

## REMOÇÃO DO AZUL DE METILENO DE SOLUÇÕES AQUOSAS UTILIZANDO TURFA COMO ADSORVENTE

A.N. Fernandes<sup>1\*</sup>; C. A. P. Almeida<sup>2</sup>; C.T.B. Menezes<sup>3</sup>; N. A. Debacher<sup>1</sup>; M.M.D. Sierra<sup>1</sup>

(1) Departamento de Química - Universidade Federal de Santa Catarina - Campus Universitário, Bairro Trindade, Cx. Postal 476 - 88040-900 - Florianópolis - SC.  
[andrea@qmc.ufsc.br](mailto:andrea@qmc.ufsc.br); [sierra@qmc.ufsc.br](mailto:sierra@qmc.ufsc.br); [debacher@qmc.ufsc.br](mailto:debacher@qmc.ufsc.br)

(2) Departamento de Química - Universidade Estadual do Centro Oeste - Rua Simão Camargo Varela de Sá, 03 - 85040-080 - Guarapuava - PR.  
[policiano@qmc.ufsc.br](mailto:policiano@qmc.ufsc.br)

(3) Departamento de Engenharia Ambiental - Universidade do Extremo Sul Catarinense - Av. Universitária, 1105 - Bairro Universitário - Cx. Postal 3167 - 88806-000 - Criciúma - SC.  
[cbmia@unesc.net-sc.br](mailto:cbmia@unesc.net-sc.br)

### RESUMO

A remoção da cor de efluentes é um dos grandes problemas enfrentados pelo setor têxtil uma vez que a elevada estabilidade biológica dos corantes dificulta sua degradação pelos sistemas de tratamento convencionais empregados pelas indústrias. Os corantes restringem a passagem da radiação solar, diminuindo a atividade fotossintética natural, provocando alterações na biota aquática e causando toxicidade aguda crônica nestes ecossistemas. Por estas razões, alternativas para o tratamento de águas contaminadas por efluentes têxteis têm sido testadas. A adsorção representa um importante papel no controle da poluição destas águas e, atualmente, a turfa tem sido frequentemente apontada como um bioadsorvente eficiente e de baixo custo. A turfa é um material complexo, cujos principais constituintes são as ligninas, a celulose e as substâncias húmicas. Esses constituintes possuem grupos funcionais polares de grande reatividade que atuam nas reações de troca iônica, fazendo com que o potencial de adsorção das turfas seja muito alto. Neste trabalho, utilizou-se uma amostra de turfa com o intuito de avaliar o seu potencial de adsorção em relação ao corante azul de metileno. Para soluções de 200 mg/L e 400 mg/L, a amostra foi capaz de adsorver 99% e 90% do corante contido na solução aquosa, respectivamente, para as duas temperaturas (35°C e 60°C) estudadas. Para soluções de 600 mg/L e 800 mg/L, os valores de porcentagem de remoção foram de 55% e 42% (35°C) e de 74% e 59% (60°C), respectivamente. Apesar da porcentagem de remoção do corante diminuir com o aumento da concentração inicial, a quantidade de massa adsorvida do corante aumenta com o aumento da sua concentração inicial não inviabilizando o processo mesmo em concentrações mais altas. A eficiência da turfa na remoção do corante, mostra a potencialidade deste material no tratamento de efluentes têxteis.

**PALAVRAS-CHAVE:** turfa; adsorção; azul de metileno.

## I. INTRODUÇÃO

A degradação ambiental é um tema de grande preocupação tendo-se em vista as condições para a sobrevivência e qualidade de vida das atuais e futuras gerações. Exemplos de acentuada degradação ambiental decorrem principalmente de processos industriais, nos quais as indústrias têxteis representam um importante papel (Franchi, 2000). A elevada estabilidade biológica dos corantes usados nestas indústrias dificulta sua degradação pelos sistemas de tratamento convencionais (normalmente lodo ativo) empregados. A contaminação de rios e lagos com estes compostos provoca, além da poluição visual, sérios danos à fauna e à flora destes locais. Com suas intensas colorações, os corantes restringem a passagem da radiação solar, diminuindo a atividade fotossintética natural, provocando alterações na biota aquática e causando toxicidade aguda crônica nestes ecossistemas (Allen *et al.*, 2004). Assim, alternativas para o tratamento de efluentes contaminados por efluentes têxteis têm sido testadas, e, entre estes a adsorção representa um importante papel (Kunz *et al.*, 2002).

A adsorção é um processo físico-químico, onde as moléculas do contaminante que estão dissolvidas são atraídas para a superfície do adsorvente. O processo de adsorção, em comparação com uma variedade de outros processos para o tratamento de efluentes aquosos contaminados, é de fácil operação e produz um resíduo de efluente livre de poluentes. Além disso, devido à adsorção ser geralmente reversível, a regeneração do material adsorvente pode ser possível, resultando assim num processo econômico. O carvão ativo é o adsorvente mais utilizado para essa finalidade, entretanto, seu emprego é limitado em função de seu elevado custo. Sendo assim, existe um crescente interesse pela busca de materiais alternativos de baixo custo que possam ser utilizados como adsorventes, tais como linhaça (Liversidge *et al.*, 1997), argilas (Gürses *et al.*, 2004), turfa (Fernandes *et al.*, 2004), barro branco (Almeida, 2005) e couro (Dallago *et al.*, 2005).

Nos últimos 30 anos o uso da turfa nos sistemas de tratamentos de efluentes tem recebido uma atenção especial e, atualmente, filtros de turfa representam um método conveniente para o tratamento de efluentes aquosos (Allen *et al.*, 2004). A turfa é um material relativamente barato e possui características que proporcionam um bom índice de adsorção. É um material quimicamente complexo, constituído por quatro grupos principais: betumes (ácidos graxos, ceras e esteróides), substâncias húmicas (SH) (ácidos húmicos, ácidos fúlvicos e húmicas), carboidratos (principalmente celulose e proteínas) e ligninas (substâncias polifenólicas, a exemplo dos ácidos húmicos) (Fuchsman, 1980). Normalmente lignina e celulose são os constituintes mais importantes e o teor em SH é função direta do grau de decomposição. As SH possuem grupos funcionais polares, tais como carboxílicos e fenólicos, de grande reatividade e que atuam nas reações de troca iônica, fazendo com que o potencial de adsorção das turfas para sólidos específicos, tais como metais e moléculas orgânicas polares, seja muito alto.

Atualmente, a indústria têxtil tem procurado tratar seus rejeitos de modo a atender aos padrões estabelecidos pelas entidades superiores. Entretanto, a contínua degradação do ambiente é prova de que essa abordagem contém erros graves, sobretudo ao supor que o ambiente pode tolerar certa quantidade de poluição. Santa Catarina representa um estado que cresce a cada dia com relação às indústrias têxteis, deste modo o descarte de efluentes provenientes dessas indústrias aumenta continuamente. O estado também possui significativas reservas de turfas, o que torna propício um estudo de recuperação de áreas degradadas por efluentes têxteis utilizando a turfa

como adsorvente. Sendo assim, neste trabalho utilizou-se uma amostra de turfa, obtida numa turfeira localizada no Balneário Arroio do Silva - SC, com o intuito de avaliar o seu potencial de adsorção em relação ao corante azul de metileno (AM).

## DESENVOLVIMENTO

### *Materiais*

A amostra em estudo foi obtida em uma turfeira localizada no município de Balneário Arroio do Silva, no sul de Santa Catarina, no Brasil. Essa amostra de turfa, designada como TD (turfa decomposta), contém um grau de humificação bastante alto (H17), atribuindo-se a um estado de decomposição de 70% do material analisado (Von Post, 1924). Um valor de 70% no teor de decomposição representa um poder de sorção intermediário, segundo o Relatório do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT, 1979), podendo a amostra ser usada como adsorvente de soluções aquosas contaminadas. Entretanto, antes do processo de adsorção a amostra foi imersa durante 15 min em solução de HCl 6 mol L<sup>-1</sup> de forma a remover os componentes minerais fracamente ligados e liberar os grupos funcionais, aumentando assim seu potencial de adsorção (Fernandes *et al.*, 2004).

O corante utilizado foi o AM. Ele foi escolhido devido sua estrutura ser bastante conhecida e por ser um corante muito encontrado em efluentes têxteis. Além disso, ele é utilizado em muitos outros trabalhos de adsorção devido a sua toxicidade (Gürses *et al.*, 2004; Almeida, 2005). Embora não possa ser considerado perigoso, o AM provoca efeitos indesejáveis se inalado ou ingerido, por exemplo, náusea, vômito, diarreia e gastrite. Doses elevadas (acima de 0,50 mg/L - limite de descarte ao meio ambiente) provocam dor no peito, dor de cabeça forte, sudorese excessiva e confusão mental (Ghosh e Bhattacharyya, 2002).

### *Testes de Adsorção*

Os testes de capacidade de adsorção foram feitos em batelada (Figura 1) com base em soluções de corante nas concentrações iniciais de 200, 400, 600 e 800 mg/L. Para cada solução estoque foi feita uma diluição seqüencial (1:5) de modo a obter uma curva de calibração. Os experimentos foram realizados nas temperaturas de 35°C e 60°C em pH natural. Volumes de 50 mL de solução de corante, com concentração inicial conhecida, foram deixados em contato com 0,1 g de turfa tratada com HCl, sob agitação mecânica. Os experimentos foram acompanhados por coletas periódicas de alíquotas de solução por um período de, no máximo, 96 h. Estas alíquotas foram diluídas em valores pré-determinados de modo a serem analisadas no espectrofotômetro de UV-Vis (Perkin-Elmer Modelo 550S). Após a diluição, as soluções foram centrifugadas por 10 min a 2.000 rpm. O sobrenadante foi recolhido com uma pipeta e analisado por espectrofotometria UV-Vis. Os valores das absorvâncias das soluções foram tomados em um comprimento de onda ( $\lambda$ ) de 664 nm.

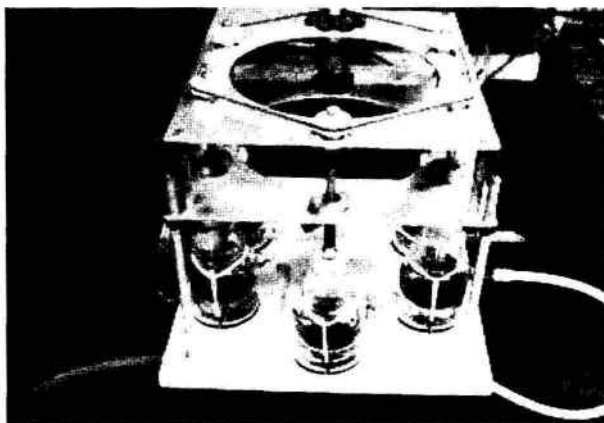
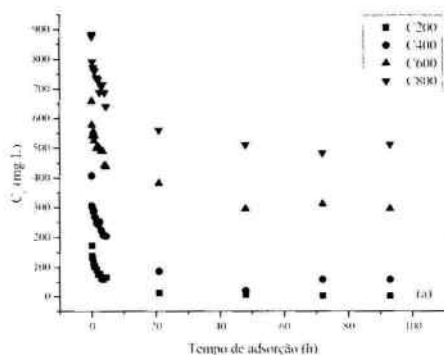


Figura 1 - Agitador mecânico de 5 eixos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figuras 2a e 2b mostram a variação da concentração de equilíbrio ( $C_e$ ) do corante AM com o tempo nas temperaturas de 35°C e 60°C, respectivamente, para as concentrações iniciais de AM de 200, 400, 600 e 800 mg/L.



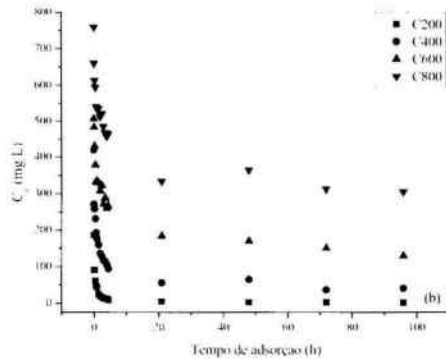


Figura 2 - Variação da  $C_t$  com o tempo de adsorção nas temperaturas de 35°C (a) e 60°C (b).

Em todas as curvas observou-se a diminuição da concentração do corante com o aumento do tempo de contato até aproximadamente 4,5 h quando a concentração se mantém constante para ambas as temperaturas. Os experimentos foram mantidos por um tempo maior para se ter a certeza de que nenhum outro processo estivesse ocorrendo depois da saturação da camada adsorvedora. Este tempo, relativamente pequeno, revela que a adsorção do AM pela turfa é um processo rápido. Num outro experimento utilizando o barro branco como adsorvente, por exemplo, envolvendo as mesmas concentrações e as mesmas temperaturas empregadas nesse estudo, foi necessário um tempo de contato de 48 h para se atingir a concentração de equilíbrio (Almeida, 2005).

A quantidade máxima de corante adsorvida em mg/g (Tabela 1) aumentou de 84,5 até 189,0, a 35°C e de 176,0 até 214,0, a 60°C, com um aumento na concentração inicial do AM de 200 mg/L a 800 mg/L. Ou seja, quando a concentração inicial do corante quadruplicou a quantidade adsorvida dobrou, no primeiro caso (35°C) e aumentou em torno de 20% no segundo caso (60°C). O aumento da temperatura proporciona um aumento na quantidade de massa de AM adsorvida em todas as concentrações indicando que o processo de adsorção é endotérmico, ou seja, é favorecido a temperaturas mais elevadas. Essa característica pode ser indicativa da incidência não somente de adsorção física, mas também química, pois essa última necessita de mais energia para ocorrer. Esse processo pode ser devido ao fato que em temperaturas mais altas, um aumento em volume livre ocorre devido ao aumento do movimento do soluto, o processo está em constante equilíbrio. Isso pode ser devido a tendência das moléculas do corante escapar da fase sólida para a fase majoritária com o aumento da temperatura da solução. Este efeito pode ser explicado considerando que em temperaturas mais altas, a energia total de moléculas do sorvato é aumentada e conseqüentemente sua tendência a escapar é também aumentada (Ho e McKay, 2003). O efeito da temperatura é maior na solução mais diluída, quando a razão sítios de adsorção/concentração de adsorvato é mais alta.

Tabela 1 – Quantidade máxima adsorvida do corante AM pela turfa.

TEMPERATURA DE 35°C			
CONCENTRAÇÃO INICIAL DE CORANTE			
200 mg/L	400 mg/L	600 mg/L	800 mg/L
QUANTIDADE MÁXIMA ADSORVIDA			
84,5 mg/g	174,0 mg/g	182,0 mg/g	189,0 mg/g
TEMPERATURA DE 60°C			
CONCENTRAÇÃO INICIAL DE CORANTE			
200 mg/L	400 mg/L	600 mg/L	800 mg/L
QUANTIDADE MÁXIMA ADSORVIDA			
176,0 mg/g	177,0 mg/g	183,0 mg/g	214,0 mg/g

Os resultados ilustrados nas Figuras 3a e 3b mostram a variação da percentagem de remoção do corante AM com o tempo nas temperaturas de 35°C e 60°C, respectivamente, para as concentrações iniciais de AM de 200, 400, 600 e 800 mg/L. Através destas figuras pode-se observar que a remoção do corante pela turfa aumenta com o tempo, chegando a altos valores de percentagem de remoção no equilíbrio. Para as soluções mais diluídas o percentual de remoção é bastante significativo, com valores de aproximadamente 99% e 90% para as soluções de 200 mg/L e 400 mg/L, em ambas as temperaturas de adsorção. O aumento na concentração inicial do AM resulta numa redução no potencial de remoção do corante da solução aquosa. Para as soluções de 600 mg/L e 800 mg/L o percentual de remoção foi em torno de 55% e 42% (35°C) e de 74% e 59% (60°C), respectivamente, mostrando a diminuição da capacidade de adsorção com a maior ocupação dos sítios disponíveis. Entretanto, como foi visto anteriormente, a quantidade de massa adsorvida aumenta quando a concentração inicial do AM varia de 200 mg/L a 800 mg/L, o que não inviabiliza o processo em concentrações mais altas. Sendo assim, enquanto esses grupos não estiverem todos comprometidos com as moléculas do corante a adsorção é bastante eficiente. De uma maneira geral, os resultados obtidos neste trabalho mostraram que o grau de adsorção da turfa em relação ao corante AM em efluentes têxteis abre perspectivas para a sua utilização na remoção desses contaminantes.

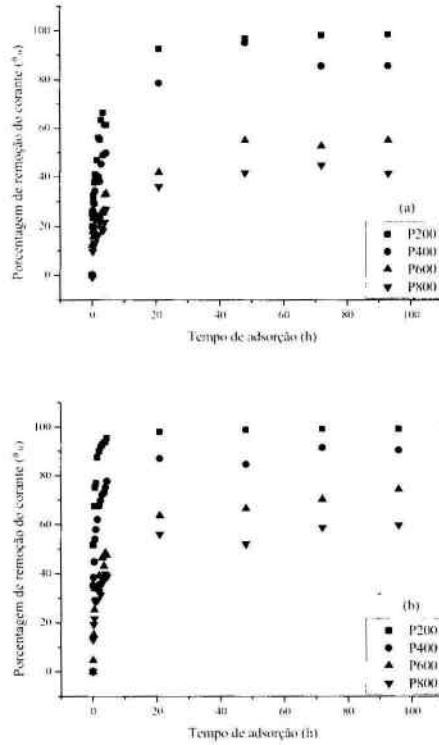


Figura 3 -- Porcentagem de remoção do AM pela turfa a 35°C (a) e 60°C (b).

## CONCLUSÕES

A utilização de turfas no tratamento de efluentes contaminados com AM resulta numa alternativa bastante eficiente e viável principalmente para soluções mais diluídas deste corante, chegando a valores de até 99% e 90% de remoção do mesmo para as soluções de 200 mg/L e 400 mg/L em duas temperaturas (35°C e 60°C). Para as soluções de 600 mg/L e 800 mg/L o percentual de remoção foi em torno de 55% e 42% (35°C) e de 74% e 59% (60°C), respectivamente, mostrando a diminuição da capacidade de adsorção com a ocupação dos sítios disponíveis. Entretanto, a quantidade de massa adsorvida varia de 84 mg/g a 189 mg/g na temperatura de 35°C quando a concentração inicial do corante aumenta, o que não inviabiliza o processo em concentrações mais altas. O aumento da temperatura proporciona um leve aumento na quantidade de massa de AM adsorvida em todas as concentrações

indicando que o processo de adsorção é endotérmico. De um modo geral, a eficiência da turfa utilizada na remoção do corante AM mostra a potencialidade deste material no tratamento de efluentes têxteis contaminados.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

## REFERÊNCIAS

- Allen, S. J.; McKay, G.; Porter, J. F. – *Journal of Colloid and Interface Science*, 280, p. 322-333, 2004.
- Almeida, C. A. P. – Caracterização do Barro Branco e Avaliação de sua Capacidade como Adsorvente de Corantes Usando o Azul de Metileno como Modelo. Tese de Doutorado em Química – UFSC, Florianópolis, 2005.
- Dallago, R., M.; Smaniotto, A.; Oliveira, L. C. A. – *Química Nova*, 28, p. 433-437, 2005.
- Fernandes, A. N.; Menezes, C. T. B.; Leal Filho, L. S.; Sierra, M. M. D. – Estudos de Aplicação da Turfa para a Remoção de Metais de Efluentes Contaminados. Anais do XX Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa, p. 523-530, 2004.
- Franchi, J. G. – Aplicação de Turfa na Recuperação de Solos Degradados pela Mineração de Areia. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mineral – USP, São Paulo, 2000.
- Fuschman, C. H. – *Industrial Chemistry and Technology*. Academic Press, New York, p. 279, 1980.
- Ghosh, D.; Bhattacharyya, K. G. – *Applied Clay Science*, 20, p. 295-300, 2002.
- Gürses, A.; Karaca, S.; Dogar, C.; Bayrak, R.; Açıkyıldız, M.; Yalçın, M. – *Journal of Colloid and Interface Science*, 269, p. 310-314, 2004.
- Ho, Y. S.; McKay, G. – *Chemical Engineering Journal*, 70, p. 115-124, 1998.
- Ho, Y. S.; McKay, G. – *Process Biochemistry*, 38, p. 1047-1061, 2003.
- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – Estudo das Possibilidades de Aproveitamento de Turfa no Estado de São Paulo. São Paulo, IPT, 1979.
- Kunz, A.; Peralta-Zamora, P.; Moraes, S. G.; Durán, N. – *Química Nova*, 25, p. 78, 2002.
- Liversidge, R. M.; Lloyd, G. J.; Wase, D. A. J.; Forster, C. F. – *Process Biochemistry*, 32, p. 473-477, 1997.
- Von Post, L. – *Committee Soil Science*, p. 287-304, 1924.