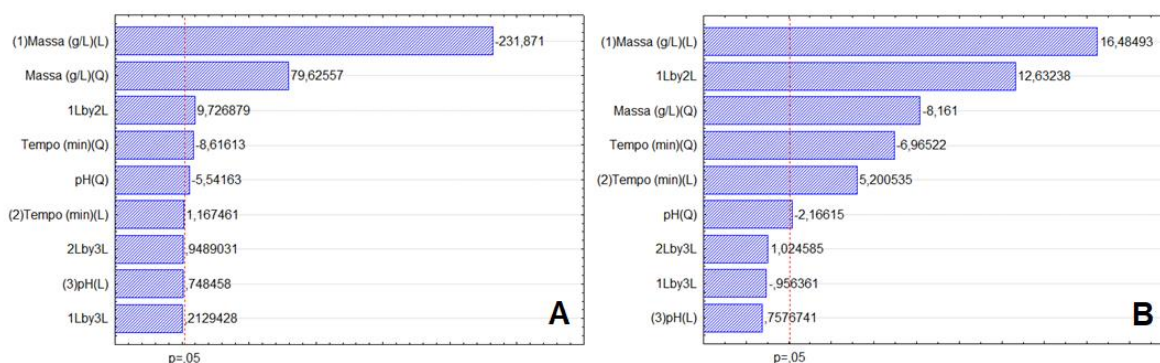


Figura 1. Diagrama de Pareto para Q (A) e R (B).

É possível observar na Figura 1 que as variáveis que influenciaram em ambas as respostas foram a massa, o tempo e a interação entre massa e tempo. A partir da ANOVA, foi verificada a qualidade dos modelos ajustados, que apresentaram coeficientes de correlação (R^2) de 98,23% e 81,41% para a capacidade de adsorção e o percentual de remoção, respectivamente.

A otimização do processo foi realizada considerando apenas os fatores massa e tempo, considerando o pH neutro, visto que a variação desse fator não foi significativa para nenhuma das respostas. Esse aspecto é positivo e representa economia no processo, uma vez que, para ajustar o pH da solução de adsorvato para ácido ou básico, são utilizadas soluções tampão. A Figura 2 apresenta as superfícies de resposta, considerando a interação entre esses fatores.

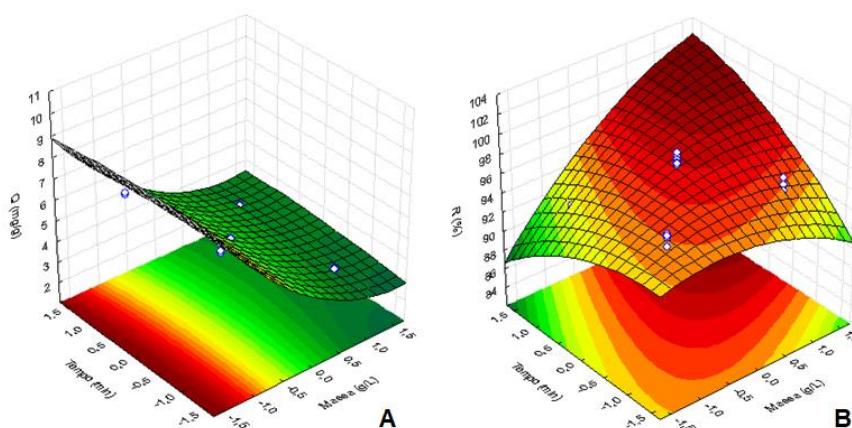


Figura 2. Superfícies de resposta para Q (A) e R (B).

Os maiores percentuais de remoção são encontrados utilizando massas de adsorvente superiores a 1 g, com tempo de contato maior que 40 min. Além disso, os maiores níveis de capacidade de adsorção são obtidos em ensaios realizados com massas de adsorvente inferiores a 0,38 g. O tempo de contato praticamente não interfere nessa resposta, sendo assim, é possível otimizar o processo executando os

ensaios com baixos níveis desse fator, já que isso resulta em uma economia de energia, e, ainda assim, serão encontradas capacidades de adsorção satisfatórias.

4 CONCLUSÃO

O carvão ativado produzido a partir do lodo de ETA apresentou alta eficácia na adsorção de azul de metileno. Constatou-se que as variáveis que apresentaram efeitos significativos nas respostas foram massa de adsorvente e tempo de contato. A melhor condição para o percentual de remoção foi encontrada em ensaios com massa superior a 1 g e tempo de contato maior que 40 min, enquanto essa condição, para a capacidade de adsorção, é de menos de 0,38 g de adsorvente, independente do tempo de contato. Sendo assim, conclui-se que o planejamento experimental é uma ferramenta eficaz para otimização de processos experimentais, como a adsorção.

REFERÊNCIAS

- PRADO, L. L.; JUNIOR, E. C.; MELO, V. F., BRAGA, M. C. B. Utilização de lodo de esgoto termicamente tratado como adsorvente de nitrogênio amoniacal. II-486. *Congresso abes FENASAN*, São Paulo – SP, 2017.
- RODRIGUES FILHO, Geraldo Martins Adsorption of the dye reactive yellow BF-4G 200% by smectite clay. 2012. 224 f. Dissertação Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012.
- SMITH, K.M.; FOWLER, G.D.; PULLKET, S.; GRAHAM, N.J.D. Sewage sludge-based adsorbents: a review of their production, properties and use in water treatment applications. *Water Research*, n. 43, p. 569-2594, 2009.
- VASQUES, A. R. Caracterização e aplicação de adsorvente para a remoção de corantes de efluentes têxteis em batelada e colunas de leito fixo. Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.