

I-074 - AVALIAÇÃO DA ADSORÇÃO DO CORANTE AZUL DE METILENO EM ARGILA BENTONITA ATRAVÉS DE ISOTERMA DE ADSORÇÃO

Edumar Ramos Cabral Coelho⁽¹⁾

Doutora em Hidráulica e Saneamento e professora do Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil. Endereço: Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo.

Lorena Dornelas Marsolla

Messias dos Santos Machado

Endereço: Avenida Fernando Ferrari, 514 - Bairro Goiabeiras – Vitória – ES - CEP 29075-910 – Brasil - e-mail: edumar.coelho@ufes.br

RESUMO

Resíduos como os corantes de indústrias de papel, têxteis, plásticos e garrafas têm potencial efeito maléfico ao meio ambiente aquático. Tais problemas estão relacionados ao fato dos corantes serem tóxicos e possuírem propriedades recalcitrantes. Isso torna necessário o uso de tratamentos que removem poluentes da água, como uma alternativa ao uso de argila pelo processo de adsorção. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a adsorção do corante azul de metileno por argila bentonita sólida comercial (BSC). Dois modelos isotérmicos, Langmuir e Freundlich, foram aplicados para descrever os dados de adsorção, e o modelo de Freundlich ajustou melhor os dados. Através dos testes de adsorção foi possível verificar que a argila é um adsorvente potencial na remoção de corante em meio aquoso.

PALAVRAS-CHAVE: Adsorção, argila, azul de metileno, isoterma, tratamento de água.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento econômico tem impulsionado o crescimento do setor industrial, acarretando no aumento significativo de efluentes originados por estes processos, sendo de grande importância o tratamento adequado de tais efluentes. Resíduos como os corantes de indústrias de papel, têxteis, plásticos e garrafas têm potencial efeito maléfico ao meio ambiente aquático. Tais problemas estão relacionados ao fato dos corantes possuírem propriedades recalcitrantes (Reis, Lima e Sampaio, 2015; Andreta *et al.*, 2014). Somam-se a isso, outros problemas como coloração intensa que afeta a estética do corpo hídrico e interfere em processos operacionais de tratamento da água, reduz capacidade de regeneração dos mananciais em função da redução da penetração de luz solar e consequência alteração dos processos fotossintéticos, alguns compostos são carcinogênicos e mutagênicos e podem ser tóxicos à biota (Andreta *et al.*, 2014; Vasques *et al.*, 2011).

Objetivando a remoção dos contaminantes da água de forma eficiente, várias técnicas de forma independente, ou em conjunto, têm sido utilizadas para remoção de compostos (Salman, Njoku e Hameed, 2011). A técnica de adsorção é bastante utilizada na remoção de compostos em água, devido à sua eficiência, porém o seu emprego em larga escala restringe a utilização devido ao alto custo. Segundo Tripathi e Ranjan (2015) adsorventes alternativos como de subprodutos industriais, resíduos agrícolas, lodo e argila estão sendo utilizados na remoção de contaminantes em água.

Materiais argilosos apresentam vantagens quando relacionados a outros materiais adsorventes, pois apresentam baixo custo, abundância e elevada área superficial específica (Silva e Ferreira, 2008). A avaliação do melhor indicador da potencialidade do uso de um adsorvente para remoção de compostos em água é dada pela isoterma de adsorção. A isoterma de adsorção indica potencialidade do uso de um tipo adsorvente para remoção de composto em meio aquoso. Este modelo é empregado para representar o estado de equilíbrio de um sistema de adsorção, além de fornecer informações úteis sobre o adsorvato, o adsorvente e o processo de adsorção (Bansal e Goyal, 2005).

As informações obtidas podem ser usadas para comparar as performances de adsorção por diferentes adsorventes e ilustrar o comportamento da adsorção (Ding *et al.* 2012). O processo de adsorção é analisado por uso de cálculos envolvendo a criação de gráficos das isotermas de equilíbrio. Nessa perspectiva, o presente trabalho visa avaliar o potencial de adsorção da argila bentonita sódica (BSC) comercial na remoção do corante azul de metileno (AM) em água através da isoterma de adsorção pelos modelos de Langmuir de Freundlich.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização da argila

A amostra da argila bentonita sódica comercial (BSC) foi caracterizada quanto à análise Difração em Raios X em equipamento Difractômetro da marca Philips, Modelo X'pert MPD, e os dados processados pelo software X'pert High Score Plus. Análise de Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR) foi realizada com o uso do equipamento espectrômetro Nicolet iS50 FT-IR do fabricante Thermo Scientific.

Ensaio de isoterma de adsorção

Para os ensaios de isoterma de adsorção foi preparada solução de água destilada com corante azul de metileno (AM) na concentração 10 mg.L^{-1} , adicionou-se 5mL de tampão fosfato e o pH ajustado para 7.0 com soluções de 0.2N NaOH e/ou 0.2N HCl. Volumes de 50 mL da solução foram colocados em frascos de vidro âmbar e adicionada a argila, como material adsorvente, em diferentes massas entre 0.05 a 1.00 g. Os frascos foram agitados em equipamento *shaker* a uma rotação de 100 RPM e temperatura constante de $25 \pm 0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas. Após o período de agitação, as amostras foram centrifugadas a 3000 RPM por 30 minutos, de cada frasco foi retirada uma pequena alíquota e filtrada em membrana de porosidade $0.45 \text{ }\mu\text{m}$, com auxílio de bomba a vácuo. Posteriormente, foi realizada a leitura do azul de metileno residual utilizando equipamento espectrofotômetro Pharmacia Biotech Ultrospec 100 no comprimento de onda de 660 nm.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização da argila

O resultado obtido por difração de raios X para a argila bentonítica sódica comercial é apresentado na Figura 1. A análise de Difração de raios X apresentou que o material possui pico na posição $2\Theta = 6.79^{\circ}$, da argila utilizada, de acordo com a Lei de Bragg corresponde a um espaçamento interlamelar de 13\AA .

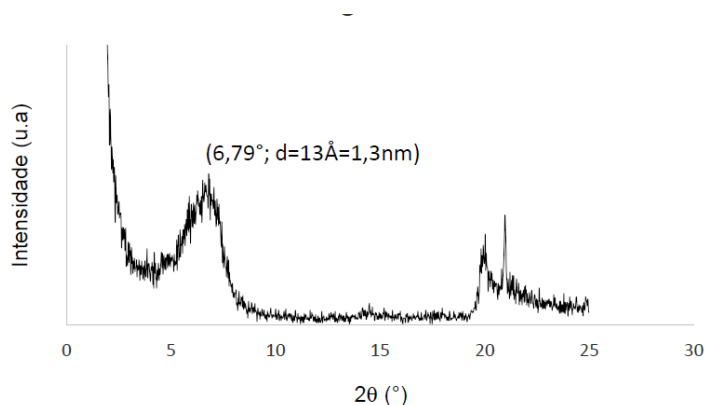


Figura 1. Difratoograma de raios X da argila BSC utilizada no estudo.

O espectro da argila bentonita sódica, sugere a possibilidade da presença de algumas substâncias, ou resultantes das substâncias empregadas em sua preparação pre comercialização, durante a sua modificação, tornando-as sódicas. Observa-se no espectro de infravermelho da amostra, que evidencia os picos, figura 2, que os mesmos ocorrem que região de número de onda compreendido entre 3300 cm^{-1} a 3600 cm^{-1} correspondente a presença de ligações O-H e N-H, Lombardo *et al.* (2015) atribui ao estiramento das ligações O-H e uma banda $1000 - 1200 \text{ cm}^{-1}$, como característica do estiramento da ligação Si-O-Si. A banda em 3450 cm^{-1} pode ser atribuída à

presença de moléculas da água. O pico correspondente ao número de onda 1629 cm^{-1} , de pequena intensidade, corresponde a vibração de uma dupla ligação entre carbonos.

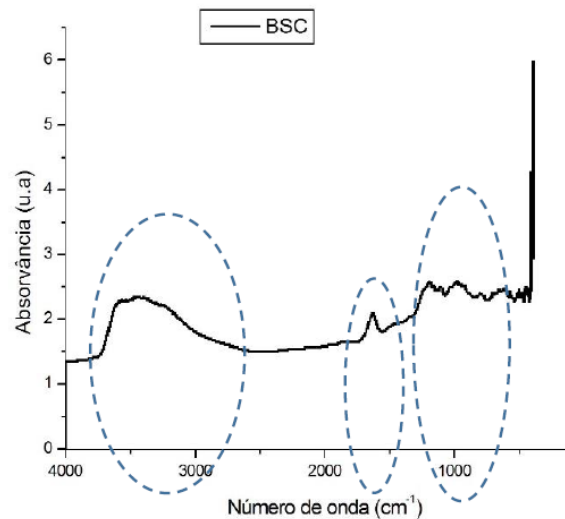


Figura 2. Espectro de infravermelho destacando-se a região dos picos vibracionais das ligações das moléculas presentes na argila.

Ensaio de isoterma de adsorção

Dois modelos de isoterma, Langmuir e Freundlich, foram aplicados para descrever os dados de adsorção do AM para argila bentonita sódica comercial. A partir da linearização das isotermas de Langmuir e Freundlich foi possível determinar os parâmetros de adsorção (Hameed *et al.*, 2009). A expressão linear do modelo de Langmuir é apresentada pela Equação 1:

$$C_e / q_e = 1/(Q \cdot b) + C_e/Q \quad \text{Equação (1)}$$

Onde C_e (mg/L) é a concentração do adsorvato no equilíbrio, q_e (mg/g) é a quantidade de adsorvato adsorvida por unidade de massa do adsorvente, Q (mg/g) é a máxima adsorção do adsorvado por massa do adsorvente e b (L/mg) é a constante de Langmuir no equilíbrio.

O traçado da adsorção específica (C_e/q_e) contra a concentração no equilíbrio (C_e) (Figura 3) mostra a adsorção obtida pelo modelo de Langmuir para a argila.

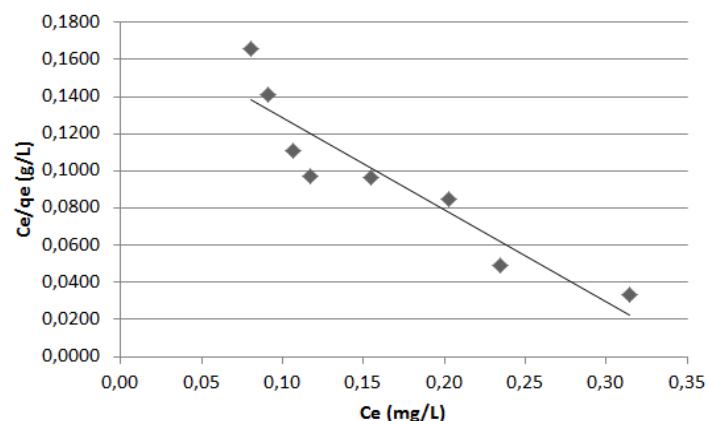


Figura 3. Isoterma de Langmuir para a adsorção do AM pela argila bentonita.

Uma característica da isoterma de Langmuir é o fator R_L , fator adimensional que expressa se a isoterma é favorável, apresentado na Equação 2.

$$R_L = 1/(1+b.C_0) \quad \text{Equação (2)}$$

Onde C_0 é a concentração inicial do adsorvato (mg/L) e b (L/mg) é constante de Langmuir. O valor de R_L indica se o tipo de isoterma é desfavorável ($R_L > 1$), linear ($R_L = 1$), favorável ($0 < R_L < 1$) ou irreversível ($R_L = 0$). Os valores de R_L abaixo de 0 indica uma adsorção não favorável (Anirudhan e Ramachandran, 2015). No presente estudo o valor de R_L encontrado foi -0.0382, indicando que a adsorção do AM pela argila BSC é desfavorável.

A isoterma de Freundlich é uma equação empírica que descreve sistemas heterogêneos (Hameed *et al*, 2009). A forma linear da expressão de Freundlich é dada pela Equação 3:

$$\log q_e = \log K + (1/n) \log C_e \quad \text{Equação (3)}$$

Onde C_e (mg/L) é a concentração do adsorvato no equilíbrio, q_e (mg/g) é a quantidade de adsorvato adsorvida por unidade de massa do adsorvente e K e n são constantes de Freundlich, com K (mg/g.(L/mg)^{1/n}) a capacidade de adsorção do adsorvente e n é a indicação se o processo é favorável. A Figura 4 descreve a forma linear do modelo de isoterma de Freundlich na adsorção do AM pela argila.

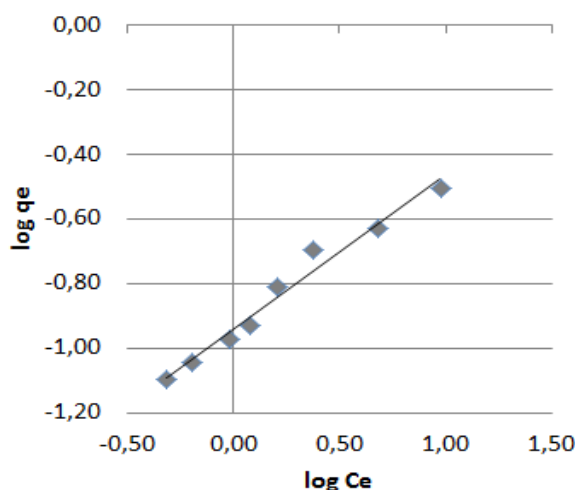


Figura 4. Isoterma de Freundlich para a adsorção do AM pela argila bentonita.

Os dados obtidos a partir da linearização das isotermas de Langmuir e Freundlich são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1- Parâmetros da linearização das isotermas de Langmuir e Freundlich na adsorção do AM em água destilada pela argila.

Isotermas	
Langmuir	
Q_0 (mg/g)	-2.02
b (L/mg)	-2.78
R^2	0.8950
Freundlich	
K (mg/g.(L/mg) ^{1/n})	0.11
n	2.10
R^2	0.9747

Através da análise dos dados apresentados na Tabela 1 e na Figura 4 é possível verificar que o modelo de Freundlich que ajusta melhor para os dados de adsorção do AM pela argila BSC. Justificado pelo valor de n do

modelo de Freundlich, em que n fornece informação se a isoterma de adsorção é favorável ou não, e valores de n entre 1 e 10 indica que a isoterma é favorável (Tong, Kassim e Azraa, 2011). O valor de n no presente estudo é 2.10, ou seja, apresenta característica de isoterma de adsorção favorável.

O coeficiente de determinação (R^2) também mostrou que o modelo de Freundlich se ajustou melhor aos dados, tendo um valor de R^2 0.9747, enquanto que para o modelo de Langmuir o R^2 é 0.8950. O fato de que a isoterma de Langmuir não se ajustar melhor aos dados do experimento pode ser devido à distribuição não homogênea dos sítios ativos da superfície do adsorvente, justificado pelo fato de que a equação de Langmuir assume que a superfície seja superfície homogênea. Já a isoterma de Freundlich assume que a adsorção ocorre em multicamadas, podendo ocorrer adsorção de mais de uma molécula do adsorvato em um sítio.

CONCLUSÃO

O presente estudo mostrou que a argila bentonita sódica comercial é um potencial adsorvente na remoção do corante azul de metileno em soluções aquosas, apresentando um percentual de remoção entre 96.78 a 99.18%. Vale salientar que a argila é um vantajoso material adsorvente, visto que apresentam baixo custo e em quantidades abundantes. Nos ensaios de adsorção, foi possível verificar que o modelo de Freundlich apresentou melhor ajuste dos dados, podendo ser um indicativo de que a superfície da argila seja heterogênea, ocorrendo a adsorção em multicamadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDRETTA, G.C.; PAULETTI, H.C.; MORÁS, T.R.; COLPANI, G.L. Remoção de corante azul de metileno em águas residuárias através de adsorventes de resíduos industriais. XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química. Florianópolis, SC, Brasil, 2014.
2. ANIRUDHAN, T.S.; RAMACHANDRAN, M. Adsorptive removal of basic dyes from aqueous solutions by surfactant modified bentonite clay (organoclay): Kinetic and competitive adsorption isotherm. *Process Safety and Environmental Protection*, n. 95, p. 215–225, 2015.
3. BANSAL, R. C.; GOYAL, M. Activated carbon adsorption. CRC Press, New York, USA, 2005. 487p
4. DING, J.; LU, X.; DENG, H.; ZHANG, X. Adsorptive Removal of 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid (2,4-D) from Aqueous Solutions Using MIEX Resin. *Industrial & Eng. Chemistry Research*, n. 51, p. 11226–11235, 2012.
5. LOMBARDO, P. C. Influência de estabilizantes na degradação foto-oxidativa de filmes de compósitos de SWy-1/poli (óxido de etileno). *Polímeros*, n.25, v.1, p. 101-108, 2015.
6. SALMAN, J.M.; NJOKU, V.O.; HAMEED, B.H. Batch and fixed-bed adsorption of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid onto oil palm frond activated carbon. *Chemical Engineering Journal*, n. 174, p. 33–40, 2011.
7. REIS, G.S.; LIMA, E.C.; SAMPAIO, C.H. Produção de carvão ativado a partir de lodo de esgoto doméstico e sua aplicação na adsorção do corante preto remazol 5 em solução aquosa. *E-Xacta. Belo horizonte*, v.8, n. 2, p. 15-23, 2015
8. SILVA, A. R. V.; FERREIRA, H. C. Argilas bentoníticas: conceitos, estruturas, propriedades, usos industriais, reservas, produção e produtores/fornecedores nacionais e internacionais. *Revista Eletrônica de Materiais e Processos*, v. 3, n. 2, p. 26–35, 2008.
9. TONG, K.S. KASSIM, M.J. AZRAA, A. Adsorption of copper ion from its aqueous solution by a novel biosorbent *Uncaria gambir*: Equilibrium, kinetics, and thermodynamic studies. *Chemical Engineering Journal*, n. 170, p. 145–153, 2011.
10. TRIPATHI, A.; RANJA, M.R. Heavy metal removal from wastewater using low cost adsorbents. *J. Bioremediation & Biodegradation*. n. 6, p.1-5, 2015.