

REMOÇÃO DO CORANTE REATIVO REMAZOL VERMELHO EMPREGANDO O PROCESSO DE ADSORÇÃO

L. C. PAVAN¹, R. L. S. CANEVESI¹, D. MOLINARI¹, C. E. BORBA¹, M. G. A. VIEIRA²,
E. A. da SILVA²

¹ Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Engenharia e Ciências Exatas

² Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química

E-mail para contato: linpavan@hotmail.com

RESUMO – Com o crescimento industrial alcançado nos últimos anos, ocorreu um aumento significativo na quantidade de rejeitos industriais, dentre eles, destaca-se os efluentes têxteis com características tóxicas, cancerígenas e mutagênicas. Desta maneira, o objetivo principal deste trabalho foi investigar a adsorção em batelada do corante reativo Remazol Vermelho. Foram realizados ensaios em batelada para avaliar a capacidade de adsorção dos seguintes adsorventes: argila organofilizada comercial, argila esmectita natural, escamas de peixe, carvão vegetal e de ossos e seguido da avaliação da influencia dos efeitos do pH inicial da solução na faixa de 1 a 6 e temperatura na faixa de 15 a 45°C. O carvão de osso foi o adsorvente que apresentou maior capacidade de remoção do corante. Os resultados da análise estatística mostraram que o pH inicial da solução apresentou influencia significativa na capacidade de adsorção. O pH inicial igual a 1 apresentou maior remoção de corante dentro da faixa investigada.

1. INTRODUÇÃO

O setor têxtil tem apresentado uma elevada taxa de desenvolvimento, principalmente com o aumento na utilização de corantes sintéticos pela sociedade moderna (SOLIS et al., 2012). Contudo, o efluente líquido oriundo deste setor se tornou um dos principais potenciais contaminantes de recursos naturais, como rios e lagos, alcançando a marca de 150 milhões de metros cúbicos de efluente produzidos mundialmente por ano (IP et al., 2010).

Os corantes, mesmo em baixas concentrações apresentam características tóxicas, carcinogênicas, mutagênicas e teratogênicas, dessa forma, representando um grave risco à saúde humana (KUMAR et al., 2010), além de afetar negativamente a fauna e a flora aquática (MEZOHEGYI & ZEE, 2012).

O processo de adsorção vem se destacando em virtude das altas capacidades de remoção de corantes de meios aquosos, simplicidade de projeto, implantação e operação (PANIC & VELICKOVIC, 2014).

Desta forma, o presente estudo tem como objetivo: avaliar a eficiência dos adsorventes Argila organofilizada comercial, argila esmectita natural, Carvão Vegetal, carvão de ossos e escamas de peixe, na remoção do corante reativo Remazol Vermelho (RV), bem como

identificar a influencia dos fatores pH inicial da solução e temperatura de operação na capacidade de adsorção.

2. MATERIAIS E METODOS

2.1. Adsorventes

Os adsorventes utilizados neste trabalho foram: Argila organofilizada comercial Spectrogeel adquirida da empresa Spectrochem®, argila esmectita natural proveniente de Boa Vista – Paraíba, Carvão Vegetal comercial fornecido pela empresa Alphacarbo, carvão de ossos fornecido pela empresa Bonechar e escamas de peixe da espécie *Oreochomis niloticus* (Tilápia do Nilo), cedidas pela Cooperativa COPISCES.

2.2. Solução de Corante

As soluções de corante empregadas foram preparadas a partir da dissolução do corante em pó Remazol Vermelho (RV) da marca Dystar em água destilada. O pH das soluções foi ajustado com a adição de ácido clorídrico (P.A.) e hidróxido de sódio (P.A.).

2.3. Seleção do Adsorvente

Os testes foram realizados em batelada sob agitação de 100 rpm em uma mesa agitadora marca Tecnal, na temperatura de 30°C e pH inicial igual a 2. Para que o efeito da granulometria não apresente influencia nos ensaios de adsorção, empregou-se os adsorventes na granulometria menor que 0,1 mesh. Em erlenmeyers de 125 mL adicionou-se 75 mL de solução de corante na concentração de 150 mg L⁻¹ e 0,1 g de adsorvente, empregando tempo de contato de 48 horas. Os Adsorventes foram separados da fase líquida por centrifugação durante 10 min. Os testes foram realizados em quintuplicatas.

A concentração na fase sólida dos corantes foram calculadas a partir do balanço de massa representado pela seguinte equação.

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

Em que: q consiste na concentração de corante na fase sólida em mg g⁻¹, C_0 e C_f representam as concentrações de corante na fase fluída, inicial e final respectivamente em mg L⁻¹, m a massa de adsorvente usada em g e V o volume de solução em L.

As concentrações iniciais e remanescentes foram determinadas empregando espectrofotometria UV/Vis no comprimento de onda de 514 nm determinado à partir de levantamento do espectro de absorbância na faixa de 900 a 190 nm. Para a escolha do adsorvente de melhor desempenho na remoção dos corantes foi empregado a metodologia estatística de teste Fischer LSD.

2.4. Efeito do pH e da Temperatura

Para avaliar a influência dos fatores temperatura e pH inicial da solução na quantidade de corante adsorvido, empregando o adsorvente que apresentou melhor desempenho nos testes preliminares realizou-se um planejamento experimental do tipo delineamento composto central rotacional (DCCR) com 5 replicatas no ponto central. Os níveis avaliados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Níveis Investigados no planejamento experimental DCCR

Níveis	Temperatura	pH
(-1,41)	16	1
(-1,0)	20	2
(0,0)	30	3,5
(1,0)	40	5
(1,41)	45	6

Os testes foram realizados numa mesa agitadora orbital com controle de temperatura marca Tecnal sobre agitação constante de 100 rpm, empregando um tempo de contato de 48 horas, volume de solução no reator de 75 mL, na concentração de 150 mg L⁻¹ e 0,1 gramas de adsorvente. O Adsorvente foi separado da fase líquida a partir de centrifugação durante 10 min. As concentrações iniciais e remanescentes foram determinadas empregando espectrofotometria UV/Vis no comprimento de onda de 514 nm.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Seleção do Adsorvente

Foram realizados experimentos em sistema batelada, com agitação de 100 rpm, e pH da solução em 2, utilizando o corante RV, com o intuito de avaliar qual adsorvente entre os testados foi mais eficiente na remoção do corante. Na Figura 1 são apresentados os resultados da concentração corante Remazol Vermelho no adsorvente após o tempo de contato de 48 horas.

O teste estatístico de Fisher LSD de comparação de média, foi utilizado para identificar o adsorvente que apresentou maior capacidade de remoção. Para o nível de significância de 5% o carvão de ossos foi o adsorvente que apresentou maior capacidade de adsorção, seguido da escama de peixe. Portanto, o adsorvente que apresentou maior eficiência na remoção do corante RV foi o carvão de Ossos.

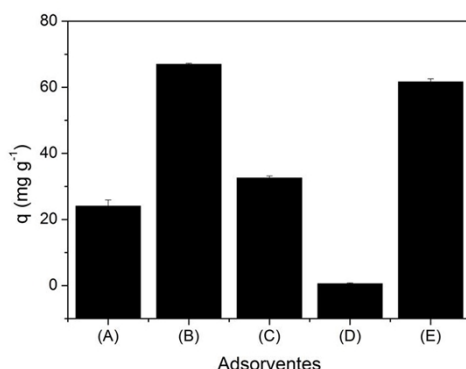


Figura 1. Concentração no adsorvente no equilíbrio para diferentes adsorventes: (A) Carvão Vegetal; (B) Carvão de Ossos; (C) Argila Organofílica Spectrogeel; (D) Argila Esmeclita Natural; (E) Escama de Peixe.

4.2. Efeito do pH e da Temperatura

Com o intuito de avaliar o efeito do pH e da temperatura no processo de adsorção, empregando como adsorvente o carvão de ossos, aplicou-se a metodologia de planejamento experimental DCCR, com uma quintuplicata no ponto central. O comportamento da capacidade de remoção do corante Remazol vermelho em função da temperatura e pH é apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Capacidades de remoção em função do pH e da Temperatura no processo de adsorção do corante Remazol Vermelho.

Temperatura	pH	q(mg g ⁻¹)
40	2	86,76
20	2	75,74
40	5	38,42
20	5	28,22
16	3,5	26,00
44	3,5	39,35
30	1	81,22
30	6	35,20
30	3,5	35,95
30	3,5	36,42
30	3,5	36,38
30	3,5	36,02
30	3,5	36,49

Os efeitos obtidos para cada fator na adsorção do corante Remazol Vermelho é apresentado na Tabela .

Tabela 4. Efeitos obtidos no processo de adsorção do corante Remazol Vermelho.

	Efeito	Erro Padrão	p-valor	Coefficiente
Media	37,19	4,58	8,34E-05	37,19
Temperatura(L)	10,02	7,28	2,11E-01	5,01
Temperatura(Q)	3,89	7,90	6,38E-01	1,94
pH(L)	-36,12	6,66	9,86E-04	-18,06
pH(Q)	19,49	5,97	1,38E-02	9,75
1L by 2L	-0,41	10,30	9,69E-01	-0,21

De acordo com a Tabela 4, a variação do fator temperatura não foi significativa na capacidade de adsorção do corante Remazol Vermelho nas suas duas formas, linear (L) e quadrática (Q), para o nível de significância estudado. O modelo estatístico obtido e representado matematicamente pela equação (2):

$$q = 38,6 - 18,0 pH + 9,4 pH^2 \quad (2)$$

Para avaliar a eficiência do modelo estatístico empregado na análise dos dados experimentais de adsorção, utiliza-se a metodologia de análise de variância, apresentada na Tabela .

Comparando o valor de F tabelado para os graus de liberdade, no valor de 4,1, com o valor apresentado na Tabela , nota-se que o valor obtido é 5 vezes maior que o valor tabelado, o que indica que o modelo estatístico empregado conseguiu descrever apropriadamente os efeitos destas variáveis na adsorção do corante Remazol Vermelho.

Tabela 5. Análise de variância (ANOVA) aplicada à metodologia DCCR do processo de adsorção do corante Remazol Vermelho.

	SQ	GL	MQ	F	R ²
Modelo	4224,6	2	2112,3	21,8	0,81
Erro	969,0	10	96,9		
Total	5193,6	12			

Thangamani et al., (2007) e Mao et al. (2009), que obtiveram em seus estudos sobre o efeito do pH na remoção de corantes aniônicos (reativos) comportamento semelhante ao obtido no presente estudo. Já para Aravindhan et al. (2007) corantes aniônicos competem com os íons OH^- , da solução pelos sítios ativos da superfície do adsorvente, não acontecendo este tipo de competição em meios ácidos, o que favorece a adsorção do corante.

5. CONCLUSÃO

Neste trabalho investigou-se o processo de adsorção do corante Remazol Vermelho. Constatou-se inicialmente que dos adsorventes testados a maior capacidade de adsorção do corante Remazol Vermelho foi obtida empregando o Carvão de Ossos. A análise dos resultados do planejamento experimental DCCR mostrou que na faixa de pH estudada,

adsorção é favorecida pelo decréscimo do pH, sendo que a maior capacidade adsorptiva obtida foi no pH igual a 1. A metodologia DCCR também mostrou que para o nível de significância estudada ($\alpha=5\%$) a temperatura do processo não se mostrou significativa para o corante RV. A alta capacidade de adsorção torna o carvão de ossos uma boa alternativa para o tratamento de efluentes que contenham este tipo de corante.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ARAVINDHAN, R.; RAO, J. R.; NAIR, B. U.. Removal of basic yellow dye from aqueous solution by sorption on Green alga *Caulerpa Scalpelliformis*. *J. Hazard Mater*, 142, p. 68-76, 2007.
- IP, A. W. M., BARFORD, J. P., MCKAY, G.. A comparative study on the kinetics and mechanisms of removal of Reactive Black 5 by adsorption onto activated carbons and bone char. *Chemical Engineering Journal*, 157, p. 434-442, 2010.
- KUMAR, P. S., RAMALINGAM S., SENTHAMARAI, C., NIRANJANA, M., VIJAYALAKSHMI, P., SIVANESAN, S.. Adsorption of dye from aqueous solution by cashew nut shell: studies on equilibrium isotherm, kinetics and thermodynamics of interactions. *Desalination*, 261, p. 52-60, 2010.
- MAO, J.; WON, S. W.; VIJAYARAGHAVAN, K. YUN, Y.. Surface modification of *Corynebacterium glutamicum* for enhanced Reactive Red 4 biosorption. *Biosource Technology*, 100, p. 1463-1466, 2009.
- MEZOHEGYI, G., van der ZEE, F.P., FONT, J., FORTUNY, A., FABREGAT, A.. Towards advanced aqueous dye removal processes: a short review on the versatile role of activated carbon. *J. Environ. Manage.*, 102, p. 148-164, 2012.
- PANIC, V. V., VELICKOVIC, S. J.. Removal of model cationic dye by adsorption onto poly(methacrylic acid)/zeolite hydrogel composites: Kinetics, equilibrium study and image analysis. *Separation and Purification Technology*, 122, p. 384-394, 2014.
- SOLÍS, M., SOLÍS, A., PÉREZ, H.I., MANJARREZ, N., FLORES, M.. Microbial decolouration of azo dyes: a review. *Process Biochem.* 47, p. 1723-1748, 2012.
- THANGAMANI, K. S., SATHISHKUMAR, M., SAMEENA, Y., VENNILAMANI, N., KADIRVELU, K., PATTABHI, S., YUN, S. E., Utilization of modified silk cotton hull waste as an adsorbent for the removal of textile dye (reactive blue MR) from aqueous solution, *Bioresource Technology*, 98, 1265-1269, 2007.