

ESTUDO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO ENDOCARPO DE MACAÚBA VISANDO PROJETO DE MÁQUINAS PARA EXTRAÇÃO DE SEMENTES

**RAFAELLA VALLE PEREIRA¹, CHRISTINA MARIA DE FREITAS GRUPIONI²,
JANIELLE SOUZA PEREIRA³, IVYS FRANCISCO DE MOURA DOMINGUES⁴,
FRANCISCO SCINOCCA⁵, FÁBIO LÚCIO SANTOS⁶**

¹ Graduanda em Engenharia Mecânica, Departamento de Engenharia, DEG/UFLA, Lavras – MG, rafaellavallep@gmail.com

² Eng. Agrícola, Doutoranda em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, PPGEA/UFLA, Lavras – MG

³ Eng. Agrícola, Doutoranda em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, PPGEA/UFLA, Lavras – MG

⁴ Graduando em Engenharia Física, Departamento de Física, DFI/UFLA, Lavras – MG

⁵ Eng. Mecânico, Professor Adjunto Doutor, Departamento de Engenharia, DEG/UFLA, Lavras – MG

⁶ Eng. Agrícola, Prof. Associado Doutor, Departamento de Engenharia, DEG/UFLA, Lavras – MG

Apresentado no
LII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2023
18 a 21 de outubro de 2023 – Ribeirão Preto - SP, Brasil

RESUMO: O uso de biocombustíveis se mostra como alternativa ao uso de fontes de energia renováveis e com baixos níveis de emissão de poluentes, a exemplo da macaúba. Para o plantio, deve-se germinar a amêndoa que possui endocarpo com elevada resistência mecânica, no entanto, essa característica do endocarpo torna a extração das sementes para o processo de germinação e produção de mudas torna-se uma tarefa árdua e não produtiva. Neste contexto, o presente trabalho determinou a taxa de deformação e o tempo de imersão do fruto em água ou não, que promoveria a redução da resistência mecânica do endocarpo da macaúba. Para isso foi utilizada uma máquina de compressão Instron Emic 23-20 para a captação dos dados referentes à força máxima de ruptura. Foram utilizadas diferentes taxas de deformação em associação com tratamentos do endocarpo. Neste contexto, verificou-se que a secagem do endocarpo, via exposição solar, por 10 dias em associação com a taxa de deformação de 500 mm min⁻¹ apresentou os valores mais promissores em termos da redução da força de ruptura dessa estrutura.

PALAVRAS-CHAVE: biocombustíveis, macaúba, resistência mecânica

STUDY OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF THE MACAUBA ENDOCARP AIMING FOR THE DESIGN OF MACHINES FOR SEED EXTRACTION

ABSTRACT: The use of biofuels is an alternative to the use of renewable energy sources with low levels of pollutant emissions, such as macauba. For planting, the kernel must be germinated, which has an endocarp with high mechanical resistance, however, this characteristic of the endocarp makes the extraction of seeds for the germination process and seedling production an arduous and non-productive task. In this context, the present work determined the deformation rate and the time of immersion of the fruit in water or not, which would promote the reduction of the mechanical resistance of the endocarp of macauba. For this purpose, an Instron Emic 23-20 compression machine was used to capture the data referring to the maximum rupture force. Different strain rates were used in association with endocarp treatments. In this context, it was found that the drying of the endocarp, via solar exposure, for 10 days in association with the deformation rate of 500 mm min⁻¹ presented the most promising values in terms of reducing the rupture force of this structure.

KEYWORDS: biofuels, macauba, mechanical resistance

INTRODUÇÃO: A busca por novas formas de geração de energia que diminuam os resíduos lançados ao solo, à água e à atmosfera, e que não gere danos à saúde dos cidadãos se torna imprescindível. Uma alternativa limpa e renovável é a implementação de biocombustíveis que são produzidos por meio de óleos renováveis e com baixo teor de emissão de poluentes (BONASSA et al. 2014; VILLIBOR et al., 2015). A palmeira de macaúba, com fruto contendo alto teor de óleo, apresentam essas características e se tornou enfoque de estudos ao longo dos anos. Essa planta apresenta resistência ao clima e produz fruto por até 100 anos, com cada cacho podendo pesar até 60 kg. Estima-se que 1 hectare da palmeira produz cerca de 6 toneladas de óleo por ano (MICHELIN et al., 2015). A estrutura do fruto é dividida em epicarpo, mesocarpo, endocarpo e endosperma, também chamado de amêndoa (VIANNA; ROCHA, 2020; SANJUNEZ-ARGANDÓNA; CHUBA, 2011; NUNES, 2013). O plantio da palmácea ocorre a partir da germinação do endosperma (intacto), que se encontra revestido pelo endocarpo, estrutura que apresenta elevado grau de resistência mecânica. As principais ferramentas utilizadas para a extração das sementes são os martelos e as serras, prática que não potencializa a alta produtividade, mostrando-se pouco indicada à produção de mudas em grande escala. Assim, se torna necessária a quantificação das propriedades mecânicas do endocarpo de macaúba, como a força de ruptura, visando projetos de máquinas que realizem a extração das sementes para a produção de mudas. Neste contexto, o presente trabalho se propôs a determinar a combinação da taxa de deformação e do tempo de imersão do fruto em água ou não, que promoveria a redução da resistência mecânica do endocarpo da macaúba.

MATERIAL E MÉTODOS: Os frutos da macaúba foram selecionados e despolidos mecanicamente com os corpos de prova dos ensaios de compressão sendo constituídos, apenas, pelo endocarpo. A força máxima de ruptura foi determinada utilizando um sistema de ensaio de bancada, composto por uma máquina de ensaio universal Instron Emic 23-20. As amostras foram posicionadas entre placas planas e os ensaios de compressão realizados considerando-se diferentes taxas de deformação do endocarpo do fruto da macaúba (Figura 1).

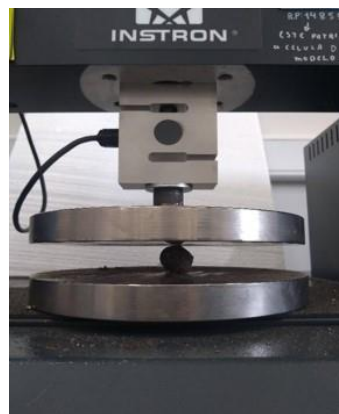


FIGURA 1. Posicionamento do endocarpo da macaúba entre placas planas para a realização de ensaios de compressão na máquina de ensaio universal Instron Emic 23-20.

Fonte: Do autor.

Os ensaios ocorreram considerando-se a posição de repouso dos endocarpos no plano. As taxas de deformação avaliadas foram de: 100 mm min⁻¹, 200 mm/min, 300 mm min⁻¹, 400 mm min⁻¹, 500 mm min⁻¹ e 600 mm min⁻¹. Em associação às taxas de deformação, verificou-se a influência de tratamentos aplicados ao endocarpo: um tratamento padrão (testemunha),

tratamentos de imersão total em água por 24h, 48h e 72h e um tratamento de secagem, via exposição solar, por 10 dias. Dessa forma, cada tratamento foi submetido às taxas de deformação avaliadas, considerando-se 10 repetições. A partir dos ensaios, informações sobre a força de ruptura do endocarpo foram determinadas. Realizou-se um experimento segundo delineamento inteiramente casualizado em fatorial 6x5 (taxas de deformação x tratamentos aplicados). As médias dos tratamentos, em cada taxa de deformação, foram estudadas por meio do teste de Scott-Knott à 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: As forças de ruptura do endocarpo foram quantificadas nas diferentes condições propostas neste trabalho, possibilitando a determinação da combinação de taxa de deformação e tratamento aplicado ao endocarpo que promoveu uma redução em sua resistência mecânica. Desta forma, na Tabela 1 são apresentados os resultados do teste de média, Scott-knott à 5% de probabilidade, para os tratamentos estudados nas diferentes taxas de deformação.

TABELA 1. Forças de ruptura obtidas a partir da combinação das diferentes taxas de deformação e tratamentos aplicados ao endocarpo do fruto da macaúba.

Trata	100	200	300	400	500	600
Padrão	5121,96 B	5037,00 B	4589,93 B	4890,94 A	4271,26 B	4722,20 A
24h	6418,17 A	6023,16 A	6193,29 A	5721,60 A	4653,04 B	5155,19 A
48h	6648,45 A	6282,58 A	5859,79 A	5145,57 A	6312,54 A	5846,54 A
72h	6595,33 A	6034,92 A	6232,65 A	5399,48 A	5799,65 A	5901,74 A
10 dias ao sol	5145,52 B	4874,76 B	4974,72 B	3249,98 B	2728,43 C	2792,95 B

Trat: tratamento. *Pelo teste de Scott-Knott ao nível de significância de 5% de probabilidade, médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si.

Verificou-se que as menores taxas de deformação (100 mm min⁻¹, 200 mm min⁻¹ e 300 mm min⁻¹) não propiciam redução na força ruptura do endocarpo de macaúba. Foi observada uma redução das forças de ruptura do endocarpo nas maiores taxas de deformação avaliadas (400 mm min⁻¹, 500 mm min⁻¹ e 600 mm min⁻¹). Observou-se que a secagem via exposição solar associada a taxa de deformação de 500 mm/min apresentou as menores forças médias de ruptura (Tabela 1). Entretanto, foi possível notar que o tratamento ao qual as taxas são aplicadas influencia a força de ruptura do endocarpo, bem como nos danos observados nas sementes após a ruptura do endocarpo (Figura 2).

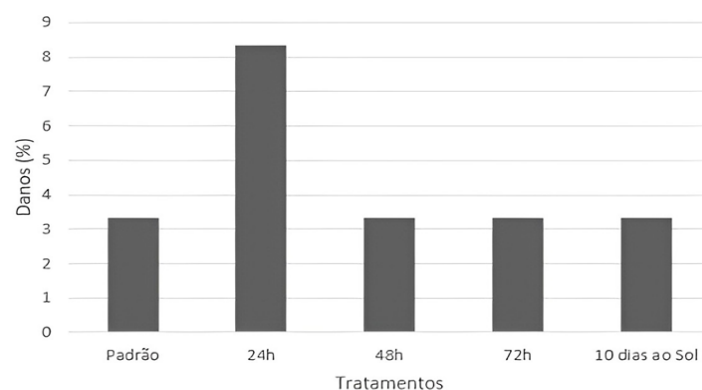


FIGURA 2. Porcentagem de danos causados às sementes após os ensaios de compressão e ruptura do endocarpo de macaúba.

Apenas os danos causados não são suficientes para realizar uma investigação do melhor tratamento. Assim, se faz necessária a realização de análises mais minuciosas em relação à integridade das sementes, pois de acordo com Fogaça et al. (2008) a manutenção de parte da amêndoa é um fator importante para o desenvolvimento do embrião zigótico.

CONCLUSÕES: Verificou-se que o tratamento de secagem, via exposição solar, por 10 dias influencia na redução da força de ruptura do endocarpo de macaúba, se mostrou o mais promissor para a concepção de máquinas para a extração mecanizada das sementes, o qual deve estar associado a uma taxa de deformação de 500 mm min⁻¹.

REFERÊNCIAS:

BONASSA, G.; SCHNEIDER, L. T.; FRIGO, K. D. A.; CUNHA, F. S.; LINS, M. A.; FRIGO, E. P. Bioquerosene: panorama da produção e utilização no Brasil. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, n. 1, v. 3, p. 97-106, 2014.

FOGAÇA, C. M.; CARGNIN, A.; JUNQUEIRA, N. T. V.; ANDRADE, R. M. de. **Propagação in vitro de macaúba (*Acrocomia aculeata*) via resgate de embriões zigóticos.** In: IX Simpósio Nacional Cerrado, Brasília, DF. 2008. Disponível em <http://simposio.cpac.embrapa.br/simposio/trabalhos_pdf/00528_trab1_ap.pdf> Acesso em 9 de junho de 2023.

MICHELIN, S.; PENHA, F. M.; MELANIA M.; SYCHOSKI, M. M.; SCHERER, R. P.; TREICHEL, H.; VALERIO, A.; LUCCIO, M. D.; OLIVEIRA, D.; OLIVEIRA, J. V. Kinetics of ultrasound-assisted enzymatic biodiesel production from Macauba coconut oil. **Renewable Energy**, v. 76, n.1, p. 388-393, 2015.

NUNES, A. A. **Óleo da polpa de macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq) Lood. ex Mart.) com alta qualidade: processo de refino e termoestabilidade.** Dissertação (Mestrado em biotecnologia). Universidade Católica Dom Bosco, 2013. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/90162/1/DISSERTACAO-MESTRADO-2013-ANGELA.pdf> . Acesso em 9 de junho de 2023.

SANJINEZ-ARGANDONA, E. J.; CHUBA, C. A. M. Caracterização biométrica, física e química de frutos da palmeira bocaiuva *Acrocomia aculeata* (Jacq) Lodd. **Revista Brasileira de Fruticultura**, n. 33, v. 3, p. 1023-1028, 2011.

VIANNA, S. A., ROCHA, A. C. **Acrocomia in Flora do Brasil 2020.** Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2020. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB15663>>. Acesso em 10 junho 2023.

VILLIBOR, G. P.; LISBOA, B. H. M.; KHOURY JUNIOR, J. K.; PINTO, F. A. C. **Machine design parameters: rupture force and displacement of macaw palm endocarp.** Rio de Janeiro: 23rd ABCM International Congress of Mechanical Engineering, 2015.