

## **BIOSSORÇÃO DE AZUL DE METILENO EM COLUNA DE LEITO FIXO POR SERRAGEM DE *Aspidosperma polyneuron*: APLICAÇÃO DE MODELOS CINÉTICOS**

Heitor Otacílio Nogueira Altino<sup>(1)</sup>; Jordana Benfica Silva<sup>(2)</sup>, Abel da Silva Cruvinel<sup>(3)</sup>.

<sup>(1)</sup> Graduando em Engenharia Química - Centro Universitário de Patos de Minas - UNIPAM.

heitor.engquimica@gmail.com

<sup>(2)</sup> Graduando em Engenharia Química - Centro Universitário de Patos de Minas - UNIPAM.

jordana.academico@gmail.com

<sup>(3)</sup> Professor do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária - Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM. de Patos de Minas – UNIPAM. abelsc@unipam.edu.br

### **1. INTRODUÇÃO**

O azul de metileno é um corante catiônico utilizado em diversos campos industriais. Apesar da sua baixa toxicidade, a remoção do mesmo é bastante estudada por se apresentar como uma molécula modelo, com bandas de absorção de suas diferentes espécies aparecendo em regiões distintas do espectro (NEUMANN *et al.*, 2000).

As técnicas clássicas de tratamento de efluentes são fundamentadas em processos de coagulação, seguidos de separação por flotação ou sedimentação, apresentando uma elevada eficiência na remoção de material particulado. No entanto, para a remoção de compostos corados dissolvidos as mesmas se mostram ineficientes (KUNZ *et al.*, 2002). Assim, a adsorção vem se mostrando como uma alternativa promissora devido ao seu baixo custo e facilidade de operação. Tal operação se baseia na remoção desses contaminantes pela interação entre o adsorbato (corante) e algum material adsorvente (SILVA *et al.*, 2012).

Nos últimos anos, o uso de bioadsorventes baseados em matérias orgânicos reaproveitados vem crescendo largamente (MALKOC e NUHOGLU, 2006). Nesse sentido, a serragem de madeira apresenta-se como uma proposta promissora, eficiente e ecologicamente sustentável, além de contribuir para a descontaminação de corpos hídricos poluídos por metais e compostos orgânicos (SILVA *et al.*, 2015). Diante do exposto, este trabalho teve o objetivo principal de avaliar a cinética de bioadsorção do azul de metileno, utilizando como bioadsorvente a serragem de *Aspidosperma polyneuron* (peroba), em coluna de leito fixo.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Engenharia Química (LEQ) do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). A serragem de peroba foi fornecida por uma empresa localizada na cidade de Patos de Minas/MG. O pré-tratamento da serragem foi realizado inicialmente separando a fração de -16 +32 mesh por agitador de peneiras eletromagnético Bertel<sup>®</sup> com 4 tamis de: 4, 16, 32 e 48 mesh. Em seguida, fração separada foi tratada com solução de NaOH 0,5 M por 2 h e lavada com água destilada até pH = 7 para retirada da cor característica da peroba. Após o escoamento de toda a água de lavagem, tratou-se a serragem com ácido cítrico 0,1 M por 1 h, quando então lavou-se novamente até pH = 7, visando a máxima liberação do sítios de bioissorção. O bioissorvente tratado foi então seco em desidratador Pardal<sup>®</sup> PE 60 por 24 h a 55°C e posteriormente por 60 min a 100°C.

Para o desenvolvimento do trabalho utilizou-se uma solução de azul de metileno de 80 mg.L<sup>-1</sup> a 26,5°C na vazão de 50 mL.min<sup>-1</sup>, a qual teve seu pH corrigido para 3,5 por meio de uma solução de HCl 0,1 M. Os testes de bioissorção foram conduzidos em uma coluna de vidro multipropósito UpControl<sup>®</sup> com 70 cm de altura e 7 cm de diâmetro interno. A montagem do leito na coluna se constituiu na adição de: 7 cm de esferas de vidro, 1,3 cm de bioissorvente (12 g) e mais 1,3 cm de esferas de vidro. O efluente da coluna foi analisado em um colorímetro CL-3003 *Photometer* munido de cubeta de vidro.

Os modelos cinéticos fornecem parâmetros necessários para a descrição da bioissorção, dentre os quais destacam-se: Pseudo-Primeira Ordem (Equação 1), Pseudo-Segunda Ordem (Equação 2) e Difusão Intraparticular (Equação 3) (KHAN *et al.*, 2012; VIEIRA *et al.*, 2012).

$$q_t = q_e(1 - e^{-k_1 t}) \quad (1)$$

$$q_t = \frac{q_e^2 k_2 t}{1 + q_e k_2 t} \quad (2)$$

$$q_t = k_{dif} t^{1/2} \quad (3)$$

Onde  $q_t$  é quantidade de íon bioissorvido no tempo  $t$  (mg.g<sup>-1</sup>),  $q_e$  a quantidade de íon bioissorvido no equilíbrio (mg.g<sup>-1</sup>),  $k_1$  a constante de Pseudo-Primeira (min<sup>-1</sup>),  $k_2$  a constante de Pseudo-Segunda (g.mg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>) e  $k_{dif}$  a constante de Difusão Intraparticular (g.mg<sup>-1</sup>.min<sup>-1/2</sup>).

A zona de transferência de massa (ZTM) (cm) pode ser calculada pela Equação 4, para um comprimento de leito  $H_t$  (cm), tempo total equivalente à capacidade de empacotamento da coluna  $t_t$  (min) e capacidade útil representada por  $t_u$  (min) (GEANKOPLIS, 1993).

$$ZTM = \left(1 - \frac{t_u}{t_t}\right) H_t \quad (4)$$

Conforme Malkoc e Nuhoglu (2006), pode-se avaliar ainda a remoção total do íon ( $R_t$ ) (%), como descrito pela Equação 5.

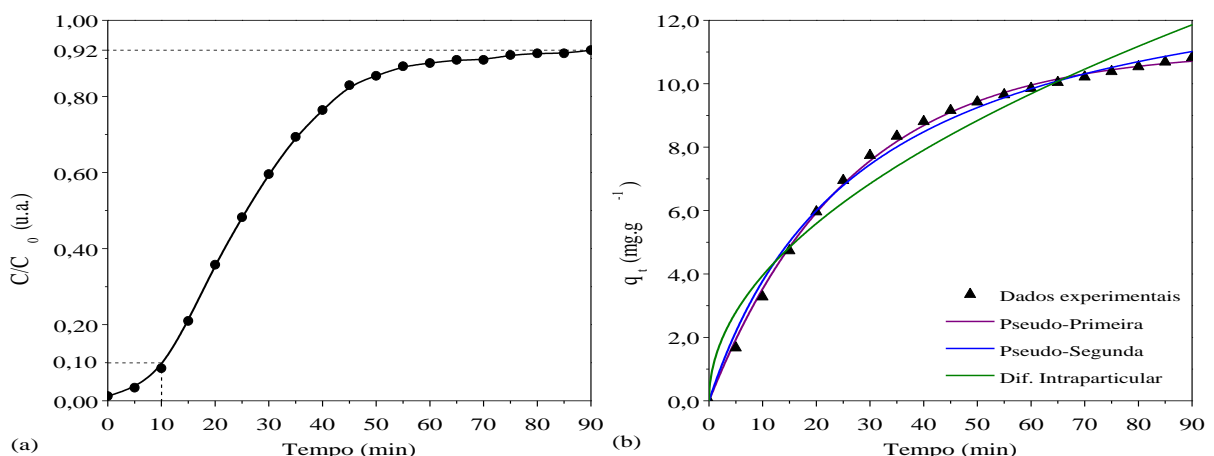
$$R_t = \frac{q_{total}}{m_{total}} 100 \quad (5)$$

Onde  $q_{total}$  é a quantidade total de íon bioissorvido (mg),  $t_{total}$  o tempo total (min),  $C_{ad}$  a concentração do íon bioissorvido ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e  $m_{total}$  a quantidade total de entrada de íon (mg).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 (a) é apresentada a curva de *breakthrough* resultante da bioissorção do azul de metileno em serragem de peroba, permitindo determinar os parâmetros apresentados na Tabela 1. Nessa tabela, destaca-se o *break point* ( $t_b$ ) de 10 min além da  $q_e$  de  $10,8217 \text{ mg.g}^{-1}$  alcançado aos 90 min com  $C/C_0$  de 0,92, resultando em uma remoção total de 35,1720%.

Figura 1 – Curva de *breakthrough* de bioissorção (a). Curva de cinética de bioissorção (b).



Apesar da baixa remoção total foi possível determinar a cinética de bioissorção, o que constituiu o objetivo principal deste trabalho. Para tanto, aplicou-se modelos cinéticos, como exposto na Figura 1 (b), os quais tiveram seus parâmetros reunidos na Tabela 2.

Tabela 1 – Parâmetros característicos da bioissorção em leito fixo.

Parâmetro	Valor
$t_b$ (min)	10,0000
$t_u$ (min)	10,3095
$t_t$ (min)	31,6635
ZTM (cm)	0,7762
$q_e$ (mg.g <sup>-1</sup> )	10,8217
$R_t$ (%)	35,1720

Através do Coeficiente de Determinação ( $R^2$ ), observa-se na Tabela 2 que o modelo de Pseudo-Primeira Ordem é o mais indicado para descrição da cinética de bioissorção. Indicando que a taxa de ocupação dos sítios ativos de bioissorção é proporcional ao número de sítios desocupados. Assim, de modo a testar a legitimidade de tal modelo, comparou-se a quantidade de íon bioissorvido no equilíbrio experimental ( $q_{e(exp)}$ ) e calculado pelo modelo ( $q_{e(cal)}$ ). Obtendo-se um Erro Relativo (ER) de apenas 2,1796%, validando o modelo.

Tabela 2 – Resultado da aplicação dos modelos: Pseudo-Primeira, Pseudo-Segunda e Dif. Intraparticular.

Modelo	Parâmetro	Valor
Pseudo-Primeira Ordem	$q_{e(cal)}$ (mg.g <sup>-1</sup> )	11,0576
	$q_{e(exp)}$ (mg.g <sup>-1</sup> )	10,8217
	ER (%)	2,1796
	$k_1$ (min <sup>-1</sup> )	0,0384
	$R^2$	0,9984
Pseudo-Segunda Ordem	$q_e$ (mg.g <sup>-1</sup> )	14,4776
	$k_2$ (g.mg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	0,0024
	$R^2$	0,9939
Difusão Intraparticular	$k_{dif}$ (g.mg <sup>-1</sup> .min <sup>-1/2</sup> )	1,2499
	$R^2$	0,9552

#### 4. CONCLUSÕES

- (i) Foi possível avaliar a eficiência de remoção do azul de metileno por bioissorção em serragem de peroba utilizando coluna de leito fixo;
- (ii) Constatou-se que o modelo de Pseudo-Primeira Ordem representou de modo mais satisfatório os fenômenos envolvidos na cinética de bioissorção;
- (iii) Verificou-se que a serragem de peroba apresenta potencial no tratamento de efluentes contendo azul de metileno.

## REFERÊNCIAS

- GEANKOPLIS, C. J. **Transport Processes and Unit Operations**. 3. ed. New Jersey: Prentice-hall, 1993. 921 p.
- KHAN, M. A. *et al.* Biosorption and desorption of Nickel on oil cake: Batch and column studies. **Bioresource Technology**, [S.l.], v. 103, p. 35-42, 2012.
- KUNZ, A. *et al.* Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. **Química Nova**, [S.l.], v. 25, n. 1, p.78-82, fev. 2002.
- MALKOC, E.; NUHOGLU, Y. Removal of Ni(II) ions from aqueous solutions using waste of tea factory: Adsorption on a fixed-bed column. **Journal Of Hazardous Materials**, [S.l.], v. 135, p. 328-336, jul. 2006.
- NEUMANN, M. G. *et al.* Interações entre corantes e argilas em suspensão aquosa. **Química Nova**, [S.l.], v. 23, n. 6, p. 818-824, 2000.
- SILVA, A. M.; COSTA, F. O.; CARVALHO, E. da S. Estudo Da Capacidade De Adsorção Por Solvente Para Biomassas Adsorventes. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO E CIENCIA, 1., 2012, Paraíba. **Anais...** . Paraíba: Realize, v. 1, p. 152-158, 2012.
- SILVA, L. A. da. **Avaliação do uso de serragem de madeira tratada com ácido como biossorvente para a remoção de Diclofenaco de Sódio em meio aquoso**. 2015. 109 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Programa de Pós-graduação em Química, Universidade Federal de Goiás, Catalão, 2015.
- VIEIRA, S. S. *et al.* Macaúba palm (*Acrocomia aculeata*) cake from biodiesel processing: An efficient and low cost substrate for the adsorption of dyes. **Chemical Engineering Journal**, [S.l.], v. 183, p. 152-161, fev. 2012.