

Propriedades energéticas do endocarpo de baru (*Dipteryx alata* Vog.)**Energy properties of baru endocarp (*Dipteryx alata* Vog.)**

DOI:10.34117/bjdv6n9-599

Recebimento dos originais:08/08/2020

Aceitação para publicação:25/09/2020

Henrique de Matos Teixeira

Acadêmico em Engenharia Mecânica na Universidade Federal de Rondonópolis – UFR
Endereço:Avenida dos Estudantes, 5055 - Cidade Universitária, Rondonópolis - MT, Cep: 78736-901

E-mail: rick.fh@hotmail.com

Silmara Bispo dos Santos

Doutora em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa - UFV
Professora Adjunta do Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Rondonópolis – UFR

Endereço: Avenida dos Estudantes, 5055 - Cidade Universitária, Rondonópolis - MT, Cep: 78736-901

E-mail: syllmara@gmail.com

Noellen Caroline Cavalcanti de Araujo

Pós-graduanda em Automação e Controle de Processos Agrícolas e Industriais pela Universidade Federal de Viçosa – UFV

Endereço: Avenida P.H. Rolfs, S/N – Campus UFV, Viçosa - MG, Cep: 36570-900

E-mail: noellenaraujo@gmail.com

Thiago Aurélio Arruda Silva

Mestrando em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Rondonópolis - UFR
Endereço:Avenida dos Estudantes, 5055 - Cidade Universitária, Rondonópolis - MT, Cep: 78736-901

E-mail: thiagoaurelio_roo@hotmail.com

Niedja Marizze Cezar Alves

Doutora em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande - PB
Professora Adjunta do Curso de Engenharia Agrícola e Ambiental da Universidade Federal de Rondonópolis – UFR

Endereço:Avenida dos Estudantes, 5055 - Cidade Universitária, Rondonópolis - MT, Cep: 78736-901

E-mail: niedjamarizze@yahoo.com.br

RESUMO

O trabalho tem como objetivo avaliar propriedades energéticas do endocarpo de *Dipteryx alata* tendo em vista o melhor aproveitamento deste subproduto gerado do processo de remoção da castanha para comercialização. Os frutos foram colhidos balançando-se os galhos de baruzeiros e

coletando os frutos que caíram com facilidade. As propriedades energéticas foram determinadas para dois tipos de subprodutos, endocarpo lenhoso e endocarpo lenhoso com a polpa. Para a análise da umidade os frutos sem e com a polpa foram quebrados e separados das castanhas e levadas à estufa a 105 °C anotando-se a massa das amostras antes e após a total secagem. Para a análise química imediata, o material foi triturado e previamente secado. Como não foram encontradas normas para análise química imediata específica para este material, foram seguidas as recomendações conforme norma para carvão vegetal. As amostras apresentaram elevado teor de materiais voláteis e de cinzas e baixo teor de carbono fixo. O endocarpo de baru possui um potencial energético elevado o que está indicado pelo seu alto poder calorífico, porém medidas alternativas como, mistura com outro material, ou processos prévios como, briquetagem ou carbonização podem ser estudadas futuramente para melhora das propriedades para queima.

Palavras-chave: casca de baru, potencial energético, *Dipteryx alata*.

ABSTRACT

The work aims to evaluate the energetic properties of the endocarp of *Dipteryx alata* with a view to making better use of this by-product generated from the process of removing the nut for commercialization. The fruits were harvested by swinging the branches of baru trees and collecting the fruits that fell easily. The energetic properties were determined for two types of by-products, woody endocarp and woody endocarp with the pulp. For moisture analysis, the fruits without and with the pulp were broken and separated from the nuts and taken to the oven at 105 °C, taking note of the mass of the samples before and after total drying. For immediate chemical analysis, the material was ground and previously dried. As no standards were found for immediate chemical analysis specific to this material, the recommendations were followed according to the charcoal standard. The samples had a high content of volatile materials and ash and a low content of fixed carbon. The baru endocarp has a high energy potential, which is indicated by its high calorific value, but alternative measures such as mixing with other material, or previous processes such as briquetting or carbonization can be studied in the future to improve the properties for burning.

Key words: baru shell, energetic potential, *Dipteryx alata*.

1 INTRODUÇÃO

O baru (*Dipteryx alata* Vog.) espécie pertencente à família Fabaceae, subfamília Papilonoideae, tem ocorrência no cerrado sensu stricto, cerradão mesotrófico e matas mesofíticas (ALMEIDA et al., 1998). Tem distribuição irregular, podendo ocorrer em grandes agrupamentos, em diversos estados do Brasil, incluindo Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul (ALMEIDA et al., 1998). Segundo Vale e Olsen, (2013), o extrativismo do baru tem sido visto como uma alternativa de renda para pequenos produtores da região centro-oeste. Estes autores afirmam que com o apoio de organizações não governamentais, têm sido desenvolvidos projetos que incentivam e promovem a comercialização da amêndoa e com isso a necessidade de valorização dos subprodutos gerados e dos resíduos na forma de casca, que é descartada no meio ambiente.

O baru tem despertado interesse para plantios com fins de produção de frutos e para recuperação de áreas degradadas (SANO, 2016). Isto tem ocorrido pelo seu potencial de aproveitamento integral dos frutos e pela sua valorização que tem sido crescente. De acordo com alguns autores como Alves et al. (2010) e Rocha e Santiago, (2009), o fruto do baru que é composto por amêndoa, polpa (mesocarpo) e endocarpo pode ser aproveitado e a polpa, quando adicionada aos biscoitos e pães melhora a qualidade nutricional destes produtos. Pode ser consumida torrada ou ser usada como ingrediente em diversas receitas culinárias (ALMEIDA et al., 1987; SANTOS et al., 2012; SOARES JÚNIOR et al., 2007). Togashi e Scarbieri (1994), reportaram que os principais componentes encontrados na polpa foram amido (38,0%), proteína (29,6%), fibra insolúvel (14%) e fibra solúvel (5%).

Carraza e Ávila (2010) afirmam que 65% da massa do fruto está no endocarpo, 30% está na polpa e 5% na semente. Estas proporções na prática podem variar dependendo do método ou equipamento utilizado na despolpa do baru.

Segundo Lorenzi, (1992), a madeira de baru, de elevada densidade (1,1 g/cm³), tem alta durabilidade, resiste ao apodrecimento e à tração. Do endocarpo duro pode-se fazer carvão com alto valor calorífico (VALE; OLSEN, 2013). Com relação a ocorrência natural do baru, de acordo com Haase e Hirooka, (1998) densidade de plantas de baru de 88/ha foi relatada para Mata Semidecídua. Já Oliveira-Filho e Martins (1991) citado por Sano et al. (2004), mesmo em solos de baixa fertilidade, ácidos e com maiores conteúdos em alumínio, em áreas de Cerrado com murundus foi observado altos valores de densidade de plantas (143,3 indivíduos/ha). A produção de frutos é sazonal e ocorre uma vez ao ano, sendo que de acordo com Sano et al. (2004) a produção de frutos por planta pode chegar a 5000 unidades, sendo variável de acordo com o local e o ano.

A utilização da biomassa residual do baru para a geração de calor de modo geral poderia contribuir para minimização de custos para o produtor referentes aos processos como de secagem do fruto, polpa ou torrefação das amêndoas, porém poucos estudos foram feitos até o momento para caracterizar e quantificar as propriedades energéticas desta biomassa. Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo a determinação das principais propriedades energéticas do endocarpo do baru com e sem a presença da polpa.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O material para pesquisa foi coletado em árvores nativas de barueiro existentes no campus da universidade Federal de Mato Grosso em Rondonópolis - MT. O material foi separado em duas partes para análise, uma parte dos frutos foram despolidos para posterior quebra e remoção das

sementes obtendo-se a fração do endocarpo lenhoso sem polpa (ESP) para análise e a outra parte foi quebrada e realizada a remoção das sementes sem a realização prévia da despolpa obtendo-se a fração do endocarpo com polpa (ECP), ou seja endocarpo + mesocarpo. A despolpa foi realizada manualmente, com o uso de facas.

Os frutos, com e sem a polpa, foram levados para a prensa hidráulica, onde foram quebrados e separados da castanha.

A determinação da massa específica foi realizada em três repetições para cada amostra. Para isso a massa e volume ocupado foram determinados usando uma balança de precisão, com carga Max= 3200g, e= 0,01g, d= 0,01g modelo BL3200H, e paquímetro Vander 150mm (Figura 1).

Figura 1. Fruto após a quebra e retirada da castanha. (A) Com a polpa. (B) Sem a polpa.



O material obtido foi transportado para o Laboratório de Maquinas Térmicas da Universidade Federal de Mato Grosso Campus de Rondonópolis, onde foram triturados utilizando-se um triturador elétrico modelo TRF 400F, com peneiras de 12,5 e 5 mm, com o objetivo de atingir a menor granulometria possível (Figura 2).

As análises de química imediata foram realizadas no Laboratório de Simulação e Biocombustíveis e no Laboratório de Ensaio Mecânicos da UFMT/CUR, ambos da Universidade Federal de Mato Grosso, Campus de Rondonópolis – MT.

O objetivo da análise química imediata é quantificar o teor de umidade, o teor de voláteis, carbono fixo e o teor de cinza.

Como não existem normas que regulam a análise química imediata em madeira, foi seguida a norma ASTM D – 1762 – 64 “Chemical analysis of Wood Charcoal” (reaprovada em 1968).

Segundo a norma, as amostras devem passar pelo triturador, sendo utilizada para análise a fração classificada em peneiras de 40 a 60 mesh. Sendo assim, foram utilizadas as frações de ESP e ECP que atravessaram a peneira de 60 mesh e que ficaram retidas na peneira de 40 mesh.

Para a determinação do teor de umidade foram coletadas três amostras de cada material, pesadas em balança de precisão ATX224 e colocadas em estufa com circulação forçada de ar em temperatura de 105 °C até as amostras atingirem massa constante, o teor de umidade foi calculado considerando a diferença entre a massa inicial (amostra úmida) e a massa final (amostra seca).

Figura 2. Endocarpo do baru (A) antes da trituração e (B) depois da trituração.



Os ensaios para determinação do teor de voláteis foram realizados em três repetições para cada material (ESP e ECP) utilizando um grama de material em cada repetição. Para a determinação do teor de materiais voláteis, as amostras foram colocadas previamente na estufa em cadinhos, até a massa ficar constante, para garantir a ausência de umidade.

Os cadinhos foram colocados em dessecadores, para garantir que não retenham umidade e levadas à mufla do Laboratório de Ensaio Mecânicos da UFMT/CUR previamente regulada para 950 °C. Elas foram deixadas 5 minutos na entrada da mufla e 6 minutos em seu interior. Cumprido os 11 minutos de análise, os cadinhos foram retirados e colocados novamente nos dessecadores para resfriar por trinta minutos e, em seguida, pesados em balança analítica, determinando os teores de materiais voláteis pela Equação 1.

$$T_v = \left(\frac{m_2 - m_3}{m_2} \right) 100 \quad (1)$$

Onde: T_v é o teor de materiais voláteis; m_2 é a massa da amostra seca em estufa; m_3 é a massa após o experimento, ambas as massas em g.

Para determinar o teor de cinzas, utilizou-se a fração resultante do processo de determinação de materiais voláteis, os cadinhos contendo estas frações, foram levados novamente para a mufla, porém em temperatura de 750 °C com a porta fechada, onde permaneceram por 4 horas. Após este período de tempo, os cadinhos foram retirados e novamente esfriados por trinta minutos em dessecador e posteriormente foram pesados em balança analítica. O teor de cinzas foi determinado usando a Equação 2.

$$T_{\text{cinzas}} = \left(\frac{m_3 - m_4}{m_2} \right) 100 \quad (2)$$

Onde: T_{cinzas} é o teor de cinzas; m_3 corresponde a massa da amostra antes do experimento; m_4 refere-se a massa da amostra após o experimento, ambos em g.

O teor de carbono fixo foi obtido pela diferença após a determinação do teor de umidade, teor de voláteis e teor de cinzas (Equação 3).

$$T_{\text{cf}} = 100 - (T_v + T_{\text{cinzas}}) \quad (3)$$

O poder calorífico superior (PCS) foi estimado utilizando-se o modelo de Parikh et al. (2006) (Equação 4).

$$\text{PCS} = 0,0355*(T_{\text{cf}}) + 0,1559(T_v) - 0,078*(T_{\text{cinzas}}) \quad (4)$$

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores dos teores de materiais voláteis, cinzas e carbono fixo e de umidade para o ESP e ECP está apresentado na Tabela 1. O teor de umidade médio de cada material testado separadamente foi de 26,33% para o endocarpo despulpado e 41,56% para o endocarpo com polpa.

Tabela 1. Valores Médios para Teor de Umidade, Materiais Voláteis, Cinzas, Carbono Fixo e Poder Calorífico Total

Tratamentos	U (%bu)	T_v (%)	T_{cinzas} (%)	T_{cf} (%)	PCS (MJ/kg)
ESP	26,33±0,72	82,02±1,25	11,01±1,28	0,92±0,02	13,98±0,21
ECP	41,56±0,69	88,00±1,75	9,24±1,24	2,76±0,07	14,62±0,22

U: Teor de umidade; T_v : Teor de matérias voláteis; T_{cinzas} : Teor de cinzas; T_{cf} : Teor de carbono fixo; PCS: Poder calorífico superior.

Como era esperado, o teor de umidade do endocarpo sem polpa foi menor quando comparado ao endocarpo contendo a polpa, uma vez que visivelmente a polpa do fruto retém naturalmente maior quantidade de umidade. A umidade observada na polpa tende a variar de acordo com o ponto de maturação fisiológica em que o fruto se encontra. A coleta dos frutos após queda natural poderia ter proporcionado uma polpa com menor teor de umidade, porém, uma vez em contato com o solo, a polpa fica exposta a ação de microrganismos e conseqüente aceleração dos processos de degradação deste material. A massa específica após quebra e remoção da castanha foi de 506,28 kg/m³ para o ESP e de 532,35 kg/m³ para o ECP. A maior massa específica do endocarpo contendo a polpa ocorre devido a maior quantidade de água observada neste material.

O endocarpo de baru, independentemente da presença ou não da polpa, apresentou elevados teores de cinzas e também elevados teores de materiais voláteis. O teor de cinzas foi menos expressivo para o endocarpo com polpa quando comparado ao endocarpo com a polpa. Determinar o teor de cinzas se torna indispensável na caracterização do material para fins energéticos, visto que a constituição inorgânica da biomassa pode influenciar nos seus processos de combustão (SANTOS et. al., 2002). Assim como neste trabalho, elevados teores de cinzas também foram observados em outras biomassas residuais como epicarpo in natura de pinhão manso por Vale et al. (2011) e em casca de arroz por Moraes et al. (2011). Martins et al. (2020), reportaram valores médios de 10,86% e 6,36% para a casca do fruto do cacau e para a casca da semente de cacau, respectivamente.

Com relação ao teor de voláteis, os valores encontrados para o endocarpo do baru (82% e 88% para ESP e ECP), se assemelharam ao teor de voláteis encontrados por Paula et al. (2011) e Rocha et al. (2004) para sabugo de milho e Bagaço de cana, respectivamente. Brito et. al. (1984), afirmam que o teor de matérias voláteis indica a reatividade do combustível. Então a facilidade de queima é maior quanto maior for o teor de voláteis e mais rápida é a ignição do combustível. Ao apresentar um teor de materiais voláteis elevado, a biomassa tem maior facilidade de queimar e, portanto, mais difícil de controlar a quantidade de calor liberado por unidade de tempo promovendo a perda de energia durante processos como o de secagem ou torrefação das castanhas de baru que demandam liberação mais lenta sob pena de ter sua qualidade como alimento afetada.

O teor de carbono fixo de 0,92% e 2,76% para ESP e ECP, foram baixos quando comparado a outras biomassas como casca de arroz (11,90%) relatado por Moraes et al. (2011) e sabugo de milho (18,32%) relatado por Paula et al. (2011).

Segundo Brito et. al. (1984), combustíveis com alto índice de carbono fixo apresentam uma queima mais lenta, o que é vantajoso, devido ao tempo de duração maior dentro das câmaras de combustão.

De acordo com os resultados, a queima direta do ECP poderia ser mais vantajosa devido a apresentar, menor teor de cinzas e maior teor de carbono fixo quando comparado ao ESP, mas ainda assim outros estudos podem ser realizados para promover melhora nas propriedades de queima deste material para uso como combustível. A densificação deste resíduo em forma de briquetes também pode ser favorável para aumentar o tempo de permanência do combustível na câmara de combustão e facilitar o controle de liberação de calor e portanto, esta possibilidade deve ser considerada em outros estudos.

Vale e Olsen (2013) observaram que após a carbonização esta biomassa apresentou entre 61 e 66% de carbono fixo, entre 29 e 34% de materiais voláteis e entre 4,1 e 4,7% de cinzas o que indicou que o processo de carbonização pode ser alternativa para obter melhores condições de queima deste combustível.

O poder calorífico superior relatado por estes autores foi de aproximadamente 6,2 kCal/kg, o equivalente a 25,9 MJ/kg, quase duas vezes os valores que foram observados neste trabalho para o endocarpo in natura (13,98 e 14,62 MJ/kg para ESP e ECP, respectivamente). Não foi encontrado na literatura outros trabalhos com relatos destes parâmetros para o endocarpo de baru in natura para comparações com o presente trabalho, mas percebe-se que a utilização da carbonização relatada por Vale e Olsen (2013) é um processo que pode favorecer também para um maior poder calorífico deste combustível.

4 CONCLUSÕES

A casca de baru possui potencial energético, porém, deve-se dar atenção ao alto teor de cinzas que pode causar alguns problemas durante a queima, como a redução do poder calorífico, além de acúmulo nos cinzeiros no caso da queima direta em fornalhas. O teor de material volátil foi considerado elevado, o que acelera o processo de queima e de liberação de calor podendo causar maior perda de energia em processos que demandem menor quantidade de calor por unidade de tempo, como os processos de secagem e torrefação das amêndoas. Uma recomendação para evitar os inconvenientes citados ao utilizar o endocarpo para queima direta na geração de calor seria a utilização desta biomassa em mistura com outras biomassas que possam balancear os teores de voláteis e carbono fixo, diminuindo a vazão de alimentação de combustível nos equipamentos de queima. A briquetagem ou carbonização prévia também poderia ser avaliada para promover uma melhora nas propriedades para queima.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, S. P.; PROENÇA, C. E. B.; SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F. Cerrado: espécies vegetais úteis. Planaltina: Embrapa, CPAC, 1998. 464 p.
- ALVES, A. M.; MENDONÇA, A. L. DE; CALIARI, M.; CARDOSO SANTIAGO, R. D. A. Avaliação química e física de componentes do baru (*Dipteryx alata* Vog.) para estudo da vida de prateleira. Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 40, p. 266-273, 2010.
- BRITO, J. O.; BARRICHELO, L; E; G.; COUTO, L. T. Z.; MENDES, C.J.; REZENDE, G. C. Estudo do comportamento de madeiras de eucalipto frente ao processo de destilação seca. Brasília, DF: IBDF, 1984. (Boletim técnico, 8)
- CARRAZA, L.R.; ÁVILA, J.C.C.E. Aproveitamento integral do fruto do baru (*Dipteryx alata*). 2. ed. Brasília: ISPN, 2010. p. 56.
- CORREA, G. D. C.; NAVES, R. V.; ROCHA, R. M.; CHAVES, L. J.; BORGES, J. D. Determinações físicas em frutos e sementes de baru (*Dipteryx alata* Vog.), cajuzinho (*Anacardium othonianum* Rizz.) e pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.), visando melhoramento genético. Bioscience Journal, v. 24, n. 4, p. 42- 47, 2008.
- HAASE, R.; HIROOKA, R. Y. Structure, composition and small litter dynamics of a semi-deciduous forest in Mato Grosso, Brazil. Flora, Quito, v. 193, n. 2, p. 141-147, 1998.
- LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 1992.
- MARTINS, L. H. S.; KONAGANO, E. M. H.; SOUZA, R. L. L. S; LOPES, A. S. Análise físico-química de diferentes resíduos agroindustriais para possível utilização na indústria. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 2, p. 6936-6948, 2020.
- MORAIS, M. R.; SEYE, O.; FREITAS, K. T.; RODRIGUES, M.; SANTOS, E. C.S.; SOUZA, R. C. R. Obtenção de briquetes de carvão vegetal de cascas de arroz utilizando baixa pressão de compactação. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/pdf/agrener/n6v2/089.pdf>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2011.
- PAULA, L. E. R.; TRUGILHO, P. F.; NAPOLI, A.; BIANCHI, M. L. Characterization of Residues from Plant Biomass for use in Energy Generation. Cerne, Lavras, v. 17, n. 2, p. 237-246, abr./jun. 2011.
- ROCHA, J. D.; PÉREZ, J.M. M.; CORTEZ, L.A.B. Aspectos Teóricos e Práticos do Processo de Pirólise de Biomassa. Curso — Energia na Indústria de Açúcar e Alcool UNIFEI, Itajubá, 12-16 de julho de 2004.
- ROCHA, L. S.; SANTIAGO, R. DE A. C. Use of peel and pulp of baru in the development of bread. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 29, n. 4, p. 820-825, 2009.
- SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F.; BRITO, M. A. Baru: biologia e uso. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados. 2004. 52 p

SANO, S. M. Critérios de seleção de baru para produção de amêndoas e recomposição ambiental. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2016, 7 p.

SANTOS, G. G.; SILVA, M. R.; LACERDA, D. B. C. L.; MARTINS, D. M. de O.; ALMEIDA, R. DE A. Aceitabilidade e qualidade físico-química de paçocas elaboradas com amêndoa de baru. Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 42, n. 2, p. 159-165, 2012.

SANTOS, P. V. dos; JÚNIOR, A. F. D.; ALMEIDA, R. D. de; CARVALHO, A. M. de. Utilização de resíduo celulósico na composição de briquetes de finos de carvão vegetal. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.cnf.org.pe/secretaria_conflat/memorias/DOCUMENTO%20MESAS/MESA%203/Elizabeth%20Lemos%20Benicio.pdf> Acessado em: 28 de agosto de 2018.

SOARES JÚNIOR, M. S.; CALIARI, M.; TORRES, M. C. L.; VERA, R.; TEIXEIRA, J. de S.; ALVES, L. C. Qualidade de biscoitos formulados com diferentes teores de farinha de amêndoa de baru (*Dipteryx alata* Vog.). Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 37, p. 51-56, 2007.

TOGASHI, M.; Scarbieri, V.C. 1994. Caracterização química parcial do fruto do baru (*Dipteryx alata* Vog.). Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v.14, n.1, p.85- 95.

VALE, A. T. do; Olsen, L. B. Produção de carvão vegetal de casca de Baru (*Dipteryx alata*) utilizando células de carbonização. Revista FLORESTA, Curitiba, PR, v. 43, n. 1, p. 117 - 124, jan./mar. 2013.

VALE, A. T.; MENDES, R. M.; AMORIM, M. R. S.; DANTAS, V. F. S. Potencial energético da biomassa e carvão vegetal do epicarpo e torta de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). Revista Cerne, v.17, n.2, p.267-273, 2011.