



XI SILUBESA

Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

28/03 a 02/04/2004 - Natal - Rio Grande do Norte - Brasil

II-064 - AVALIAÇÃO DOS PROCESSOS DE TRATAMENTO DO MESOCARPO DO COCO VERDE PARA REMOÇÃO DO CORANTE REMAZOL BLACK B POR ADSORÇÃO EM EFLUENTES LÍQUIDOS

M. Sc. Carla Cristiane Andrade Leal

Química Industrial pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) em 2003.

Andréa Pacheco Ferreira

Aluna de Iniciação Científica e Graduanda no curso de Engenharia Química da UFPE

Prof. Dr. Mohand Benachour

Engenheiro Químico pela École Polytechnique d'Alger (Argélia) em 1984. Mestre em Engenharia Química pela Université de Technologie de Compiègne (França) em 1985. Doutorado em 1990 e Pós-doutorado em 1991 pelo Institut National Polytechnique de Lorraine (França). Professor do DEQ/UFPE.

Prof. Dra. Valdinete Lins da Silva

Química pela Universidade Católica de Pernambuco em 1972. Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de Pernambuco em 1977. Doutora em Química pela UNICAMP em 1991. Coordenadora do Laboratório de Eng. Ambiental e da Qualidade do DEQ/UFPE. Pesquisadora 2B do CNPq.

Prof. Dr. Mauricio da Motta ⁽¹⁾

Engenheiro Químico pela Universidade Católica de Pernambuco em 1992. Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal da Paraíba no Campus II (atual UFCG) em 1995. Doutor em Engenharia de Processos pelo Institut National Polytechnique de Lorraine (França) em 2001. Professor do DEQ/UFPE.

Endereço⁽¹⁾: Laboratório de Engenharia Ambiental e da Qualidade (LEAQ) - Departamento de Engenharia Química - CTG - Universidade Federal de Pernambuco - Cidade Universitária - 50740-521 - Recife - Pernambuco - Brasil - Tel.: (++ 55 81) 3274-7268 - Fax: (++ 55 81) 3271-3992

 mottas@ufpe.br

RESUMO

Na indústria têxtil, os corantes são envolvidos no processo de tingimento e parte deles são eliminados na forma de efluentes, causando sérios danos a fauna e flora dos corpos hídricos receptores. Diante desta realidade, é necessário o desenvolvimento de tecnologias que removam os corantes dos efluentes têxteis promovendo uma melhor proteção ao meio ambiente e controle da poluição. Várias técnicas são estudadas para a remoção desses corantes, sendo a adsorção a mais utilizada por apresentar-se como um método de custo relativamente moderado comparado com outras técnicas pesquisadas, considerando como vantagens um menor investimento e menor tempo de processamento. Neste trabalho, foi usado como adsorvente o pó do mesocarpo do coco verde, por ser um produto de baixo custo e existir em abundância na região Nordeste do Brasil. O coco foi seco a 60°C e triturado em moinho de faca. Para eliminação do tanino existente, realizou-se dois tipos de tratamentos, com albumina (40 g/L de água) e com acetona (solução a 70%). A avaliação do tratamento foi feita utilizando-se um sistema de banho finito contendo uma solução sintética do corante Remazol Black B simulando um efluente típico de indústria têxtil. Experimentos de cinética de adsorção foram conduzidos em béqueres de 50 mL onde foram colocados o adsorvente e a solução do corante na concentração de 10 mg/L em tampão fosfato de potássio monobásico - fosfato de sódio dibásico, 0,5M, pH 4,0. Experimentos de equilíbrio foram realizados em erlenmeyer utilizando 0,5 g do adsorvente na granulometria de >0,149 mm em 25 mL da solução do corante. Os resultados indicaram que mais de 90% do total do corante foi removido a partir de uma

concentração inicial de 70,0 mg/L, obtendo-se uma capacidade máxima de adsorção de 2,93 mg/g e a constante de equilíbrio de adsorção K_{eq} de 0,26 L/mg para o mesocarpo tratado com albumina. Para o mesocarpo tratado com acetona obteve-se uma capacidade máxima de 2,37 mg/g, sendo assim indicado o tratamento com albumina. Os resultados experimentais foram ajustados com o modelo de Langmuir de 2ª ordem, obtendo uma constante cinética de adsorção de 3,31 L/g.h.

PALAVRAS-CHAVE: indústria têxtil, corantes, adsorção, Remazol Black B, mesocarpo do coco.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento industrial trouxe consigo significativos avanços na melhoria da qualidade de vida da população, sobretudo em relação ao conforto, comunicação e mobilidade. Porém, esse mesmo desenvolvimento acarretou em uma deterioração do meio ambiente. Nas três últimas décadas vem se acentuando a preocupação com a preservação do meio ambiente e suas consequências no bem estar da população. Dentro deste contexto insere-se a indústria têxtil. Com o desenvolvimento desta indústria e as novas necessidades e exigências do mercado, novos corantes foram desenvolvidos e a produção e utilização dos mesmos aumentou. Estes novos corantes sintetizados e continuamente introduzidos em grandes quantidades no meio ambiente, afetam o equilíbrio natural e acarretando a uma ameaça aos ecossistemas (KOLPIN et al., 2002)

Segundo levantamento realizado em 2002 pela Federação das Indústrias do Estado de Pernambuco, encontram-se instaladas no território pernambucano 83 indústrias têxteis, cujo perfil segue o cenário nacional, ou seja, cerca de 90% são micro, pequeno e médias empresas. Dessas empresas, segundo levantamento realizado pela Companhia Pernambucana do Meio Ambiente (PROJETO CPRH/GTZ, 2001), apenas 37 estão cadastradas no órgão ambiental, demonstrando que boa parte encontra-se irregular perante a legislação ambiental.

Estas indústrias vêm descartando durante décadas, através de seus efluentes, milhares de toneladas de corantes orgânicos sintéticos, alta quantidade de surfactantes, sólidos dissolvidos, possivelmente metais pesados como Cr, Ni e Cu, em vertentes, rios, barragens etc. Estes despejos vêm provocando o aumento na demanda química e bioquímica de oxigênio, elevação da temperatura, acidez ou basicidade, causando prejuízos e problemas ambientais nos corpos receptores (GRAU, 1991; JUANG et al., 1996).

Ao final da década de 90, o consumo total de corantes apenas por estas indústrias, excedeu a marca dos 10^7 kg/ano e estima-se que 90% desse total são usados em tecidos. Conseqüentemente aproximadamente 10^6 kg/ano de corantes são descartados em fluxos de água por indústrias têxteis, devido a perdas ocorridas durante o processo de fixação da tintura às fibras (CHOY et al., 1999).

No interior do Estado de Pernambuco (principalmente nas cidades de Toritama e Santa Cruz do Capibaribe) surgiu um polo têxtil composto de pequenas indústrias familiares. Estas indústrias (chamadas "de fundo de quintal") vem assegurando uma renda para a população, que vinha sofrendo com o problema da estiagem. Contudo, devido ao caráter familiar, estas pequenas indústrias, geralmente, não possuem sistemas de tratamento de efluentes, despejando o efluente diretamente no rio Capibaribe. Vale ressaltar que esta região sofre com a escassez de água e visto que as indústrias têxteis pertencem a uma das tipologias industriais que mais consomem água em seu processo produtivo, este problema fica ainda mais grave. Para produzir 0,45 kg de tecido de algodão necessita-se de 75 a 380 litros de água que em sua maioria são descartados com efluente (McKAY, 1980 e 1981, ADAMS et al., 1995; LIN & PENG, 1996).

Dentro deste contexto, busca-se soluções de baixo custo e de facilidade operacional para a implementação de sistemas de tratamento no polo têxtil da região de Toritama. Como primeira abordagem, buscou-se trabalhar com soluções sintéticas de efluentes e testando-se a remoção de corantes isoladamente, para em uma segunda etapa trabalhar-se com mistura e por fim, na terceira etapa utilizar efluente real das tinturarias. O presente trabalho tem como objetivo avaliar o processo de tratamento do mesocarpo do coco verde, para sua posterior utilização como adsorvente do corante Remazol Black B contido em soluções líquidas preparadas em laboratório, através das constantes cinéticas e de equilíbrio de adsorção.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização do estudo foram preparadas soluções tampão com o corante Remazol Black B em pH de 4,0. Este valor foi escolhido a partir de um planejamento experimental realizado anteriormente.

Para o estudo cinético e de equilíbrio foi utilizada uma mesa agitadora IKA KS 130 basic e um medidor de pH, RADELKIS, modelo OP-265. A concentração do corante foi determinada utilizando-se um espectrofotômetro FEMTO

– 435 no comprimento de onda 597 nm (adsorção máxima do corante), que fora previamente calibrado.

Preparação do Adsorvente

O coco foi coletado em um sítio localizado no município de Olinda - PE. Inicialmente, foi cortado em pedaços, separando o mesocarpo do endocarpo (Figura 1) e posto para secar a 60°C. Em seguida, foi triturado em moinho de faca FRITSCH – pulverisette 14, classificado numa série de peneiras de Tyler (<0,149 a 0,42 mm), lavado exaustivamente em água destilada, e seco novamente a 60°C.

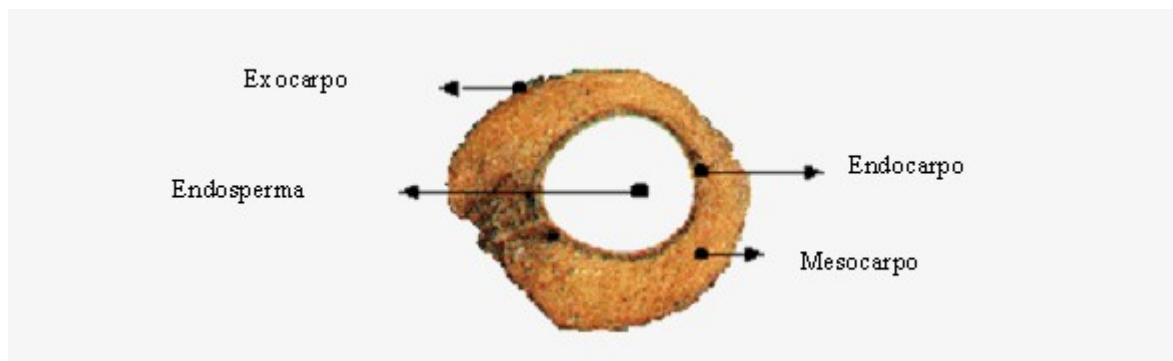


Figura 1 : Morfologia do coco

Leal et al. (2003) verificaram que o tanino presente no mesocarpo do coco verde prejudicava a adsorção e produzia uma cor marrom no efluente tratado. Foi então desenvolvida uma metodologia de baixo custo para remover o tanino, utilizando albumina comercial e uma outra utilizando Acetona.

Tratamento com Albumina

Foram pesados 40g do mesocarpo do coco verde e colocados numa solução de albumina (clara de ovo pasteurizada desidratada) NEO-NUTRI, durante 24 horas para retirada do tanino, substância que interfere na adsorção. Depois o mesocarpo foi lavado exaustivamente com água destilada e seco a 60°C

Tratamento com Acetona

O coco foi lavado com uma solução de acetona 70% e deixado agitando durante 1hora, depois deixado em repouso por 24h, sendo em seguida lavado exaustivamente com água destilada e seco à 60°C..

Avaliação da umidade e teor de cinzas

A avaliação da umidade do mesocarpo do coco verde foi realizada em estufa (FANEM) a 105°C até peso constante e o teor de cinzas em mufla a 550°C utilizando uma mufla (ALTRONIC).

Experimentos de Cinética

Em cada experimento foi colocado exatamente 0,5 g do mesocarpo do coco verde em 25 mL de uma solução de 10 mg/L do corante Remazol Black B, em erlenmeyer, mantendo-se o pH em 4,0, com a solução tampão fosfato 0,5 M. As amostras contendo o adsorvente e adsorbato foram colocadas em uma mesa agitadora a temperatura ambiente (30°C) até os tempos de 1, 5, 10, 20, 30, 60, 90 e 120 minutos (Figura 2). As mesmas foram então filtradas em papel de filtro qualitativo e as concentrações residuais do corante foram realizadas em um espectrofotômetro FEMTO-435 no comprimento de onda de 597 nm. Os ensaios foram realizados em duplicata, utilizando-se a média das medidas.



Figura 2 : Experimento de cinética de adsorção

Experimentos de Equilíbrio

Os experimentos de equilíbrio foram realizados em erlenmeyers de 25 mL, aos quais foram adicionados 0,5 g do mesocarpo do coco verde e soluções do corante Remazol Black B em concentrações que variaram de 10,0 a 70,0 mg/L. O sistema foi deixado em agitação até o tempo necessário para atingir o equilíbrio que foi determinado precedentemente nos experimentos cinéticos. Em seguida, as amostras foram filtradas e as concentrações residuais do adsorbato foram determinadas por espectrofotometria no comprimento de onda de 597 nm. Os ensaios foram realizados em duplicata, e os resultados ajustados ao modelo de Langmuir, conforme as equações 01 e 02.

$$\frac{q}{q_m} = \frac{kC_e}{1 + kC_e} \quad \text{equação (1)}$$

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_m \cdot k} + \frac{C_e}{q_m} \quad \text{equação (2)}$$

RESULTADOS

Inicialmente será mostrada a avaliação de umidade e cinzas e em seguida apresentados os experimentos cinéticos e de equilíbrio.

Avaliação da umidade e teor de cinzas

Os resultados obtidos estão expostos na Tabela 1. Pode-se observar um teor de cinzas elevado, que indica uma forte predominância de matéria inorgânica. A baixa umidade favorece a adsorção, pois libera os sítios ativos.

Tabela 1: Avaliação da umidade e cinzas do mesocarpo do coco verde.

ANÁLISES	RESULTADOS
Teor de Cinzas	91,8%
Umidade	6,65%
Sólidos Voláteis	1,55%

Comportamento dos experimentos de cinética

A evolução cinética do processo de remoção do corante *Remazol Black B* por contato com o mesocarpo do coco verde foi avaliada experimentalmente em ensaios descontínuos até 120 min (Figura 3). O tempo de equilíbrio para adsorção do corante se dá a partir de 60 min, estabilizando-se a partir de 90 min. Foi escolhido um tempo de 120 min para os experimentos de equilíbrio a fim de garantir que o mesmo seja atingido.

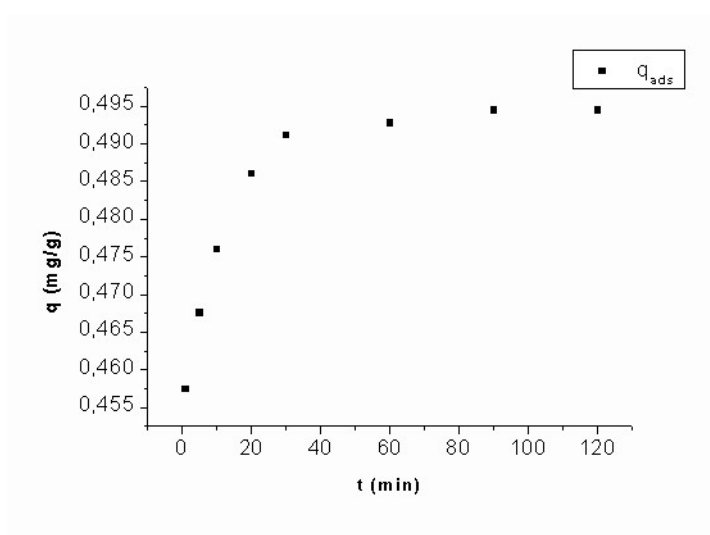


Figura 3 : Comportamento cinético da adsorção do corante *Remazol Black B*, com mesocarpo tratado com albumina (a) $T = 30^{\circ}\text{C}$, $\text{pH} = 4,0$, velocidade de agitação = 700 rpm, granulometria = $<0,149\text{ mm}$, $m = 0,5\text{ g}$, concentração inicial = 10 mg/L .

Experimentos de equilíbrio

A isoterma de adsorção do corante *Remazol Black B* está apresentada na Figura 4. O modelo utilizado para representar o comportamento de adsorção deste corante na superfície do mesocarpo do coco verde foi o de Langmuir. Linearizando a equação do modelo (Figura 5), pôde-se estimar a capacidade máxima de adsorção q_m , como sendo igual a $2,93\text{ mg/g}$ e a constante de equilíbrio de Langmuir igual a $0,26\text{ L/mg}$. Na linearização obteve-se um R^2 de 0,99.

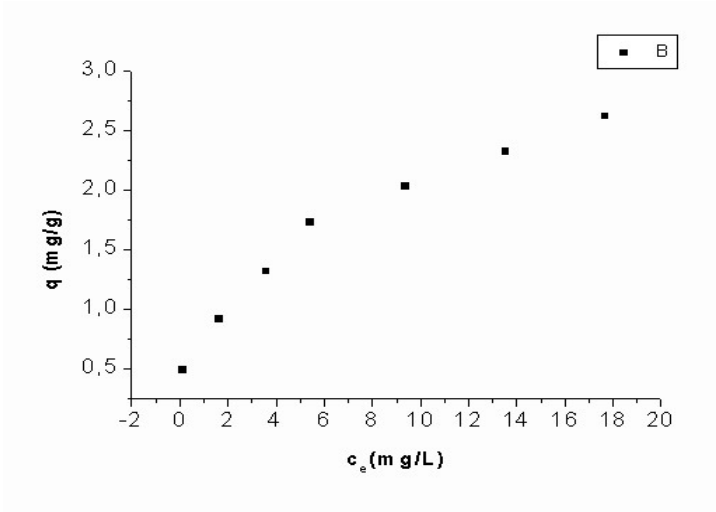


Figura 4 – Isoterma de adsorção do corante *Remazol Black B* sobre o mesocarpo do coco verde tratado com albumina (a)

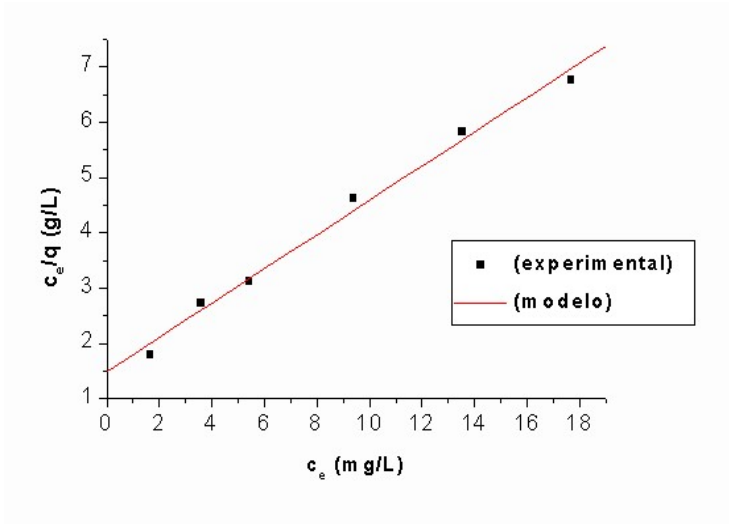


Figura 5 :Linearização do modelo de adsorção Langmuir T = 30°C, pH = 4,0, V = 700 rpm, G = <0,149 mm,m = 0,5 g (modelo — , experimental ■).

Quando comparamos o adsorvente utilizado nesse trabalho com algumas biomassas (Tabela 2), tais como a serragem e *Salvinia* sp, observamos uma maior capacidade de adsorção da *Salvinia* sp., seguida do Mesocarpo de coco verde. No entanto apesar de oferecer um baixo custo de aplicação a *Salvinia* necessita de uma área grande, uma vez que é uma macrófita que tem raiz grande tomando um espaço considerável.

Quanto ao tempo de residência para atingir a saturação, pode ser observado que o mesocarpo de coco verde apresenta um tempo de residência de 120 minutos para atingir o equilíbrio enquanto que para a *Salvinia* sp. e casca de eucalipto o tempo necessário para atingir o equilíbrio é de 360 minutos.

Tabela 2 : Resultados encontrados na literatura de parâmetros de adsorção de corantes em produtos in natura e carvões ativados (LEAL, 2003).

Adsorvente	q mg/g	Tempo (minutos)	Corante	Referência
Carvão comercial	434	–	<i>Remazol Black B</i>	AL-DEGS et al., 2000
Carvão comercial	400	–	<i>Remazol red</i>	AL-DEGS et al., 2000
Casca de eucalipto	90	360	<i>Remazol Black B</i>	MORAIS L.C. et al., 1999
Carvão de casca de coco	11,04	<400	<i>Remazol vermelho RG</i>	BONAN L.C. et al., 2000
Serragem	2,19	400	<i>Remazol vermelho RG</i>	BONAN L.C. et al., 2000
Microesfera de Quitosana	30,4 (pH 2,0) 5,69 (pH 9,5)	480	<i>Reativo Laranja 16</i>	FURLAN, L. et al., 1998
Carvão	0,68	-	<i>Monoclorotriazina</i> <i>Amarelo</i>	ZANOTTA, P. A., 2000
Carvão	0,38	-	<i>Monoclorotriazina</i> <i>Vermelho</i>	ZANOTTA, P. A., 2000
Alumina	20,48	-	<i>Monoclorotriazina</i> <i>amarelo</i>	ZANOTTA, P. A., 2000
Salvínia sp	133	360	<i>Rodamina B</i>	FINCATO et al., 2000
Mesocarpo do coco verde	2,93	120	<i>Remazol Black B</i>	LEAL, 2003.

Em relação ao tratamento com a acetona (Figuras 6 e 7), foi obtido um q de 2,37 mg/g e uma constante para o modelo de Langmuir de 3,12 mg/L com um coeficiente de correlação de 0,99. Pode-se assim comprovar que o tratamento com a albumina resulta em resultados mais satisfatórios.

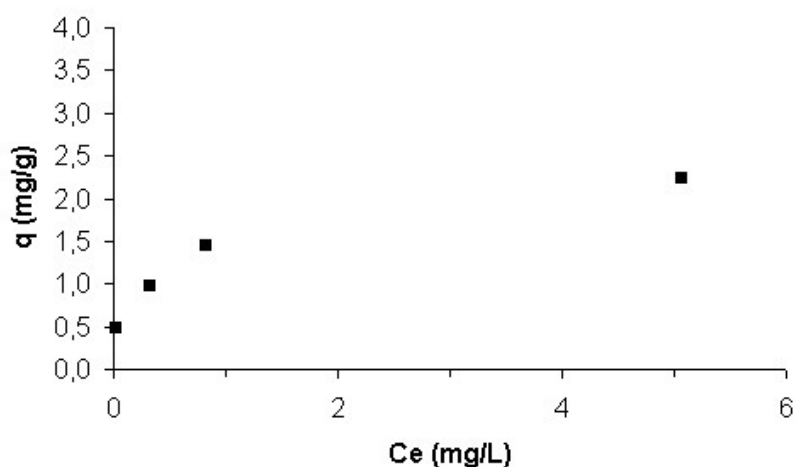


Figura 6 : Isoterma de adsorção do corante *Remazol Black B* sobre o mesocarpo do coco verde tratado com acetona.

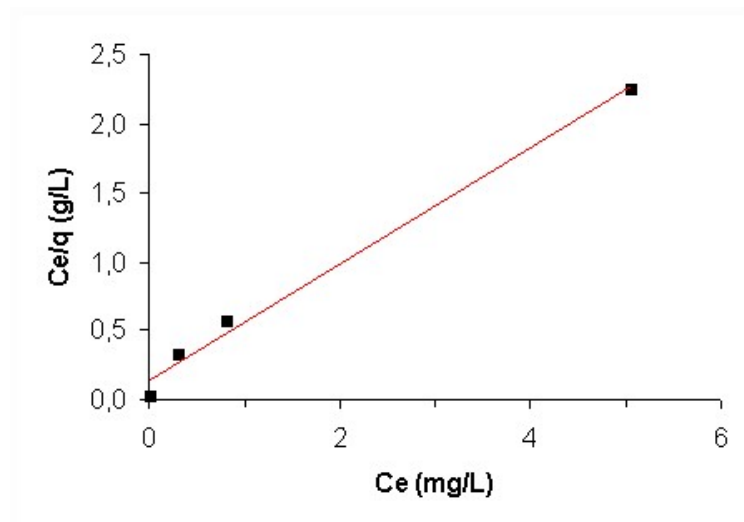


Figura 7 : Linearização do modelo de adsorção Langmuir $T = 30^{\circ}\text{C}$, $\text{pH} = 4,0$, $V = 700 \text{ rpm}$, $G = <0,149 \text{ mm}$, $m = 0,5 \text{ g}$ (modelo — , experimental ■).

O mesocarpo de coco verde, não apresentou uma capacidade de adsorção máxima alta quando comparado com os outros adsorventes, principalmente os comerciais, mas conseguiu remover em torno de 88% de corante numa concentração de 70 mg/L, em 120 minutos e com um custo muito baixo, uma vez que é um resíduo abundante no litoral nordestino do Brasil.

O resíduo, mesocarpo com corante, pode então ser utilizado no fabrico do tijolo ou na construção civil. De uma só vez tenta-se resolver o problema de remoção da cor do efluente e o reaproveitamento do resíduo, podendo sempre que possível e de forma adequada, usar o mesocarpo como combustível para gerar energia dentro do próprio processo.

CONCLUSÕES

Apesar da baixa capacidade de adsorção, quando comparado a adsorventes comerciais, o mesocarpo do coco verde apresenta-se como uma opção economicamente viável, por seu baixo custo. Os resultados do tratamento com albumina indicaram em torno de 90% do total do corante foi removido, a partir de uma concentração inicial de 70,0 mg/L de mesocarpo de coco, obtendo-se uma capacidade máxima de adsorção de 2,93 mg/g e a constante de equilíbrio de adsorção K_{eq} de 0,26 L/mg. Para o tratamento com acetona obteve-se uma capacidade máxima de 2,37 mg/g, sendo assim indicado o tratamento com albumina. Os resultados experimentais foram ajustados com o modelo de Langmuir de segunda ordem, obtendo uma constante cinética de adsorção de 3,31 L/g.h. Esta solução regional deverá ser testada em pequenas indústrias da região de Santa Cruz do Capibaribe e de Toritama (PE).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio recebido pelo convênio SENAI/FACEPE através da bolsa de mestrado da aluna Carla Leal, a UFPE pela bolsa da aluna de graduação Andréa Pacheco e ao Laboratório de Tecnologia Mineral da UFPE pela utilização de suas instalações para o processamento do coco e ao CNPq pelo financiamento da pesquisa..

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ADAMS S. D.; FUSCO, W. e KANZELMEYER, T. Ozone, hydrogen peroxide/ozone and UV/ozone treatment of chromium- and copper-complex dyes: decolorization and meta release. *Ozone Sci. Engng*, v. 17, p. 149-162,

- 1995.
2. 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, *Wat. Res.*, v 34, n.3, p. 927-935, 2000.
 3. BONAN, L. C.; KOROISHI, E.T.; SILVA, C. F. Remoção de corantes de efluentes de indústrias têxteis utilizando diferentes adsorventes. *Anais do III Encontro Brasileiro sobre Adsorção*, p. 217, 2000.
 4. CHOY, K. K.; McKAY, G.; PORTER, J. F. Sorption of acid dyes from effluents using activated carbon. *Resources. Conservation and Recycling*, v. 27, p. 57-71, 1999.
 5. 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, 1998.
 6. FURLAN, L.; FÁVERE, V. T.; LARANJEIRA, M. C. M. e DURAN, N. Adsorção do corante C. I. Amarelo Reativo 135 sobre o biopolímero Quitosana. *Anais do. II Encontro Brasileiro de adsorção*, p. 439-447, Florianópolis, SC, 1998.
 7. GRAU, P. Textile industry wastewater treatment. *Water Science Technology*, v. 24, p. 97, 1991.
 8. JUANG, R. S.; TSENG, R. L.; WU, F. C. Use of chitin and chitosan in lobster shell wastes for colour removal from aqueous solutions. *Journal of environmental Science and Health A.*, vol. 31, no. 2, p. 325-338, 1996.
 9. KOLPIN, D. W., FURLONG, E. T., MEYER, M. T., THURMAN, E. M., ZAUGG, S. D., BARBER, L. B., BUXTON, H. T. Pharmaceuticals, hormones, and other organic wastewater contaminants in U.S. Streams, 1999-2000: a national reconnaissance. *Environmental Science Technology* v. 36, no 6, p. 1202-1211, 2002.
 10. PROJETO CPRH/GTZ. Roteiro complementar de fiscalização e licenciamento da tipologia têxtil. Recife, p. 110, 2001.
 11. ROSA, M. F.; SANTOS, F. J. S.; MONTENEGRO, A. A. T.; ABREU, F. A. .P.; CORREIA, D.; ARAÚJO, F. B. S.; V. NORÕES, E. R. – Caracterização do pó da casca do coco verde usado como substrato agrícola. *Comunicado Técnico Embrapa Agroindústria Tropical*, no 54, p. 1-6, maio/2001.
 12. ZANOTTA, P. A.; PERUCH, M. G. B.; MOREIRA, R. F. P. M. e PORTO, L. M. Remoção de corantes de efluentes têxteis por adsorção. *Anais do II Encontro Brasileiro sobre Adsorção*, Florianópolis, SC, p. 475-484, 1998.