

## ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE SERRAGEM DE MADEIRA COMO ADSORVENTE PARA TRATAMENTO DE EFLUENTES TÊXTEIS

Maria Lucia Pereira Antunes<sup>1</sup>, Stefan Rodrigues Guedes de Camargo<sup>2</sup>,  
Carolina Petrisin de Jesus<sup>3</sup> e Ana Carolina Russo<sup>4</sup>

**Resumo:** A indústria têxtil brasileira destaca-se na economia mundial. Atrelado ao alto desempenho econômico está o consumo de água e a geração de grandes volumes de efluentes líquidos, os quais apresentam altas concentrações de corantes e de produtos químicos. Uma das principais técnicas utilizadas no tratamento dos efluentes têxteis é a adsorção, a qual vem sendo utilizada em larga escala, usando o carvão ativado como principal adsorvente. Recentemente, estudos vêm sendo desenvolvidos para encontrar materiais alternativos ao carvão ativado e que apresentem boa capacidade de adsorção de corantes. Este trabalho faz um estudo do potencial da serragem de madeira como adsorvente de baixo custo para a remoção do corante Direct Green 26. Os resultados de remoção desse tipo de corante foram obtidos através do estudo das isotermas de adsorção obtidas por espectrofotometria na região UV-visível analisadas através do modelo de Langmuir. Por fim, foi feita uma comparação desses resultados com os de outros adsorventes. Os resultados indicaram que a remoção média de corante, utilizando serragem, foi de 78,8% para uma concentração inicial de 500mg/L e a capacidade máxima de adsorção de 119mg/g. Esses resultados demonstram grande potencial da serragem como adsorvente para o corante Direct Green 26.

**Palavras-Chave:** Adsorção. Corante Têxtil. Isoterma de Langmuir. Serragem.

### 1 Introdução

A indústria têxtil brasileira tem grande destaque na economia do país (TOLEDO, 2003). O Brasil é considerado o maior centro têxtil da América do Sul, tendo atingido a sexta colocação no ranking dos maiores produtores de têxteis e de vestuário do mundo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTEL E DE CONFECÇÃO, 2009). Atrelado a esse alto desempenho econômico está o consumo de água e a geração de grandes volumes de efluentes líquidos, os quais apresentam altas concentrações de corantes e de produtos químicos (CHANG; CHAO; TOJO, 1994).

O objetivo da indústria têxtil é a transformação das fibras em fios e os fios em tecidos que serão utilizados como vestuário e artigos diversos. Para isso, as etapas de fabricação têxtil vão desde a fiação até o tingimento. O processo de tingimento se encerra com uma etapa de lavagem em banhos correntes para a retirada do excesso de corante que não foi fixado às fibras. Estima-se que cerca de 10 a 20% dos corantes têxteis utilizados nesta operação

são descartados como resíduo, devido à fixação incompleta do corante (GUARANTINI; ZANONI, 2000). Este resíduo, quando descartado no corpo d'água, sem tratamento, pode afetar o processo de fotossíntese e os ciclos biológicos, uma vez que a transparência da água será afetada, modificando a penetração da luz solar, fundamental a esse processo. Além disso, alguns estudos têm mostrado que certas classes de corantes têm efeitos carcinogênicos e mutagênicos (BROWN; DEVITO, 1993, GUARANTINI; ZANONI, 2000, KUNZ et al., 2002, ÇIÇEK; OZER; OZER, 2007), e as maiores taxas de toxicidade foram encontradas para os corante básicos e diretos diazo (ROBINSON et al. 2001).

A resolução CONAMA N°357 (BRASIL, 2005) estipula um limite de coloração para corpos de água de classe 2 e para corpos de água de classe 1, onde a coloração não pode sofrer qualquer variação em relação à coloração natural. Para atender aos padrões estabelecidos por essa lei, diversos tipos de tratamento vêm sendo utilizados para a remoção da cor dos

<sup>1</sup>E-mail:malu@sorocaba.unesp.br  
Avenida Três de Março, 511 – Alto da Boa Vista, Sorocaba, SP - CEP 18087-180

<sup>2</sup>E-mail:stefancamargo@gmail.com

<sup>3</sup>E-mail:carolpcj@terra.com.br

<sup>4</sup>E-mail:russo.anacarolina@gmail.com

efluentes têxteis. Sendo assim, os efluentes da indústria têxtil devem ser tratados, seja para atender aos padrões estabelecidos por lei, seja para resolver o problema ecológico, ou para reduzir o consumo e os custos do processo industrial.

As principais técnicas utilizadas para o tratamento dos efluentes da indústria têxtil são: coagulação/floculação, remoção biológica e a adsorção (KUNZ et al., 2002, GUARATINI, ZANONI, 2000). A coagulação/floculação consiste na utilização de sais de ferro ou alumínio para auxiliar na formação de flocos, permitindo a sedimentação do resíduo. Apresenta bom desempenho na remoção de material particulado, porém é pouco eficiente para a remoção da cor (KUNZ et al., 2002). A remoção biológica ou processo biológico de tratamento é a mais usada pela indústria têxtil e consiste na degradação do resíduo através de microorganismos e ar, gerando uma grande quantidade de lodo. Alguns estudos têm mostrado (AZBAR, YONAR, KESTIOGLU, 2004) que alguns corantes sintéticos têm alta resistência ao tratamento biológico, o que pode reduzir a eficiência desse tratamento e a eliminação da cor do efluente. A adsorção é a técnica que apresenta maior eficiência na remoção da

cor. Ela consiste na transferência de massa de uma fase fluida para uma fase sólida (adsorvente/adsorvedor). Atualmente o material que apresenta maior capacidade de adsorção é o carvão ativado, amplamente utilizado na remoção de cores de efluentes (DALLAGO, SMANIOTTO, OLIVEIRA, 2005). Entretanto, o carvão ativado é avaliado, comercialmente, como tendo um alto custo e, assim, vários estudos vêm sendo desenvolvidos para encontrar materiais alternativos que apresentem boa capacidade de adsorção de corantes e um menor custo.

Diversos resíduos industriais e vegetais vêm sendo investigados quanto ao seu potencial na remoção de corantes. Dentre os materiais estudados pode-se citar: palha de palmeira (NASSAR; MAGDY, 1997); escória de aço e pena de ave (RAMAKRISHNA; VIRARACHAVAN, 1997), resíduo de siderúrgicas (AMORIM et al., 2007), lama vermelha (SILVA FILHO et al., 2008), resíduo de curtume (DALLAGO; SMANIOTTO; OLIVEIRA, 2005), folha de azadirachta indica (IMMICH, 2006), casca de semente de araucária (ROYER, 2007) etc. A Tabela 1 apresenta um resumo comparativo dos parâmetros de adsorção para diferentes corantes utilizando diversos resíduos.

**Tabela 1- Comparação da capacidade de adsorção entre os diferentes adsorventes para diferentes corantes, onde  $q_m$  corresponde à massa de soluto adsorvida requerida para saturar completamente a monocamada do adsorvente em mg/g.**

Adsorvente	$q_m$ (mg/g)	Corante	Referências
Carvão comercial	434	Remazol Black B	Al-Degs et al. (2000)
Carvão comercial	400	Remazol red	Al-Degs et al. (2000)
Carvão de casca de eucalipto	90	Remazol Black B	Morais et al. (1999)
Carvão de casca de coco	11,04	Remazol vermelho RG	Koirishi et al. (2000)
Microesfera de quitosana	30,4 (pH 2,0) 5,69 (pH 9,5)	Reativo Laranja 16	Kimura, et al. (2000)
Salvinia sp	133	Rodamina B	Fincato, Walber e Schneider (2000)
Argila Esmectita <i>In natura</i>	370,37	Solophenyl Turquesa BRLE 400%	SILVA et al. (2005)
Argila Esmectita <i>Ativada</i>	769,23	Solophenyl Turquesa BRLE 400%	Silva et al. (2005)

Com a proposta de contribuir na busca de um material alternativo ao carvão ativado, esse trabalho teve como objetivo estudar o potencial da serragem de madeira como adsorvente de baixo custo para a remoção do corante Direct Green 26. O presente trabalho apresenta os resultados de

remoção desse corante através das isotermas de adsorção obtidas por espectrofotometria na região UV- visível e sua análise através do modelo de Langmuir. Por fim, foi feita uma comparação desses resultados com dados da literatura de diversos adsorventes.

## 2 Materiais e métodos

### 2.1 Caracterização do corante

O corante utilizado, neste trabalho, foi o corante Direct Green 26 que pode ser

encontrado nas grandes redes de supermercado. Trata-se de um corante azo direto utilizado para tingir fibras de algodão, linho, sisal, rami e rayon-viscose. A Figura 1 apresenta a fórmula estrutural desse corante.

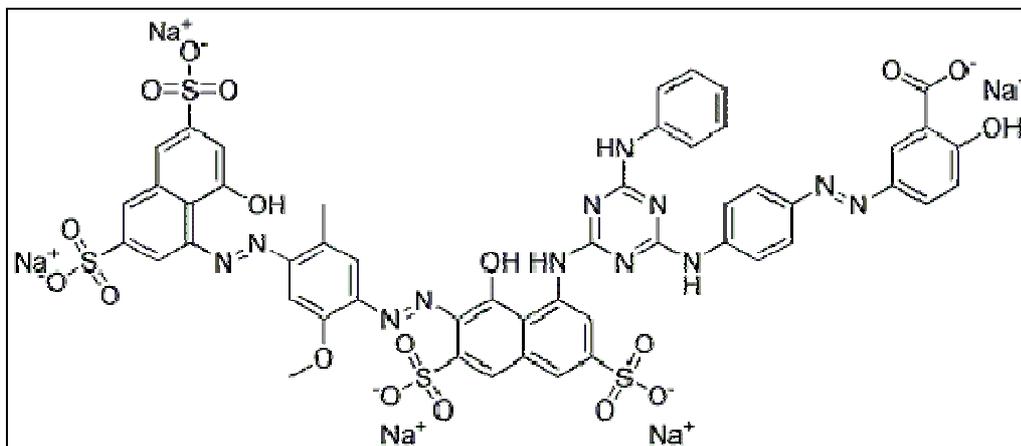


Figura 1 – Fórmula estrutural do corante Direct Green 26. (Adaptado de Chemichal Book, 2007)

O valor do pH da solução de corante foi obtido utilizando-se um pHmetro marca Qualxtron QX 1500.

Com o intuito de identificar o comprimento de onda de máxima absorvância para esse corante, foi obtido o seu espectro, utilizando-se um espectrofotômetro da marca Hack UV-visível modelo DR2800, entre os comprimentos de onda de 400 a 700nm. Utilizou-se para isso uma concentração de corante de 1000mg/L.

### 2.2 Caracterização do adsorvente

O adsorvente utilizado foi a serragem de madeira. Sua granulometria foi determinada por peneiramento, utilizando-se peneiras com abertura de 50 a 600 $\mu$ m. Para a determinação do pH do adsorvente, foi adicionado 1g de serragem em água destilada e fez-se a leitura dessa solução utilizando-se o pHmetro Qualxtron QX 1500.

### 2.3 Ensaio para estabelecer o tempo de equilíbrio da adsorção

Para determinar o tempo de equilíbrio, ou seja, o tempo necessário para que ocorra a máxima adsorção do corante, foi feito um estudo da cinética de adsorção através de um acompanhamento da concentração do corante ao longo do tempo. Foram preparadas soluções de corante em

diversas concentrações (500, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 3500 e 4000mg/L) a partir da diluição de uma solução-padrão de maior concentração. Essas concentrações de corante (volume de 100 mL) foram colocadas em contato com 1g de serragem e mantidas sob agitação em uma mesa agitadora (velocidade de agitação de 210 rpm). Esse experimento foi conduzido à temperatura de 25°C e com pH constante igual a 4,5. Este valor de pH foi escolhido por corresponder ao valor obtido quando se adiciona a serragem ao corante, não havendo assim a necessidade de adicionar ácido ou base para o controle do pH. A cada 12 horas era recolhida uma alíquota de cada solução, centrifugada e determinada a sua concentração através de espectrofotometria na região UV-visível. As amostras foram acompanhadas por um período total de 60 horas.

### 2.4 Ensaio para obtenção das isotermas de adsorção

O fenômeno da adsorção é avaliado quantitativamente através da construção de isotermas de adsorção. As isotermas são obtidas medindo-se a quantidade de corante adsorvido por grama de serragem ( $q$ ) em função da concentração de equilíbrio do corante ( $C_{eq}$ ).

Para obtenção das isotermas, 100 mL de diferentes concentrações da solução

corante (500 a 4000mg/L) foram colocadas em contato com uma massa constante (1g) de serragem sob agitação durante o tempo necessário para se obter o equilíbrio de adsorção, período este definido através do ensaio descrito anteriormente (Figura 2).



Figura 2 – Amostras de corante e serragem sob agitação.

O pH foi mantido em 4,5 durante a condução do experimento e os ensaios foram feitos sempre em triplicata. A concentração final do corante foi determinada através de espectrofotometria na região UV-visível.

### 3 Resultados e discussões

A caracterização da solução de corante Direct Green 26 apresentou os seguintes resultados: pH = 7,5 e comprimento de onda de máxima absorvância de 620nm. Já a caracterização do adsorvente (serragem de madeira) encontra-se descrita de forma resumida na Tabela 2.

Tabela 2 – Características do adsorvente

Serragem	
pH	4,4
Granulometria (diâmetro das partículas) ( $\mu\text{m}$ )	(% em massa)
>600	24,3
425 – 600	6,8
300 – 425	8,6
150 – 300	27,1
75 – 150	28,2
50 – 75	3,9
< 50	1,1

Observa-se que a serragem apresenta um pH ácido, o que está de acordo com informações da literatura (KOLLMANN, 1959), que descreve a madeira como tendo uma variação de pH entre 3,3 e 6,5.

A granulometria da serragem permitiu identificar que cerca de 55,3% da massa de serragem corresponde à partículas com dimensões entre 75 e 300 $\mu\text{m}$ . Apenas 1,1% da massa de serragem apresentam partículas com dimensões inferiores a 50 $\mu\text{m}$ .

O espectro de absorvância, na região do visível, para o corante Direct Green 26 apresentou um pico de maior intensidade para o comprimento de onda de 620nm ( $\lambda_{\text{max}}$ ). Este foi o comprimento de onda, utilizado para medir as concentrações do corante quando utilizada a técnica de espectrofotometria UV-visível.

O tempo de equilíbrio foi definido como sendo de 48 horas de agitação, pois como se nota na Figura 3, a partir desse

tempo todas as amostras apresentaram concentração praticamente constante.

A Tabela 3 apresenta resultados da adsorção do corante pela serragem, e a porcentagem de adsorção para as diferentes concentrações. Nota-se que a eficiência de adsorção diminui à medida que a concentração inicial de corante aumenta. Observa-se uma adsorção de aproximadamente 79% para concentração inicial de 500mg/L de corante e para a concentração inicial de 4000mg/L esta é reduzida para 48%.

Esses resultados demonstram a eficiência na remoção de cor pela serragem após atingir o tempo de equilíbrio. Nota-se que quanto menor a concentração inicial de corante em solução maior a eficiência na remoção de cor. Isso devido ao número limitado de sítios superficiais disponíveis para adsorção, que durante o processo vão sendo ocupados pelas moléculas de corante (CARVALHO, FUNGARO, IZIDORO, 2010). Quando a concentração de corante em

solução aumenta, aumenta também a competição por espaços vazios no material

adsorvente que após atingir a saturação não apresenta mais propriedade adsortiva.

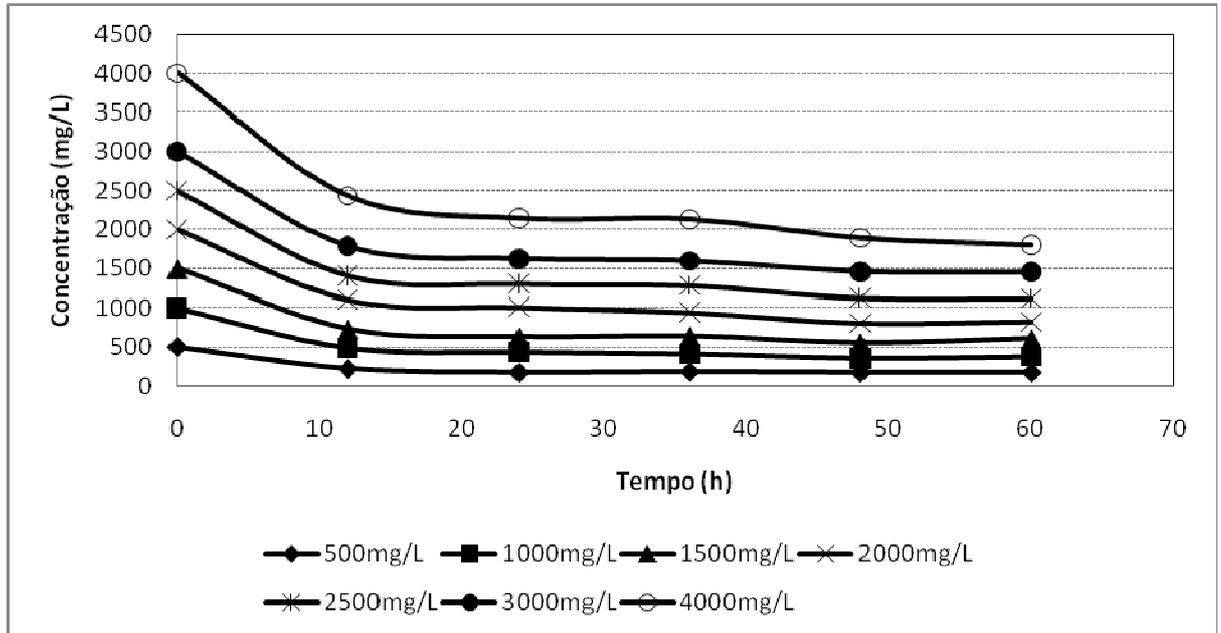


Figura 3 – Estudo cinético para a determinação do tempo de equilíbrio de adsorção do corante

Tabela 3 - Concentração inicial e porcentagem de adsorção do corante Direct Green 26 utilizando serragem.

Concentração inicial (mg/L)	Adsorção (%)
500	78,8
1000	70,1
1500	68,1
2000	51,8
2500	49,5
3000	48,7
3500	55,6
4000	48,1

Para construir a isoterma, a quantidade de corante adsorvido,  $q$  (mg/g), foi calculada através do balanço de massa da equação 1 (MALIK, 2004):

$$q \text{ (mg/g)} = (C_0 - C_{eq}) V/W \quad (\text{Equação 1})$$

onde  $C_0$  e  $C_{eq}$  são, respectivamente, a concentração (mg/L) inicial e a concentração de equilíbrio do corante.  $V$  é o volume da solução (L) e  $W$  a massa de serragem utilizada (g).

A análise dessas isotermas foi obtida através do modelo de Langmuir (LANGMUIR, 1916). Esse modelo tem sido

extensamente aplicado para descrever os dados experimentais de adsorção no qual se supõe que a adsorção máxima corresponde a uma monocamada saturada de moléculas do adsorvato na superfície do adsorvente (MALIK, 2004).

A equação 2 descreve a equação de Langmuir

$$q = (q_m K C_{eq}) / (1 + K C_{eq}) \quad (\text{Equação 2})$$

onde  $q$  é a quantidade de soluto (corante) adsorvido por massa de adsorvente (mg/g);  $q_m$  é a massa de soluto adsorvida requerida para saturar completamente a monocamada

do adsorvente (mg/g);  $C_{eq}$  é a concentração de equilíbrio do soluto (mg/L) e  $K$  é a constante de Langmuir, relacionada à energia de adsorção (1/mg).

As constantes  $K$  e  $q_m$  podem ser determinadas através da linearização da equação 2, como descreve a equação 3.

$$(C_{eq}/q) = (C_{eq}/q_m) + (q_m K)^{-1} \quad \text{(Equação 3)}$$

Desta forma com um simples ajuste linear aos dados experimentais é possível

estimar a adsorção máxima de cada material utilizado como adsorvedor.

A Figura 4 apresenta a isoterma de adsorção obtida para o corante Direct Green 26.

Foi ajustado à essa isoterma o modelo de Langmuir (LANGMUIR, 1916). A Figura 5 apresenta o gráfico da linearização da isoterma de Langmuir. O ajuste apresenta um coeficiente de correlação de 0,95, apresentando boa compatibilidade dos dados com esse modelo.

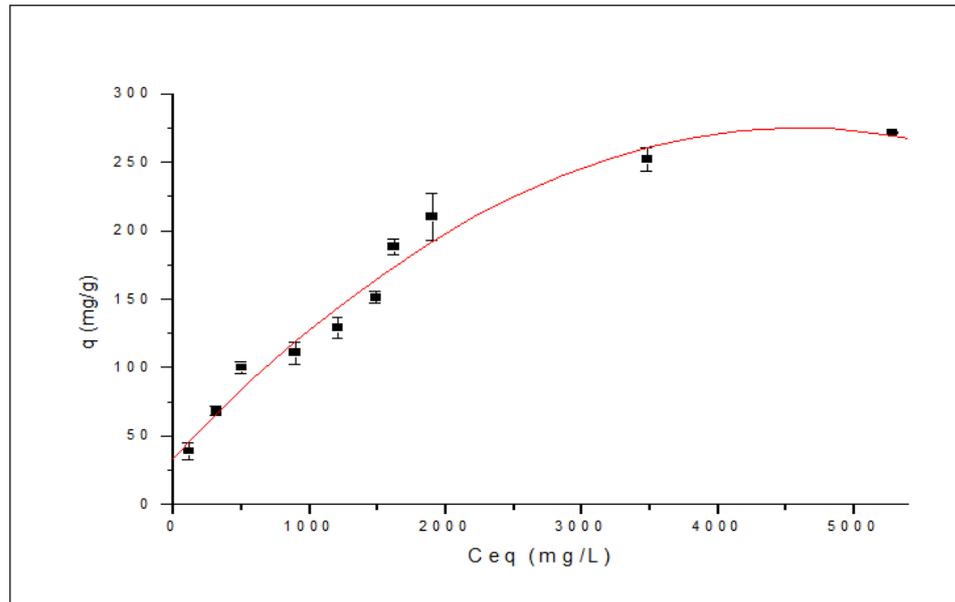


Figura 4 – Isoterma de adsorção utilizando serragem como adsorvente

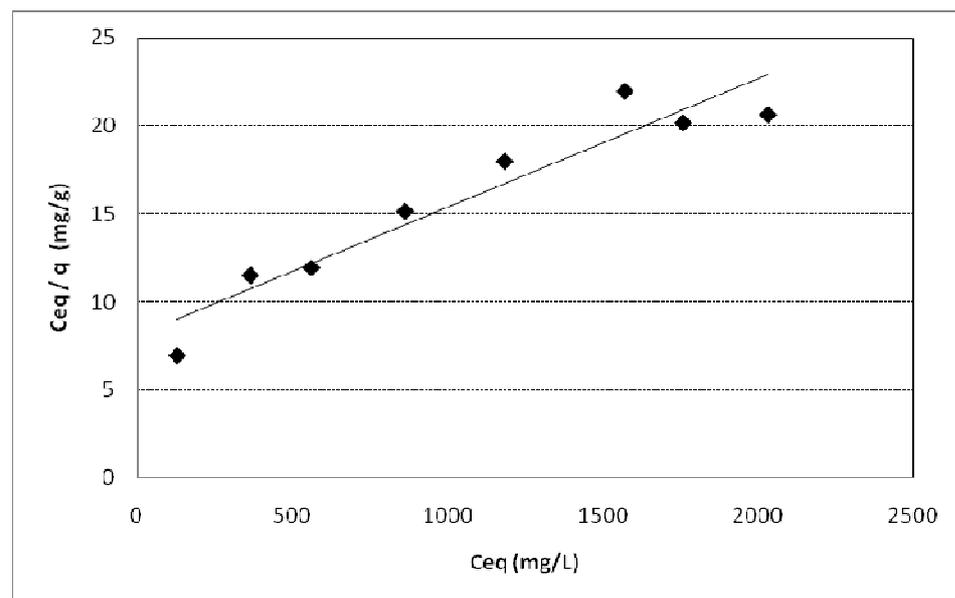


Figura 5 – Linearização da isoterma de adsorção para o corante Direct Green 26 utilizando o modelo de Langmuir.

A partir desse ajuste pôde-se determinar a capacidade máxima de adsorção da monocamada de serragem ( $q_m$ ). O valor obtido foi de  $(119 \pm 15)$  mg/g, e o K foi de  $(1,6 \pm 0,2) \times 10^{-3}$  (mg) $^{-1}$ . Estes resultados podem ser comparados com os dados da literatura apresentados na Tabela 1.

O valor da capacidade máxima de adsorção ( $q_m$ ) obtido para a serragem é bastante próximo ao valor obtido para a casca de eucalipto, que é de 90mg/g, utilizando o corante remazol Black B. Comparando-se a capacidade de adsorção

da serragem com o carvão ativado, nota-se que sua capacidade é quatro vezes menor, porém é superior à capacidade do carvão de casca de coco, da casca de eucalipto e das microesferas de quitosona (ver Tabela 1).

A Figura 6 apresenta, à direita, uma amostra de corante com concentração inicial de 500mg/L e à esquerda, outra amostra que teve o mesmo corante adsorvido pela serragem. Nota-se que a cor do efluente é praticamente eliminada, demonstrando que, visualmente, os resultados de adsorção com serragem para o corante Direct Green 26 é bastante satisfatório.



Figura 6 - Amostras de concentração inicial de 500 mg/L (à direita) e concentração final de 106,21 mg/L (à esquerda). Ensaio realizado a 25°C e pH de 4,5.

#### 4 Conclusões

Os resultados obtidos, utilizando-se a serragem como adsorvente, demonstram alta percentagem de remoção do corante, atingindo uma redução de até 78,8% do mesmo, para concentração inicial de 500mg/L.

O modelo de Langmuir se ajustou adequadamente para o conjunto de dados de adsorção, tendo em vista o coeficiente de correlação igual a 0,95.

A capacidade máxima de adsorção da serragem para o corante Direct Green 26, obtida através do modelo de Lagmuir, é igual a 119mg/g. Este valor demonstra que a capacidade de adsorção da serragem é superior a de outros adsorventes já estudados. Sendo assim, esse resíduo mostrou resultados satisfatórios para o tratamento do corante Direct Green 26 e pode ser considerado como uma alternativa de baixo custo para o tratamento de efluentes têxteis que utilizem esse corante.

#### 5 Study of the use of sawdust provided by wood as adsorbent for the treatment of textile effluents

**Abstract:** *The Brazilian textile industry has been a highlight in the global economy. Connected with this high economic performance there is the water consumption and the generation of great volumes of wastewater which present high concentrations of dyes and chemical substances. One of the main techniques used in the treatment of textile effluents is adsorption, which has the activated carbon as the main adsorbent. Recently, studies have been developed to find alternative materials to activated carbon and exhibiting good adsorption capacity of dyes. The aim of this work is to study the potential of sawdust as adsorbent of low cost to remove the dye Direct Green 26. The results of this type of dye removal were obtained through the study of adsorption*

*isotherms obtained by spectrophotometry in the UV-visible region analyzed by the Langmuir model. Finally, a comparison was made of these results with those of other adsorbents. Results showed that the average removal of dye, using sawdust, was 78.8% for an initial concentration of 500mg / L and the maximum adsorption capacity of 119mg / g. These results demonstrate the great potential of sawdust as an adsorbent for the dye Direct Green 26.*

**Key-words:** Adsorption. Textile Dyes. Langmuir Isotherms. Sawdust.

## 6 Referências

AL-DEGS, Y. et al. Effect of carbon surface chemistry on the removal of reactive dyes from textile effluent. **Water Research**, v.34, n.3, p. 927-935, 2000.

AMORIM, C.C. et al. Remoção de corantes têxteis através da adsorção em resíduos do alto forno da indústria siderúrgica. **Anais** In: 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Belo Horizonte –MG, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO. Disponível em: [http://www.abit.org.br/site/texbrasil/default.asp?id\\_menu=2&idioma=PT&rnd=20102516254108](http://www.abit.org.br/site/texbrasil/default.asp?id_menu=2&idioma=PT&rnd=20102516254108). Acesso em: 10 dez. 2009.

AZBAR, N.; YONAR, T.; KESTIOGLU, K.; Comparison of various advanced oxidation processes and chemical treatment methods for COD and color removal from polyester and acetate fiber dyeing effluent. **Chemosphere**, v. 55, p.35, 2004.

BRASIL. CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília – DF, 18.mar.2005, nº 53, Seção 1. p 58-63.

BROWN, M.A., DEVITO, S.C. ; Predicting azo-dye toxicity. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, v.23, p.249, 1993.

CARVALHO, T.E.M., FUNGARO, D.A., IZIDORO, J.C. Adsorção do corante reativo laranja 16 de soluções aquosas por zeólitas sintéticas. **Química Nova**, v.33, p.358, 2010.

CHANG, C.; YU, R.; CHAO, A.C.; TOJO, S. On line Monitoring and Control of textile Wastewater color removal Process. **Water Science and Technology**. v.30, p. 265, 1994.

Chemical Book. **Direct Green 26**. Disponível em: [www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty\\_EN\\_CB2875547.htm](http://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty_EN_CB2875547.htm). Acesso em: 19.jul.2009

ÇIÇEK, F., OZER, D., OZER. Low cost removal of reactive dyes using wheat bran. **Journal of Hazardous Materials**, v.146, p.408, 2007.

DALLAGO, R.M., SMANIOTTO, A., OLIVEIRA, L.C. A. Resíduos sólidos de curtime como adsorventes para a remoção de corante em meio aquoso. **Química Nova**, v.28, p. 433, 2005.

FINCATO, F.; WALBER, M. & SCHNEIDER, I.A.H., Remoção do corante Rodamina B de efluentes do tingimento de ágatas por adsorção na biomassa do macrófito aquático *salvinia sp.* Anais do II Encontro Brasileiro sobre Adsorção, Florianópolis, SC, p. 357-364, 2000.

GUARANTINI, C.C., ZANONI, M.V.B. Corantes Têxteis. **Química Nova**, v. 23, p.71, 2000.

IMMICH, A. P. S. **Remoção de corantes de efluentes têxteis utilizando folhas de *Azadirachta indica* como adsorvente.** Dissertação (mestrado em engenharia química) - Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina. 2006.

KIMURA, I.Y. et al. **Avaliação da capacidade de adsorção do corante reativo laranja 16 pela quitosana.** **Acta Scientiarum** 22(5):1161-1166, 2000.

KOIRISHI, E.T.; et al. Determinação de isothermas de adsorção de corante têxtil em carvão ativo, serragem e algas marinhas arribadas. **Acta Scientiarum**, v.22, p.1185-1188, 2000.

KOLLMANN, F. **Tecnologia de La Madeira y Sus Aplicaciones.** v.1. Madrid: Instituto forestal de Investigaciones y experiencias y servicio de la madera. Madrid, 1959.

KUNZ, A. et al. Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. **Química Nova**, v.25, p.78, 2002.

LANGMUIR, I., The Constitution and Fundamental Properties of Solids and Liquids: I. Solids. **J. Am. Chem. Soc.**, v.38, p.2221, 1916.

MALIK, P.K. Dye removal from wastewater using activated carbon developed from sawdust: adsorption equilibrium and kinetics. **Journal of Hazardous Materials**, v.B113, p. 81, 2004.

MORAIS, L.C. et al. Reactive dyes removal from wastewaters by adsorption on eucalyptus bark: variables that define the process. **Water Research**, v.33, p.979-988, 1999.

NASSAR, M.M. e MAGDY, Y.H. Removal of different basic dyes aqueous solution on palm-fruit bunch particles. **Chemical Engineering Journal**, v.66, p.223, 1997.

RAMAKRISHNA, K.R.; VIRARACHAVAN, T. Dye removal using low cost adsorbents. **Wat. Sci. Tech.**, v.36, p.189, 1997.

ROBINSON, T. et al. Remediation of dyes in textile effluent: a critical review on current treatment Technologies with a proposed alternative. **Bioresource Technology**, v.77, p. 247, 2001.

ROYER, B. **Remoção de corantes têxteis utilizando casca de semente de *Araucária Angustifolia* como bioissorvente.** Dissertação (mestrado em química) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul. 2007.

SILVA FILHO, E.B. et al. Estudo sobre a utilização de lama vermelha para a remoção de corante em efluentes têxteis. **Química Nova**, v.31, p.985, 2008.

SILVA, G.H. et al. Estudo da cinética de adsorção de um corante de efluente de indústria têxtil por argilas esmectitas da região do Araripe-PE. **Anais In: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Mato Grosso do Sul - 2005.

TOLEDO, R.A. S. Visão do Mercado Têxtil. **Química Têxtil**, v.72, p.8, 2003.