

Adsorção do corante têxtil amarelo remazol usando um dos rejeitos da fabricação da alumina como adsorvente

(Adsorption of remazol yellow dye using as adsorvent a solid waste from the production of alumina)

Elizabeth Gonçalves Rutz

*Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental - UFOP
E-mail: elizabethrutz@yahoo.com.br*

Cornélio de Freitas Carvalho

Professor do Departamento de Química - UFOP. E-mail: cornelio@iceb.ufop.br

Carulini de Souza Pires

Graduanda do Curso de Farmácia - UFOP. E-mail: carulini@yahoo.com.br

Gustavo Lopes Curiel

Graduando do Curso de Engenharia Ambiental - UFOP. E-mail: gucuriel@hotmail.com

Resumo

Esse trabalho discute a possibilidade de utilização de um dos rejeitos da fabricação da alumina, pó retido no filtro eletrostático, na adsorção do corante amarelo remazol, usado rotineiramente na indústria têxtil. Os resultados mostram, para uma solução aquosa 50 mg L^{-1} , cerca de 95 % de remoção do corante em solução. O modelo de isoterma de Langmuir mostrou-se adequado para descrever o mecanismo de adsorção desse corante. A capacidade de adsorção do corante depende da sua estrutura e das interações corante-adsorvente.

Palavras-chave: Adsorção, alumina, amarelo remazol, Langmuir.

Abstract

This work discusses the possibility of using one of the residues retained in electrostatic filters during alumina production, in the adsorption of the remazol yellow dye which is commonly employed in the textile industry. The results presents a removal efficiency of 95% of the dye in an aqueous solution containing 50 mg/L of this substance. The Langmuir isotherm model showed to be adequate to describe the adsorption mechanism of this dye. The ability of the dye adsorption depends on its structure and the interaction dye-adsorbent.

Keywords: Adsorption, alumina, remazol yellow, Langmuir.

1. Introdução

A indústria têxtil é uma das maiores produtoras de efluentes líquidos em virtude do grande consumo de água e produtos químicos, em especial nos processos de tingimento e acabamento (Leão et al., 1998). No processo de tingimento, são adicionados os corantes, empregados sob a forma de soluções ou dispersões aquosas, por indução com reativos apropriados ou por controle das condições físicas como temperatura e pH, conferindo cor aos tecidos (Andrade, 1999).

Além de causarem poluição visual e prejuízos à biota aquática, estudos recentes têm mostrado que algumas classes de corantes podem ser carcinogênicos e/ou mutagênicos (Kunz et alii, 2002).

Devido às implicações ambientais citadas, novas tecnologias têm sido estudadas para a degradação ou imobilização desses compostos em efluentes têxteis. Existe um crescente interesse no uso de materiais adsorventes sólidos de baixo custo para o tratamento de efluentes têxteis (Jain et alii, 2003), os quais oferecem uma série de vantagens dentro da sua simplicidade, rapidez e eficiência (Allen et alii, 2004).

Uma das etapas do processo industrial de extração de alumínio é a obtenção de alumina (Al_2O_3). Nessa etapa, um dos rejeitos obtidos é um pó fino, proveniente de filtros eletrostáticos, que é descartado junto à lama vermelha em barragens e aterros industriais (Santos, 1997). O resíduo não satisfaz as especificações industriais para a sua utilização ou para a produção de alumínio. A quantidade produzida desse rejeito é de cerca de 1 a 2% da produção total de alumina (Gonçalves, 2003).

Esse trabalho busca estudar a possibilidade de uso de um dos rejeitos da fabricação da alumina, pó retido no filtro eletrostático, como adsorvente do corante amarelo remazol, usado rotineiramente na indústria têxtil.

2. Materiais e métodos

Caracterização do rejeito da fabricação da alumina

O rejeito da fabricação da alumina - pó retido no filtro eletrostático - foi caracterizado através de medidas de área superficial específica, análise granulométrica, basicidade, acidez e pH.

As medidas de área superficial específica foram baseadas no princípio Brunauer-Emmett-Teller (BET) (Miranda, 2005). Na análise granulométrica, foi montado um conjunto de peneiras, de 0,250 a 0,0298 mm, e determinou-se a porcentagem de massa de rejeito retida nestas. Para se determinar a basicidade da superfície (Al-Degs et alii, 2000), foram preparados erlenmeyers de 250 mL contendo 2,0 g do rejeito e 25,0 mL de HCl 0,05 mol L⁻¹. Os frascos foram agitados por 2 horas. O sobrenadante foi titulado com NaOH 0,05 mol L⁻¹. A acidez da superfície foi determinada da mesma forma, acrescentando-se 25,0 mL de NaOH 0,05 mol L⁻¹ e o sobrenadante foi titulado com HCl 0,05 mol L⁻¹. Para a determinação do pH do rejeito, foi feita a leitura do pH da água destilada, que foi aferido para 7,0. Em um erlenmeyer de 250 mL, foi colocado 10,0 g do rejeito e adicionaram-se 25,0 mL de água destilada com pH aferido. O sistema foi agitado por 1 minuto e deixou-se em repouso por 60 minutos. Fez-se a leitura do pH.

Estrutura do corante amarelo remazol

(C₂₀H₂₂N₄O₁₁S₃.2 Na) –

4-[4,5dihidro-4-[[2-metoxi-5metil-4-[[2-(sulfooxi)etil]sulfonyl]fenil]azo-3-metil-5-oxo-1H-pirazol-1-il]benzenosulfonato de sódio

Teste para estabelecer o tempo de equilíbrio e a massa de adsorvente

Preparou-se uma solução aquosa de corante puro, na concentração 50,0 mg L⁻¹. Foram retiradas alíquotas de 50 mL e transferidas para uma série de erlenmeyers de 250 mL. Aos erlenmeyers foram acrescentados 0,25, 0,50 e 1,00 grama do adsorvente e foram agitados em diferentes tempos, variando de 0,5 a 6 horas de agitação, até que fosse estabelecido o tempo de equilíbrio do corante. Após a agitação, as soluções foram centrifugadas por 5 minutos a 6000 rpm. A seguir, uma alíquota foi retirada e efetuada a leitura de absorbância, em um espectrofotômetro FEMTO 700, no comprimento de onda de máxima absorção do corante (417 nm).

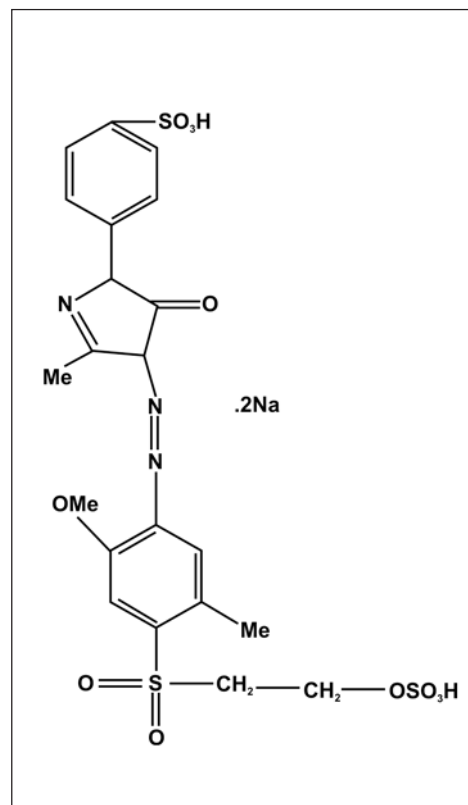


Figura 1 - Estrutura química do corante amarelo remazol (Macedo et alii, 2006).

Teste de adsorção com o corante puro

Foram preparadas soluções do corante em diversas concentrações a partir da diluição de uma solução-padrão mais concentrada. O pH das soluções foi ajustado para 4, 7 e 10 pela adição de HCl ou NaOH 0,1 mol L⁻¹. Prosseguiram-se os ensaios conforme descrito anteriormente, com a massa de adsorvente e o tempo de agitação estabelecidos.

Isotermas de Adsorção

Através das leituras de absorbâncias das soluções, obtidas no teste de adsorção com o corante puro, realizou-se o ajuste dos dados experimentais conforme o modelo de isoterma de Langmuir, aplicada à adsorção em superfícies completamente homogêneas. Os reagentes que estejam adsorvidos podem, ou não, competir entre si pelos sítios ativos do adsorvente. A isoterma de Langmuir pode ser descrita como a equação linear:

$$\frac{C_{eq}}{Q_e} = \frac{1}{Q_{ob}} + \frac{C_{eq}}{Q_o} \quad (1)$$

Onde:

C_{eq}: concentração do adsorvato no equilíbrio (mg L⁻¹).

Q_e: quantidade de material adsorvido por unidade de massa de adsorvente (mg g⁻¹)

Q_o: constante de Langmuir relativa à capacidade de adsorção (mg g⁻¹).

b: constante de Langmuir relativa à constante de equilíbrio ou energia de adsorção (L mg⁻¹).

3. Resultados e discussão

O pó retido no filtro eletrostático, na fabricação da alumina, tem, como principais constituintes da alumina, pequenas quantidades de carvão (3,18% em massa) e traços de óxido de ferro (0,039%) e de sílica (0,073%). A Tabela 1 mostra o resultado da análise granulométrica.

A análise granulométrica desse resíduo revela que este é um material muito fino, com a granulometria entre 0,044 e 0,0298 mm. A Tabela 2 mostra os resultados da análise BET do rejeito.

De acordo com a Tabela 2, observa-se um volume total de poros da mesma ordem de grandeza de um carvão ativado com granulometria entre 4,0 e 0,707 mm. Em testes preliminares de adsorção de corantes têxteis realizados com carvão ativado e com o rejeito, observa-se que o pó retido no filtro eletrostático é melhor adsorvente em comparação ao carvão ativado, quando se trata de testes com corantes puros.

A acidez e a basicidade da superfície bem como o pH do rejeito da fabricação da alumina foram determinados. Os resultados mostram uma basicidade e uma acidez, para a superfície, respectivamente iguais a 0,48 e 0,46 mmol, por grama de adsorvente, e um pH de 8,24. Assim, observa-se um maior número de sítios básicos, maior valor da basicidade da superfície e o pH maior do que 7,0.

De acordo com as Tabelas 3, 4 e 5, observa-se que o equilíbrio é atingido em 1 hora de agitação. Com os testes de adsorção realizados, tem-se como resultado uma porcentagem de remoção do corante em torno de 95%, quando é usada uma massa de 0,50 grama do rejeito da fabricação de alumina.

Tabela 1 - Análise granulométrica do rejeito da fabricação da alumina - pó retido no filtro eletrostático.

Granulometria (malha)	Granulometria (mm)	% em massa retida
60	0,250	0
100	0,149	0,228
200	0,074	2,780
250	0,063	2,001
325	0,044	64,893
400	0,037	17,137
500	0,029	11,825
Fundo	< 0,029	1,135

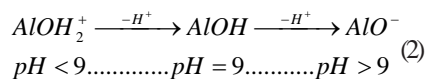
Tabela 2 - Resultados da Análise BET para o rejeito da fabricação da alumina – pó retido no filtro eletrostático.

Adsorção de Nitrogênio Líquido (Técnica BET)	
Massa específica(g/cm ³)	2,946
Superfície Específica(m ² /g)	23,46
Tamanho Médio dos Microporos (nm)	4,985
Volume Total dos Poros (cm ³ /g)	5,021 x 10 ⁻²
Tamanho Máximo dos Poros (Å)	1469,6
Diâmetro Médio(Å)	85,61
Volume dos Microporos (cm ³ /g)	9,817 x 10 ⁻³
Área dos Microporos (m ² /g)	27,79

A Figura 2 mostra as isotermas de Langmuir obtidas no processo de linearização do corante amarelo remazol em função do pH.

Observa-se, através da Figura 2, que o modelo de Langmuir se ajusta aos dados experimentais em diferentes valores de pH. Isso pode ser comprovado pelo coeficiente de correlação linear (R), superior a 0,99 nos três valores de pH estudados. A Tabela 6 resume os resultados obtidos a partir da linearização dos resultados experimentais segundo esse modelo.

Comparando os valores do parâmetro b obtidos para o corante amarelo remazol, observa-se uma maior intensidade de adsorção em pH=7. Segundo o trabalho de Ozacar e Sengil (2002), o pH do ponto de carga zero é registrado como 9,0 para a alumina. Assim tem-se:



Em pH=4 ocorrem interações eletrostáticas entre os grupos aniônicos do corante (SO_3^-) e os sítios adsorventes do rejeito da fabricação da alumina, carregados positivamente ($AlOH_2^+$). Entre pH=5 e pH=8, tem-se a interação $AlOH$ e o corante, através de ligação de hidrogênio. Acima de pH=8, haveria uma menor interação, em virtude da repulsão entre AlO^- e o ligante carregado negativamente. De acordo com Dincer, Gune e Karakaya (2007), a baixa adsorção pode ser justificada também por moléculas de corantes que se agregam, dificultando sua difusão para o interior do adsorvente. Em função desses fatores, como encontrado no estudo de adsorção de fluoreto por alumina, o máximo da adsorção ocorreu em pH próximo de 7,0 (Young & Chiou, 2002).

4. Conclusão

De acordo com os objetivos estabelecidos para esse trabalho, observa-se a aplicabilidade do rejeito da fabricação da alumina, pó retido no filtro eletrostático, na adsorção do corante amarelo remazol. Os resultados mostram,

Tabela 3 - Ensaio de adsorção usando 0,25g de rejeito em diferentes tempos de agitação.

Amostra	Tempo (h)	C (mg L ⁻¹)	% Remoção
Branco	***	50,83	***
1	½	5,85	88,53
2	½	6,20	87,80
3	½	5,85	88,49
1	1	5,06	90,05
2	1	4,26	91,62
3	1	4,62	90,91
1	2	4,53	91,09
2	2	4,79	90,58
3	2	4,26	91,62
1	3	3,47	93,17
2	3	3,21	93,68
3	3	3,03	94,04

Tabela 4 - Ensaio de adsorção usando 0,50g de rejeito em diferentes tempos de agitação.

Amostra	Tempo (h)	C (mg L ⁻¹)	% Remoção
Branco	***	50,83	***
1	½	4,09	91,95
2	½	4,18	91,78
3	½	4,44	91,27
1	1	2,41	95,26
2	1	2,41	95,26
3	1	2,68	94,73
1	2	2,33	95,42
2	2	2,68	94,73
3	2	2,59	94,9
1	3	2,59	94,9
2	3	2,15	95,77
3	3	2,68	94,73

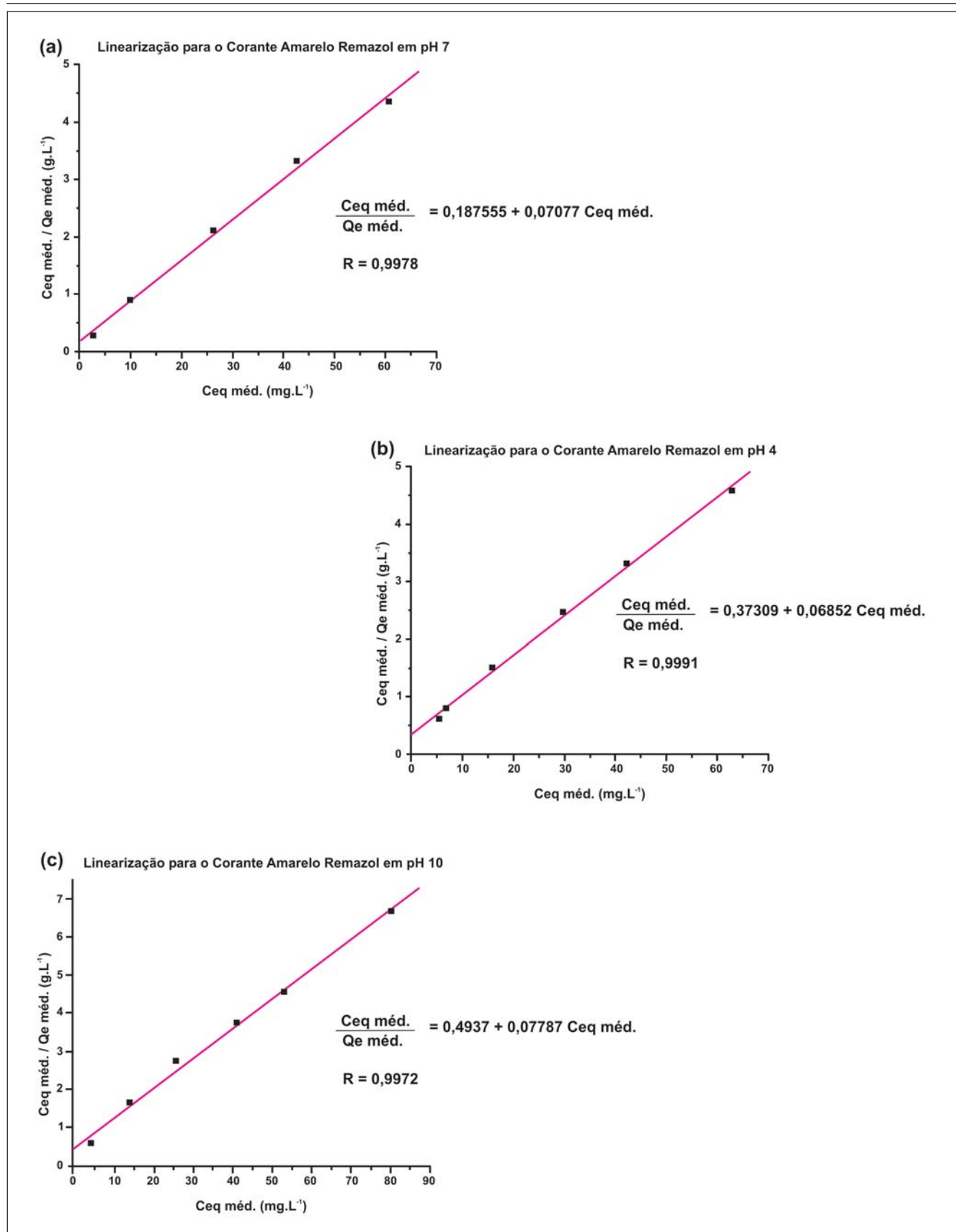


Figura 2 - Linearização do modelo de Langmuir obtido para o corante amarelo remazol em (a) pH=7, (b) pH=4 e (c) pH=10.

para uma solução aquosa 50 mg L⁻¹, cerca de 95% de remoção do corante em solução. O modelo de isoterma de Langmuir mostrou-se adequado para descrever o mecanismo de adsorção desse corante. A capacidade de adsorção do corante depende dos grupamentos químicos existentes na sua estrutura e das interações corante-adsorvente.

Estudos prosseguem no laboratório com outros corantes e também com testes de desorção. Os ensaios de desorção, com solventes orgânicos, visam a recuperar o adsorvente e os corantes (destilação do solvente).

5. Referências bibliográficas

AL-DEGS, Y., KHRAISHEH, M. A. M., ALLEN S. J., AHMAD M. N. Effect of carbon surface chemistry on the removal of reactive dyes from textile effluent. *Water Resource*, v.34, n.3, p.927- 935, 2000.

ALLEN, S. J., McKAY, G., PORTER, J. F. Adsorption isotherm models for basic dye adsorption by peat in single and binary component systems. *Journal of Colloid and Interface Science*, v.280 p.322-333, 2004.

ANDRADE, F. L. I. *Possibilidades de redução da carga poluidora para a indústria de acabamentos de malhas do Estado de Minas Gerais*. Belo Horizonte: Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente, Saneamento e Recursos Hídricos/UFMG, 1999. 85f. (Dissertação de Mestrado)

DINCER, A. R., GUNES, Y., KARAKAYA, N. Coal-based bottom ash (CBBA) waste material as adsorbent for removal of textile dyestuffs from aqueous solution. *Journal of Hazardous Materials*, v.141, p.529-535, 2007.

GONÇALVES, J. F. *Rejeito industrial da fabricação da alumina: estudos de adsorção e reciclagem*. Belo Horizonte: Programa de Pós-Graduação em Química/UFMG, 2003. 102f. (Dissertação de Mestrado).

JAIN, A. K. et alii. Utilization of industrial waste products as adsorbents for the removal of dyes. *Journal of Hazardous Materials B*, v.101, p.31-38, 2003.

KUNZ, A., MORAES, S., DURÁN, N. Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. *Química Nova*, v.25, n.1, p.78-820, 2002.

Tabela 5 - Ensaios de adsorção usando 1,00g de rejeito em diferentes tempos de agitação.

Amostra	Tempo (h)	C (mg L ⁻¹)	% Remoção
Branco	***	50,83	***
1	½	4,09	91,95
2	½	3,91	92,31
3	½	4,44	91,27
1	1	3,03	94,04
2	1	3,12	93,86
3	1	3,03	94,04
1	2	2,94	94,22
2	2	3,56	93,00
3	2	2,94	94,22
1	3	3,65	92,82
2	3	3,03	94,04
3	3	3,03	94,04

Tabela 6 - Constantes de Langmuir obtidas pelo processo de linearização do corante amarelo remazol em função do pH do meio.

pH	Constantes de Langmuir		
	Q _o (mg g ⁻¹)	b (L mg ⁻¹)	R
4	14,5943	0,1837	0,9991
7	14,1303	0,3773	0,9978
10	12,8419	0,1577	0,9972

LEÃO, M. M. D. et al. *Controle ambiental na indústria têxtil: acabamento de malhas*. Belo Horizonte: Projeto Minas Ambiente, 2002.

MACEDO, J. S. et alii. Kinetic and calorimetric study of the adsorption of dyes on mesoporous activated carbon prepared from coconut coir dust. *Journal of Colloid and Interface Science*, v.298, n.2, p.515-522, 2006.

MIRANDA, L. A. *Estudo e caracterização de xerogéis de sílica funcionalizados por processos físico-químicos*. Belo Horizonte: Programa de Pós-Graduação em Química/UFMG, 2005. 130p. (Tese de Doutorado).

OZACAR, M., SENGIL, I. A. Adsorption of acid dyes from aqueous solutions by calcined alunite and granular activated carbon. *Adsorption*, v.8, p. 301-308, 2002.

SANTOS, T. C. *Resíduos da fabricação da alumina: estudos geoquímicos e reciclagem*. Ouro Preto: Programa de Pós-Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais/UFOP, 1997. 120f. (Dissertação de Mestrado).

YOUNG, K., CHIOU, H. The adsorption of fluoride ion from aqueous solution by activated alumina. *Water, air, and soil pollution*, v.133, p.349-360, 2002.

Artigo recebido em 16/08/2007 e aprovado em 19/05/2008.