



Acta Scientiarum. Technology

ISSN: 1806-2563

eduem@uem.br

Universidade Estadual de Maringá  
Brasil

Lopes Dal Piva, Jorge Antonio; Santos, Onélia; Gonçalves Andrade, Cid Marcos  
Determinação e análise de isotermas de adsorção do corante azul 5G em leito fixo de carvão ativado  
Acta Scientiarum. Technology, vol. 33, núm. 4, 2011, pp. 435-438  
Universidade Estadual de Maringá  
Maringá, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303226533001>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

# Determinação e análise de isotermas de adsorção do corante azul 5G em leito fixo de carvão ativado

Jorge Antonio Lopes Dal Piva, Onélia Santos e Cid Marcos Gonçalves Andrade\*

Departamento de Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil. \*Autor para correspondência. E-mail: cid@deq.uem.br

**RESUMO.** Visando o desenvolvimento de um processo de tratamento de efluentes têxteis, este trabalho teve por objetivo estudar o processo de adsorção do corante reativo azul 5G de um efluente sintético em carvão ativado. As isotermas de adsorção, com seus respectivos parâmetros ajustados, em sistema batelada foram obtidas para as temperaturas de 30, 40 e 60°C (com pH controlado na faixa de 6,0 a 8,0 e também com tempo de contato entre o sistema corante-carvão de 90 horas) segundo os modelos de Langmuir e Freundlich. A partir daí estes parâmetros foram colocados em função da temperatura, apresentando bons resultados frente aos dados experimentais.

**Palavras-chave:** adsorção, modelagem matemática, corante reativo azul 5G.

**ABSTRACT.** Mathematical model of the adsorption column, in activate Carbon, used in the renovation of blue-colorant 5G. This work, to looking for the development of process for wastes textile treatment, had the objective to study the adsorption process of the blue reactive dyes 5G from the synthetic effluent in coal activated. The isotherms of adsorption in batch system was made for temperatures of 30, 40 and 60°C (the pH was controlled in 6.0 until 8.0 and the time of contact between the system dye-coal was 90 hours) with posterior adjustment of the models for Langmuir and Freundlich equations. After, these parameters were put in function of temperature, with good results when compared to the experimental data.

**Keywords:** adsorption, mathematical model, blue reactive dyes 5G.

## Introdução

Um dos maiores problemas associados à sociedade moderna é a contaminação das águas naturais e o setor têxtil tem contribuído muito na contaminação das águas no mundo. Desta forma, o maior problema destes efluentes está relacionado ao parâmetro cor, pois grandes quantidades de corantes usados nas indústrias têxteis são perdidos durante o processo de tingimento (GEORGIOU et al., 2002; SIQUEIRA et al., 2002; GUARATINI; ZANONI, 2000). A presença de corantes nos efluentes é altamente visível, afeta a estética, a transparência da água e a solubilidade de gases nos corpos receptores, e reduz a capacidade de aeração dos corpos hídricos em função da redução da penetração de luz solar e consequente alteração dos processos de fotossíntese (GUARATINI; ZANONI, 2000).

Normalmente os tratamentos mais utilizados são a biodegradação, ozonização, filtração, oxidação química e técnicas especiais de floculação além das etapas de pré-tratamento. Contudo, os corantes são muito resistentes ao ataque microbiano e,

consequentemente, são de difícil remoção por tratamento biológico isolado. Os métodos químicos requerem altas dosagens de produtos, o que os torna economicamente inviáveis. Neste sentido, o processo de adsorção com carvão ativado apresenta-se como um método alternativo no tratamento de efluentes contendo corantes, pois trata-se de um adsorvente de baixo custo e muito eficiente na retenção de compostos orgânicos e inorgânicos quando presentes em baixas concentrações. O carvão ativado é um adsorvente bastante utilizado e eficaz para descolorir águas que contêm corantes básicos ou ácidos e corantes reativos, apresenta características adequadas para a implementação em escala industrial, pois possui alta capacidade de adsorção, resistência a grandes variações de pH no meio e abundância, além da possibilidade de regeneração do adsorvente e recuperação do contaminante para a reutilização de ambos (BARROS, 2001). Neste sentido, este trabalho tem por objetivo determinar isotermas de adsorção do corante reativo azul 5G em carvão ativado.

## Material e métodos

### Isotermas de adsorção

O carvão ativado utilizado no experimento apresenta uma área B.E.T. da ordem de 620 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> com um diâmetro médio de poros da ordem de 20 Å e volume específico de poros de 0,35 cm<sup>3</sup> g<sup>-1</sup> (DAL PIVA et al., 2005). Os testes foram realizados com pH na faixa de 6,0 a 8,0 em que o processo de adsorção é menos influenciado pela precipitação do corante com tempo de contato entre o sistema corante-carvão de 90 horas (DAL PIVA et al., 2005). Os experimentos de adsorção foram realizados em duplicata, nos quais 25 mL de soluções aquosas contendo o corante em concentrações que variaram entre 20 - 200 mg L<sup>-1</sup> foram colocados em erlenmeyers de 50 mL contendo 0,1 g (massa seca) de adsorvente. As amostras foram mantidas sob agitação em "shaker" a 90 rpm por um período de 90 horas, tempo necessário para que o equilíbrio entre o adsorvato e o adsorvente fosse atingido (DAL PIVA et al., 2005), utilizando-se diferentes temperaturas, de 30, 40 e 60°C. Soluções de hidróxido de sódio 0,1 mol L<sup>-1</sup> e ácido sulfúrico 0,1 mol L<sup>-1</sup> foram utilizadas para ajustar o pH na faixa de 6-8. Ao final do ensaio, as amostras foram filtradas em papel quantitativo de filtração lenta e a concentração do corante na fase líquida foi analisada no espectrofotômetro FEMTO modelo 435. A quantidade de corante adsorvida ( $q_{eq}$ ) foi calculada, em cada um dos frascos, utilizando-se a Equação 1, descrita a seguir:

$$q_{eq} = \frac{V(C_0 - C_f)}{m_s} \quad (1)$$

em que:

$C_0$  e  $C_f$  são as concentrações iniciais e de equilíbrio em mg L<sup>-1</sup>,  $V$  é o volume da solução de corante nos frascos em litros e  $m_s$  é a massa do adsorvente (massa seca) em gramas. Para o ajuste dos dados de equilíbrio experimentais, utilizou-se o modelo de isoterma de Langmuir (Equação 2) e Freundlich (Equação 3).

$$q = \frac{b \cdot q_{max} \cdot C_{eq}}{1 + b \cdot C_{eq}} \quad (2)$$

em que:

$q$  é a massa de soluto adsorvido/massa de adsorvente (mg g<sup>-1</sup>);  $b$  um parâmetro (conhecido como "constante de adsorção de Langmuir");  $C_{eq}$  a concentração de equilíbrio do soluto na fase fluida

(mg L<sup>-1</sup>) e  $q_{max}$  a constante que representa a monocamada depositada por g de adsorvente (mg de adsorvato g<sup>-1</sup> de adsorvente), ou seja, a máxima adsorção possível.

$$q = k C_{eq}^m \quad (3)$$

em que:

$q$  e  $C_{eq}$  possuem o mesmo significado que na isoterma de Langmuir;  $k$  e  $m$  são constantes que dependem de vários fatores experimentais e se relacionam com a distribuição dos sítios ativos e a capacidade de adsorção.

## Resultados e discussão

### Isoterma de adsorção

Os ensaios realizados em batelada possibilitaram uma avaliação do parâmetro concentração do corante sobre a remoção mesmo em solução. De acordo com os resultados obtidos foi possível observar que para todos os sistemas, as isotermas apresentaram, praticamente, o mesmo comportamento, podendo ser classificadas como favoráveis, uma vez que se ajustaram bem aos dados experimentais. Observou-se ainda que a capacidade de retenção do sistema corante-carvão foi maior em 60°C do que em 40°C e este maior que 30°C, estas observações têm aqui mais caráter qualitativo do que quantitativo.

Os dados obtidos experimentalmente foram ajustados de acordo com os modelos das isotermas de Langmuir e Freundlich empregando o método de estimativa multidimensional sem restrições não linear de Nelder-Mead, cuja função tem o nome "fminsearch" no ambiente de programação Matlab® versão 5.1. A função objetivo, por tratar-se de um problema de ajuste de parâmetros, foi o erro quadrático mínimo. Os parâmetros de adsorção para o modelo de Langmuir e Freundlich foram estimados, utilizando-se as Equações 2 e 3 respectivamente. Para as temperaturas estudadas observou-se que, à vista dos valores das somas dos mínimos quadráticos ( $f$ ) que o modelo da isoterma de adsorção de Freundlich apresentou um melhor ajuste para os dados de adsorção de corante-carvão ativo nas condições estudadas, isto devido ao fato de apresentarem os menores valores de  $f$  (somatório do quadrado do erro entre os dados experimentais e os ajustados pela equação) e também pode ser ratificado por meio das Figuras 1 a 6 onde temos os dados experimentais e as curvas ajustadas. O modelo de Langmuir também forneceu um bom ajuste para os sistemas.

As Tabelas 1, 2 e 3 apresentam as equações ajustadas aos modelos de Langmuir e Freundlich e os respectivos coeficientes de correlação linear. As Figuras 1, 2 e 3, por sua vez, apresentam os dados experimentais de equilíbrio das isotermas corante-carvão nas temperaturas 30, 40 e 60°C, obtidas em sistema batelada e as curvas que representam os ajustes pelos dois modelos de isotermas utilizados.

**Tabela 1.** Modelos de isotermas ajustadas para o carvão (30°C).

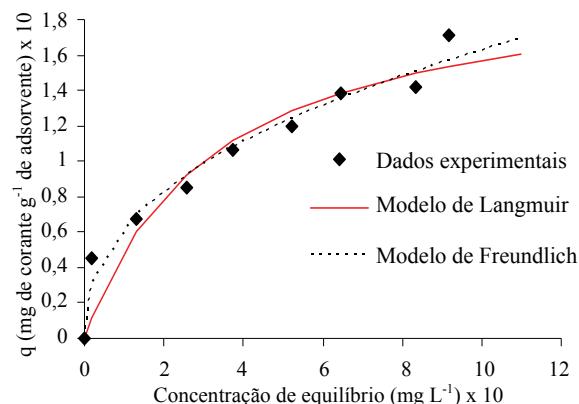
Modelo	Equação
Langmuir	$q = 2,071 \cdot 0,311 \cdot C_{eq} / (1 + 0,311 \cdot C_{eq})$ $f = 0,1665$
Freundlich	$q = 0,622 \cdot C_{eq}^{0,417}$ $f = 0,055$

**Tabela 2.** Modelos de isotermas ajustadas para o carvão (40°C).

Modelo	Equação
Langmuir	$q = 2,228 \cdot 1,054 \cdot C_{eq} / (1 + 1,054 \cdot C_{eq})$ $f = 0,486$
Freundlich	$q = 1,116 \cdot C_{eq}^{0,301}$ $f = 0,3452$

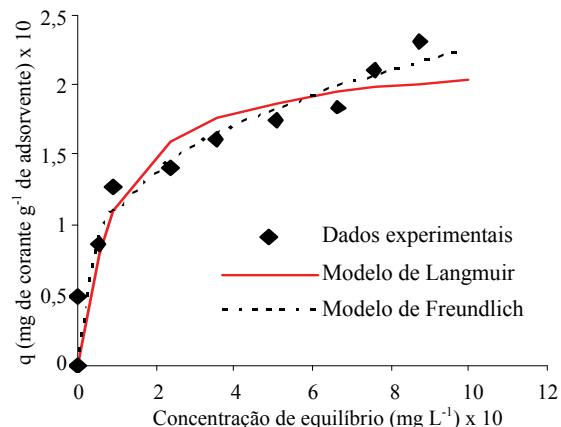
**Tabela 3.** Modelos de isotermas ajustadas para o carvão (60°C).

Modelo	Equação
Langmuir	$q = 2,994 \cdot 3,751 \cdot C_{eq} / (1 + 3,751 \cdot C_{eq})$ $f = 1,9103$
Freundlich	$q = 2,083 \cdot C_{eq}^{0,209}$ $f = 1,3634$

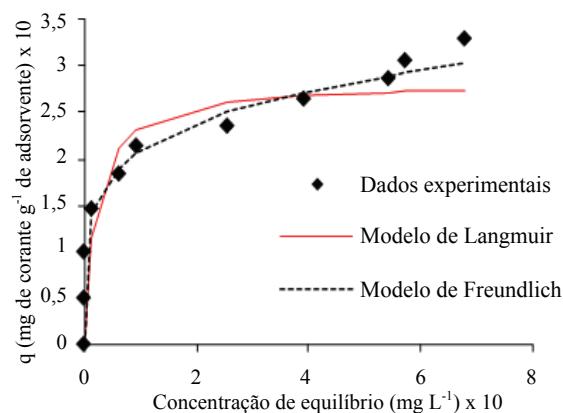


**Figura 1.** Dados de equilíbrio do sistema de adsorção do corante (30°C).

Observa-se pelas Tabelas 1, 2 e 3 a partir dos valores de correlação mostrados que os modelos de Langmuir e de Freundlich se ajustaram bem aos pontos experimentais obtidos. Os resultados apresentados nas Figuras 1, 2 e 3 mostram que as isotermas obtidas nas três temperaturas apresentaram praticamente o mesmo comportamento. Estas isotermas são côncavas o que indica que são bastante favoráveis ao processo de adsorção, possibilitando obter uma alta capacidade de remoção de corante mesmo em condições de baixa concentração de adsorvato.



**Figura 2.** Dados de equilíbrio do sistema de adsorção do corante (40°C).



**Figura 3.** Dados de equilíbrio do sistema de adsorção do corante (60°C).

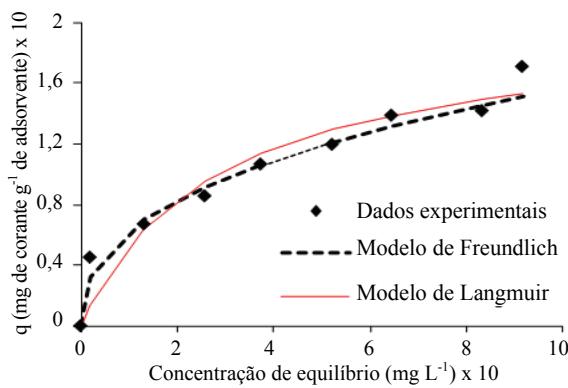
Utilizando do software Matlab® versão 5.1, os parâmetros ajustados (anteriormente) das equações Freundlich e Langmuir, foram colocados em função da temperatura. As equações que estão nas Tabelas 4 e 5 foram as que melhor se ajustaram aos dados experimentais de acordo com as somas dos mínimos quadráticos ( $f$ , conforme já mencionado). As Figuras 4, 5 e 6 representam as curvas com os parâmetros que foram obtidos nas respectivas temperaturas de 30, 40 e 60°C, obtendo-se desta maneira uma ótima aproximação tanto para o modelo de Freundlich quanto para o modelo de Langmuir.

**Tabela 4.** Parâmetros da Equação Freundlich em função da temperatura.

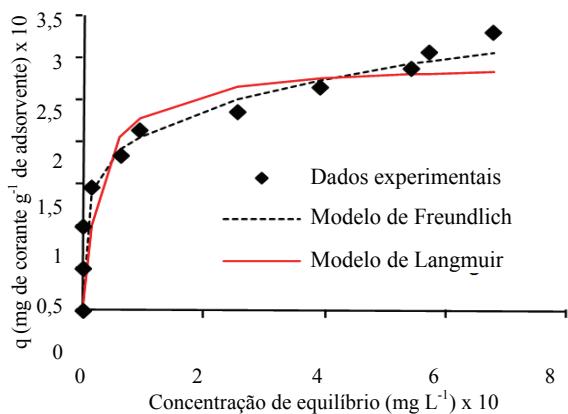
Constantes	f
$k = 0,0486 \cdot T - 0,8327$	3,27E-05
$m = -0,0066 \cdot T + 0,5965$	4,39E-06

**Tabela 5.** Parâmetros da Equação de Langmuir em função da Temperatura.

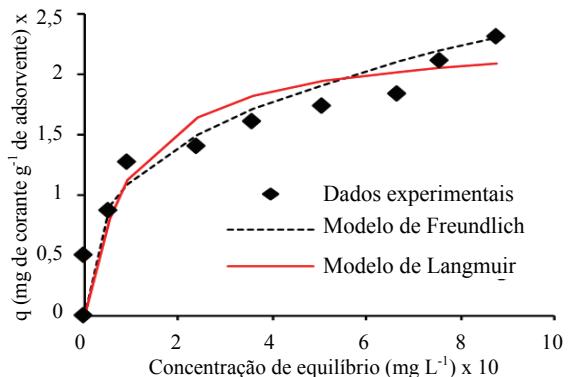
Constantes	f
$q_{max} = 0,0318 \cdot T + 1,0532$	0,0147
$b = 0,0024 \cdot T^2 - 0,1026 \cdot T + 1,267$	0,0039



**Figura 4.** Dados de equilíbrio do sistema de adsorção do corante (30 °C).



**Figura 5.** Dados de equilíbrio do sistema de adsorção do corante (40°C).



**Figura 6.** Dados de equilíbrio do sistema de adsorção do corante (60°C).

## Conclusão

Observou-se que os dados de adsorção de corante-carvão nas condições estudadas, são melhor

representados pelo modelo da isoterma de adsorção de Freundlich. Porém o modelo de Langmuir também representa satisfatoriamente os dados experimentais obtidos para o sistema. Assim, este trabalho restringiu-se a avaliação destas isotermas. Com os ajustes dos parâmetros de Freundlich e de Langmuir em função da temperatura obtemos um ótimo resultado para ambos os modelos quando comparados com os dados experimentais.

## Agradecimentos

Ao CNPq pela bolsa concedida.

## Referências

BARROS, A. R. B. **Remoção de íons metálicos em água utilizando diversos adsorventes.** 2001. 72f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química)-Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

DAL PIVA, J. A. L.; PERIN, P.; SANTOS, O. A. A.; BARROS, S. T. D. Remoção do corante reativo azul 5G pela adsorção em carvão ativado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 4., 2005. Campinas. **Anais...** Campinas, 2005. (1 CD-ROM).

GEORGIOU, D.; MELIDIS, P.; AIVASIDIS, A.; GIMOUHOPoulos, K. Degradation of azo-reactive dyes by ultraviolet radiation in the presence of hydrogen peroxide. **Dyes and Pigments**, v. 52, n. 2, p. 69-78, 2002.

GUARATINI, C. C. T.; ZANONI, M. V. B. Corantes Têxteis. **Química Nova**, v. 23, n. 1, p. 71-78, 2000.

SIQUEIRA, R. A.; BARBOSA, C. M. B. M.; ABREU, C. A. M.; RODRIGUES, M. G. F.; SILVA, M. G. C. Estudo do processo de remoção de chumbo (II) em leito fluidizado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 14., 2002. Natal. **Anais...** Natal, 2002. (1 CD-ROM).

Received on September 14, 2009.

Accepted on April 19, 2010.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.