

REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

ADSORÇÃO DO CORANTE INDOSOL AZUL TURQUESA EM CONCHAS DE MARISCOS *Brachidontes solisianus* CALCINADAS

Maria Thalita Siqueira de Medeiros¹
Romero Barbosa de Assis Filho¹
*Maurício Alves da Motta Sobrinho¹

ADSORPTION OF BLUE TURQUOISE INDOSOL DYE IN
CALCINED *Brachidontes solisianus* SHELLS

Recibido el 18 de febrero de 2014; Aceptado el 2 de julio de 2014

Abstract

Synthetic dyes are among the most harmful chemicals found in various industrial activities. The textile sector has a special feature for generating large volumes of wastewater containing in its composition this class of substances, which, when not properly treated, can cause serious contamination of water bodies. Due to such environmental implications, new technologies have been pursued to catch these compounds. Among these processes, adsorption finds great industrial application because it is associated with low costs and high removal efficiency. The material was characterized by XRD and BET. A 2³ factorial design where the best conditions were evaluated within the studied variables was performed: mass (g), particle size (mesh) and agitation (rpm). The kinetic study was done using the best conditions presented in the experimental design 0.1 g of the adsorbent with a particle size of 60 mesh at a constant agitation of 300 rpm. The efficiency of this process was above 99 % which shows that seafood is a good adsorbent

Key Words: adsorption, textil dye, shell.

¹Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

**Autor correspondente:* Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal de Pernambuco, Rua Prof. Arthur de Sá, s/n – Cidade Universitária - CEP: 50.740-521- Recife - PE – Brasil. Email: mottas@ufpe.br

Resumo

Corantes sintéticos estão entre os produtos químicos mais nocivos encontrados nas diversas atividades industriais. O setor têxtil apresenta um especial destaque por gerar grandes volumes de efluentes contendo em sua composição essa classe de substâncias, no qual, quando não corretamente tratados, podem causar sérios problemas de contaminação dos corpos hídricos. Devido a tais implicações ambientais, novas tecnologias têm sido buscadas para a captura destes compostos. Entre tais processos, a adsorção encontra grande aplicação industrial, pois está associada a baixos custos e elevada eficiência de remoção. O material, conchas de marisco, foi caracterizado por DRX e BET. Foi realizado um planejamento fatorial 2^3 onde foram avaliadas as melhores condições dentro das variáveis estudadas: massa (g), granulometria (mesh) e agitação (rpm). O estudo cinético foi feito utilizando as melhores condições apresentadas no planejamento experimental: 0.1 g do adsorvente com granulometria de 60 mesh a uma agitação constante de 300 rpm. A eficiência desse processo foi acima de 99% o que comprova que o marisco é um ótimo adsorvente.

Palabras clave: adsorção, corantes têxteis, conchas.

Introdução

A indústria têxtil desempenha um papel importante na economia de muitos países. Segundo a informação da Associação Brasileira de indústria têxtil e confecções, no final da primeira década dos anos 2000, a indústria brasileira ocupava a sexta posição do ranking mundial de produtores têxteis e confeccionados, com investimentos em torno de US\$ 1 bilhão/ano, em máquinas, equipamentos, tecnologia e pesquisa. Em 2011, o Brasil passou a ocupar a quarta posição na produção mundial (ABIT, 2012).

O setor fabril têxtil utiliza elevada demanda de água em seus processos, gerando grandes volumes de águas residuais. Este efluente varia amplamente em termos de composição devido às impurezas das fibras, aos subprodutos formados nas diversas etapas de produção e principalmente pelas macromoléculas complexas dos corantes utilizados que não se fixaram à fibra e foram esgotados (Araujo *et al.*, 2009; Sahora, 2013).

A estabilidade da molécula do corante está diretamente associada à força de ligação química dos átomos componentes dos grupos cromóforos e auxocromos. Um dos aspectos mais importantes dos corantes é a sua durabilidade ou capacidade de permanência sem alteração da cor, a chamada resistência ou solidez à luz. São compostos químicos orgânicos que possuem a propriedade de absorver luz visível seletivamente devido à presença de grupos cromóforos, tais como nitro, nitroso, azo e carbonila. A cor desses compostos é intensificada e/ou modificada por grupos auxocromos, tais como etila, nitro, amino, sulfônico, hidroxila, metóxi, etóxi, cloro e bromo (Geadá, 2006).

Assim, a molécula de corante é constituída por duas partes principais: o grupo cromóforo, que dá a cor ao composto, e grupos auxiliares (auxocromos), que facilitam a sua afinidade para o substrato e que são responsáveis pela fixação do corante à fibra, tecido, couro, cabelo, papel, entre outros, conferindo uma coloração resistente à luz e à lavagem (Gupta e Suhas, 2009).

Os processos de separação por adsorção são largamente utilizados na indústria. O conhecimento dos princípios físicos e químicos nos quais os processos adsorptivos estão inseridos é fundamental para a interpretação dos fenômenos de adsorção. Os aspectos cinéticos e de equilíbrio de adsorção constituem a base teórica para o entendimento entre os princípios fundamentais e as práticas industriais (Costa, 2010).

O estudo de um processo de adsorção requer conhecer os dados de equilíbrio e a velocidade com que esta se alcança. Os dados de equilíbrio são obtidos das isotermas de adsorção, as quais são utilizadas, para avaliar a capacidade de diferentes adsorventes para adsorver uma determinada molécula. As isotermas são sem dúvida, a maneira mais conveniente para se especificar o equilíbrio de adsorção e o seu tratamento teórico. Portanto, as isotermas constituem a primeira informação experimental, que se utiliza para escolher entre diferentes adsorventes, o mais apropriado para uma aplicação específica. A forma das isotermas também é a primeira ferramenta experimental para conhecer o tipo de interação entre o adsorbato e o adsorvente (Fernandes, 2005).

As atividades associadas à aquicultura marinha são conhecidas como maricultura. Entre os setores que constituem a maricultura, encontra-se a malacocultura que se refere à criação de moluscos em geral, como o mexilhão, ostra, vieira e vôngole (berbigão) (MERINO, 2010). As atividades da malacocultura são reconhecidas mundialmente como um importante recurso de alimentação e, segundo informações da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO) (2009) e do Ministério do Trabalho e Emprego – MTE (2009) o Brasil é um país com grande potencial de crescimento nesta área de cultivo, visto que no período de 2002 a 2006 o setor apresentou um aumento em todo o mundo, aproximadamente 29%, (Stefani *et al.*, 2011).

No litoral norte do estado de Pernambuco, o marisco é abundantemente encontrado, a atividade pesqueira local é tradicional e sempre foi realizada de forma artesanal (Lavander *et al.*, 2011). Segundo o estudo divulgado em 2008 pelo Centro de Pesquisa e Gestão de Recursos Pesqueiros do Litoral Nordeste (CEPENE), a coleta de marisco no litoral pernambucano foi responsável por 17,7% da produção pesqueira no estado, cerca de 2475 toneladas, sendo a *Anomalocardia brasiliiana* a mais importante em termos de produção, com destaque para os municípios de Goiana, Itapissuma e Igarassu (CEPENE, 2008).

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) do Brasil, através das resoluções nº 357/2005 e 430/2011, elucidam sobre a classificação dos corpos de água e as direções ambientais para o seu enquadramento, assim como define os padrões de lançamento de efluentes. No entanto, uma de suas deficiências é não definir um padrão de lançamento para os corantes da indústria têxtil e deixa lacunas de subjetividade quando afirma que os corantes provenientes de fontes antrópicas devem ser virtualmente ausentes (CONAMA, 2011). Dessa forma, a coloração natural de corpos de água classe 1 e 2 não podem sofrer qualquer variação.

O presente trabalho visou o estudo da viabilidade técnica da remoção do corante direto Indosol Azul Turquesa utilizando como biosorvente as conchas de *Brachidontes solisianus*, um tipo de marisco encontrado no litoral norte de Pernambuco.

Materiais e Métodos

Foram preparadas soluções do corante direto Indosol Azul Turquesa gentilmente cedido pela Clariante. O comprimento de onda do corante no qual há uma absorbância máxima ($\lambda_{\text{máx}}$) foi determinado através de um espectrofotômetro UV-Visível Thermo modelo Genesys 10, bem como a curva de calibração de absorbância versus concentração e a determinação das concentrações de corantes durante a pesquisa.

As conchas dos mariscos foram lavadas para a retirada de resíduos e secadas na estufa a 50° por 3 horas. O adsorvente foi triturado no moinho de rolos e posteriormente no moinho de facas. Em seguida o mesmo foi calcinado na mufla a 1000°C por 3 horas para ser classificado em peneiras da série de Tyler de 60, 100 e 140 mesh, como mostra a Figura 1, (Paiva, 2011).



Figura 1. Fotos do marisco *Brachidontes solisianus* (a) inteiro, (b) classificado a 60 mesh, (c) a 100 mesh e (d) a 140 mesh

Caracterização do Adsorvente

A caracterização do adsorvente antes e após o processo de ativação térmica, assim como da adsorção foi realizada por Difração de Raios-X e BET (medidas do tamanho e volume dos poros). A análise mineralógica qualitativa por difração de raios-x procurou determinar os compostos minerais presentes no adsorbente nas diferentes etapas do proceso. A análise de área superficial específica permitiu avaliar a variação da área específica ativa, pela ação do tratamento térmico. A determinação da área superficial e do volume poroso permitiu assim avaliar a superfície de troca disponível para a adsorção do corante.

Para a Difração de Raios X foi utilizado um difratômetro Rigaku, o qual trabalhou sob tensão de 40 kV e corrente de 20 mA, utilizando a radiação k-alfa do cobre. A difração de raios-x foi realizada percorrendo a região entre $2\theta = 2^\circ$ e 75° .

As superfícies específicas dos resíduos foram avaliadas através do método BET (Brunauer-Emmett-Teller) o qual mede a adsorção isotérmica do N_2 baseada na equação BET. O equipamento utilizado foi o Quantachrome Nova 100e.

Estudo Preliminar

Em processos adsortivos é comum realizar a filtração da amostra após a adsorção para posteriormente realizar a leitura da mesma. Todavia, ressalta-se que os filtros podem adsorver o adsorvato e indicar falsos resultados.

Nesse caso, foram realizados testes em duplicata, para obter uma correlação (fator) entre a concentração inicial e a concentração final após processo de agitação e filtração e, conseqüentemente, corrigir os resultados. Foram preparadas soluções de corante em concentrações que variaram de 5 a 100 mg.L^{-1} que foram deixadas a uma agitação de 300 rpm por 30 minutos. Após esse procedimento, as amostras foram filtradas em papel de filtro faixa azul (filtração lenta de 125 mm – retenção 0.5 micra) e faixa branca (filtração média de 125 mm – retenção nominal 5 micra), e em seguida foram analisadas no espectrofotômetro UV-visível no comprimento de onda de 635 nm.

Foi realizada uma regressão linear dos pontos obtidos no gráfico da concentração inicial pela concentração final após adsorção com filtração para o papel de filtro faixa azul e outra regressão para o papel de filtro faixa branca, e em seguida foi traçada uma reta que se ajustasse a esses pontos. O resultado obtido por esse ajuste com tendência a origem do gráfico, indicou o resultado de $y=1.086x$ com um R^2 de 0.9335, obtendo-se o fator de 1.086 para o papel de filtro faixa branca e $y=1.0244x$ com um R^2 de 0.9228, obtendo-se o fator de 1.0244 para o papel de filtro faixa azul.

Os valores utilizados para o estudo preliminar foram baseados nos trabalhos de Carvalho (2010) e de Paiva (2011).

Planejamento Experimental

Visando-se ter uma ideia preliminar dos possíveis efeitos de fatores experimentais facilmente controláveis no procedimento, tais como a massa dos adsorventes, a granulometria e a agitação sobre a quantidade adsorvida (qt) e a eficiência de remoção (%), foi realizado um planejamento fatorial 2^3 acrescido de três pontos centrais. Os níveis selecionados estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Níveis dos fatores estabelecidos para o planejamento experimental 2^3

Variáveis	Níveis		
	-1	0	1
Massa (g)	0.2	0.6	1.0
Granulometria (mesh)	60	100	140
Agitação (rpm)	100	200	300

No planejamento fatorial da adsorção do corante pelo marisco foi realizado o seguinte procedimento: foram colocados em cada frasco de Erlenmeyer a massa do adsorvente que variava de acordo com o planejamento fatorial, de 0.2 a 1.0 g, 50 mL da solução do corante Indosol com concentração de 10 mg.L^{-1} durante 30 minutos na mesa agitadora com agitação variando de 100 a 300 rpm. Esta concentração inicial foi escolhida em função da concentração média dos corantes no efluente final das indústrias estudadas. Após a adsorção, a solução foi colocada na mesa centrífuga a 3000 rpm durante 10 minutos. O sobrenadante foi filtrado em papel de filtro faixa azul. As concentrações finais foram determinadas através do espectrofotômetro UV-Visível.

O cálculo da capacidade de adsorção (qt), ou seja, a quantidade de corante adsorvida por grama de adsorvente (pós das conchas) e da eficiência de remoção ($E\%$) foram realizados através das Equações 1 e 2, respectivamente.

$$qt = \frac{(C_{A0} - C_A)V}{m} \quad \text{Equação (1)}$$

$$E(\%) = \frac{(C_{A0} - C_A)}{C_{A0}} \times 100 \quad \text{Equação (2)}$$

nas quais, C_{A0} é a concentração inicial de adsorvato (mg.L^{-1}) e C_A é concentração final de adsorvato (mg.L^{-1}), V o volume da solução (L) e m a massa de adsorvente (g)

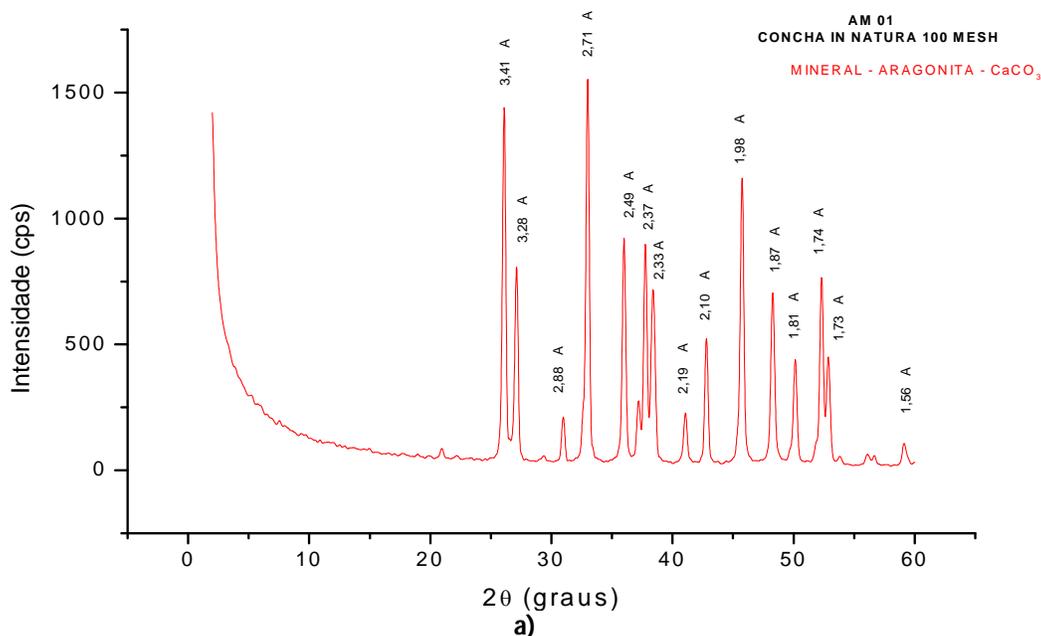
Estudo cinético

Após o planejamento fatorial, foram adicionados aos frascos de Erlenmeyers, 0.2g do adsorvente com granulometria de 60 mesh e 50mL do corante Indosol. Essa solução foi colocada sob agitação de 300 rpm. Após a adsorção, a mistura foi centrifugada a 3000 rpm por 10 minutos e o sobrenadante filtrado em papel de filtro faixa azul. As concentrações finais foram determinadas através do espectrofotômetro UV-Visível e multiplicadas pelo fator 1.1108, demonstrado no item 2.1. Os tempos de contato para o estudo cinético variaram entre 1 e 120 minutos.

Resultados e Discussão

Caracterização do adsorvente

A análise por difração de raios-X (DRX) indicaram a alta concentração de cálcio e presença de carbono e oxigênio. De acordo com essa análise, a concha de marisco antes do tratamento térmico com granulometria de 100 mesh (Figura 2a) contém apenas o mineral aragonita (CaCO_3), próprio da formação das conchas. Após a calcinação (Figura 2b) e após a adsorção (Figura 2c) na mesma granulometria, além de conterem o hidróxido de cálcio (Portlandita – $\text{Ca}(\text{OH})_2$) incluem os minerais aragonita e calcita (CaCO_3), sugerindo que a amostra foi submetida a uma calcinação incompleta, não obstante à temperatura de 1000 °C. Ressalta-se que os minerais aragonita e calcita são formas cristalinas do carbonato de cálcio.



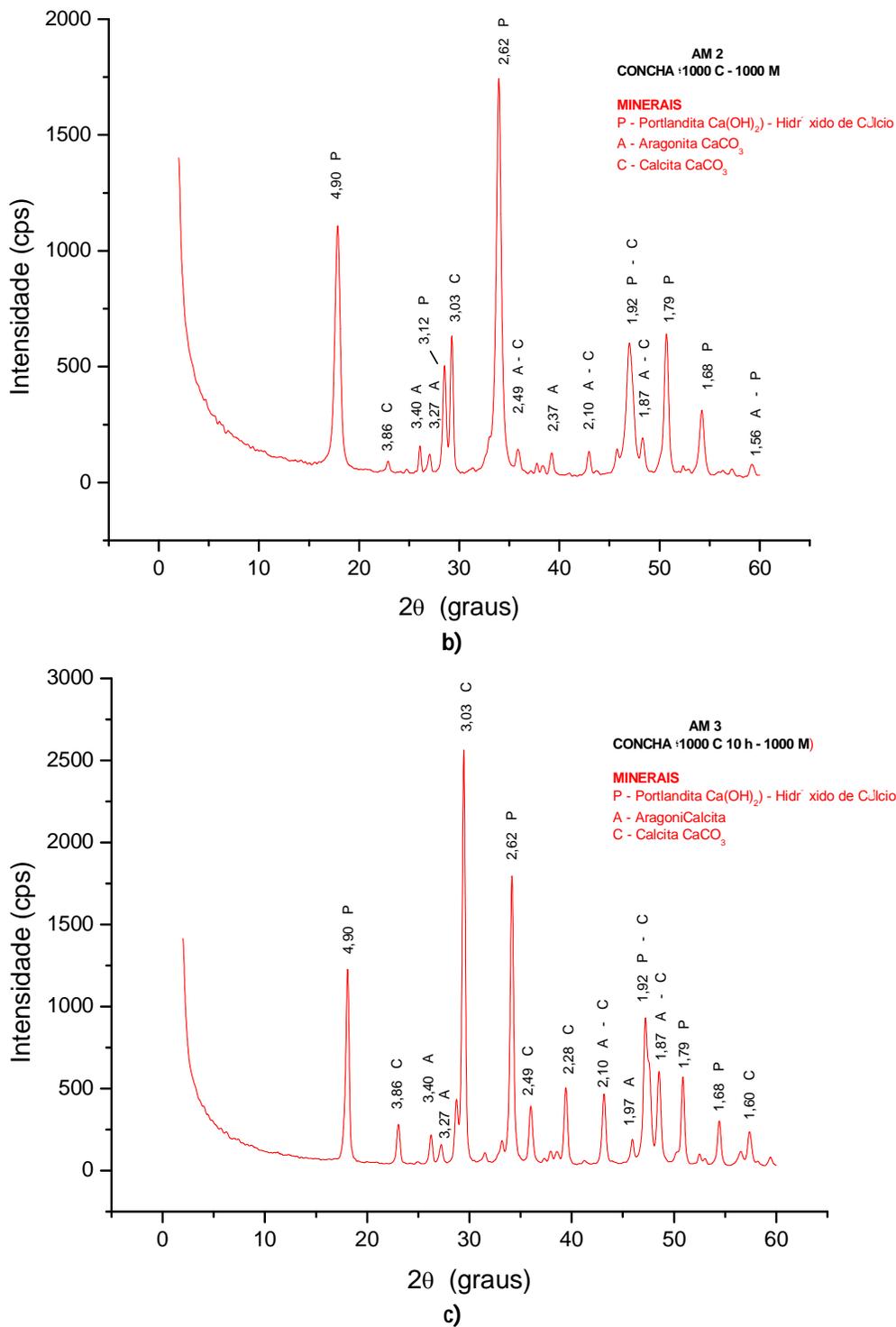


Figura 2. Difratoograma de raios-X da concha antes da calcinação (a), após calcinação (b) e após adsorção (c) na de granulometria 100 mesh

A análise do volume **dos poros da área** superficial específica permitiu observar que ocorreu um aumento na área e volume dos poros após o processo de calcinação das conchas. Após a adsorção do corante, ocorreu uma diminuição dessa área e do volume dos poros. A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos pela técnica de BET da área específica e do volume de poros para a concha antes da calcinação (amostra 1), concha calcinada (1000°C/10h) (amostra 2) e para a concha calcinada após a adsorção (amostra 3), todas na granulometria 100 mesh.

Tabela 2. Resultados da área específica e do volume dos poros (BET)

Amostras	Área específica (m ² . g ⁻¹)	Volume dos poros (cm ³ . g ⁻¹)
Amostra 1	4.44	1.029x10 ⁻³
Amostra 2	12.11	4.461x10 ⁻³
Amostra 3	11.71	2.94x10 ⁻³

Conforme pode ser observado pela Tabela 2, a calcinação aumentou em aproximadamente três vezes a área superficial das conchas. Ao se comparar a capacidade adsorptiva deste material e sua área específica, pode-se observar uma discrepância quando se compara com outros materiais, como o carvão comercial ativado de Pittsburgh, Pennsylvania - USA, que apresenta área específica de 820 m².g⁻¹ (Al- Degs *et al.*, 2012) ou mesmo o carvão ativado térmicamente com área de 167 m².g⁻¹ (Kavitha e Namasivayam, 2008). Este fato deve-se, possivelmente, à grande quantidade de sítios por área específica ou ao efeito do cálcio, que pode atuar como agente precipitante. Novos experimentos e caracterizações estão sendo realizadas para estudar este fenômeno.

Estudo preliminar

Foi realizado para o marisco um teste preliminar para avaliar o tempo de equilíbrio para a realização do planejamento experimental e se o adsorvente era capaz de adsorver o corante. Foi realizado o estudo preliminar variando-se o tempo de 1 a 50 minutos. É possível observar na Figura 3, que o sistema casca de marisco/corante tende a entrar em equilíbrio em torno dos 30 minutos.

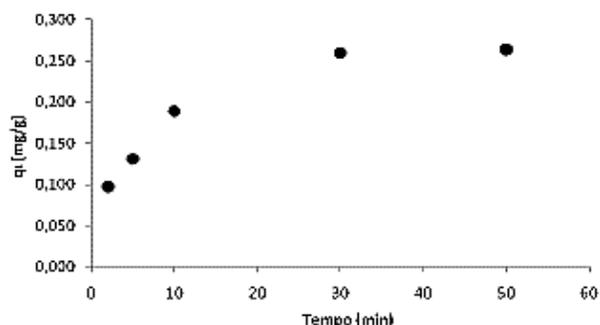


Figura 3. Perfil cinético de adsorção para o sistema marisco/indosol blue (C₀=10 mg.L⁻¹, m=0.1g, V=50 mL)

Planejamento Experimental

Por meio do planejamento fatorial foi possível observar os melhores valores de operação das variáveis de entrada estudadas para maximização da adsorção: massa (g), granulometria (mesh) e agitação (rpm). A Tabela 3 apresenta a matriz de planejamento com a média dos resultados obtidos da variável resposta (qt) em cada combinação de níveis para as variáveis de entrada, referente aos ensaios, utilizando as conchas de mariscos como adsorvente na remoção do corante Indosol.

Tabela 3. Matriz de planejamento fatorial 2^3 para o sistema concha de marisco corante Indosol Azul

Ensaio	Massa (g)	Granulometria (mesh)	Agitação (rpm)	qt (mg.g ⁻¹)	E %
1	+	+	+	0.51002	98.45
2	+	+	-	0.49807	96.14
3	+	-	+	0.51640	98.68
4	+	-	-	0.50616	97.70
5	-	+	+	2.53095	97.71
6	-	+	-	2.56502	99.02
7	-	-	+	2.56821	99.15
8	-	-	-	2.36826	91.43
9	0	0	0	0.85147	98.62
10	0	0	0	0.84590	97.97
11	0	0	0	0.84833	98.25

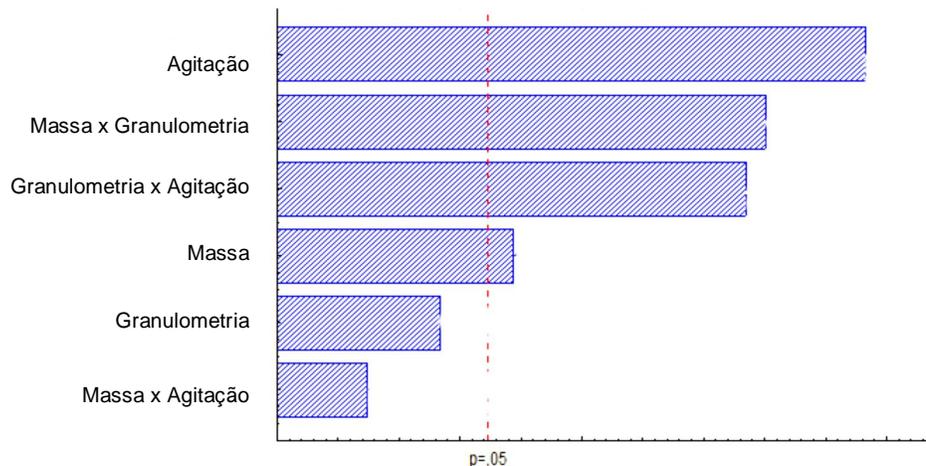


Figura 4. Diagrama de Pareto referente ao planejamento experimental 2^3

Através do Gráfico de Pareto, indicado na Figura 4, foi possível comprovar que a agitação e a massa foram as únicas variáveis que apresentaram efeito estatisticamente significativo ao nível de confiança de 95%. O efeito combinado da interação entre esses dois fatores não foi significativo. O efeito isolado da granulometria não apresentou influência com 95% de confiança. No entanto, a interação combinada deste efeito com a massa e a agitação foi capaz de modificar a resposta investigada com significância estatística de 95% dentro da faixa experimental investigada. A variável granulometria (mesh) e a interação entre as variáveis massa (g) e agitação (mesh), não apresentaram efeito significativo no processo estudado.

Os valores das estimativas dos efeitos durante o processo adsorptivo utilizando qt^{-1} , foram obtidos utilizando o programa Statística versão 8.0 (2007). O resultado dessa análise indica que, para a faixa de granulometria analisada, o modelo experimental não foi bem ajustado, pois o mesmo indica que para essa faixa os valores não foram muito diferentes. E que a combinação da massa e da agitação também não influenciou tanto para analisar os efeitos durante o processo de adsorção.

Os gráficos da Figura 5 representam as médias das repostas experimentais nos quatro níveis investigados dos efeitos principais que apresentaram significância estatística com 95% de confiança. Nesse caso, a massa e a agitação do sistema. A Figura 5a apresenta em seus vértices as médias dos valores do inverso da capacidade de adsorção (qt^{-1}) dos níveis experimentais investigados e mostra que os melhores resultados são encontrados quando a massa está em seu nível máximo (+1) e que o aumento do grau de agitação do sistema promoveu um aumento médio de 2.79% da resposta investigada. Já a Figura 5b apresenta os valores médios da eficiência de remoção. A maior remoção se dá quando as soluções foram tratadas com o nível máximo de massa e agitação. No entanto, o incremento da massa em seu nível máximo contribui apenas com um aumento médio de 1.22% no rendimento.

Os perfis apresentados exibem o comportamento da concentração e da quantidade adsorvida de corante com relação ao tempo, para adsorção em concha de marisco. Observou-se que o processo adsorptivo segue uma cinética de adsorção com estabelecimento de equilíbrio a partir de 20 minutos.

Entretanto, devido ao planejamento experimental não apresentar parâmetros suficientes para avaliar as diferentes condições das conchas de mariscos frente ao corante Indosol, não foi possível estabelecer um modelo cinético e nem um modelo empírico para este trabalho.

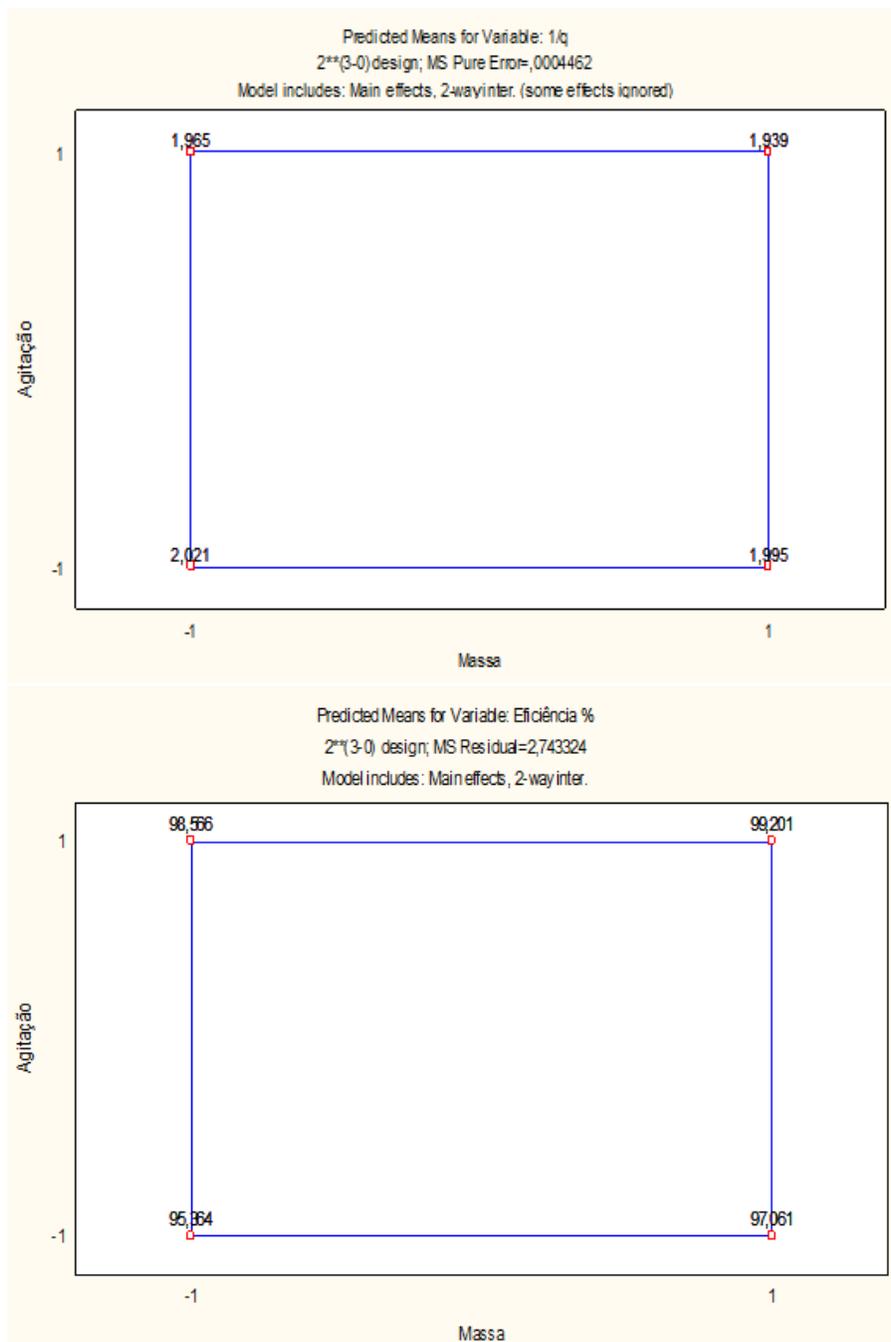


Figura 5. Gráfico que relaciona a variação da agitação e da massa com a capacidade de adsorção (a) e com a eficiência da remoção do corante (b)

Conclusões

O marisco calcinado apresentou um bom potencial como material adsorvente alternativo na remoção de corantes têxteis, apresentando remoção de cor superior a 99% em solução aquosa, atingindo o equilíbrio em 30 minutos. Estudos estão sendo aprofundados para estabelecer a correlação entre o bom desempenho do material e o fenômeno adsorptivo, uma vez que sua área específica e volume de poros são bem menores que o carvão ativado, que é o principal material utilizado na literatura para este fim. O planejamento fatorial indicou que a massa e agitação do sistema foram significativos para as variáveis de resposta investigadas (qt e eficiência de remoção). No entanto, o aumento da superfície de contato do material adsorvente (granulometria) não apresentou influência estatística com 95% de confiança, dentro da faixa experimental investigada para o corante Indosol.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Facepe, CNPq, Capes e à UFPE pelo apoio financeiro e institucional e à Clariant pelos corantes.

Referências

- ABIT, Associação Brasileira de Indústria Têxtil e de Confecções (2012) Acesso em 15 de agosto de 2013, disponível em: http://www.abit.org.br/conteudo/links/cartilha_rtcc/cartilha.pdf
- Al-degs, Y.S., Abu-el-halawab, R., Abu-alrub, S.S (2012). Analyzing adsorption data of erythrosine dye using principal component analysis. *Chemical Engineering Journal*, **191**, 185-194.
- Araujo, R.D.S., Nogueira, M.I.C., Rodrigues, K.A., Sampaio, G.M.M.S., Buarque, H.L.B. (2009) Descoloração de efluentes aquosos sintéticos e têxtil contendo corantes índigo e azo via processos Fenton e foto-assistidos (UV e UV/H₂O₂). *Eng. Sanit. Ambient*, **14** (1), 1-8.
- Carvalho, T.E.M. (2010) *Adsorção de Corantes Aniônicos de Solução Aquosa em Cinza Leve de Carvão e Zeólita de Cinza Leve de Carvão*. Dissertação (Mestrado), Tecnologia Nuclear, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares Autarquia Associada à Universidade de São Paulo, São Paulo. 119 pp.
- CEPENE, Centro de Pesquisa e Gestão de Recursos Pesqueiros do Litoral Nordeste (2008) *Boletim da estatística da pesca marítima e estuarina do Nordeste do Brasil. Tamandaré, PE: CEPENE. p.385*
- Costa, M.G. (2010) Avaliação da lama vermelha como adsorvente de níquel e cádmio em soluções aquosas. PPG-CAPES. Departamento de engenharia química UFPE. Acesso em 20 de maio de 2013, disponível em: http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=200970
- Fernandes, R. (2005) Adsorventes Alternativos para Remoção de Fenol em Solução Aquosa. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 91 pp.
- Geda, O.M.R.N.D. (2006) *Remoção de Corantes Têxteis Utilizando Resíduos Agrícolas a Produção de Milho*. Dissertação (Mestrado), Curso de Engenharia Química, Faculdade de Engenharia da Universidade de Porto, Porto. 137 pp.
- Gupta, V.K., Suhas (2009) Application of low-cost adsorbents for dye removal. *Journal of Environmental Management*, **90**, 2313–2342.
- Kavitha, D., Namasivayam, C. (2008) Capacity of activated carbon in the removal of acid brilliant blue: Determination of equilibrium and kinetic model parameters. *Chemical Engineering Journal*, **139**, 453-461.

- Lavander, H.D., Júnior, L.O.C., Oliveira, R.L., Neto, S.R.S., Galvez, A.O., Peixoto, S.R.M. (2011) Biología reproductiva da *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) no litoral norte de Pernambuco, Brasil. *Rev. Bras. Ciênc. Agrár.*, **6**(2), 344-350.
- Merino, G.S.A.D. (2010) *A contribuição da gestão de design em grupos produtivos de pequeno porte no setor da maricultura: o caso AMPROSUL*. Dissertação (Mestrado em Design e Expressão Gráfica), Programa de Pós-Graduação em Design e Expressão Gráfica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Paiva, T.N. (2011) *Remoção de corante têxtil ácido por adsorção utilizando conchas de amêijoá*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Departamento de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- Saroha, A.K.V.K. (2013) Electrocoagulation for the treatment of textile industry effluent - A review. *Journal of Environmental Management*, **128**, 949-963.
- Stefani, C., Merino, G.S.A.D., Pereira, E.F., Merino, E.A.D. (2011) A atividade da malacocultura e as queixas musculoesqueléticas: considerações acerca do processo produtivo. *IJIE – Iberoamerican Journal of Industrial Engineering*, **3**(1), 2-15.