



REMOÇÃO DO CORANTE INDOSOL AZUL TURQUESA UTILIZANDO COMO BIORSORVENTES CONCHAS DE *Brachidontes solisianus* CALCINADAS.

M.T.S. Medeiros¹; R.B. Assis Filho¹; M.A. Motta Sobrinho¹

1-Departamento de Engenharia Química – Universidade Federal de Pernambuco
Rua Prof. Arthur de Sá, s/n – Cidade Universitária - CEP: 50.740-521- Recife - PE – Brasil
Telefone: (81) 2126-7268 – Fax: (81) 2126-7278 – Email: mottas@ufpe.br

RESUMO: A contaminação de águas naturais tem sido apontada como um dos maiores problemas da sociedade moderna. Dentro desse contexto, o setor têxtil apresenta especial destaque por utilizar grandes quantidades de água e por gerar grandes volumes de efluentes, os quais apresentam composição extremamente heterogênea. No presente trabalho foi um planejamento fatorial 2^3 foi realizado e avaliado o efeito das variáveis: massa (g), granulometria (mesh) e agitação (rpm). O estudo cinético foi feito utilizando as melhores condições apresentadas no planejamento experimental: 0,2 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 calcinado é um ótimo adsorvente.

PALAVRAS-CHAVE: adsorção; corante têxtil; marisco.

ABSTRACT: Contamination of natural waters has been identified as one of the greatest problems of modern society. Within this context, the textile sector has a special focus due the use of large quantities of water and generates large volumes of wastewater, which have extremely heterogeneous composition. The present work was a 2^3 factorial design was carried out and assessed the effect of variables: mass (g), particle size (mesh) and agitation (rpm). The kinetic study was done using the best conditions presented in the experimental design: 0.2 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 calcined seafood is a good adsorbent.

KEYWORDS: adsorption, textile dye, shell

1. INTRODUÇÃO.

O parque têxtil é um importante setor da economia brasileira, sendo que o Brasil é um dos dez maiores produtores mundiais de fios, tecidos e malhas, ocupando o terceiro lugar na produção de tecidos de algodão. Em contrapartida, as indústrias têxteis são responsáveis pelo uso intenso de corantes dos mais variados e pela produção de grande volume de efluentes de carga orgânica elevada com presença de corantes, os quais, durante o processo de tingimento, não se aderem à fibra e acabam sendo descartados juntamente com o efluente final, gerando sérios problemas ambientais devido à sua potente ação poluidora

tanto no solo quanto na água (RODRIGUES et al., 2010).

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 (GEADA, 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; SUHAS, 2009).

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).

Bivalves, também chamados de Lamellibranchia ou Pelecypoda, são a segunda maior classe de moluscos com aproximadamente 15.000 espécies. É um grupo exclusivamente aquático, bilateralmente simétrico, caracterizado por um corpo comprimido lateralmente com uma concha externa composta por duas valvas. Vivem principalmente enterrados em substratos arenosos ou lodosos, podendo movimentar-se com o uso de seu pé, embora não seja tão eficiente como o dos gastrópodes. Outros como as ostras e mexilhões vivem presos a substratos sólidos e outros podem penetrar em madeira ou até em pedras (RIOS, 2013).

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.

2. 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 absorvância máxima ($\lambda_{\text{máx}}$) foi

determinado através de um espectrofotômetro UV-Visível Thermo modelo Genesys 10, bem como a curva de calibração de absorvância versus concentração e a determinação das concentrações de corantes durante a pesquisa.

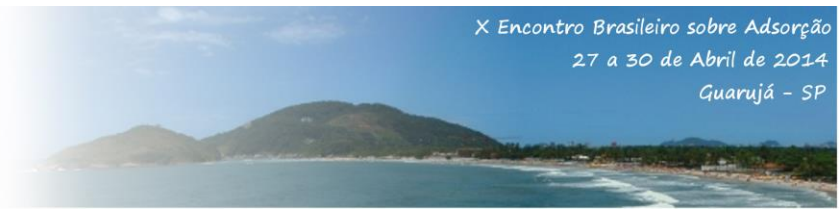
As conchas dos mariscos foram lavadas para a retirada de resíduos e secadas na estufa a 50° por 3 horas. O adsorvente foi triturado no moinho de rolos e posteriormente no moinho de facas. Em seguida o mesmo foi calcinado na mufla a 1000°C por 3 horas para ser classificado em peneiras da série de Tyler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



Figura 1. Figura 6 – Mariscos: (a) inteiro, (b) calcinado 60 mesh, (c) 100 mesh e (d) 140 mesh.

2.1. Estudo Preliminar

Em processos adsorptivos é comum realizar a filtração da amostra após a adsorção para posteriormente fazer a leitura da mesma. Todavia, ressalta-se que os filtros podem adsorver o adsorbato e indicar falsos resultados. Nesse caso, foram realizados testes em duplicata, para obter uma correlação (fator) entre a concentração inicial e a concentração final a 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 e faixa branca e em seguida foram analisadas no espectrofotômetro UV-visível no comprimento de onda de 635 nm. Foi então realizada uma regressão



linear dos dados 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 nas literaturas consultadas (CARVALHO, 2010; PAIVA, 2011).

2.2. 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, 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 que foi realizado com o marisco foi feito o seguinte procedimento: foram colocados em cada frasco de Erlenmeyers 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. 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.

2.3. 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 1,0244, demonstrado no item 2.1. Os tempos de contato para o estudo cinético variaram entre 1 e 120 minutos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

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 2, que o sistema casca de marisco/corante tende a entrar em equilíbrio em torno dos 30 minutos.

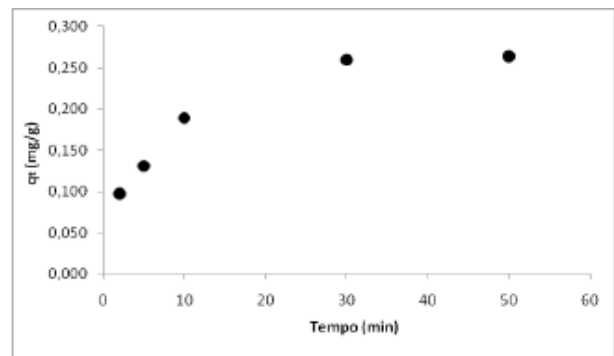


Figura 2 - Perfil cinético de adsorção para o sistema marisco/indosol blue ($C_0=10 \text{ mg.L}^{-1}$, $m=0,1\text{g}$, $V=50 \text{ mL}$).

3.1. Planejamento Experimental

Por meio do planejamento fatorial foi possível observar o efeito dos parâmetros estudados (massa (g), granulometria (mesh) e agitação (rpm)) na capacidade de adsorção. A Tabela 2 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 2 - Matriz de planejamento fatorial 2^3 . Para o sistema casca de marisco / corante Indosol Blue

| Ensaio | Massa (g) | Granulometria (mesh) | Agitação (rpm) | Qt ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$) |
|--------|-----------|----------------------|----------------|--------------------------------------|
| 1 | + | + | + | 0,51002 |
| 2 | + | + | - | 0,49807 |
| 3 | + | - | + | 0,5164 |
| 4 | + | - | - | 0,50616 |
| 5 | - | + | + | 2,53095 |
| 6 | - | + | - | 2,56502 |
| 7 | - | - | + | 2,56821 |
| 8 | - | - | - | 2,36826 |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 0,85147 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0,8459 |
| 11 | 0 | 0 | 0 | 0,84833 |

Ao se avaliar o desvio do modelo obtido pelo planejamento, verificou-se que o mesmo era muito grande. Optou-se então por se avaliar a variável resposta Qt^{-1} no lugar de Qt, conforme sugere Barros (2010).

De acordo com os dados obtidos pelo planejamento experimental, foi possível comprovar através do gráfico de Pareto, indicado na Figura 3 que a agitação e a massa foram as únicas variáveis que apresentaram efeito estatisticamente significativo ao nível de confiança de 95%.

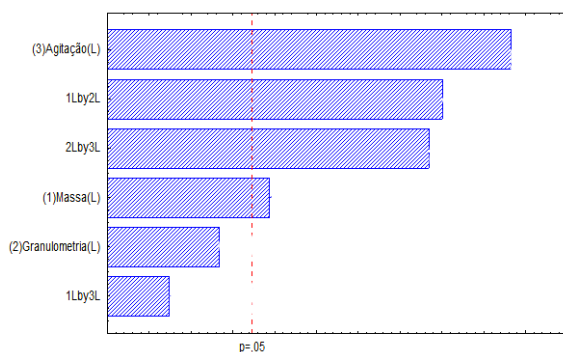


Figura 3 – Gráfico de Pareto referente ao planejamento experimental 2^3 .

A variável granulometria (mesh) e a interação entre as variáveis massa (g) e agitação (mesh), (1x3) não apresentaram efeito significativo no processo estudado. Na Tabela 2 estão os valores dessas variáveis analisadas usando a relação Qt^{-1} .

Os valores das estimativas dos efeitos durante o processo adsorptivo utilizando Qt^{-1} , Tabela 3, foram obtidos utilizando o programa Estatística versão 8.0. 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.

Isso pode ser observado nas Figuras 4 e 5, nas quais descrevem por meio de um gráfico de cubo, que quando se aumenta agitação do sistema, observa-se um aumento médio na capacidade de adsorção de 2,79% e que o incremento de massa no sistema contribui com uma média de 1,22% de aumento no rendimento da remoção do corante.

Tabela 3 - Valores das estimativas dos efeitos durante o processo adsorativo utilizando Qt^{-1} .

| Fator | Efeito | - 95% limite de confiança | + 95% limite de confiança |
|--------------------------|-----------|---------------------------|---------------------------|
| Mean/ Interc. | 1,980085 | 1,969287 | 1,990882 |
| (1) Massa (g) | -0,025740 | -0,049272 | -0,002208 |
| (2) Granulometria (mesh) | -0,019403 | -0,042935 | 0,004129 |
| (3) Agitação (rpm) | -0,056286 | -0,079818 | -0,032754 |
| 1L by 2L | 0,047574 | 0,024042 | 0,071106 |
| 1L by 3L | 0,013112 | -0,010420 | 0,036644 |
| 2L by 3L | 0,045898 | 0,022366 | 0,069430 |

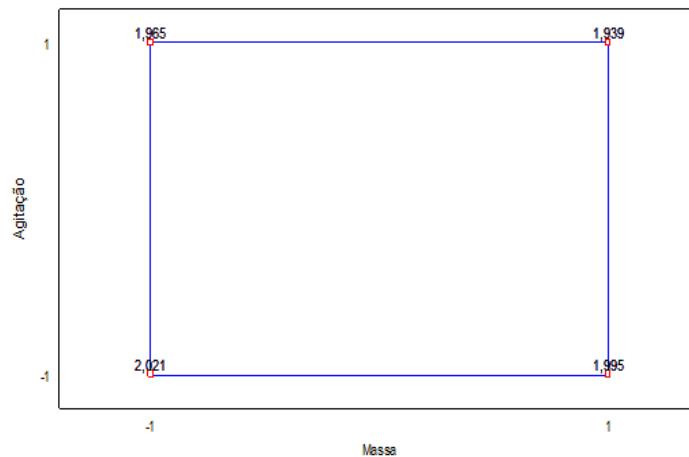


Figura 4 – Gráfico de cubo que relaciona a variação da agitação e da massa com a capacidade de adsorção.

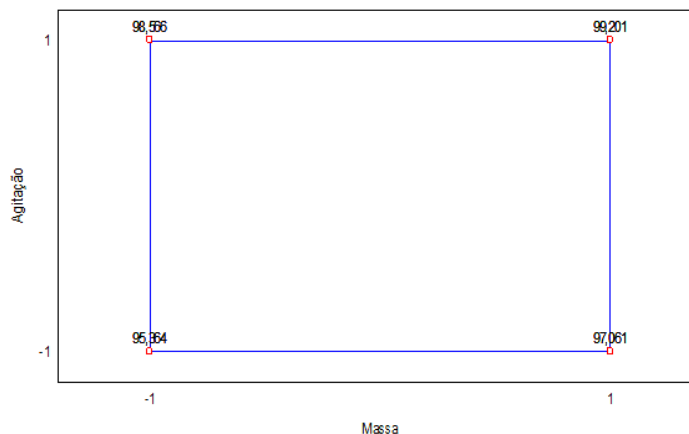


Figura 5 - Gráfico de cubo que relaciona a variação da agitação e da massa com a eficiência da remoção do corante.



3.2. Estudo Cinético

Com os resultados obtidos no planejamento experimental e também analisando os valores da capacidade adsorptiva, Q_t ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$), foi realizado ensaio cinético do corante com o marisco na condição da maior capacidade adsorptiva apresentada no planejamento experimental. Foi assim verificado que a partir de 20 minutos já era atingido o equilíbrio. Esse comportamento pode ser observado nas Figuras 6 e 7.

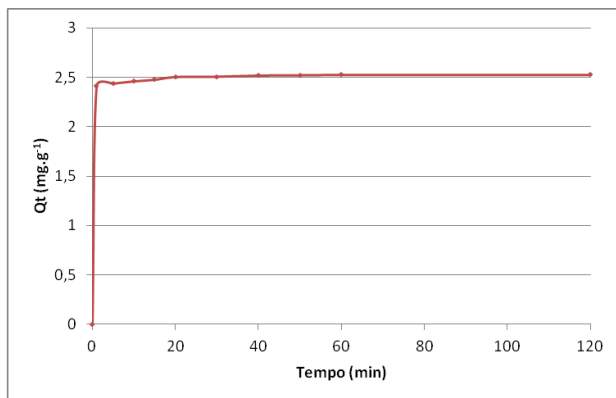


Figura 6 – Gráfico do estudo cinético da quantidade adsorvida pelo tempo.

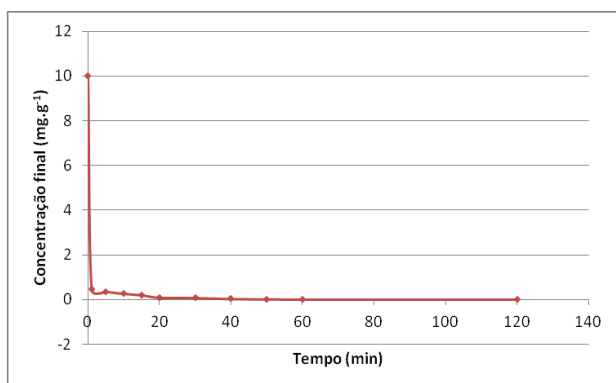


Figura 7 – Gráfico do estudo cinético da concentração final pelo tempo.

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, todavia por segurança, foi tomado o tempo de 30 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.

5. CONCLUSÕES

O marisco calcinado apresentou um bom desempenho adsorptivo desde o estudo preliminar, apresentando um equilíbrio nesse estudo a partir de 30 minutos.

Durante o planejamento fatorial 2^3 , foram analisados os seguintes parâmetros: massa (g), granulometria (mesh) e tempo de agitação (rpm). Entretanto, a variável granulometria (mesh) e a interação entre as variáveis massa (g) e agitação (mesh), (1x3) não apresentaram efeito significativo no processo estudado. Porém, a maior eficiência percentual do processo, considerando apenas as concentrações finais do corante, foi de 99,15% o que demonstra que o marisco é um ótimo adsorvente.

O estudo cinético foi realizado com base na maior capacidade adsorptiva apresentada no planejamento experimental. O estudo mostrou que o adsorvente apresentou um equilíbrio a partir de 30 minutos. A eficiência percentual foi de 99,97% o que comprova que o marisco calcinado é um bom adsorvente frente ao corante Indosol azul turquesa.

6. REFERÊNCIAS

BARROS, B. Como Fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústrias. Bookman, 4º ed. Porto Alegre. RS. p. 237-254, 2010.

CARVALHO, T. E. M. Adsorção de Corantes Aniônicos de Solução Aquosa em Cinza Leve de Carvão e Zeólita de Cinza Leve de Carvão. 2010. 119f. Dissertação (Mestrado) – Tecnologia Nuclear, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares Autarquia Associada à Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

FERNANDES, R.; Adsorventes Alternativos para Remoção de Fenol em Solução Aquosa. 2005. 91f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis 2005.



GEADA, O. M. R. N. D. Remoção de Corantes Têxteis Utilizando Resíduos Agrícolas a Produção de Milho. 2006. 137 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Química, Faculdade de Engenharia da Universidade de Porto, Porto, 2006.

GUPTA, V. K.; SUHAS. Application of low-cost adsorbents for dye removal. *Journal of Environmental Management*. v. 90, p. 2313–2342, 2009.

PAIVA, T. N. Remoção de corante têxtil ácido por adsorção utilizando conchas de amêijoas, 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Departamento de Pós-Graduação em Engenharia Química - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011.

RIOS, E.C. Bivalvia – Marinho. *Conquiologistas do Brasil*, 2013. Disponível em <<http://www.conchasbrasil.org.br/conquiologia/familias.asp?idclass=6&idamb=1>> Acesso em 30 ago. 2013.

RODRIGUES, K.; VIDAL, C. B.; BARBOSA, B. A. A.; WANDERLEY C. R. P.; DUARTE, I. C. S.; MARINHO, G. Viabilidade do tratamento de água residuária sintética têxtil em reator aeróbio de leito fixo. *Engenharia Sanitária e Ambiental*. v. 15. n. 1, p. 99-106, 2010.