

FORÇA DE RUPTURA DOS FRUTOS DE BARU (*Dipteryx alata* Vogel)

DANIEL EMANUEL CABRAL DE OLIVEIRA¹, OSVALDO RESENDE², IVANO ALESSANDRO DEVILLA³, LILÍAN MOREIRA COSTA⁴, JAQUELINE FERREIRA VIEIRA BESSA⁵

¹Doutor em Ciências Agrárias - Agronomia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Iporá, (64) 3674-0400, e-mail: oliveira.d.e.c@gmail.com

²Doutor Engenharia Agrícola, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, (64) 3620-5600, e-mail: osvresende@yahoo.com.br

³Doutor Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Goiás, e-mail: ivano.devilla@gmail.com

⁴Doutoranda em Ciências Agrárias - Agronomia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, (64) 3620-5600, e-mail: lmctpg@yahoo.com.br

⁵Doutoranda em Ciências Agrárias - Agronomia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, (64) 3620-5600, e-mail: jaqueline@agricola.eng.br

Apresentado no

XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017
30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

RESUMO: Neste trabalho objetivou-se verificar a influência do teor de água e da temperatura de secagem nos valores de força de ruptura nos frutos de baru (*Dipteryx alata* Vogel), submetidos à compressão na posição natural de repouso. Foram utilizados frutos de baru com teores de água variando de 0,333 a 0,053 (decimal b.s.), secos nas temperaturas de 60, 80 e 100 °C e comprimidos uniaxialmente entre duas placas paralelas, na posição natural de repouso. A redução do teor de água ao longo da secagem foi acompanhada pelo método gravimétrico (perda de massa), conhecendo-se o teor de água inicial do produto, até atingir o teor de água final. Concluiu-se que a redução do teor de água eleva a força necessária à ruptura dos frutos de baru, independentemente da temperatura de secagem. As forças de ruptura para as temperaturas de 60 e 100 °C podem ser representadas por um único modelo.

PALAVRAS-CHAVE: Propriedades mecânicas, Teor de água, Identidade modelos.

RUPTURE FORCE OF BARU FRUIT (*Dipteryx alata* Vogel)

ABSTRACT: This paper aimed to verify the influence of moisture content and drying temperature on the values of rupture force on the baru fruit (*Dipteryx alata* Vogel) under compression in a natural resting position. Baru fruits with a moisture content ranging from 0.333 to 0.053 (decimal dry basis - db) were used. The fruits were uniaxially compressed between two parallel plates, in the natural resting position, and the nuts were dried at temperatures of 60, 80, and 100 °C. The reduction in the moisture content during drying was monitored using a gravimetric method (weight loss) to determine the initial moisture content of the product and the final moisture content. Based on our results, the reduced moisture content increased the force required to rupture the baru fruit, regardless of the drying temperature. The rupture forces of temperatures of 60 to 100 °C may be represented by one model.

KEYWORDS: Mechanical properties, Moisture content, Model identity.

INTRODUÇÃO: A *Dipteryx alata* Vogel é uma frutífera do cerrado, que tem tido uma boa aceitação no mercado, em decorrência de seu relevante valor econômico e sabor agradável, principalmente da castanha (SANO et al., 2004). A *Dipteryx alata* Vogel, também conhecida popularmente como cumbaru, cumaru, baru, barujo, feijão coco ou emburena-brava, é uma árvore que ocorre nos estados de Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul e São Paulo (LORENZI, 2008). Os frutos de baru são do tipo drupa e têm coloração castanho-clara, com uma única semente comestível no formato elíptico, de cor marrom escura, comumente chamada de amêndoa. Esta semente tem relevância regional e tem atraído interesse científico devido à sua composição nutricional. As amêndoas de baru têm maiores teores de ácidos graxos monoinsaturados (51,1%) e menores teores de ácidos graxos saturados (BENTO et al., 2014). O conhecimento das propriedades mecânicas dos frutos nativos do cerrado em função do teor de água e da temperatura de secagem é essencial para o

desenvolvimento de projeto de máquinas que auxiliem no beneficiamento destes frutos, principalmente na adaptação de equipamentos utilizados para o beneficiamento de outros frutos. Neste sentido, inúmeros trabalhos têm sido desenvolvidos com o objetivo de identificar as propriedades mecânicas de diversos produtos agrícolas em diferentes teores de água, entre os quais: pistache (GALEDAR et al., 2009), arroz (RESENDE et al., 2013) e trigo (FERNANDES et al., 2014). Entretanto, informações sobre as propriedades mecânicas dos frutos de baru não são encontradas na literatura. Pela inexistência de informações sobre as propriedades mecânicas dos frutos de baru e pela necessidade de desenvolver equipamentos que possam ser utilizados com mais eficiência para o seu processamento, objetivou-se verificar a influência do teor de água e da temperatura de secagem nos valores de força de ruptura nos frutos de baru (*Dipteryx alata* Vogel), submetidos à compressão na posição natural de repouso.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Pós-Colheita de Produtos Vegetais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - *Campus* Rio Verde e Laboratório de Secagem e Armazenagem de Produtos Vegetais da Universidade Estadual de Goiás (UEG), em Anápolis-GO. Foram utilizados frutos de baru (*Dipteryx alata* Vogel) coletados manualmente no município de Santa Helena de Goiás, Goiás, a 17°48' S 50°35' O e altitude de 568 m, com o teor de água inicial de 0,333 base seca (base seca, b.s.). As dimensões geométricas dos frutos de baru utilizados foram 52,77±4,13; 39,64±3,25 e 29,22±2,55 de comprimento, largura e espessura, respectivamente. Para condução do experimento, os teores de água foram obtidos por secagem em estufa com ventilação forçada, mantida nas temperaturas de 60, 80 e 100 °C, que promoveram as umidades relativas médias de 25,1; 12,2 e 5,3%, respectivamente. Os frutos foram secos inteiros e em bandejas perfuradas contendo aproximadamente 1 kg de produto por temperatura. A redução do teor de água ao longo da secagem foi acompanhada pelo método gravimétrico (perda de massa), conhecendo-se o teor de água inicial do produto, até atingir o teor de água final de 0,053 (b.s.), com auxílio de uma balança semianalítica com resolução de 0,01 g. Os teores de água dos frutos foram determinados pelo método de estufa, a 105±3 °C, durante 24 horas, em três repetições (BRASIL, 2009). Para cada teor de água obtido, as amostras foram homogeneizadas e encaminhadas para o teste de compressão. Os ensaios experimentais de compressão foram utilizados com 15 frutos por temperatura, testados individualmente, realizados com uma máquina de ensaio universal de teste, modelo EMIC GR049, utilizando uma célula de carga de 1000 KN. Os frutos foram submetidos à compressão uniaxial, entre duas placas paralelas, aplicadas em sua posição natural de repouso, em quinze repetições. Após a obtenção das curvas de força pela deformação dos frutos, foram extraídas a força e a deformação na ruptura, que forneceram o “bioyield point”. Este ponto é definido como a posição na curva em que ocorre aumento da deformação do produto, associado a uma diminuição da força de compressão (ASAE, 1974), indicando o início da ruptura e a desorganização da estrutura dos produtos. O experimento foi montado segundo o esquema fatorial 3x5 (3 temperaturas de secagem e 5 teores de água), no delineamento inteiramente casualizado, com quinze repetições. Os dados foram analisados por meio de análise de variância e regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na Tabela 1 estão apresentados os parâmetros dos modelos lineares que podem ser utilizadas para determinar a força de ruptura em função do teor de água para os frutos de baru para todas as condições de secagem estudadas.

TABELA 1. Parâmetros do modelo do linear ajustado para a força de ruptura dos frutos de baru (*Dipteryx alata* Vogel) nas diferentes condições de secagem

Parâmetros	Temperaturas (°C)		
	60	80	100
a	9006,8778**	8028,1154**	9455,8561**
b	10186,6531*	10911,6666**	10192,6240**
R ² (%)	91,79	97,39	94,72

**Significativo a 1% pelo teste t. *Significativo a 5% pelo teste t.

A equação linear representa adequadamente os dados experimentais e pode ser utilizada para estimar a força de ruptura para os frutos de baru, pois apresenta elevados coeficientes de determinação (R^2). Resende et al. (2013) estudaram a força de ruptura dos grãos de arroz com e sem casca durante o processo de secagem e verificaram que a equação linear também pode ser utilizada para representar a força de ruptura. Desta forma, procedeu-se ao teste de identidade de modelos objetivando viabilizar o uso de um único modelo linear para a representação da força de ruptura dos frutos de baru, independentemente da temperatura de secagem, segundo metodologia descrita por Regazzi (2003). A Tabela 2 apresenta os resultados das hipóteses analisadas pelo teste de *Qui*-quadrado.

TABELA 2. Teste das hipóteses (H_0) utilizando o teste de *Qui*-quadrado para a força de ruptura dos frutos de baru (*Dipteryx alata* Vogel)

Hipóteses	GL	χ^2_{tabelado}	$\chi^2_{\text{calculado}}$
60 e 80 °C	2	5,991	18,010
60 e 100 °C	2	5,991	5,157
80 e 100 °C	2	5,991	26,933
60, 80 e 100 °C	4	9,488	31,545

Apenas a valor de $\chi^2_{\text{calculado}}$ da força de ruptura dos frutos de baru para as temperaturas de 60 e 100 °C foi menor que o valor de χ^2_{tabelado} . Assim, os modelos lineares analisados para determinação da força de ruptura das temperaturas de 60 e 100 °C não diferem estatisticamente entre si, podendo ser utilizado um único modelo para as duas temperaturas estudadas. Nas demais combinações, o valor de $\chi^2_{\text{calculado}}$ foi maior que os valores χ^2_{tabelado} . Assim, rejeita-se a hipótese formulada, logo, a força de ruptura dos frutos de baru ocorre diferentemente para cada temperatura utilizada. As forças médias de ruptura dos frutos de baru em função do teor de água e da temperatura de secagem estão ilustradas na Figura 1.

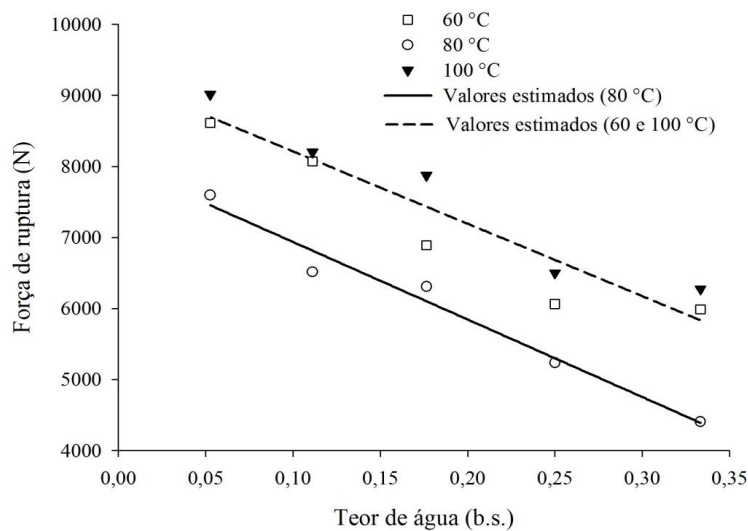


FIGURA 1. Valores médios da força de ruptura em função do teor de água, para os frutos de baru (*Dipteryx alata* Vogel) para as temperaturas de secagem.

A redução do teor de água para todas as temperaturas resultou em aumento linear na força necessária para atingir o “bioyield point” de 5.988,63 a 8609,82 N, de 4.406,50 a 7.594,96 e de 6.274,28 a 9.014,51 N para as temperaturas de 60, 80 e 100 °C, respectivamente. Os resultados confirmam outros obtidos por pesquisadores que trabalharam com diferentes produtos agrícolas (SHARMA et al., 2009; RESENDE et al., 2013). Este comportamento pode estar relacionado com o adensamento celular que ocorre com a saída de água durante o processo de secagem dos frutos de baru, ou seja, as células dos frutos se aproximam e, conseqüentemente, o fruto terá maior resistência à compressão em teores de água mais baixos. Ainda na Figura 1, nota-se que a temperatura de secagem também influenciou a força de ruptura, entretanto, não houve tendência clara quando comparamos entre temperaturas de

secagem, sendo que a temperatura de 80 °C obteve os menores valores e a temperatura de 100 °C, os maiores valores para todos os teores de água estudados. Na Tabela 3 estão apresentadas as equações utilizadas para estimar os valores da força de ruptura (Fr) dos frutos de baru para as temperaturas de 60-100 e 80 °C, em função da redução do teor de água. Verifica-se que todos os parâmetros foram significativos a 1% pelo teste de t e apresentaram elevados coeficientes de determinação (R²).

TABELA 3. Equações ajustadas aos valores experimentais de força de ruptura dos frutos de baru (*Dipteryx alata* Vogel) (Fr) em função do teor de água (Ta), para as temperaturas de secagem

Temperatura (°C)	Modelo	R ² (%)
60 e 100	Fr = 9231,3621** - 10189,6179** Ta	89,15
80	Fr = 8028,1154** - 10911,6666** Ta	97,39

*Significativo a 1% pelo teste t.

Com os resultados obtidos para a força de ruptura, pode-se inferir que os frutos de baru com menores teores de água têm maiores resistências à quebra durante as etapas de beneficiamento.

CONCLUSÕES: Os resultados obtidos indicam que a força de ruptura diminui com o aumento do teor de água, independentemente da temperatura de secagem, tendo assim maior resistência a impactos. As forças de ruptura para as temperaturas de secagem de 60 e 100 °C podem ser representadas por um único modelo.

REFERÊNCIAS

- ASAE, AGRICULTURAL ENGINEERS YEARBOOK OF STANDARDS. **American Society of Agricultural Engineers**, St. Joseph, MI, 1974.
- BENTO, A. P. N.; COMINETTI, C.; SIMÕES FILHO, A.; NAVES, M. M. V. Baru almond improves lipid profile in mildly hypercholesterolemic subjects: A randomized, controlled, crossover study. **Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases**, Nápoles, v. 24, n. 12, p. 1330-1336, 2014.
- BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília, 2009. 395p.
- FERNANDES, L. S.; CORRÊA, P. C.; DINIZ, M. D. M. S.; LEITE, D. M.; VASCONCELLOS, D. S. L. Influência do teor de água nas propriedades mecânicas dos grãos de trigo submetidos à compressão. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, suplemento 1, p. 219-223, 2014.
- GALEDAR, M. N.; MOHTASEBI, S. S.; TABATABAEEFAR, A.; JAFARI, A.; FADAEI, H. Mechanical behavior of pistachio nut and its kernel under compression loading. **Journal of Food Engineering**, Londres, v. 95, n. 3, p. 499-504, 2009.
- LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 5.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, v.1, 2008. 368p.
- REGAZZI, A. J. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não linear. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 50, n. 287, p. 9-26, 2003.
- RESENDE, O.; CORRÊA, P. C.; OLIVEIRA, G. H. H.; GONELI, A. L. D.; JARÉN, C. Mechanical properties of rough and dehulled rice during drying. **International Journal of Food Studies**, Vienna, v. 2, n. 2, p. 158-166, 2013.
- SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F.; BRITO, M. A. **Baru: biologia e uso**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados. 2004. 52 p.
- SHARMA, R.; SOGI, D. S.; SAXENA, D. C. Dehulling performance and textural characteristics of unshelled and shelled sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds. **Journal of Food Engineering**, Londres, v. 92, n. 1, p. 1-7, 2009.