

ESTUDO DA REMOÇÃO DO CORANTE LARANJA REATIVO 3R MR UTILIZANDO SEMENTES DE MELÃO (*Cucumis melo L.*) COMO ADSORVENTE VIA PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

A. N. LEOCÁDIO¹, L. G. S. ARAÚJO¹, R. B. RIOS¹, A. D. T. PINHEIRO¹ e Z. M. SANTOS¹

¹Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Departamento de Engenharia Química
E-mail para contato: zilvammelo@ufersa.edu.br

RESUMO – Dentre o grande crescimento industrial, e os grandes impactos ambientais causados pelas indústrias têxteis, o estudo tem como intuito minimizar esses impactos, através da reutilização da água nos processos de produção. Realizando um estudo de adsorção que teve como adsorvente o bagaço da semente do melão (*Cucumis melo L.*), este sendo escolhido por ser um resíduo agroindustrial e possuir uma série de fatores positivos, como baixo custo e fácil obtenção. O corante utilizado no estudo foi o laranja reativo 3R MR. Foi realizado um planejamento experimental de forma a se obter as melhores condições operacionais na adsorção do corante. Para tanto, o foi realizado um planejamento fatorial completo de 2^3 , no qual foi avaliado a concentração do adsorvato (40, 100 e 160 mg/L), o pH (2, 3 e 4) e a proporção de massa de adsorvente por volume de solução de adsorvato (0,1 , 0,55 e 1). Colocou-se o adsorvente em contato com o adsorvato, por 24 h, nas condições estipuladas no planejamento. Entre os fatores avaliados, o único parâmetro significativo foi o pH, na faixa amostral analisada, com intervalo de confiança de 95%. Assim, desde que se trabalhe no mínimo de pH pode-se trabalhar em qualquer outra faixa de proporção e/ou concentração de adsorvato. O bagaço da semente do melão se mostrou eficiente no processo de adsorção, tendo altos índices de remoção do corante, acima de 90 %. Assim, através desse estudo, surgem perspectivas positivas quanto ao emprego do bagaço do melão como adsorvente nos processos de adsorção.

Palavras-chave: adsorção, resíduos agroindustriais, bagaço da semente do melão.

1. INTRODUÇÃO

A contaminação de águas é um fator cada vez mais evidenciado na sociedade moderna e seu uso racional nos processos produtivos tem sido motivo de atenção das indústrias, principalmente daquelas que necessitam de uma grande demanda de água (MORAES, 2007). O setor têxtil é uma dos principais responsáveis pela contaminação e pela grande quantidade de consumo da água. Durante todo o seu processo de produção, são liberadas significativas quantidades de efluentes nos rios e lagos. Sendo a remoção desses resíduos um dos maiores problemas enfrentados atualmente pelas indústrias (SANTOS, 2014).

Além de um enorme consumo de água e dos problemas ambientais oriundos dos efluentes gerados pelas lavanderias tornam-se ainda mais graves quando se observa a liberação de corantes não fixados ou não degradados nos processos convencionais de tratamento o que representa elevado potencial de impacto ambiental.

Os corantes reativos são os mais comuns porque apresentam vantagens como cores brilhantes, estabilidade na cor e facilidade de aplicação. Eles têm sido um dos mais utilizados no Brasil para a tintura de algodão, devido à sua reatividade com as fibras e sua estabilidade de cor (GUARANTINI E ZANONI, 2000).

Métodos de adsorção têm sido usados com sucesso para descolorir efluentes têxteis, mas sua aplicação vem sendo limitada devido ao alto custo dos adsorventes (SANTHY E SELVAPATHY, 2006). Adsorção é um processo físico-químico no qual ocorre a transferência de massa de uma fase líquida para uma fase sólida, ou seja, é a retenção de um ou mais elementos (adsorvatos) de uma fase fluida (adsortivo) para uma superfície de um sólido (adsorvente) (MAGDALENA, 2010).

Um dos adsorventes mais utilizados na remoção de impurezas de gases e líquidos é o carvão ativado, o qual possui alta capacidade de adsorção devido apresentar estrutura porosa com alta área superficial e volume dos poros. Contudo, o carvão ativado possui algumas desvantagens, como o alto custo, e ineficiência em alguns tipos de corantes e processos de regeneração (SCHIMELL, 2008) apud (DUBININ, 1983).

Assim, existe, atualmente, uma grande procura por novos adsorventes oriundos de fontes naturais, com boa capacidade de adsorção e que sejam abundantes na natureza e que também reduzam os custos de forma ser substitutos viáveis do carvão ativado (MITTER, 2008). O adsorvente alternativo a ser estudado são as sementes do melão (*Cucumis melo L.*), sendo o mesmo de fácil acesso e de baixo custo devido ao Brasil ser um dos maiores produtores mundiais e a região nordeste ser responsável por 99% desta produção, destacando-se o Rio Grande do Norte (56,7%), Ceará (35,5 %), Bahia e Pernambuco (7,8%) (CRISÓSTOMO *et al*, 2002).

O bagaço da semente do melão como adsorvente possui uma série de vantagens, entre elas pode-se destacar seu baixo custo em comparação à obtenção do carvão ativado. Possuindo também fácil acesso de aquisição, já que pode ser encontrado facilmente em cooperativas e/ou na obtenção, onde a semente não sendo destinado a um fim específico.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Materiais

As sementes do melão foram utilizadas como matéria-prima, as quais foram lavadas por diversas vezes com água destilada. Posteriormente, foram secas em estufa (Tecnal, TE-394/1, Piracicaba, São Paulo) a 60°C por 24 horas. Após a secagem, estas foram trituradas e peneiradas. O material foi peneirado de forma a se obter um pó com granulométrica menor do que 40 Mesh.

2.2. Planejamento Experimental

O planejamento estatístico foi aplicado com o objetivo de avaliar as melhores condições operacionais na adsorção do corante laranja reativo 3R MR (adsorvato), utilizando as sementes do melão (*Cucumis melo L*) como adsorvente. Para isso, foi feito um planejamento fatorial completo de 2^3 , com a realização da triplicata do ponto central, no qual foi avaliada a variação da razão de massa de adsorvente por volume de solução do adsorvato (proporção), o pH e a concentração da solução de corante. A Tabela 1 mostra os níveis do planejamento utilizado neste estudo.

Tabela 1 – Valores e níveis das variáveis do planejamento 2^3 para remoção do corante laranja reativo 3R MR.

Pontos	Proporção	pH	Concentração (mg/L)
-1	0,1/100	2	40
0	0,55/100	3	100
1	1/100	4	160

Em seguida, foi obtida uma tabela que apresenta a matriz experimental do estudo da remoção do corante laranja reativo 3R MR, a partir da qual foram realizados 11 ensaios, os mesmos podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2 – Matriz Experimental do Planejamento.

Ensaio	Proporção	pH	Concentração
1	-1	-1	-1
2	1	-1	-1
3	-1	1	-1
4	1	1	-1
5	-1	-1	1
6	1	-1	1
7	-1	1	1
8	1	1	1
9 (C)	0	0	0
10 (C)	0	0	0
11 (C)	0	0	0

De posse do planejamento, executou-se isotermas de adsorção da seguinte forma: Primeiramente, foram pesadas massas fixas de bagaço da semente do melão e postas em contato com a solução do laranja reativo 3R MR, utilizando os parâmetros descritos na Tabela 1 e o planejamento da Tabela 2. Em seguida, as amostras foram mantidas sob agitação por 24 h e 150 RPM, usando um Agitador Orbital (Tecnal, Modelo TE-420). Os experimentos foram realizados em 37°C. Após este tempo, alíquotas foram recolhidas e centrifugadas por 10 minutos a 4.000 RPM, em centrífuga (EduTec, Modelo EEQ-9004). Finalmente, as amostras foram analisadas em um espectrofotômetro (Genaka, Modelo UV/Vis-340 G).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 3 mostra os rendimentos obtidos quando se variou a proporção, o pH e a concentração do corante, de acordo com o planejamento experimental realizado.

Tabela 3 – Rendimentos obtidos após a adsorção.

Ensaio	Proporção	pH	Concentração (mg/L)	Rendimento (%)
1	0,1/100	2	40	92,34
2	1/100	2	40	93,3
3	0,1/100	4	40	80,35
4	1/100	4	40	62,31
5	0,1/100	2	160	71,08
6	1/100	2	160	91,85
7	0,1/100	4	160	2,93
8	1/100	4	160	71,37
9	0,55/100	3	100	76,68
10	0,55/100	3	100	80,24
11	0,55/100	3	100	87,03

Pode-se observar na Tabela 3 que os ensaios 1 e 2 obtiveram os maiores rendimentos; em ambos o pH foi 2. Já no ensaio 4, a proporção foi a mesma do ensaio 2, contudo obteve-se o menor rendimento de todos. Isso qual mostra que o pH deve ser um parâmetro de alta importância no processo adsorativo.

Analisando-se estatisticamente os dados experimentais, obteve-se o diagrama de Pareto (Figura 1), o qual mostra que dos parâmetros estudados apenas o pH foi significativo na faixa experimental analisada, com intervalo de confiança de 95%. O valor negativo no diagrama de Pareto para o pH indica uma relação inversa, ou seja, à medida que o pH diminui a remoção do corante aumenta. Os demais parâmetros estudados (proporção e concentração) não foram significativos para o intervalo de confiança estudado. Em outras palavras, a concentração de corante e a proporção e suas interações não são estatisticamente significativas quando se realiza a adsorção do corante desde que se trabalhe no mínimo de pH. Fenômeno parecido foi

encontrado por Schimel (2008), onde encontrou que ao aumentar a acidez do meio promove-se uma maior dissociação, acarretando na presença de cargas elétricas tanto no adsorvente quanto no adsorvato, o que causaria uma maior atração entre ele.

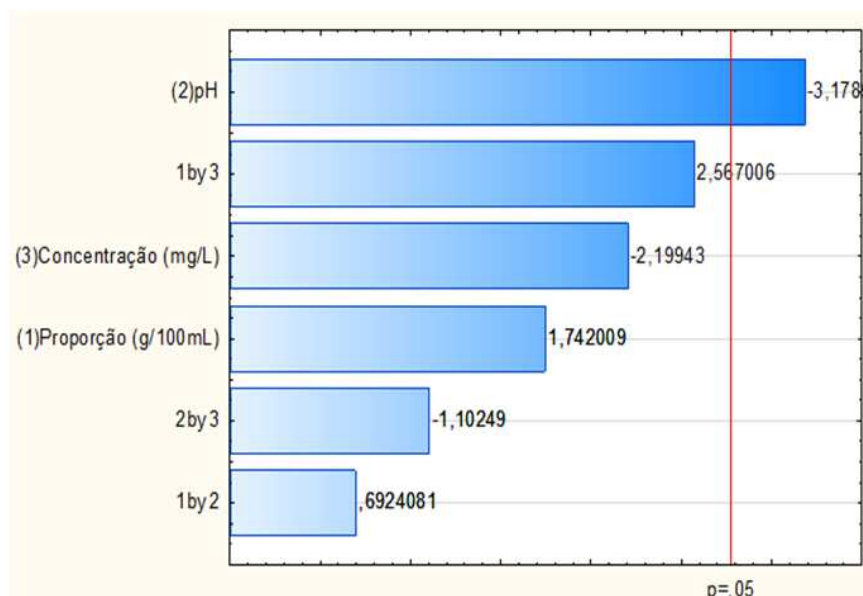


Figura 1 – Diagrama de Pareto com intervalo de confiança 95%.

A Figura 2 mostra a aplicação de um modelo estatístico linear aos valores preditos em função dos valores observados. Este tratamento estatístico mostrou que um modelo linear não se ajustou bem aos dados experimentais. Isso é coerente com o processo adsorptivo, uma vez que a adsorção é um processo muito complexo para ser bem descrito por um modelo linear.

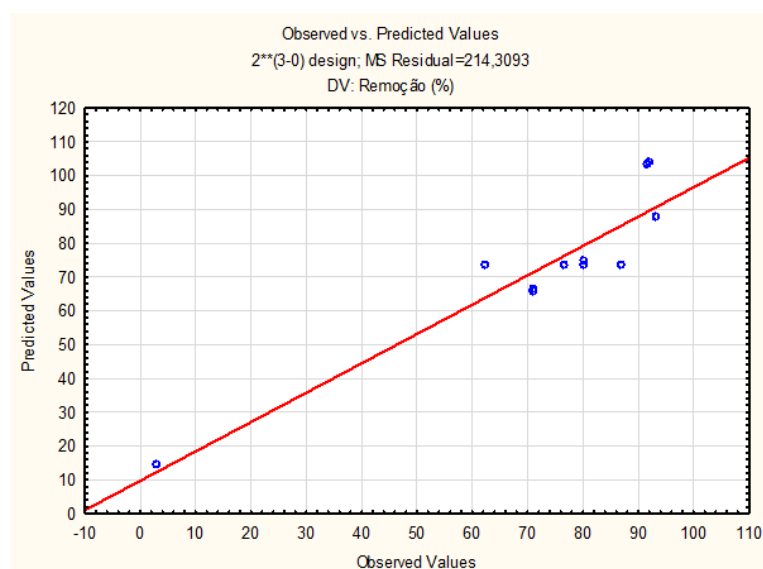


Figura 2 – Valores preditos em função dos valores observados para adsorção do corante laranja reativo 3R MR.

As Figuras 3 e 4 mostram as curvas de níveis para o processo de adsorção do corante tendo como adsorvente a semente de melão. Assumindo como variável resposta o percentual de remoção do corante.

Nota-se, nestas figuras, que ao se trabalhar no mínimo de pH tanto a concentração como a proporção não são estatisticamente significativos na faixa amostral estudada. Resultados estes que concordam com os resultados obtidos no diagrama de Pareto. Resultados semelhantes foram obtidos em estudos de KIMURA (2001), o qual obteve altas remoções quando se trabalhou a adsorção de corantes reativos em meios ácidos em quitosana.

Figura 3 – Curva de nível da remoção do corante usando-se as sementes do melão de pH em função da proporção.

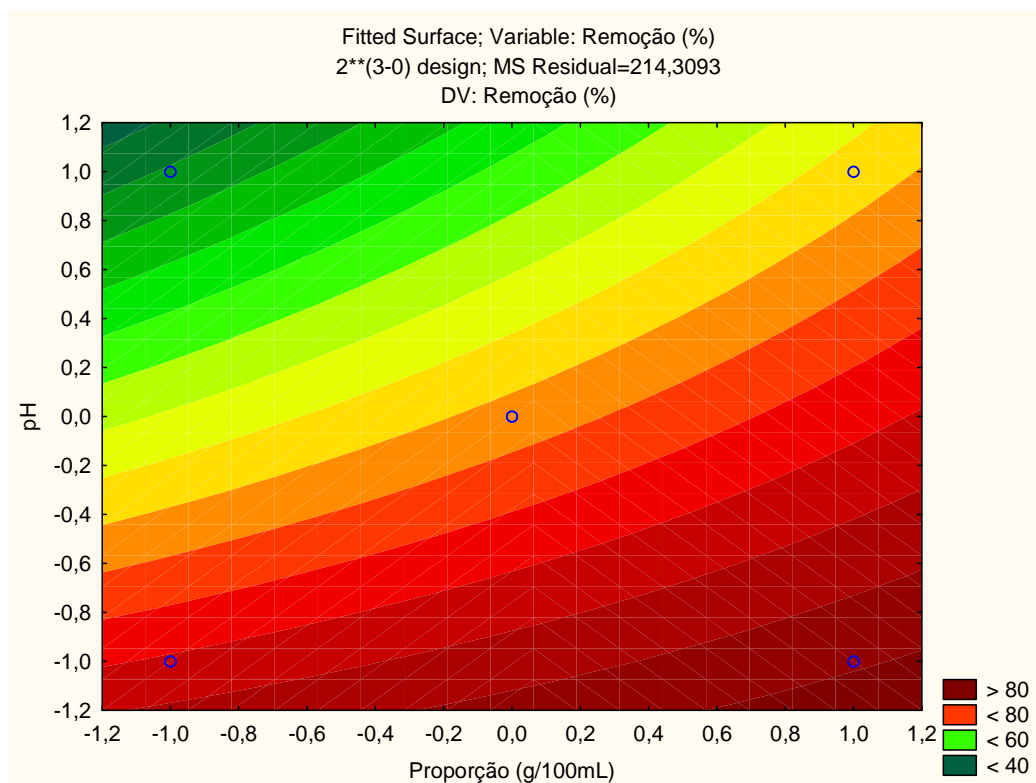
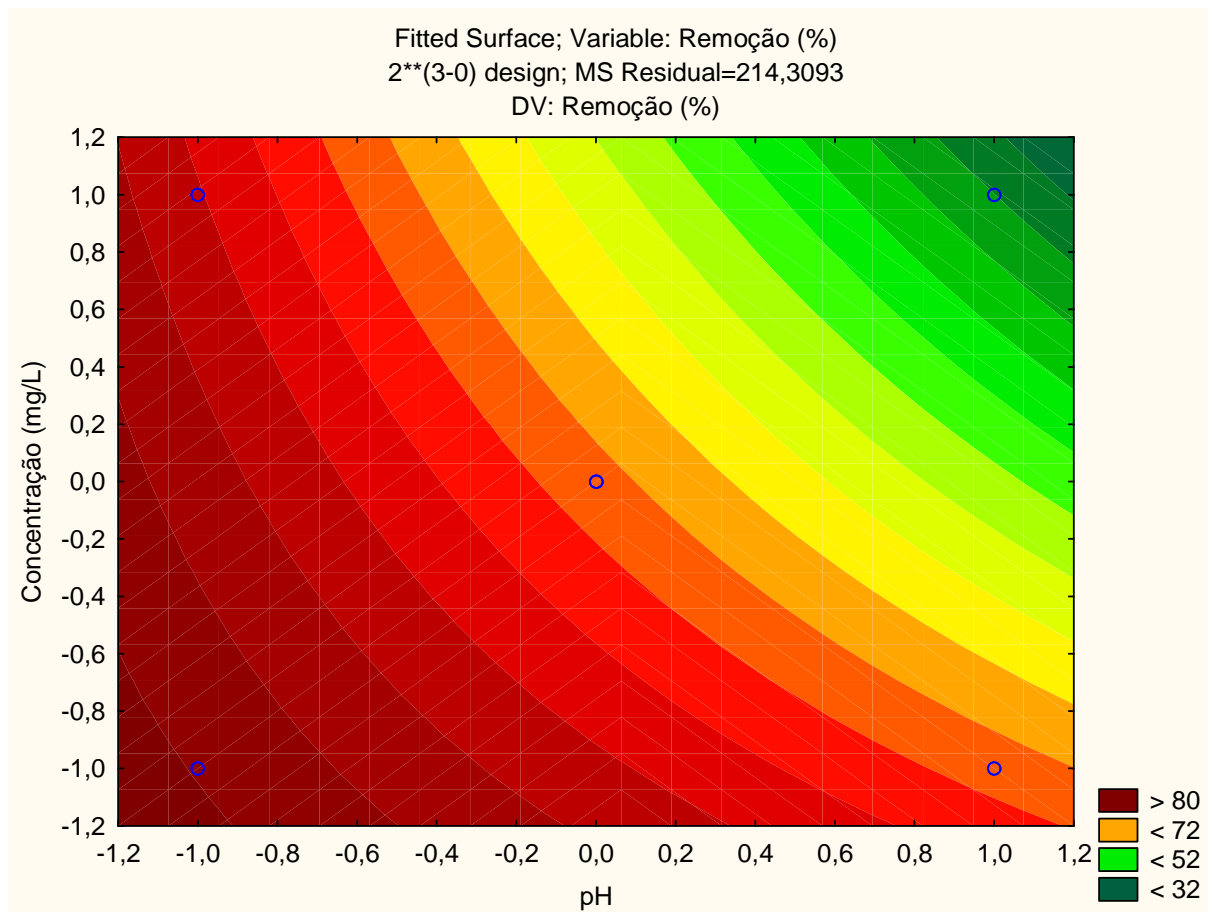


Figura 3 – Curva de nível da remoção do corante usando-se as sementes do melão de pH em função da concentração.



4. CONCLUSÃO

Utilizando o planejamento estatístico como ferramenta pôde-se avaliar a remoção do corante laranja reativo 3R MR, utilizando a semente de melão como adsorvente. Os resultados obtidos mostraram que trabalhando-se no mínimo de pH a adsorção se tornou mais eficiente, com altos percentuais de remoção. Outra constatação é que a concentração de corante e a proporção não foram estatisticamente significativos. Assim, de forma otimizar o sistema pode-se trabalhar com o máximo de concentração e o mínimo de proporção e ainda sim será obtido altos percentuais de remoção (acima de 90 %), desde que se trabalhe no mínimo de pH.

Com base nos resultados apresentados é possível afirmar que a semente do melão mostrou-se um eficiente adsorvente para o corante estudado e, em virtude de ser um resíduo agroindustrial, apresenta grande potencial para sua utilização em grande escala, pois é um adsorvente de baixo custo.

5. REFERÊNCIAS

- CRISÓSTOMO, L.A; SANTOS, A.A; RAIJ, V.B; FARIA, C.M.B; SILVA, D.J; FERNANDES, F.A.M; SANTOS, F.J.S; CRISÓSTOMO, J.R; FREITAS, J.A.D; HOLANDA, J.S; CARDOSO, J.W; COSTA, N.D. **Adubação, irrigação, híbridos e práticas culturais para o meloeiro no nordeste**. Embrapa agroindústria tropical. Fortaleza, 2002, p.1-21. Dez.2002.
- GUARATINI, C. I.; ZANONI, M. V. B. **Corantes Têxteis**. Química Nova, 23, 1, 2000.
- KIMURA, I. Y. **Remoção de corantes reativos contendo grupos vinilsulfona e triazina por adsorção e coagulação/floculação com quitosana**. Dissertação (Pós-graduação em química) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 198 f. 2001.
- MAGDALENA, C. P. **Adsorção de Corante Reativo Remazol Vermelho rb de Solução Aquosa Usando Zeólita de Cinzas de Carvão e Avaliação da Toxicidade Aguda com *daphnia similis***. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear - Materiais)- Altarguia Associada à Universidade de São Paulo, São Paulo. 151 f. 2010.
- MITTER, E. K. **Corantes da indústria têxtil: impactos e soluções**. Dissertação (Pós-graduação em microbiologia) – UNESP, Rio Branco, s.n.t.
- MORAIS, W.A. **Estudos de sorção de um corante aniônico modelo em partículas de quitosana reticulada**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. 2007.
- SANTOS, S. **Impacto Ambiental Causado Pela Indústria Têxtil**. Florianópolis. Santa Catarina, 2011. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGETP1997_T6410.PDF>. Acesso em: 02 abril 2014.
- SANTHY, K.; SELVAPATHY, P.; *Biores. Technol.* **2006**, 97, 1329.
- SCHIMMEL, D. **Adsorção Dos Corantes Reativos Azul 5g E Azul Turquesa Qg Em Carvão Ativado Comercial**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo. 99 f. 2008.