

## Obtenção de carvão ativado a partir de casca de soja e aplicação em processos de adsorção

## Obtaining activated carbon from soybean hulls and application in adsorption process

### RESUMO

**Leticia Pinto**  
[letpin@alunos.utfpr.edu.br](mailto:letpin@alunos.utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, Paraná, Brasil

**Andréia Anschau**  
[andreianschau@utfpr.edu.br](mailto:andreianschau@utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, Paraná, Brasil

A busca por adsorventes alternativos de alta eficiência, fácil obtenção e baixo custo tem sido estudados para o tratamento de efluentes. O presente trabalho teve por objetivo a caracterização físico-química da casca de soja em diferentes granulometrias (20, 35 e 60 mesh) para estudos de adsorção. Para a caracterização da matéria-prima foram quantificados os teores de umidade, matéria mineral, cinzas, proteína bruta, gordura total, celulose, hemicelulose e lignina. No carvão ativado foram feitas as análises de densidade aparente, pH, condutividade, mesoporosidade, microporosidade e rendimento. Com relação à determinação do ponto de carga zero (PCZ) para o carvão ativado, foi possível verificar que a capacidade tamponante foi obtida em pH 8. O rendimento do carvão ativado para as granulometrias de 20 e 35 mesh apresentou-se entre 96 a 100%.

**PALAVRAS-CHAVE:** Adsorvente alternativo; biomassa; adsorvente.

Recebido: 19 de Maio | 2019.

Aprovado: 01 out. 2019.

**Direito autorial:** Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



## ABSTRACT

The search for high efficiency, easy to obtain and low cost alternative adsorbents has been studied for wastewater treatment. The objective of the present work was the physicochemical characterization of soybean hulls in different particle sizes (20, 35 and 60 mesh) for adsorption studies. For the characterization of the raw material, moisture, mineral matter, ash, crude protein, total fat, cellulose, hemicellulose and lignin contents were quantified. In the activated charcoal the analyzes of apparent density, pH, conductivity, mesoporosity, microporosity and yield were made. Regarding the determination of the zero charge point (PCZ) for activated charcoal, it was verified that the buffering capacity was obtained at pH 8. The activated charcoal yield for the 20 and 35 mesh particle sizes was between 96 and 100. %.

**KEYWORDS:** Alternative adsorbent; biomass; adsorbent.

## INTRODUÇÃO

O processo de adsorção utilizado pela indústria química apresenta alta eficiência de remoção, baixo custo e a possível recuperação de compostos adsorvidos o torna um processamento atraente para a problemática. A utilização de um subproduto ou resíduo industrial abundante por sua vez, diminui ainda mais o custo do processo de adsorção (CRINI, 2006).

A casca de soja conhecidamente possui características adsorventes, como detêm alto teor de carbono, adequa-se como matéria-prima de grande potencial à produção de carvão ativado (MCCABE et al. 2001). A utilização de biomassas enquadra-se no conceito de desenvolvimento sustentável, por tratar-se da reutilização de um resíduo agropecuário, além de contar com redução de custos na obtenção da matéria (CORDEIRO, 2011). Sendo assim, o objetivo do presente trabalho foi a realização de carvão ativado utilizando casca de soja como matéria-prima em processo de adsorção.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A casca de soja adquirida junto à empresa Insuagro Insumo Agrícolas Ltda (Dois Vizinhos, PR). Inicialmente foi feita a moagem e peneiramento (20, 35 mesh) da biomassa. Para a carbonização da granulometria de 20 mesh foi definido o tempo de 30 minutos a 220°C e para a granulometria de 35 mesh, 30 minutos a 180°C.

### 1.1 Caracterização química e bromatológica de casca de soja *in natura*

Para a caracterização do adsorbente *in natura* foram levados em consideração, os principais constituintes químicos presentes em sua estrutura.

ra. Foram quantificados os teores de umidade, matéria mineral e proteína bruta conforme as normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2004). Para a determinação de gordura total, hemicelulose, celulose e lignina com certa contaminação de pectina, proteína e cinzas foi utilizado o método determinado pelo AOCS American Oil Chemists' Society (2005).

## 2. Obtenção do carvão ativado

### 2.1 Carbonização

Para a etapa de carbonização foram realizados testes em diferentes faixas de tempos de 20 minutos a 60 minutos e diferentes temperaturas (150°C a 250°C) em mufla para cada uma das granulometrias, com amostras de 5g de casca de soja *in natura* em cápsulas de porcelana. Tais granulometrias foram adotadas afim de buscar melhor adsorção, granulometrias menores não obtiveram sucesso na etapa de carbonização.

### 2.2 Ativação química

Na etapa de ativação química da biomassa carbonizada nas granulometrias de 20 e 35 mesh na primeira ativação química utilizou-se de hidróxido de sódio 0,5 mol através da metodologia proposta por DOUGLAS et al, 2006. Na segunda ativação química foram utilizados três agentes ativantes distintos acetato de sódio, hidróxido de potássio e ácido fosfórico seguindo metodologia proposta por FENG et al., 2004.

### 2.3 Ativação física

Para a ativação física as amostras obtidas na segunda ativação química foram levadas para mufla a 180°C por 1h.

## 3. Caracterização do carvão ativado

### 3.1 Análise do ponto de carga zero ( $P_{CZ}$ )

O Ponto de carga zero é definido como o pH em que a superfície do adsorvente *in natura* possui carga neutra de acordo com a metodologia "experimento dos 11 pontos" (REGALBUTO et al., 2004).

### 3.2 Densidade aparente

A determinação da densidade aparente do carvão ativado foi determinada pela divisão do peso da amostra pelo volume ocupado pela mesma.

### 3.3 Determinação de pH

Para determinar o pH das diversas amostras foi utilizada a metodologia descrita por MEDEIROS (2008).

### 3.4 Condutividade

Da análise de condutividade elétrica utilizou-se o método descrito por Ahmedna (1998, apud NG et al., 2002). Uma solução a 1% (p/p) de carvão ativado em água destilada foi submetida à agitação durante 20 minutos a 25°C e posterior medição em condutímetro.

### 3.5 Mesoporosidade - Índice de azul de metileno (IAM)

Para a análise do índice de azul de metileno utilizou-se a metodologia proposta por Mocelin (2007). Em espectrofotômetro a 665 nm, analisou-se as amostras resultantes do processo. A partir dos resultados obtidos realizou-se o cálculo de IAM, dado pela equação (7).

$$\text{IAM (mg/g)} = 50 \text{ (mg/L)} * 0,1(\text{L}) - \text{AMr (mg)} \quad (7)$$

IAM: miligramas de azul de metileno adsorvida por grama de carvão ativado; AMr: miligrama de azul de metileno remanescente na solução.

### 3.6 Microporosidade - Número de iodo (NI)

Para determinar o número de iodo utilizou-se a metodologia descrita por Souza Filho (2012).

### 3.7 Rendimento

Para a determinação do rendimento do carvão ativado as amostras foram pesadas antes e depois dos processos de carbonização e obtenção do carvão ativado. O rendimento do carvão produzido se deu pela divisão da massa final do carvão (em gramas), pela massa inicial de casca de soja (em gramas), multiplicado por cem.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para o teor de cinzas foi obtido o valor de 4,1% (Tabela 1). O conteúdo de umidade da casca de soja foi inferior a 5%. A matéria mineral variou de 5,6% a 14,3% entre as diferentes granulometrias, semelhante ao reportado Rojas, 2012 e Mielenz et al, 2009 para o mesmo resíduo. O teor de proteína bruta, ficou em média 8,7%, e extrato etéreo abaixo de 1%.

Tabela 1 - Caracterização casca de soja

	20 mesh	35 mesh
MS (%)	97,70 ± 8,12	97,00 ± 10,70
MM (%)	9,18 ± 0,00	5,65 ± 0,00
PB (%)	11,10 ± 0,80	5,74 ± 0,67
EE (%)	1,62 ± 0,09	0,26 ± 0,19
Celulose (%)	30,14 ± 0,00	37,03 ± 0,01
Hemicelulose (%)	10,12 ± 0,00	14,30 ± 0,00
Lignina (%)	8,13 ± 0,00	7,86 ± 0,00

Fonte: Autoria própria (2019).

MS: massa seca; MM: material mineral; EE: extrato etéreo; PB: Proteína Bruta; FDN: Fibra de detergente neutro; FDA: Fibra de detergente ácido; LIG: lignina.

Os teores de hemicelulose, celulose e lignina encontrados foram similares aos de outros autores. Cassales et al. (2011) obtiveram 31% de celulose, 26% de hemicelulose e 5,7% de lignina. A casca de soja apresentada possui baixo conteúdo de lignina e alto conteúdo de celulose.

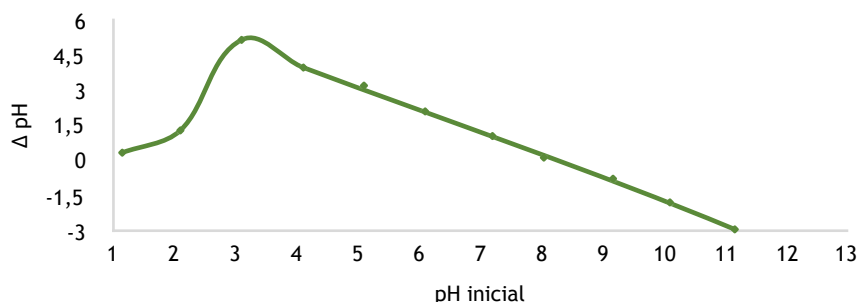
Nos estudos de Miron et al. (2001) e Karupuchamy & Muthukumarrappan (2009), a casca de soja apresentou alta porcentagem de celulose, cerca de 51% contrapondo 36%, valor obtido por Corredor (2008) e 37% do presente trabalho para a granulometria 35 mesh. Valores de hemicelulose e lignina encontrados na casca de soja por Corredor (2008) 12,48% e 0,2% respectivamente. O mesmo autor encontrou valores de FDN e FDA 49,0 e 36,6 aproximados aos desse trabalho 48,4% e 38,2% para a menor granulometria 60 mesh.

Quanto maior o teor de lignina presente na biomassa, maior o rendimento de carvão e, conseqüentemente, maior a quantidade de carvão ativado (GONZÁLEZ, et al, 2003). A composição do material lignocelulósico em relação ao teor de celulose, hemicelulose e lignina, determina de certa forma, o desenvolvimento da porosidade e da área superficial do carvão ativado produzido (ARRIAGADA et al, 1997).

### Análise do ponto de carga zero

O cálculo do PCZ foi realizado pela média aritmética de pH final e inicial. O valor encontrado para o adsorvente casca de soja foi de 8 (Figura 1), valor no qual o adsorvente atua como tampão, mostrando que soluções acima deste ponto fornecerão carga superficial negativa, favorecendo a adsorção de cátions e abaixo do PCZ apresentarão carga superficial positiva, favorecendo a adsorção de ânions.

Figura 1 - Variação do PH de casca de soja



Fonte: Autoria própria (2019)

A densidade aparente tal como a uniformidade de carvões em filtros podem indicar seu possível comportamento no sistema sua eficiência em adsorver relaciona-se com uma elevada densidade aparente apresentando assim menor necessidade de substituição devido a degradação (NG et al., 2002). Dos carvões obtidos através de tratamentos físicos e químicos o que apresentou maior densidade foi o ativado com sal.

A condutividade elétrica relaciona-se com a quantidade de minerais presentes no carvão, tal propriedade é mensurada através da água de lavagem do carvão ativado. Segundo NG et al. (2002) um valor elevado de condutividade elétrica pode apresentar restrições nas aplicações de uso do carvão, devido a perda de eficiência em adsorção. A perda de eficiência na adsorção se dá pela competição dos sais minerais presentes no carvão com a substância a ser adsorvida. Para a granulometria de 20 mesh o carvão ativado com base apresentou uma média de condutividade de 778  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , para o ativante ácido a média de 144  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Para a granulometria de 35 mesh para o sal apresentou o valor médio de 117  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Em relação ao valores de pHs obtidos, o carvões ativados que apresentaram maiores valores de pH foram os ativados com base, que apre-

sentou valor médio de 9,91. Dos menores valores de pH temos os carvões ativados com ácido com valor médio de 3,60 e os sais apresentaram pHs intermediários de valor médio 6,71.

Da mesoporosidade dos carvões ativados temos que apesar de terem sido testadas duas granulometrias distintas, os valores obtidos foram próximos. Para a granulometria de 20 mesh temos a variação entre 4.936 a 5.000 mg/g e para a granulometria de 35 mesh de 4.949 a 5.000 mg/g. Tendo que a microporosidade de carvão ativado deve encontrar-se no intervalo de 448 a 1134 mgl<sup>2</sup>/g de carvão ativado de acordo com Moletta (2001), os resultados obtidos experimentalmente para 20 mesh encontram-se entre 513 a 588 mgl<sup>2</sup>/g e para 35 mesh entre 527 a 578 mgl<sup>2</sup>/g. Observa-se rendimento do carvão de 98 a 100% para granulometria de 20 mesh e de 96% para a granulometria de 35 mesh.

## CONCLUSÃO

A proposta do presente trabalho foi produzir e testar carvões ativados a partir do resíduo da soja. Foi possível distinguir o comportamento dos carvões produzidos e ativados com diferentes compostos químicos. Os resultados obtidos nos estudos com método de produção de carvão através de carbonização sem controle da atmosfera mostrou que essa carbonização é uma alternativa satisfatória a depender de como o carvão será aplicado, tendo como principal vantagem a quantidade de carvão produzido em função da quantidade de insumo utilizado e menor custo de produção. Verificou-se que quanto maior o conteúdo de lignina presente na biomassa maior a quantidade resultante de carvão ativado. Através dos resultados obtidos de caracterização do carvão ativado obtido nas granulometrias de 20 e 35 mesh, verifica-se que a casca de soja apresenta características de um bom adsorvente. Para trabalhos futuros é interessante que sejam realizados ensaios em paralelo com carvões produzidos por processos de carbonização com e sem atmosfera controlada. Outra possibilidade é a avaliação da ativação antes ou depois do tratamento térmico.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Tecnológica Federal do Paraná Câmpus Dois Vizinhos pela estrutura fornecida. A professora e doutora Andréia Anschau pela orientação e oportunidade de introduzir-me na área científica.

## REFERÊNCIAS

AOCS. American Oil Chemists Society. Official Method Am 5-04, Rapid determination of oil/fat utilizing high temperature solvent extraction. Urbana: Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society, 2005.

CRINI, G. Non-conventional low-cost adsorbents for dye removal: a review. *Bioresource Technology*, v. 97, p. 1061-1085, 2006.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ . Normas Analíticas: Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos. 4 ed. São Paulo. 2004.

KARUPPUCHAMY, V; MUTHUKUMARAPPAN, K. Extrusion Pretreatment and Enzymatic Hydrolysis of Soybean Hulls. American Society of Agricultural and Biological Engineers, v.11-14, 2009.

McCABE, W.L.; SMITH, J.C.; HARRIOT, P. Unit operations of chemical engineering. 6st Ed. McGrall Hill, 2001.

MIELENZ, J. R. et al. E. Fermentation of soybean hulls to ethanol while preserving protein value. **Bioresource Technology**, v. 100, n. 14, p. 3532-3539, Jul 2009a.

MIRON, J.; YOSEL, E.; BEN-GHEDALIA, D. Composition and in Vitro digestibility of monosaccharide constituents of selected byproduct feeds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**.v.49, p.2322-2326, 2001.

MOCELIN, C.; Pirólise de lodo de esgoto sanitário: produção de adsorvente e óleos combustíveis. Dissertação ( Mestrado em engenharia) - Departamento de pesquisa e pós-graduação, Programa de pós-graduação em engenharia mecânica e de materiais, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba. 113f .2007.

NG, C.et al. Physical and chemical properties of selected agricultural by-product-based activated carbons and their ability to adsorb geosmin. **Bioresource**