

ESTUDO DA VAZÃO ÓTIMA DA ADSORÇÃO DO CORANTE REATIVO AZUL 5G EM CARVÃO ATIVADO DE CASCA DE COCO DE DENDÊ

B. L. MOREIRA, J. A. de SOUSA, N. H. de MELO e I. C. OSTROSKI

Universidade Federal de Goiás, Instituto de Química
E-mail para contato: indianara_ostroski@ufg.br

RESUMO – Este trabalho visa avaliar o efeito da vazão volumétrica para o corante reativo Azul 5G utilizando o carvão de casca de coco de dendê como adsorvente. Foram realizados ensaios em fluxo ascendente com as vazões 2, 4, 6, 8, 10 e 12 mL/min para a concentração do corante de 54 ppm. A análise de parâmetros como comprimento da zona de transferência de massa, variância adimensional, razão operacional e capacidade dinâmica da coluna indicaram a condição ótima de trabalho para o sistema. O carvão se mostrou um bom adsorvente e obtiveram-se informações a respeito da capacidade de remoção do corante, essenciais para o projeto de processos de adsorção.

1. INTRODUÇÃO

Em indústrias têxteis é comum e necessária a utilização de corantes, que na maioria das vezes, devido à baixa fixação na fibra durante o processo de tingimento, caracterizam os efluentes com uma coloração intensa. Para evitar a poluição visual e interferências negativas nos ciclos biológicos, incluindo a fotossíntese, várias técnicas são estudadas para diminuir a concentração do corante e eliminar os efluentes de forma correta, seguindo a legislação (Kunz *et al.*, 2002).

Em particular, os processos de adsorção que utilizam carvões ativados são bastante empregados devido à versatilidade, eficiência e baixos custos de obtenção. Muitos materiais precursores de carvões ativados são obtidos de rejeitos industriais. No Brasil, é comum encontrar carvões ativados oriundos de casca de coco da Bahia e também de coco de dendê.

O processo de adsorção pode ocorrer em batelada ou em sistemas como os leitos fixos e fluidizados. A maioria dos processos de adsorção são realizados em leito fixo devido ao melhor comportamento fluidodinâmico e a maior estabilidade de tempo de residência (Davidson *et al.*, 1985), parâmetro importante em tais processos. Os leitos fixos são particularmente interessantes devido à sua fácil operação e possibilidade de regeneração sem que o leito seja desmontado.

A utilização de sólidos adsorventes de maneira industrial pode ser feita por meio da implantação, ao final da precipitação, de leitos fixos pelos quais percorre o sobrenadante. O projeto de colunas deste tipo envolve o conhecimento de vários parâmetros, sem os quais a remoção pode se tornar ineficiente, mesmo que os processos de adsorção sejam favoráveis.

Assim, o objetivo deste trabalho é estudar a vazão ótima de operação para a remoção do corante reativo Azul 5G em carvão ativado de casca de dendê. O corante foi escolhido por ser um dos mais empregados nas lavanderias industriais (Lambrecht, 2007) e o carvão por ser ainda pouco investigado para a remoção de corantes e, portanto, de grande interesse.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Metodologia

O adsorvente utilizado neste trabalho foi o carvão da casca do coco de dendê cedido gentilmente pela Bahiacarmo LTDA. Por peneiramento obteve-se o diâmetro médio das partículas igual a 0,725 mm.

As soluções de corante foram preparadas a partir do corante comercial Reativo Azul 5G. Para o estudo da vazão foi utilizada a concentração de 54 ppm. A determinação da concentração de corante nas amostras foi realizada por espectroscopia no ultravioleta visível (UV/Vis), utilizando um espectrofotômetro da marca BEL – Modelo SF325NM com comprimento de onda igual a 600nm.

2.2. Preparação e Operação da Coluna de Leito Fixo

A unidade laboratorial contou com duas colunas encamisadas, para realizar o ensaio em duas vazões distintas ao mesmo tempo. As vazões estudadas foram: 2, 4, 6, 8, 10 e 12 mL/min. Os ensaios foram realizados a temperatura constante de 30°C por meio da conexão das colunas com o banho termostático. Os reservatórios de solução foram conectados a duas bombas peristálticas. Também foi acoplado ao sistema um reservatório de água deionizada para a lavagem do leito e a regulagem da vazão de trabalho. A Figura 1 apresenta a unidade experimental utilizada.

Figura 1 – Módulo experimental



A coluna foi previamente preenchida com esferas de vidro e seguida de um chumaço de algodão bem prensado. Então elevou-se o nível de água deionizada para melhor acomodação do leito e remoção das bolhas de ar. O carvão então foi adicionado lentamente e em seguida o

leito foi fixado com outro chumaço de algodão e a coluna foi completada com esferas de vidro até o topo. Os ensaios foram realizados em fluxo ascendente. A altura do leito foi de 2,5 cm e a massa de carvão usada nos ensaios foi de 1 g. Após a regulagem da temperatura e da vazão com água deionizada, fechava-se o reservatório de água e abria o de solução de alimentação e então se iniciava o ensaio.

Amostras foram coletadas após a passagem da solução no leito fixo, em períodos de 5 minutos, com contagem iniciada após a umidificação do primeiro chumaço de algodão. As amostras foram recolhidas até haver a saturação completa do carvão.

2.3 Estudo da Vazão Ótima de Operação

Para a determinação da melhor vazão de trabalho, foram calculados os parâmetros de transferência de massa, a partir das curvas de ruptura (Geankoplis, 1993). O cálculo da ZTM necessita dos tempos útil (t_u) e de saturação (t_t) do leito. O tempo útil é obtido com o cálculo até o ponto de ruptura de coordenada (C_b, t_b) em que C_b é a concentração da solução no tempo de ruptura t_b . Geralmente, o ponto de ruptura é considerado com 5% da concentração inicial do soluto ($C_b = 0,05C_0$) (McCabe et al., 2001). O tempo de saturação é dado pela equação 1, em que C_{out} é a concentração de saída e C_0 é a concentração de alimentação:

$$t_u = \int_0^{t_b} \left(1 - \frac{C_{out}}{C_0}\right) dt \quad (1)$$

Neste trabalho,

O tempo de saturação considera os limites de integração de zero ao tempo final do ensaio. Este é dado pela equação 2:

$$t_t = \int_0^{\infty} \left(1 - \frac{C_{out}}{C_0}\right) dt \quad (2)$$

Com o parâmetro τ representa a fração do comprimento útil do leito até o ponto de ruptura. Este é dado por $\tau = t_u/t_t$ e a partir dele é se obtém a quantitativamente o comprimento da ZTM. Dado pela equação 3 (Geankoplis, 1993).

$$ZTM = (1 - \tau)H_t \quad (3)$$

Outro parâmetro pertinente a ser analisado é o tempo de resistência médio (\bar{t}), que representa o tempo médio que o contra-íon leva até ser retido na coluna. Como descrito em Barros (2003), a equação 4 da o tempo médio para o processo de adsorção.

$$\bar{t} = \int_0^{\infty} tE(t) dt \quad (4)$$

Na qual $E(t)$ é a distribuição do tempo de resistência do fluido, que é calculado pela derivação da curva de ruptura do processo de troca iônica dada por $F(t)$ nas equações 5 e 6:

$$E = \frac{dF}{dt} \quad (5)$$

$$F = \frac{C_{out}}{C_0} \quad (6)$$

O grau de dispersão é dado pela variância adimensional (σ^2), e pode ser estimado matematicamente como na distribuição do tempo de resistência em reatores reais (Barros, 2003):

$$\sigma^2 = \frac{\int_0^{\infty} t^2 E(t) dt - (\bar{t})^2}{(\bar{t})^2} \quad (7)$$

A relação entre a condição operacional ideal e a condição real é dada pela razão operacional (R_0). Valores mais próximos de zero indicam que a condição operacional se encontra mais próxima da ideal. Esta análise fornece as condições mínimas de resistências difusionais. A razão operacional é dada pela equação 8 como mostrada em Barros (2003):

$$R_0 = \left| \frac{\bar{t} - t_u}{t_u} \right| \quad (8)$$

Completando esta etapa dos estudos, também analisou-se a capacidade dinâmica da coluna, que é a quantidade de metal retida no leito até o ponto de ruptura. A equação 9 fornece este parâmetro (Gazola, 2004):

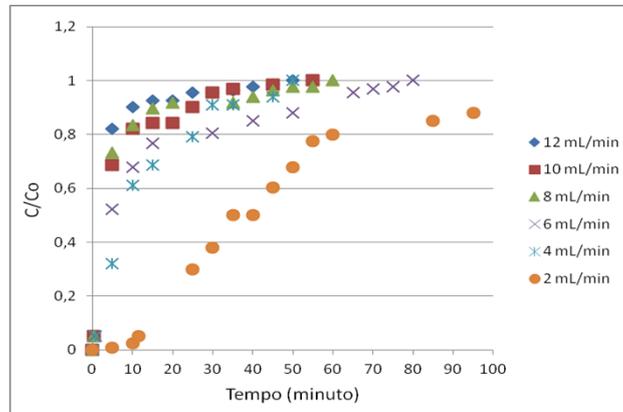
$$U_i^{tb} = \frac{C_0 \cdot \dot{Q}}{1000 \cdot m_s} \cdot t_u \quad (9)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio dos dados sobre as concentrações das amostras foi possível obter as curvas de ruptura para as diferentes vazões testadas. Observou-se que o aumento da vazão de alimentação levou a uma saturação mais rápida do adsorvente, o que já era esperado, e que concorda com os resultados de Santhy e Selvapathy (2006). As curvas de rupturas para as vazões de 2, 4, 6, 8, 10 e 12 mL/min, estão representadas na Figura 2.

Observa-se também pela Figuras 2, que os pontos de ruptura de cada ensaio também diminuem com o aumento da vazão. Tal fenômeno nem sempre ocorre. De fato, quando o material adsorvente possui poros que promovem problemas difusionais logo na abertura dos canais, os pontos de ruptura para vazões distintas são muito próximos entre si (BARROS, 2003).

Figura 2 - Curvas de ruptura



Sabe-se que o aumento da vazão resulta em redução da resistência à transferência de massa. A partir de um determinado ponto este efeito não é significativo e, portanto, existe uma vazão ótima de trabalho que pode ser determinada. Assim, o aumento da vazão propicia a diminuição do comprimento de *ZTM* até a vazão ótima e a partir daí, o comprimento da *ZTM* volta a aumentar. Acredita-se que, nestas condições, as resistências difusionais não são inversamente proporcionais ao aumento da vazão.

Na Tabela 1 são apresentados os valores calculados do comprimento da *ZTM*, das quantidades de corante retidas até o ponto de ruptura, considerado como o tempo equivalente à saída de 5% (McCabe *et al.*, 2001) da concentração da solução de alimentação, a capacidade de troca do leito, U^{tb} , da razão operacional R_0 e da variância adimensional σ^2 , conforme apresentados na seção 2.3.

Tabela 1 – Valores dos parâmetros para adsorção de corante azul 5G em carvão ativado da casca do coco de dendê

Vazão (mL/min)	ZTM(cm)	R_0	σ^2	U^{tb} (mg/g)
2	1,887	3,168	2,641	1,222
4	2,357	17,660	1,858	0,164
6	2,422	31,527	2,419	0,151
8	2,389	23,623	1,799	0,144
10	2,363	20,763	0,895	0,192
12	2,364	17,540	0,482	0,192

Na Tabela 1, observa-se que exceto para a vazão de 2 mL/min, a *ZTM* ocupou quase a totalidade do leito de carvão ativado, uma vez que a altura total era de 2,5 cm, tendo ocupado em média 95,16% do leito.

Observa-se também que o parâmetro U^{tb} é influenciado pela vazão de trabalho. Apenas para a vazão de 2 mL/min esse valor foi satisfatório. Tal fato leva a crer que o corante necessita de um tempo de contato relativamente grande para vencer os problemas estéricos decorrentes da difusão em adsorventes com predominância de microporosos (Lambrecht, 2007).

A variância adimensional assumiu valores numa grande faixa, inclusive, valores maiores que a unidade. Esta situação pode estar relacionada com um elevado grau de dispersão no sistema, justificando portanto, valores acima da unidade. O parâmetro razão operacional ($R\theta$) assume valores grandes, indicando talvez que a faixa de vazão estudada não está totalmente adequada à seletividade para o corante.

4. CONCLUSÃO

Dentre a faixa de vazão estudada, observa-se que a vazão de 2 mL/min propiciou a menor ZTM , a maior quantidade de corante retida até o ponto de ruptura, a menor razão operacional e um elevado grau de dispersão no leito. Nesta vazão, possivelmente há a minimização das resistências difusionais devido ao alto grau de dispersão do corante na coluna. Desta forma, a vazão de 2 mL/min foi considerada como a condição operacional ótima para este sistema.

5. REFERÊNCIAS

BARROS, M. A. S. D. Avaliação do Mecanismo de Troca Iônica de Cromo em Sistemas Zeolíticos. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Maringá - UEM, Maringá- PR, 2003.

DAVIDSON, F., CLIFT, R., HARRISON, D. *Fluidization, London Academic*, 1985, 746p.

GAZOLA, F. C. Construção de Isotermas a partir da Troca Iônica Dinâmica de Cromo em Colunas de Leito Fixo de Zeólitas NaX e NaY. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Maringá - UEM, Maringá - PR, 2004.

GEANKOPLIS, C.J., *Transport processes and Unit Operations*, 3ª edição, 1993.

KUNZ, A., PERALTA-ZAMORA, P., MORAES, S. G. *et al.* Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. *Química Nova* 25, 1, p. 78-82, 2002.

LAMBRECHT, R., Adsorção do corante reativo Azul 5G em carvão ativado e em xisto retortado, Dissertação de Mestrado, UEM, Maringá, 2007.

McCABE, W.L., SMITH, J.C., HARRIOT, P., *Unit Operations of Chemical Engineering*, McGraw-Hill International Ed., 6th ed., 2001.

SANTHY, K. e SELVAPATHY, P. Removal of reactive dyes from wastewater by adsorption on coir pith activated carbono. *Bioresource Technology* 97, p. 1329-1336, 2006.