



USO DO CARVÃO ATIVO DE BABAÇU NA ADSORÇÃO DE CORANTE PARA O TRATAMENTO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS

COAL ACTIVE BABASSU ADSORPTION IN COLOUR FOR THE TREATMENT OF INDUSTRIAL WASTE



CRUZ, Emison Tarcisio Luz¹, DA SILVA, Gubbio Matos¹; FREITAS, Rivelilson Mendes¹; FILHO, Edson Cavalcanti da Silva²; NUNES, Lívio Cesar Cunha^{1*};

¹Universidade Federal do Piauí, Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas, Núcleo de Tecnologia Farmacêutica-NTF, Campus Min. Petrônio Portela, s/n, Ininga, cep 64049-660, Teresina-PI, Brasil.

²Universidade Federal do Piauí, Programa de Pós-Graduação em Ciências dos Materiais, LIMAV, Campus Min. Petrônio Portela, s/n, Ininga, cep 64049-660, Teresina-PI, Brasil.

* Autor correspondente

e-mail: liviocesar@hotmail.com

Received 6 July 2012; received in revised form 13 August 2012; accepted 24 August 2012

RESUMO

A presença de resíduos químicos no ambiente aquático pode causar notáveis efeitos adversos fisiológicos em humanos e animais. Em vista disso, necessita-se de métodos para tentar controlar sua eliminação, dentre esses métodos destaca-se a adsorção. A adsorção sobre sólidos é um fenômeno em que se concentram em sua superfície substâncias existentes em líquidos ou gases. Devido à capacidade de adsorção dos derivados do babaçu (*Orbygnia phalerata*, Mart.) e de sua abundância geográfica, realizou-se esse estudo com o intuito de transformar o carvão do babaçu em um potente adsorvente útil para o tratamento dos efluentes industriais, inclusive os da indústria farmacêutica. A análise granulométrica foi realizada e o pó de carvão apresentou-se com diâmetro médio de 500,475 µm, obtendo-se, portanto, um pó grosso. O potencial de adsorção do sistema foi elevado. De acordo com a leitura espectrofotométrica, a concentração inicial de azul de metileno (3,85 µg/mL) reduziu-se para 0,106 µg/mL no sistema contendo carvão ativo, resultando, assim, em uma porcentagem de adsorção equivalente a 97%. O presente trabalho ressaltou uma entusiástica perspectiva em relação à capacidade adsorptiva do carvão ativo de babaçu frente à metodologia empregada. Esse material apresentou grande potencial de uso na confecção de filtros para a descontaminação de resíduos industriais.

Palavras-chave: *Orbygnia phalerata*, L., *Coco babaçu*, Corantes, *Análise granulométrica*.

ABSTRACT

The presence of chemical residues in aquatic environment can cause noticeable adverse physiological effects in humans and animals. In view of this, one needs methods to try to control its disposal, among these methods highlight the adsorption. The adsorption on solids is a phenomenon that focus on the surface of existing substances in liquids or gases. Due to the adsorption capacity of the derivatives of babassu (*Orbignya phalerata*, Mart.) and its abundance geographical took place this study was conducted with the purpose of transforming the coal into a potent babassu adsorbent useful for the treatment of industrial effluents, including pharmaceutical. The sieve analysis was performed and showed charcoal powder with a mean diameter of 500.475 mM, obtaining therefore a coarse powder. Potential adsorption system was elevated. According to the spectrophotometric reading, the initial concentration of methylene blue (3,85 mg/ml) was reduced to 0.106 g/ml in the system containing activated charcoal, thus resulting in a percentage adsorption equivalent to 97%. This study noted a keen perspective on the adsorption capacity of activated carbon from babassu front of the methodology employed. This material shows great potential for use in the manufacture of filters for the decontamination of industrial waste.

Keywords: *Orbignya phalerata* L., *Coco babassu*, *granulometric analysis*.

INTRODUÇÃO

A preservação do meio ambiente, nos últimos anos, tornou-se o alicerce do crescimento e desenvolvimento industrial e constitui um dos elementos mais importantes da sociedade coetânea. Outrora, o processo de industrialização, apesar de aumentar o progresso tecnológico, trouxe riscos decorrentes da produção e eliminação de resíduos. Com o passar dos anos e aprimoramento da legislação sanitária, muitas indústrias readaptaram sua produção a minimizar desperdícios.

Devido ao alto risco industrial associado à emissão de resíduos, o mercado foi adaptado aos parâmetros industriais convencionais que preconizam o tratamento de efluentes líquidos, emissões gasosas e destinação de rejeitos sólidos. A saber, a contaminação do meio ambiente, em relação aos resíduos químicos, pode ser oriunda das indústrias, as instituições de ensino e pesquisa e as residências.

Estima-se que existam 10.000 tipos de corantes sendo produzidos de forma industrial, 30% destes estão disponíveis para uso na indústria têxtil e esse uso gera resíduos, tornando essencial a busca por alternativas de descontaminação (Magdalena, 2011).

A perspectiva de eliminar os resíduos com a intenção de reduzir significativamente os danos ambientais e repercussões negativas à saúde cativou, também, o ramo farmacêutico, motivando o desenvolvimento de estratégias que visam auxiliar o gerenciamento desses dejetos de forma segura, sustentável e atendendo as demandas preconizadas em legislação específica. Muitas linhas de pesquisa têm surgido com o intuito de desenvolver tecnologias capazes de minimizar o volume e a toxicidade dos efluentes industriais, merecendo destaque a utilização de adsorventes, como forma acessível de combate a contaminação antropogênica (Freire; Pelegrini; Kubota; Durán, 2000; Dallago; Smaniotto; Oliveira, 2005).

Dentre diversos processos, a adsorção tem provado ser um método eficaz para a remoção de vários poluentes encontrados em soluções aquosas e é principalmente caracterizada por ser uma das tecnologias mais econômicas (Vieira; Santana; Bezerra; Silva;

Chaves; Melo; Silva Filho; Airoidi, 2009). Esse método consiste em uma transferência de compostos presentes em soluções líquidas ou gasosas para a superfície de compostos adsorventes. Devido sua alta heterogeneidade superficial e sua porosidade relativa, o carvão ativado é frequentemente utilizado em processos de adsorção (Podkoscielny; Nieszporek; Szabelski, 2006).

Sabe-se que os carvões ativados são produzidos por diferentes matérias-primas e dependendo da viabilidade natural do precursor constata-se uma diferença do custo do produto final. Além disso, o Brasil é um país dotado de uma vasta fauna e flora, entretanto não tem um mercado expressivo de produção de carvão ativado. Portanto, é notória a necessidade de aperfeiçoar a utilização dos inúmeros precursores carbonáceos e desenvolvimento dessa tecnologia.

O babaçu (Figura 1) é uma palmeira nativa das regiões Norte, Nordeste e Centro Oeste do Brasil, que ocorre principalmente em uma zona de transição entre as florestas úmidas da bacia amazônica e as terras semi-áridas do Nordeste. Apesar de ocorrer em diversos estados, o Maranhão juntamente com o Piauí concentra cerca de 10 milhões de hectares e apresenta regiões com populações superiores a 200 palmeiras por hectare nomeadas (Brasil, 2009). E por meio da carbonização do fruto (epicarpo, mesocarpo e endocarpo) dessa palmeira é produzido um tipo de carvão vegetal. Estudos realizados com o babaçu obtiveram resultados satisfatórios em relação a sua capacidade de adsorção sem tratamento prévio (Vieira; Santana; Bezerra; Silva; Melo; Silva Filho; Airoidi, 2008; Vieira; Santana; Bezerra; Silva; Chaves; Melo; Silva Filho; Airoidi, 2009; Santana; Vieira; Silva Filho; Melo; Airoidi, 2010) utilizando-se sobretudo o mesocarpo para o qual já foi determinado sua baixa toxicidade (Nunes, 2012a,b).

De acordo com o exposto, pode ser proposto que o desenvolvimento de uma nova metodologia que transforme o carvão vegetal oriundo do babaçu num produto inovador com grande eficiência de adsorção, principalmente a adsorção de compostos orgânicos, poderá ser usado como estratégia de baixo custo para o

tratamento de efluentes industriais, inclusive os das indústrias farmacêuticas.

MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Preparação do carvão vegetal

Para a realização dos ensaios de caracterização e cinética de adsorção, o carvão vegetal do babaçu (oriundo de Caxias, Maranhão, Brasil) foi triturado com a utilização de um moinho granulador de facas e martelo (MARCONI®, moinho de rotor com martelos MOD. MA-900/E), montado a base de aço inoxidável, disponibilizado pelo Núcleo de Plantas Aromáticas e Medicinais (NUPLAM) da Universidade Federal do Piauí.

2.2. Caracterização reológica do carvão vegetal pulverizado

2.2.1 Granulometria

Uma alíquota equivalente a 100 g do carvão triturado foi pesada e submetida à passagem forçada através de tamises previamente tarados, com aberturas de malhas de 1200 µm, 850 µm, 420 µm, 250 µm, 180 µm e 125 µm. A operação foi realizada em tamisador vibratório (BERTEL® Ltda), a 60 vibrações por minuto durante 20 minutos. Por fim, foram coletadas e pesadas alíquotas referentes a cada faixa granulométrica para posterior avaliação da distribuição granulométrica média.

2.2.2 Densidade bruta e densidade compactada

As densidades aparentes dos sistemas sólidos foram determinadas, indiretamente, através das medidas de seus volumes aparentes. Para isso, o material foi colocado em uma proveta de 250 mL determinando-se a massa que ocupou esse volume bruto em balança semi-analítica (GEHAKA®, Mod. BK2000). Em seguida, a proveta foi submetida a 1250 batidas, realizando-se leituras do volume ocupado pelo material, obtendo-se o volume aparente. A partir da compilação dos dados e a aplicação da equação 1 a densidade aparente foi obtida.

$$db = \frac{Ma}{Vb} \quad dc = \frac{Ma}{Vc} \quad (\text{Eq. 1})$$

2.1.3 Determinação do ângulo de repouso e do volume aparente

Para a avaliação do ângulo de repouso (α), aplica-se metodologia proposta por Guo e colaboradores (1985), usando equipamento Granulate Flow Tester Type ou um aparato simples composto de funil, suporte, papel milimetrado e régua proposto na Farmacopéia Portuguesa (Figura 2), gerando medida do ângulo de repouso, assim como da determinação da velocidade de escoamento, ambos realizados em triplicata. A interpretação dos resultados obtidos foi analisada segundo Prista e colaboradores (1995):

- Ângulo de repouso superior a 40° → Fluxo Ruim;
- Ângulo de repouso inferior a 40° → Fluxo Livre.

2.1.4 Determinação do fator de Hausner, índice de compressibilidade e compactabilidade

As amostras utilizadas no experimento anterior devem ser usadas para determinação do fator de Hausner, índice de compressibilidade e compactabilidade, conforme metodologia referendada por Guo e colaboradores (1985) e Cardoso (2002). O fator de Hausner é determinado através do quociente entre as densidades de compactação e bruta, conforme a equação 2:

$$FH = \frac{dc}{db} \quad (\text{Eq. 2})$$

Os materiais, cuja razão de Hausner for inferior a 1,25, são facilmente compressíveis, ao contrário dos que apresentam valor superior. O índice de compressibilidade (IC) é determinado segundo equação 3:

$$IC = \frac{dc - db}{dc} \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde: dc: densidade de compactação (g/mL); db: densidade bruta (g/mL);

A compactabilidade (C) é calculada através da diferença entre os volumes após 10 (V10) e 500 quedas (V500) em volume de compactação, conforme a equação 4, utilizando-se aproximadamente 30 g; os resultados são extrapolados para massa de 100 g, obtendo-se os volumes (mL) após 10 e 500 quedas.

$$C = V_{10} - V_{500} \quad (\text{Eq. 4})$$

2.2 Ativação do carvão vegetal

A ativação foi conduzida através da adaptação do método de ativação química proposto por . Cada 20 g de amostra referente a uma faixa granulométrica de carvão pulverizado foi previamente tratada em 300 mL de solução de ácido fosfórico 0,033 mol/L, sob agitação, por 24 horas (Figura 3).

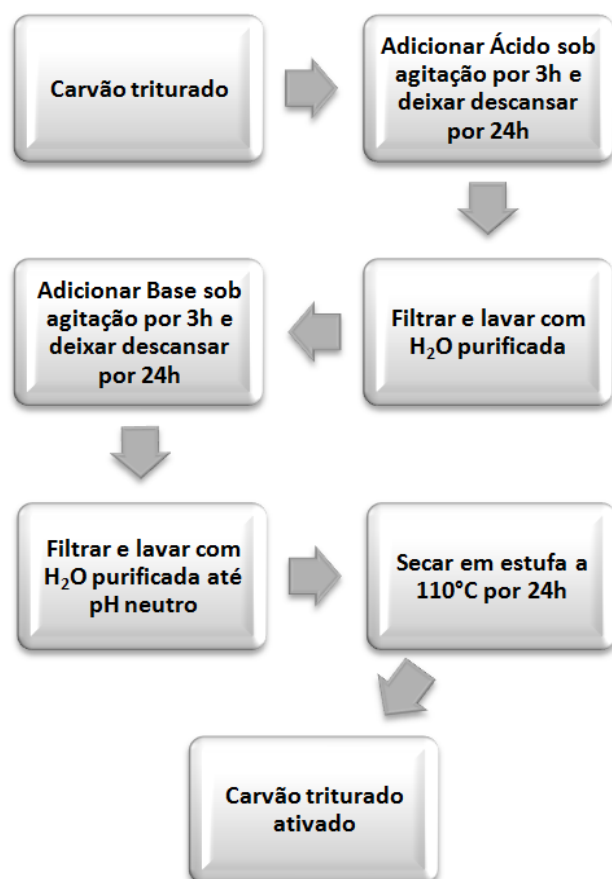


Figura 3. Representação esquemática da ativação do carvão.

Depois a solução foi lavada com água purificada até a obtenção do pH neutro. Em seguida, a amostra foi colocada em 300 mL de hidróxido de potássio 0,1 mol/L, deixando-se o sistema sob agitação durante 24 h. Após esse tempo, a amostra foi novamente lavada até pH neutro. Por fim, a amostra foi submetida a secagem em estufa (QUIMIS®, Q317M) a 85°C por 24 horas.

2.3 Porcentagem de adsorção

A solução-teste utilizada para a adsorção foi de azul de metileno (Figura 4 e Tabela 1) em concentrações previamente estabelecidas. Em seguida, a curva de calibração foi construída, a partir da leitura em faixa de luz ultra-violeta/visível (UV/Vis) de cinco pontos de concentrações, sendo que, uma dessas foi a concentração utilizada para a fabricação das soluções-testes.

Esses ensaios foram feitos pela adição de 50 mL da solução-teste em beckers de 250 mL contendo 0,1 g de mesocarpo ou carvão in natura ou carvão ativado. Em seguida, os frascos foram agitados por 24 h e, após esse tempo, o sistema foi filtrado. Com a solução filtrada, a leitura foi realizada em um espectrofotômetro UV/Vis (SHIMADZU®, mod. UV-3100) e, com os dados da curva de calibração, foram calculadas as quantidades adsorvidas da substância teste.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A granulometria é utilizada para que seja conhecido o tamanho dos grãos do carvão ativado e quanto menores forem os grãos, maior é a taxa de adsorção, pois quanto menor for o tamanho do adsorvente menor o tempo requerido para o transporte dentro dos poros. A faixa limítrofe para obter um carvão ativado fino é de 325 µm e de acordo com os dados fornecidos (Tabela 2 e Figura 5), apenas 42,5% do carvão, aproximadamente, encontra-se nessa faixa. Ainda, o diâmetro médio do material é igual a soma dos F^*m dividido por 100, portanto é de 500,475 µm.

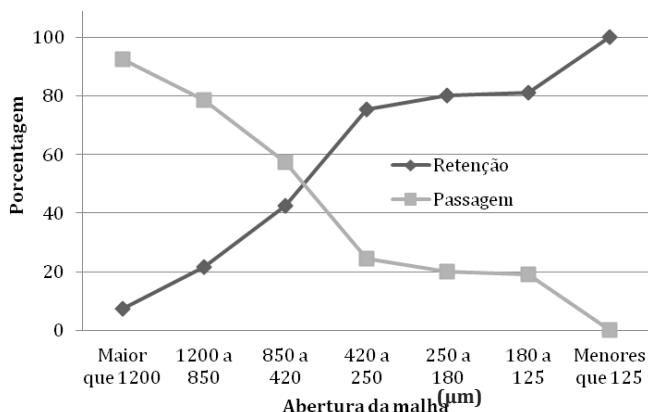


Figura 5. Curva de retenção e passagem de análise granulométrica do carvão triturado.
Fonte: Laboratório de Tecnologia Farmacêutica da Universidade Federal do Piauí.

De acordo com a classificação de faixa granulométrica da Farmacopéia Brasileira (Brasil, 2010), para os pós de origem vegetal, o carvão triturado pode ser considerado como um pó grosso. Esse resultado ressalta a necessidade de uma amplitude do tempo de trituração do carvão. A tabela 2 apresenta os resultados da análise reológica.

Tabela 3. Resultados da análise reológica

Parâmetros	Carvão	Mesocarpó
Ângulo de repouso	32	33
Velocidade de escoamento	11,21 s	1,41 s
Densidade bruta (g/mL)	0,5798	0,5748
Densidade compactada (g/mL)	0,7643	0,7693
Fator de Hausner	1,31	1,34
Índice de Carr	24,14	25,29
Índice de compactabilidade	32	36

Em regra, os materiais cujo índice de compressibilidade (IC) for inferior a 15%, apresentam boas características de compressão, ao contrário dos produtos em que aquele valor é superior a 25% (Guo; Beddow; Vetter, 1985; Cardoso, 2002).

Foram construídas curvas de calibração referentes a substância utilizada como adsorbato, a saber, o azul de metileno, conforme Figura 6.

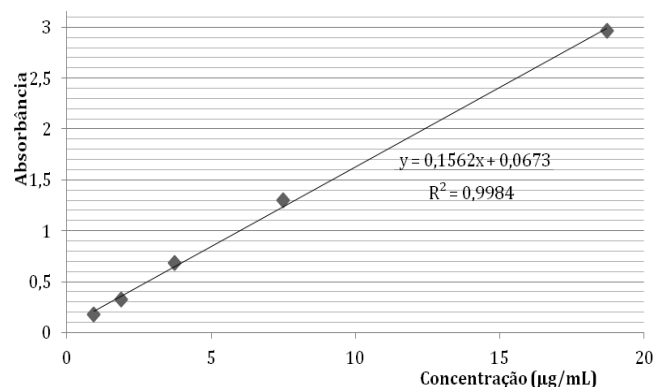


Figura 6. Curva de calibração do azul de metileno a 664 nm.

Esse gráfico visa creditar o material utilizado e ao plotar os valores, obter uma função que permita a conversão de absorbância em concentração utilizada no decorrer dos testes. Do teste de porcentagem de adsorção, nota-se que o carvão ativado derivado de babaçu consegue adsorver 97,2% do azul de metileno (Tabela 3). O que é um indicativo de um bom adsorvente a ser utilizado no gerenciamento de resíduos dos efluentes industriais.

Tabela 4. Adsorção do azul de metileno nos diferentes sistemas adsorptivos

ADSORVENTE	Conc. Inicial (μg/mL)	Conc. Final (μg/mL)	Percentual adsorvido
Mesocarpó	3,85	0,434	88,72
Carvão <i>in natura</i>	3,85	0,231	94,00

CONCLUSÕES:

O presente trabalho apresentou entusiasmáticas observações em relação à capacidade adsorptiva do carvão ativo frente à metodologia empregada. Há, porém, a necessidade de prolongar o tempo de processamento do carvão para adquirir uma menor perda de processamento. Necessita-se também verificar o resultado de outros testes, subsequentes a este, e analisar a adsorção de outras substâncias sobre os materiais vegetais estudados. Estas análises, por sua vez, ocorrerão com o cumprimento de todo o cronograma deste projeto de pesquisa.

AGRADECIMENTOS:

FAPEPI/GERATEC e PIBIT/CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo apoio e auxílio financeiro.

REFERÊNCIAS:

1. Baruque Filho, E.A., Baruque, M.G.A., Freire, D.M.G., Sant'Anna Jr., G.L. **Appl. Biochem. Biotechnol**, 1998, 70, 877.
2. Brasil. Ministério do Desenvolvimento Agrário, Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome & Ministério do Meio Ambiente. Promoção Nacional da Cadeia de Valor do Coco Babaçu. Brasília, 2009.
3. Castro, J., Nogueira, L.F. *Revista Educação & Mudança*, 2010, 62.
4. Claudino, A. Preparação de carvão ativado a partir de turfa e sua utilização na remoção de poluentes. Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.
5. Dallago, R.M., Smaniotto, A., Oliveira, L.C.A. **Quim. Nova**, 2005, 433.
6. Dinçer, A.R., Güneş, Y., Karakaya, N., Güneş, **Bioresource Technology**, 2007, 834.
7. Freire, R.S., Pelegrini, R., Kubota, L. T., Durán, N. **Quim. Nova**, 2000, 504.
8. Pereira, E., Oliveira, L.C.A., Vallone, A., Sapag, K., Pereira, M. *Quim. Nova*, 2008, 1296.
9. Podkościelny, P.; Nieszporek, K.; Szabelski, P. Adsorption from aqueous phenol solutions on heterogeneous surfaces of activated carbons. Comparison of experimental data and simulations. **Colloids Surf., A**, 2006, 52.
10. Rabelo, S.K.L. Estudo sobre a viabilidade do cálculo da porosidade com base em um conjunto reduzido de perfis e sua aplicação na Bacia de Almada - BA. Dissertação (Mestrado). Macaé: Universidade Estadual do Norte Fluminense, 2004.
11. Schneider, E.L. Adsorção de compostos fenólicos sobre carvão ativado: Toledo: Centro de Engenharias e Ciências Exatas da UNIOESTE 2008.
12. Vieira, A. P., Santana, S.A.A., Bezerra, C.W.B., Silva, H.A.S., Chaves, J.A.P., Melo, J.C.P., Filho, E.C.S., Airoidi, C. Kinetics and thermodynamics of textile dye adsorption from aqueous solutions using babassu coconut mesocarp. **Journal of Hazardous Materials**, v. 166, n. 2-3, p.1272-1278, 2009.
13. Santana, S. A. A.; Vieira, A. P.; Silva Filho, E. C.; Melo, J. C. P.; Airoidi, C. **J. Hazard. Mater.**, 2010, 714.
14. Vieira, A.P.; Santana, S.A.A.; Bezerra, C.W.B.; Silva, H.A.S.; Chaves, J.A.P.; Melo, J.C.P.; Silva Filho, E.C.; Airoidi, C. **J. Hazard. Mater.**, 2009, 1272.
15. Vieira, A.P., Santana, S.A.A., Bezerra, C.W.B., Silva, H.A.S., Melo, J.C.P., Silva Filho, E.C., Airoidi, C. **Chem. Eng. J.**, 2008, 99.
16. Magdalena, C.P., Fungaro, D.A., Cunico, P. **Tchê Química**, 2011, 48.
17. Silva A.P.S., Cerqueira, G.S., Nunes, L.C.C., Freitas, R.M. **Pharmazie**, 2012, 260.
18. Silva A.P.S.; Souza, G.F.; Freitas, R.M.; Nunes, L.C.C. **Revista Cubana de Plantas Medicinales**, 2012 – in press.
19. Prista, L.N.; Alves, A.C.; Morgado, R. *Tecnologia Farmacêutica*. 5a ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1995.
20. Guo, A. Beddow, J.K.; Vetter. A.F. **Powder Technol.** 1985, 279.
21. Cardoso, M.L.C. Desenvolvimento de metodologias analítica e tecnológica na obtenção de extratos secos nebulizados de *Heteropteris aphrodisiaca* O. Madi. - *Malpighiaceae*. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de São Paulo, Araraquara, 2002.

Tabela 1: Características Gerais do Azul de Metileno

Faixa de absorbância	450 – 750 nm
Fórmula química	C 16 H 18 ClN 3 S . 3H 2 O
Nomenclatura IUPAC	3,7-bis (dimetilamino) 5-fenazatiônio cloreto trihidrato
Massa molecular	319,85
Cromóforo	Núcleo central
Classe	Básico

Tabela 2. Granulométrica do carvão após trituração

CG (µm)	Δm (µm)	m (µm)	F%	R%	P%	F*m
≥ 1200	—	—	7,5	7,5	92,5	9000
1200 -850	350	1025	14	21,5	78,5	14350
850 -420	430	635	21	42,5	57,5	13335
420 -250	170	335	33	75,5	24,5	11055
250 -180	70	215	4,5	80	20	967,5
180 -125	55	152,5	1	81	19	152,5
≤ 125	125	62,5	19	100	0	1187,5
TOTAL						50047,5

Legenda: (CG) Classe granulométrica; (Δm) Intervalo de abertura de malha; (m) abertura média de malha; (F %) Fração retida; (R%) Fração retida acumulada; (P%) Fração de passagem acumulada; (F*m) Fração retida x abertura média.

Fonte: Laboratório de Tecnologia Farmacêutica da Universidade Federal do Piauí

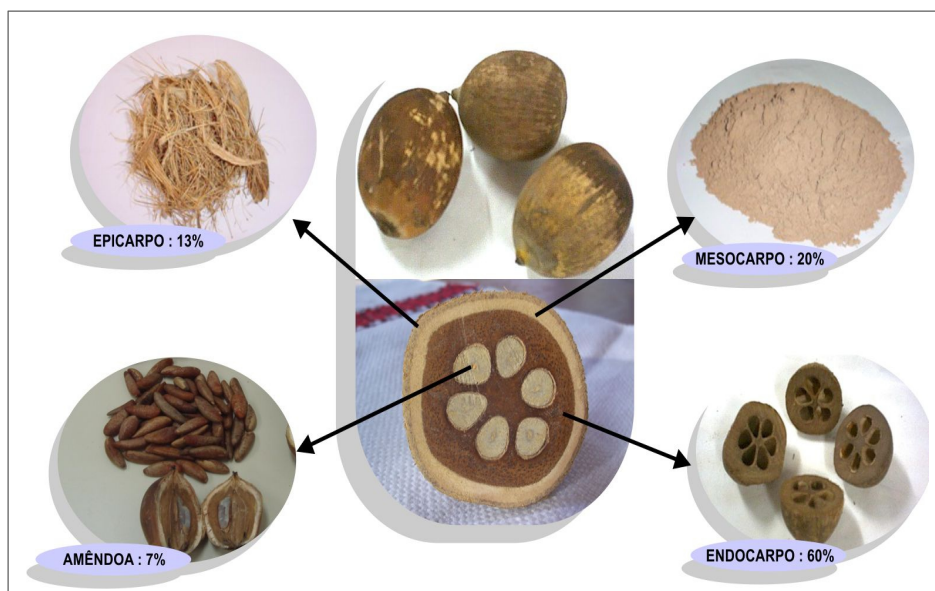


Figura 1. Representação esquemática do coco babaçu e as partes que o compõe

Fonte: Adaptado de Baruque Filho (2000)

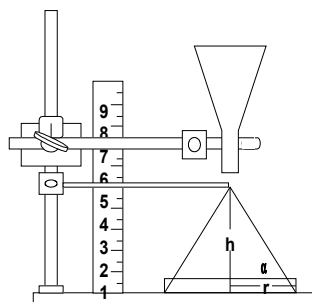


Figura 2: Aparato para a determinação do ângulo de repouso.

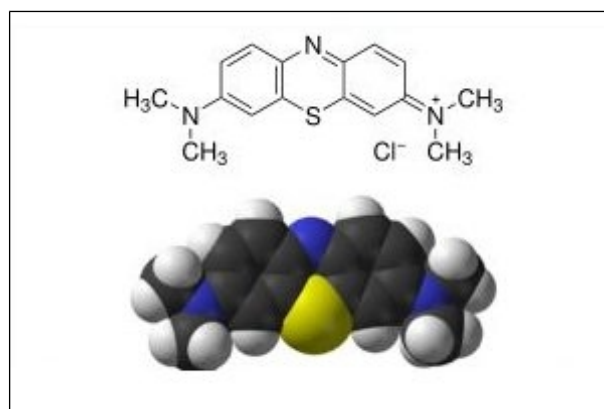


Figura 4: Estrutura química e tridimensional do azul de metileno.