

Obtenção de carvão adsorvente oriundo da casca de pequi (*Caryocar brasiliense*) e sua aplicação no tratamento de efluentes da indústria têxtil através do processo de adsorção

Production of adsorbent charcoal from the Pequi rind (Caryocar brasiliense) and application in wastewater treatment of textile industry through the adsorption

Samira Gabrielle Oliveira Patias¹, Juliana Sávio², Murilo Cesar Costelli², Adriano da Silva³, Adriano Cancelier⁴, Toni Jefferson Lopes³.

¹Bacharel em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Mato Grosso, Barra do Garças, MT, Brasil

²Professores do Curso de Engenharia Química, Universidade Comunitária da Região de Chapecó, Chapecó, SC, Brasil

³ Universidade Federal do Rio Grande, Santo Antônio da Patrulha, RS, Brasil

⁴Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil

Resumo

A casca de pequi (*Caryocar brasiliense*) é um resíduo sem aplicação tecnológica. Assim, o objetivo do trabalho foi estudar a influência de diferentes parâmetros na obtenção do carvão adsorvente sem ativação, da casca de pequi, e sua aplicação na remoção do corante azul de metileno. Na elaboração do carvão foi utilizada técnicas de planejamento experimental avaliando-se a influência das variáveis: massa inicial da casca e temperatura em relação ao rendimento em massa do carvão e concentração mássica de corante no carvão. Após, o carvão foi utilizado nos ensaios de cinética de adsorção e dessorção do corante. Obteve-se uma faixa ótima para produção do carvão de 375 a 400°C e 66,15 a 75g, em um tempo de 20 minutos, e foi escolhido o ponto de 400°C e 66,15g, possuindo rendimento de 7% e poder de adsorção de 68%. Nos ensaios de cinética o tempo de equilíbrio foi de 90 min para todas as concentrações de corante (10, 5, 3 e 1 ppm) e os ensaios de dessorção resultaram em baixos percentuais de retirada do corante. Conclui-se que o carvão da casca de pequi é um adsorvente de baixo valor, mas sem aplicabilidade industrial pelo baixo rendimento e inviabilidade de recuperação.

Palavras-chave: Casca de pequi, Carvão, Adsorção.

Abstract

The pequi rind (*Caryocar brasiliense*) is a residue without technological application. Thus, the objective was to study the influence of different parameters in the process of obtaining carbon adsorbent without activation, of pequi rind, and its application in the removal of methylene blue dye. In the production of carbon adsorbent techniques of experimental design have been used to assess the influence of variables: initial mass of pequi rind and temperature and relative the yield carbon mass and mass concentration of dye on carbon. Thereafter, the carbon used in testing of kinetics adsorption and desorption of dye. The process afforded one region optimal for production of carbon that was 375 to 400°C and 66.15 to 75g, at a time of 20 minutes, and has been chosen the point of 400 °C and 66.15 g, having yield of 7% and the adsorption capacity of 68%. In tests of the kinetic equilibrium, time was 90 min for all tested concentrations of dye and assays desorption resulted in low percentages of removal of dye. It is concluded that pequi rind carbon is a adsorbent of low value, but without industrial applicability due low yield in mass and viability of recovery.

Keywords: Pequi rind, Charcoal, Adsorption.

1 Introdução

Dentre as frutíferas nativas do cerrado a espécie *Cariocar brasiliense Camb.*, conhecida popularmente como pequi, destaca-se pelo alto valor econômico e nutricional (SANTOS et al., 2006). Na região Centro-Oeste do Brasil, o pequi é uma fruta muito popular utilizada na culinária local e por indústrias para produção de licores, óleo, sorvetes etc., sendo a casca do pequi, costumeiramente, um resíduo sem nenhuma aplicação tecnológica e sendo usado muitas vezes como adubo orgânico.

Resíduos agrícolas ou industriais devido à sua característica renovável, baixo custo e a disposição em abundância tem despertado crescente interesse como opção na produção de adsorventes alternativos (AHMEDNA et al., 2000). A adsorção é um processo de operação simples, remove/minimiza tipos diferentes de poluentes e não requer custos elevados, devido à baixa necessidade de energia e a possibilidade de reuso de carvão via sua regeneração (INCE; APIKYAN, 2000). Portanto, tem-se destacado, dentre outras técnicas, por exercer maior aplicabilidade na remoção de cor de efluentes de indústrias têxteis, couro, papel, impressão, cosméticos etc (BHATNAGAR; SILLANPAA, 2010; SHARMA et al., 2011).

Os corantes dos efluentes das indústrias, principalmente pelas têxteis, são visualmente detectáveis e se não tratados adequadamente antes de serem lançados em águas naturais, causam sérios problemas ao atingir reservatórios e estações de água, sendo essa a preocupação ambiental mais atenuante (GUARATINI; ZANONI, 1999), uma vez que reduzem a penetração da luz afetando a atividade de fotossíntese das plantas subaquáticas e sua presença e a de seus produtos de degradação podem ser carcinogênicos e tóxicos (FIGUEIREDO et al., 2000; HAMEED et al., 2007). Dentre os corantes comumente utilizados se encontra o azul de metileno que é um corante tiazínico, tipo catiônico, comumente aplicado em poliésteres e nylons (FABRÍCIO et al., 2010).

Desta forma a casca de pequi pode tornar-se uma rica fonte para a produção de carvão, promovendo a conversão de um resíduo em adsorvente de baixo custo e eficaz, possibilitando uma alternativa de agregação de valor a este subproduto e ainda a valorização da planta, contribuindo para sua conservação. Assim, com o objetivo de contribuir para o aproveitamento desse material e, ao mesmo tempo, torná-lo útil para a remoção de poluentes em ambientes aquáticos, neste proposto trabalho utilizou-se a casca de pequi em cortes carbonizada para a remoção de azul de metileno de soluções aquosas.

2 Material e Métodos

2.1 Matérias-primas

2.1.1 Cascas de pequi

A matéria-prima para a obtenção do carvão foram cascas de pequi adquiridas em feira livre no município de Barra do Garças-MT no período entre outubro a dezembro de 2011, e a Figura 1 mostra a representação esquemática do tratamento preliminar que foi dado à matéria-prima.

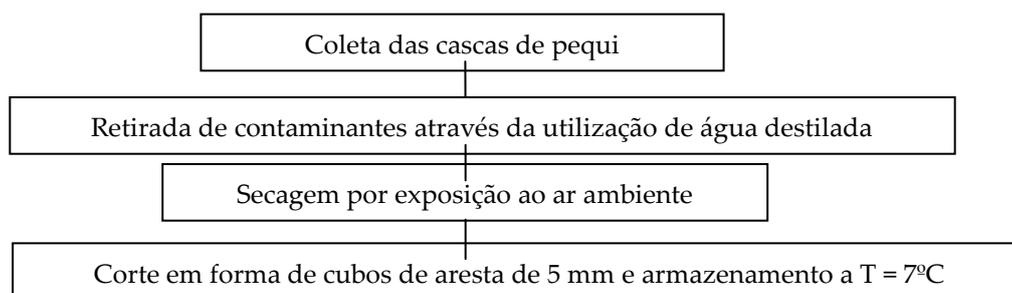


Figura 1 – Fluxograma de limpeza e corte das cascas de pequi antes da obtenção de carvão.

As cascas de pequi foram inicialmente imersas em água destilada, para a retirada dos contaminantes, e secas por exposição ao ar ambiente. Em seguida, foram submetidas ao corte no formato retangular, com o auxílio de uma peneira de malha com abertura aproximada de 5 mm, obtendo-se fragmentos de casca com dimensões de 5 mm de altura e largura e 10 mm de comprimento. Após os fragmentos foram armazenadas sob refrigeração na temperatura de 7°C até o instante dos ensaios para produção do carvão. As cascas de pequi também foram armazenadas a temperatura de 0°C, para utilização ao término da época de safra do pequi.

2.1.2 Composição centesimal das cascas de pequi

As determinações para a composição centesimal das cascas de pequi (umidade, carboidratos, proteínas, lipídeos e cinzas), segundo os métodos oficiais da A.O.A.C. (2005), foram realizadas no Laboratório de Análise de Alimentos, localizado na cidade de Barra do Garças – MT, pertencente ao Instituto de Ciências Exatas e da Terra/Campus Universitário do Araguaia II/UFMT. As cascas de pequi foram trituradas e homogeneizadas para a realização das determinações efetuadas em triplicata.

2.1.3 Corante azul de metileno

O corante utilizado no desenvolvimento do trabalho foi o azul de metileno, um corante catiônico escolhido com o objetivo de avaliar principalmente o poder e a cinética de adsorção. Para a solução de corante, as análises de concentração foram efetuadas se utilizando espectrofotometria na faixa do visível, medindo-se a absorbância para o comprimento de onda de 665 nm pode ser encontrado na literatura nos trabalhos de Castro et al. (2009) e Merg et al. (2010). As medidas de concentração das soluções de corante resultantes dos diversos ensaios experimentais foram então determinadas com base nos valores obtidos de absorbância e da curva padrão pela equação $[Absorbância] = 0,1998 [Concentração\ de\ corante]$ (com $R^2=0,9975$).

2.2 Obtenção do carvão

O carvão foi produzido por carbonização em um forno mufla produzido pela Ind. Com. Fornos Magnu's Ltda., sob distintas condições de tempo e temperatura. As temperaturas escolhidas foram de 280°C e 421°C; tempo de 20 minutos.

O carvão produzido passava ainda por uma etapa de imersão em água destilada, para que as cinzas contidas neste fossem separadas, para não interferir no processo de leitura no espectrofotômetro. A próxima etapa foi a secagem do carvão em estufa a 105°C por 24 horas e posterior armazenamento em recipientes hermeticamente fechados.

2.2.1 Planejamento experimental para obtenção do carvão

Na obtenção do carvão adsorvente foi avaliada a influência das seguintes variáveis: A) Temperatura e B) Massa de casca de pequi; com seus respectivos níveis de variação mostrados na Tabela 1. Foi adotado um planejamento experimental fatorial estrela. Posteriormente, à realização do planejamento em estrela, aplicou-se a Metodologia das Superfícies de Resposta (MSR) com o objetivo de obter as condições ótimas de operação.

Tabela 1 – Fatores e níveis estudados na produção de carvão no planejamento experimental.

	Níveis codificados				
	-1,41	-1	0	+1	+1,41
Temperatura (°C)	280	300	350	400	421
Massa (g)	23,85	30	45	60	66,15

O poder de adsorção do carvão obtido foi avaliado para cada ensaio, utilizando-se como substância a ser adsorvida o corante azul de metileno. Para tanto, foram preparadas soluções aquosas do corante a 5mg/L. A massa de adsorvente de cada ensaio utilizada foi de 0,3g.

2.3 Ensaio em batelada

Os ensaios em batelada foram realizados em recipientes de vidro tipo erlenmeyer de 125mL, adicionando-se 50mL de solução de corante azul de metileno de concentração inicial conhecida e uma determinada massa de carvão adsorvente obtido do resultado da otimização (0,5g). Os frascos foram introduzidos em Câmara Incubadora com agitação Modelo MA-830, fabricada por Marconi Equipamentos e calibração para Laboratórios, a 30°C e frequência de agitação de 60 rpm para facilitar a interação entre o adsorvente e corante. Após certo período de tempo, era interrompida a agitação e procedia-se a retirada de uma alíquota do conteúdo sobrenadante para posterior análise no espectrofotômetro UV-visível.

8.1.3 Ensaio em batelada de dessorção

Os ensaios de dessorção em batelada foram realizados com 0,5g de carvão de casca de pequi contendo o corante azul de metileno adsorvido e 50 mL de solução dessorvente, mantidas sob agitação em Câmara Incubadora com agitação á velocidade de 60 rpm e temperatura de 30°C. A concentração de corante no sobrenadante foi determinada a 665 nm. Três tipos de soluções dessorventes foram testados conforme utilizado por Costa (2005):

- solução tampão Mcllvaine pH 2,9 /etanol;
- solução água/ ácido acético (90:10) em volume;
- solução etanol/ água/ ácido cítrico (70:30:5) (mL/mL/g).

3 Resultados e Discussão

3.1 Caracterização da casca de pequi *in natura* e carbonizada

Na Tabela 2 se encontram os valores obtidos na determinação de umidade, carboidratos totais, lipídeos, proteínas e cinzas da casca de pequi. Os resultados das análises foram expressos através da média, desvio padrão e coeficiente de variação (CV).

Tabela 2 – Resultados das determinações de umidade, lipídeos, carboidratos, proteínas e cinzas da casca de pequi expressos em g/ 100g de matéria seca, exceto umidade.

Componentes	Quantidade (g/100g de matéria seca)	CV(%)	Quantidade (g/100g de matéria seca) Oliveira (2008)
Umidade (%)	74,15 ± 0,46	0,62	71,0
Carboidratos totais	92,80±2,34	2,52	91,03
Lipídeos	0,98 ± 0,06	6,58	1,31
Proteínas	3,25±0,27	8,31	3,59
Cinzas	3,02 ± 0,02	0,67	4,0

Os valores observados na Tabela 2 são relativamente próximos aos valores encontrados por Oliveira (2008), que são de um valor de 71,0% de umidade, 4,0 g de cinzas/100g de matéria seca e 1,31 g de lipídeos/100g de matéria seca para a casca de pequi.

Na Figura 2 pode ser observado a largura e o comprimento de amostras de carvão da casca de pequi, onde em comparação com a Figura 3 pode ser observado uma diminuição das dimensões da

amostra pela carbonização. Na Figura 3 pode ser visualizado o comprimento, que é de 1,0 cm, de amostras de casca de pequi em fragmentos, a largura e a altura correspondem a 0,5 mm.



Figura 2 – Comprimento e largura do carvão da casca de pequi.



Figura 3 – Comprimento de amostras da casca de pequi.

3.2 Planejamento experimental

O planejamento em estrela é apresentado na Tabela 3, juntamente com a triplicata do ponto central e $\pm\alpha$ igual a $\pm 1,41$.

Tabela 3 – Planejamento em estrela com a adição de mais três níveis codificados e triplicata do ponto central, com suas respectivas respostas.

Ensaio	Fatores		Respostas	
	Temperatura (°C)	Massa de casca de pequi (g)	Massa do carvão da casca de pequi (g)	Concentração mássica do corante azul de metileno no carvão (mg/g)
1	280(-1,41)	45(0)	5,7265	0,5922
2	421(1,41)	45(0)	1,1041	0,7252
3	350(0)	23,85(-1,41)	1,0461	0,6541
4	350(0)	66,15(1,41)	8,964	0,5705
5	350(0)	45(0)	3,3739	0,6373
6	350(0)	45(0)	3,5297	0,6067
7	350(0)	45(0)	4,1053	0,6038

3.3 O estudo do modelo empírico e curvas de nível gerada em relação à resposta massa do carvão da casca de pequi

A escolha do modelo a ser utilizado para a resposta foi feita a partir da análise de variância (ANOVA) de cada modelo obtido, onde se gerou o Quadro 1 para fazer a comparação.

Quadro 1 – Comparação entre modelos empíricos gerados pelo planejamento estrela com triplicata no ponto central em relação a resposta de rendimento em massa do carvão da casca de pequi.

Modelo empírico	Coefficiente de determinação (R ²)	F ₁ calculado (v1,v2) F tabelado (v1,v2)	F ₂ calculado (v1,v2) F tabelado (v1,v2)	Varição explicada (%)	Varição máxima explicável (%)
Equação de termos lineares com somente efeitos principais	0,88293	30,1683 4,459	11,3571 19,239	79,0402	99,7012
Equação de termos lineares e quadráticos com efeitos principais	0,91813	16,7071 4,534	11,7627 19,247	84,7771	99,6897
Equação de termos lineares com efeitos principais e secundários	0,94737	42,0016 4,347	5,9067 19,296	90,0003	99,6829
Equação de termos lineares e quadráticos com efeitos principais e secundários	0,98257	56,0173 5,05	2,8141 19,164	96,5528	99,6699

Onde: F₁ é o F calculado para os resíduos em relação à regressão e F₂ é o F calculado para o erro puro em relação a falta de ajuste do modelo.

Através da Tabela 4 pode-se observar que o melhor modelo a ser utilizado para a resposta rendimento em massa do carvão da casca de pequi é o de equação de termos lineares e quadráticos com efeitos principais e secundários. A escolha deste modelo ocorre por este apresentar melhor regressão, o F calculado para os resíduos em relação à regressão (F₁) é 11 vezes maior que o *valor da distribuição F tabelado, o F calculado para o erro puro em relação a falta de ajuste (F₂) do modelo é quase 7 vezes menor que o F tabelado e ainda a porcentagem da variação explicada é alta indicando que o modelo pode prever valores e a porcentagem máxima explicável é alta indicando que se obteve baixo erro experimental.

A partir da regressão os coeficientes do modelo foram calculados para o rendimento em massa do carvão, sendo representado pela Equação 1.

$$RM = 3,6698 - 1,97716 T - 0,13886 T^2 + 2,40074 MC + 0,66077 MC^2 - 1,19691 T MC \quad (1)$$

Onde: RM= Massa do carvão da casca de pequi; T= Temperatura utilizada na obtenção do carvão e MC= Massa da casca de pequi utilizada na obtenção do carvão.

3.4 Estudo do modelo empírico em relação à resposta concentração mássica do corante azul de metileno no carvão

Foi utilizado o mesmo procedimento da resposta anterior, onde a escolha do modelo foi feita a partir da análise de variância (ANOVA) de cada modelo obtido para a resposta concentração mássica do corante azul de metileno no carvão, gerando o Quadro 2 para fazer a comparação.

Quadro 2 – Comparação entre modelos empíricos gerados pelo planejamento estrela com triplicata no ponto central em relação à resposta concentração mássica de corante azul de metileno no carvão da casca de pequi.

Modelo empírico	Coefficiente de determinação (R ²)	F ₁ calculado (v1,v2) F tabelado (v1,v2)	F ₂ calculado (v1,v2) F tabelado (v1,v2)	Varição explicada (%)	Varição máxima explicável (%)
Equação de termos lineares com somente efeitos principais	0,62373	6,6308 4,459	14,1081 19,329	45,3207	99,3690
Equação de termos lineares e quadráticos com efeitos principais	0,66229	2,9210 4,534	18,9426 19,247	49,3332	99,3485
Equação de termos lineares com efeitos principais e secundários	0,65022	4,3376 4,347	15,7097 19,296	48,1727	99,3566
Equação de termos lineares e quadráticos com efeitos principais e secundários	0,68878	2,1982 5,05	23,2234 19,164	52,3609	99,3353

Onde: F₁ é o F calculado para os resíduos em relação à regressão e F₂ é o F calculado para o erro puro em relação a falta de ajuste do modelo.

Na Tabela 5 pode-se observar que o melhor modelo a ser utilizado é o de equação de termos lineares com somente efeitos principais. Escolheu-se este modelo por ser o único que apresenta o F calculado para os resíduos em relação à regressão (F₁) maior que o *valor da distribuição F tabelado. O F calculado para o erro puro em relação à falta de ajuste (F₂) do modelo é menor que o F tabelado.

O modelo para a concentração de corante no carvão é representado pela Equação 2.

$$C = 0,601494 + 0,078373 T - 0,007579 MC \quad (2)$$

Onde: C= concentração de corante no carvão após a adsorção.

3.5 Determinação da região ótima no processo de obtenção do carvão

Por meio da junção das curvas de nível geradas pela Equação 1 e 2 é verificada a área em que se estabelece a melhor condição para obtenção do carvão da casca de pequi em relação a ambas as respostas como mostra a Figura 4.

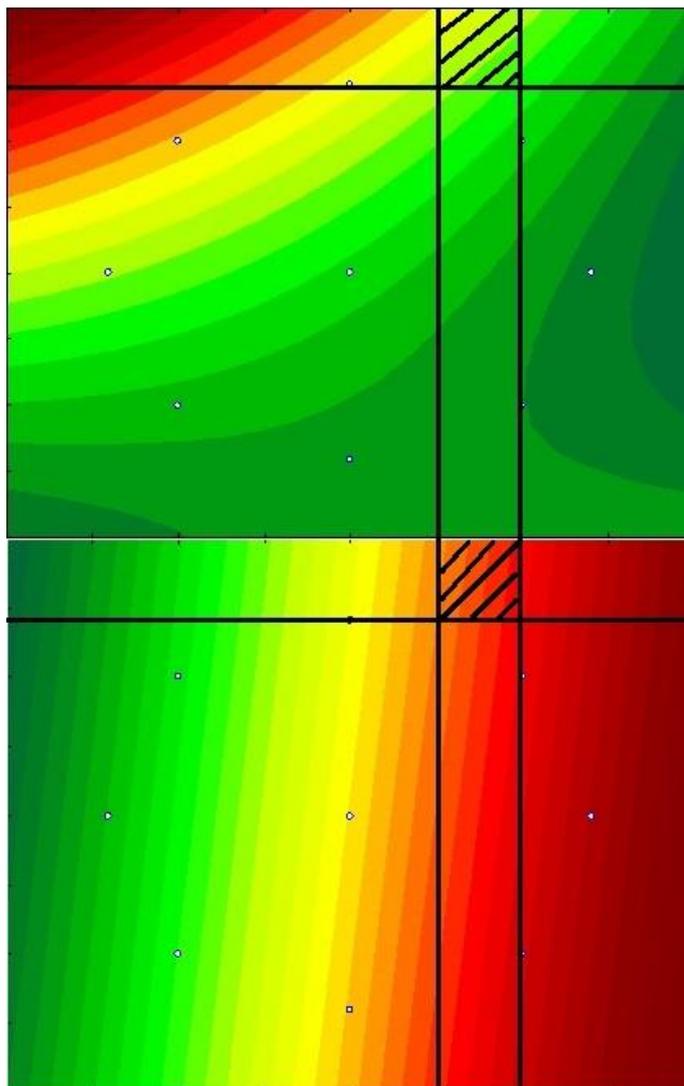


Figura 4 - Curvas de nível para os fatores codificados massa de casca de pequi e temperatura em relação às respostas rendimento em massa do carvão (A) e concentração mássica de corante azul de metileno no carvão da casca de pequi (B).

Decodificando os valores tem-se que a melhor condição para a produção do carvão é a região de temperatura de 375 a 400 °C (0,5 a 1) e massa de casca de pequi de 66,15 a 75g (1,41 a 2), com isso, dentro desta região, foi escolhido o ponto de 400 °C e 66,15g (1 para temperatura e 1,41 para a massa de casca de pequi), utilizado na obtenção de carvão que foi posteriormente utilizado nos ensaios de dessorção e cinética de adsorção.

A escolha deste ponto teve o interesse de obter um carvão com maior poder de adsorção e com maior rendimento em massa, apesar de observar-se que não há uma região clara de intersecção entre as duas com a junção das Figuras 4A e 4B. Assim, optou-se por uma região de maior capacidade de adsorção, mas com um rendimento de massa de carvão mediano, devido à constatação de que a eleição de uma região com maior rendimento em massa gera um adsorvente parcialmente carbonizado com baixa capacidade de adsorção e que causa o problema de proporcionar uma coloração amarela a solução de corante de azul de metileno, resultando em coloração esverdeada, nos ensaios de adsorção.

3.5 Cinética de adsorção

A cinética experimental de adsorção foi realizada em quadro condições diferentes para o processo em batelada, conforme é observado na Figura 5.

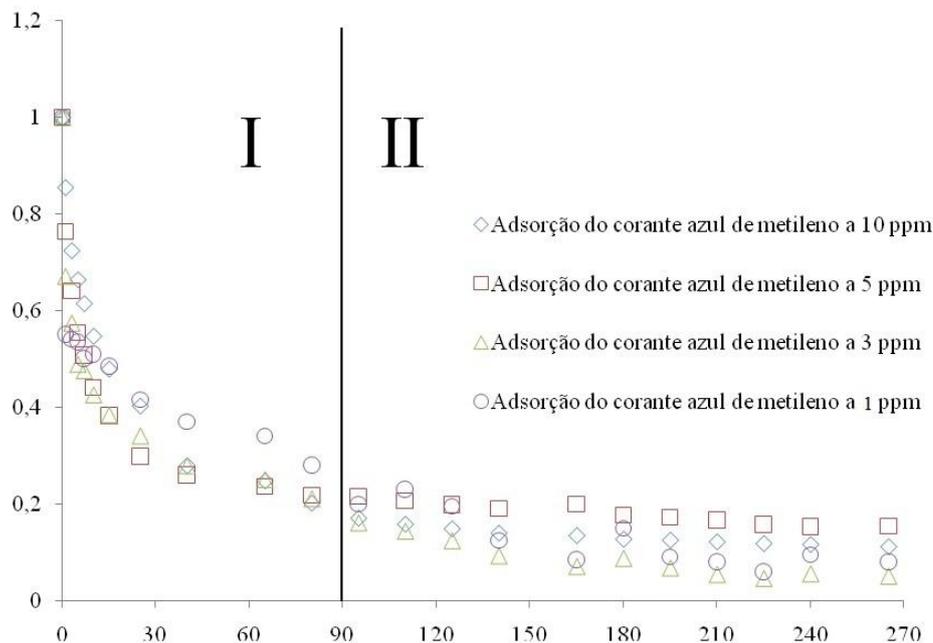


Figura 5 - Cinética de Adsorção em batelada a temperatura constante de 30°C.

Nota-se que na Figura 5 as curvas de cinética seguem um comportamento similar e dividem o gráfico em duas regiões distintas. Na região I observa-se a queda brusca da concentração inicial do corante no sobrenadante nos primeiros instantes de contato, ou seja, há uma velocidade maior de adsorção. Na região II o equilíbrio é alcançado, não ocorrendo mais o processo de adsorção, num tempo de aproximadamente 90 minutos para as quatro diferentes concentrações de corante inicial estudadas.

Alves et al. (2011) utilizando carvão ativado ósseo e fibra de bambu obteve rendimentos de adsorção de azul de metileno da ordem de 95% e 55%. Enquanto Tramontin et al. (2011), utilizando carvão ativado de finos de carvão, obteve rendimentos de 95 a 96 %, tendo tratado o carvão por fluxo de CO₂ para eliminação de teores de oxigênio nos poros, enquanto o carvão não tratado teve um rendimento de 58%. Estudos e Dotto et al. (2011) mostraram rendimentos de 30 a 35 % de remoção para os corantes azul brilhante, amarelo crepúsculo e amarelo tartrazina.

3.6 Ensaios de dessorção

Na Tabela 6 podem ser observados os resultados dos ensaios de adsorção e dessorção. Os ensaios eram interrompidos após 90 minutos, pois pela Fig. 5 pode-se visualizar que o equilíbrio é alcançado neste período.

Tabela 4 – Massas adsorvidas e dessorvidas de corante presente em soluções de azul de metileno.

Solução de dessorção	Massa de corante adsorvida	Massa de corante dessorvida	Percentual de corante dessorvido (%)
Etanol/ água/ ácido cítrico(70:30:5)	0,207	0,018	8,45
Água/ ácido acético (90:10)	0,192	0,024	12,27
Tampão Mcllvaine pH 2,9/etanol	0,201	0,007	3,49

Analisando a Tabela 6 pode-se notar que as soluções não foram eficientes na retirada do corante do carvão. Foi feita a tentativa de modificar a polaridade da solução para retirar o corante da matriz, mas pode-se notar que as porcentagens de corante dessorvido foram baixas, principalmente a de tampão Mcllvaine de pH 2,9 em etanol (3,49%). Dassoler et al. (2013) obtiveram melhores resultados de dessorção (32%) de azul de metileno utilizando farelo de trigo como adsorvente.

Os resultados de baixo percentual de dessorção do corante também podem indicar que o processo de adsorção é químico e, portanto, mais difícil de ser revertido por conduzir a ligações eletrostáticas ou envolver o compartilhamento de elétrons entre as moléculas do corante e os sítios do carvão.

4 Conclusões

A fim de encontrar uma alternativa de aproveitamento tecnológico da casca de pequi estudou-se a obtenção de um carvão oriundo deste resíduo, onde foi possível concluir:

Na otimização do processo tem-se uma faixa ótima para produção do carvão que vai de 375 a 400°C para a temperatura e de 66,15 a 75g para a massa de casca de pequi e dentro desta região, foi escolhido o ponto de 400°C e 66,15g como melhor para utilização em futuros experimentos. O carvão mostrou-se eficiente na adsorção do corante azul de metileno apresentando as seguintes características no processo de adsorção:

- Poder de adsorção em torno de 68% e rendimento em massa de 7%.
- O tempo de equilíbrio foi de 90 min para todas as concentrações de corante testadas, demonstrando que a diferença das concentrações iniciais utilizadas não afeta este parâmetro.
- No processo de dessorção obtiveram-se baixos percentuais de retirada do corante adsorvido no carvão, indicando que o processo de adsorção pode ser químico, inviabilizando sua reutilização em novos processos de adsorção.

Referências

AHMEDNA, M.; MARSHALL, W. E.; RAO, R. M. Production of granular activated carbons from select agricultural by-products and evaluation of their physical, chemical and adsorption properties. **Bioresource Technology**, v. 71, n. 2, p. 113-123, 2000.

ALVES, A.C.D.; CERVELIN, P.C.; MÓDENES, A.N.; MONARIN, M.M.S.; SANTOS, G. H. F.; VEIT, M.T.. Aplicação da fibra de bambu in natura e carvão ativado ósseo como adsorvente na remoção de corante azul de metileno. II Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais. Foz do Iguaçu, Pr, 2011.

AOAC. Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists. 18.ed. Gaithersburg, Maryland: AOAC, 2005.

BHATNAGAR, A.; SILLANPAA, M. Utilization of agro-industrial and municipal waste materials as potential adsorbents for water treatment—A review. **Chemical Engineering Journal**, v.157, p. 277-296, 2010.

CASTRO, C. S.; GUERREIRO, M. C.; OLIVEIRA, L. C. A.; GONÇALVES, M. Remoção de compostos orgânicos em água empregando carvão ativado impregnado com óxido de ferro: ação combinada de adsorção e oxidação em presença de H₂O₂. **Química Nova**, v.32, n.6, p. 1561-1565, 2009.

COSTA, A. E. **Adsorção e purificação de corantes naturais com sílica amorfa**. 2005. 79f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2005.

DASSOLER, K.; MOTTA, C.V.; MONTANHER, S.F.. Adsorção de azul de metileno em resíduo agroindustrial de farelo de trigo. 53º Congresso Brasileiro de Química. Rio de Janeiro, RJ, 2013. Disponível em: <<http://www.abq.org.br/cbq/2013/trabalhos/3/3230-17148.html>>. Acesso em 07 de maio de 2014.

DOTTO, G.L.; VIEIRA, M.L.G.; GONÇALVES, J.O.; PINTO, L.A.A. Remoção dos corantes azul brilhante, amarelo crepúsculo e amarelo tartrazina de soluções aquosas utilizando carvão ativado, terra ativada, terra diatomácea, quitina e quitosana: estudos de equilíbrio e termodinâmica. Escola de Química e Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande - RS, 2011.

FABRÍCIO, T. N.; BRAGA, M. A.; GOMES, T. R. S.; VASCONCELOS, A. K. P.; AQUINO, M. D.; ARAÚJO, R. Produção de biossurfactante e biodegradação no cultivo de *geobacillus stearothermophilus* com corante azul de metileno. In: CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA, 5., 2010, Maceió. **Anais eletrônicos**. Maceió: IFAL, 2010.

FIGUEIREDO, S. A.; BOAVENTURA, R. A.; LOUREIRO, J. M. Color removal with natural adsorbents: modeling, simulation and experimental. **Separation and Purification Technology**, v. 20, n. 1, p. 129-141, 2000.

GUARATINI, C. C. I.; ZANONI, M. V. B. Corantes Têxteis. **Química Nova**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 71-78, 2000.

HAMEED, B. H.; AHMAD, A. L.; LATIFF, K. N. A. Adsorption of basic dye (methylene blue) onto activated carbon prepared from rattan sawdust. **Dyes and Pigments**, v. 75, n. 1, p. 143-149, 2007.

INCE, N. H.; APIKYAN, I. G. Combination of activated carbon adsorption with light-enhanced chemical oxidation via hydrogen peroxide. **Water Research**, v. 34, n. 17, p. 4169-4176, 2000.

MERG, J. C.; ROSSETT, F.; PENHA, F. G.; PERGHER, S. B. C.; PETKOWICZ, D. I.; SANTOS, J. H. Z. Incorporação de dióxido de titânio em zeólitas para emprego em fotocatalise heterogênea. **Química Nova**, São Paulo, v. 33, n. 7, p. 1525-1528, 2010.

OLIVEIRA, M. E. B.; GUERRA, N. B.; BARROS, L. M.; ALVES, R. E. **Aspectos agrônômicos e de qualidade do pequi**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2008. 32 p. Documentos, 113.

SANTOS, B. R.; PAIVA, R.; DOMBROSKI, J. L. D.; MARTINOTTO, C.; NOGUEIRA, R. C.; SILVA, A. A. N. Pequiizeiro (*Caryocar brasiliense* Camb.): uma espécie promissora do cerrado brasileiro. **Boletim Agropecuário**, v. 64, p. 5-33, 2006.

SHARMA, P.; KAUR, H.; SHARMA, M.; SAHORE, V. A review on applicability of naturally available adsorbents for the removal of hazardous dyes from aqueous waste. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 183, p. 151-195, 2011.

TRAMONTIN, Deise P.; PETERSON, Michael; PIZZOLO, Juliana P.; PIZZOLO Jussara P.. Adsorção do corante básico (azul de metileno) por carvão ativado preparado a partir de finos de carvão. III Congresso Brasileiro De Carvão Mineral. Gramado, RS. 2011. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/rede-carvao/artdir3.htm>. Acesso em 15 de abril de 2014.