

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E MECÂNICA DO FRUTO DA MACAÚBA

FRANCIANE C. SOUZA¹, DANIEL GOMES², ANTONIO C. O. FERRAZ³, RICARDO Y. INAMASU⁴

¹ Eng^o. Agrícola, Mestranda em Engenharia Agrícola, Bolsista do CNPq - Brasil, Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas – SP, Fone: (0XX19) 3788.1058, franciane@agr.unicamp.br.

² Eng^o Agrônomo, Mestrando em Engenharia Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, Campinas – SP.

³ Eng^o Agrícola, Prof. Livre Docente, FEAGRI/UNICAMP, Campinas – SP.

⁴ Eng. Mecânico, Pesquisador, Embrapa Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA, São Carlos – SP.

**Escrito para apresentação no
XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola
31 de julho a 4 de agosto de 2006 - João Pessoa - PB**

RESUMO: A macaúba é uma palmeira encontrada em grande parte do território brasileiro. O fruto esférico apresenta polpa amarelada e amêndoa oleaginosa, ambas utilizadas para extração de óleo. Apesar do alto valor comercial, o processo de descascamento do fruto é realizado artesanalmente, provocando perdas tanto da polpa quanto da amêndoa. Assim, o conhecimento de propriedades físicas e mecânicas do fruto é necessário para se desenvolver equipamentos para beneficiamento adequado do produto. Neste trabalho, foram determinadas algumas propriedades físicas e mecânicas do fruto da macaúba, tais como diâmetro equivalente, massa específica real, composição em massa, umidade da polpa, espessura e resistência da casca, através dos parâmetros força de ruptura e deformação. Os valores de diâmetro equivalente, massa específica real, espessura da casca e massa das castanhas, bem como os parâmetros deformação e deformação específica na ruptura apresentaram baixos coeficiente de variação. As propriedades físicas levantadas sugerem uniformidade dos frutos. A pouca variabilidade dos parâmetros deformação e deformação específica apontam que o descascamento mecânico pode ser baseado na deformação. Estudos futuros sobre a resistência mecânica da castanha contribuirão para a caracterização mais completa do fruto.

PALAVRAS-CHAVE: *Acrocomia aculeata*, bacaiúva, propriedades físicas.

PHYSICAL AND MECHANICAL CHARACTERIZATION OF MACAUBA FRUIT

ABSTRACT: Macauba is a palm tree found in most of the Brazilian territory. The spherical fruit presents yellowish pulp and oleaginous kernel, both used for oil extraction. In spite of its high commercial value, the process of peeling of the fruit is handmade, causing pulp and kernel losses. Therefore, the knowledge of physical and mechanical properties of the fruit is necessary to design appropriate handling equipments. In this work, some physical and mechanical properties of the macauba fruit were measured, such as equivalent diameter, apparent density, mass composition, pulp moisture content, thickness and resistance of the skin, the latter using the rupture force and deformation. The values of equivalent diameter, apparent density, thickness of the skin, mass of the nuts, deformation and specific deformation in the rupture presented low variation coefficient. The physical properties analysed suggest uniformity of the fruits. The little variability of the deformation and specific deformation parameters suggests that the mechanical peeling can be executed based on the deformation. Future studies on mechanical resistance of the nut will contribute to a more complete characterization of the fruit.

KEYWORDS: *Acrocomia aculeata*, bacaiuva, physical properties.

INTRODUÇÃO: A macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart.), também conhecida popularmente como macajuba ou bacaiúva, é pertencente à família Palmae, encontrada em grande

parte do território brasileiro, desde o Pará até São Paulo, principalmente na floresta latifoliada e semidecídua (LORENZI, 2002). Desta palmeira, pode-se aproveitar economicamente madeira, folhas e frutos, sendo que estes últimos apresentam melhores possibilidades comerciais e maior rentabilidade, utilizados inclusive para a produção de biocombustível (FORTES e BAUGH, 1999). O fruto é de formato esférico, casca lisa e coloração variando de marrom a amarelada quando maduro (Figura 1a). Apresenta polpa amarelada, a qual envolve uma amêndoa oleaginosa (Figura 1b). A polpa pode ser utilizada para consumo in natura ou para extração de óleo, utilizado na culinária e indústria de sabão. A amêndoa é utilizada para extração de óleo de ótima qualidade, fino e incolor, utilizado na indústria alimentícia e de cosméticos. Apesar de seu grande valor comercial, o fruto vem sendo explorado de forma extrativista, sendo todo o processo de descascamento realizado artesanalmente. Como o fruto apresenta polpa muito fibrosa e casca interna da amêndoa muito espessa, o trabalho de descascamento é demorado e muitas vezes provoca perdas tanto da polpa, que não é retirada convenientemente, quanto da amêndoa, que acaba sendo esmagada durante sua retirada. Por esta razão, o conhecimento de propriedades físicas e mecânicas do fruto é necessário para que se possa desenvolver equipamentos para beneficiamento adequado do produto, obtendo-se melhor aproveitamento da casca e amêndoa, e maior rendimento do processo. Neste trabalho, foram determinadas propriedades físicas dos frutos da macaúba, como diâmetro equivalente, composição em massa, umidade da polpa, massa específica real, espessura e resistência mecânica da casca, através dos parâmetros força de ruptura e deformação.

MATERIAL E MÉTODOS: *Macaúba.* Foram utilizados frutos de macaúba originários da região do Pantanal. Da coleta de várias plantas, foram retirados ao acaso cem frutos, os quais foram identificados. *Diâmetro equivalente.* Mediu-se o diâmetro em três direções perpendiculares, correspondentes às direções dos eixos axial, longitudinal e tangencial, utilizando-se paquímetro digital (Mytutoio), com precisão de 0,005 mm. O diâmetro equivalente foi calculado pela média geométrica dos diâmetros (Mohsenin, 1986). Foram realizadas 75 repetições. *Massa específica real.* Foi determinada a massa específica real de frutos íntegros e de frutos sem a casca, utilizando-se o princípio do deslocamento de água (Mohsenin, 1986). Utilizou-se de proveta graduada com capacidade para 250 ml e divisões de 2 ml, balança analítica digital (Martt), precisão de 0,0005 g e haste de vidro. Inicialmente, foram medidas as massas dos frutos, e estes foram imersos em 200 ml de água. Para submersão total do fruto, este foi empurrado com a haste de vidro, anotando-se o volume de água deslocada na proveta. Repetiu-se o mesmo procedimento com os frutos sem a casca. A massa específica real foi calculada pela razão entre a massa do fruto e volume deslocado, sendo expressa em g/cm³. Foram realizadas 25 repetições. *Composição em massa.* Foram escolhidos 25 frutos ao acaso, descascados manualmente, recolhendo-se cuidadosamente as cascas em recipiente de vidro, cuja massa foi medida anteriormente. Após retirada a casca, a polpa foi retirada manualmente com lâmina afiada e recolhida em recipiente de vidro, depositando as castanhas em outro recipiente. A espessura da casca foi medida com o paquímetro. Foram medidas, individualmente, as massas da casca, polpa e castanha, com a balança analítica. A porcentagem de massa de cada parte dos frutos foi calculada considerando-se a massa total de cada fruto. *Umidade da polpa.* Foi determinada utilizando-se método da estufa com circulação forçada (FANEM, modelo 320-SE). Foram medidas as massas da polpa de 25 frutos, as quais foram colocadas em recipientes de metal inoxidável previamente pesados e identificados, e levados à estufa à temperatura de 70°C por 24 horas (AOAC, 1995). Após o período estabelecido, as polpas foram retiradas da estufa, medindo-se a massa do conjunto novamente. A umidade da polpa foi determinada na base úmida, com resultados expressos em porcentagem. *Resistência Mecânica da casca.* Foi utilizada metodologia apresentada pela norma ASAE S368.2 (ASAE STANDARDS, 1994) para ensaio de compressão entre pratos planos e paralelos, utilizando-se uma máquina universal de ensaios, com célula de carga de 250 N e taxa de deformação de 0,4 mm/s. O fruto foi colocado em contato com as superfícies planas e a compressão foi realizada até o rompimento da casca (Figura 1c). Foram realizadas 22 repetições. A partir dos diagramas força x deformação, foram identificados os valores de força máxima e deformação específica correspondentes. *Delineamento experimental.* Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado. *Análise dos Resultados.* Foi realizada comparação de médias entre os valores de massa específica real utilizando-se teste de Tukey ($p < 0,05$) (NETO et al., 2001) através do software Sisvar 4.3. Os demais resultados foram analisados através dos respectivos valores médios e coeficientes de variação.



Figura 1. Aspectos do fruto da macaúba. a) Fruto inteiro; b) corte longitudinal mostrando a casca, polpa, endocarpo e amêndoa; c) ensaio de compressão entre pratos planos e paralelos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Diâmetro equivalente, massa específica real, composição em massa e umidade da polpa. Na Tabela 1, são apresentados os valores médios de diâmetro equivalente, massa específica real, composição do fruto (casca, polpa e castanha) e umidade da polpa dos frutos, com seus respectivos valores de desvio padrão e coeficiente de variação. Para a massa específica real, foi realizada comparação de médias entre os valores obtidos para os frutos íntegros e frutos sem a casca externa (Tukey, $p < 0,05$).

Tabela 1. Valores médios de diâmetro equivalente, massa específica real, composição em massa e umidade da polpa para frutos de macaúba.

Propriedade	Média	% do Total	Desvio Padrão	CV [%]
Diâmetro equivalente [mm]	31,94	-	1,97	6,17
Massa específica real [g/cm ³]	Com casca 0,775* a	-	0,083	10,67
	Sem casca 0,950* b	-	0,114	12,01
Composição [g]	Casca 2,718	21,99	0,495	18,22
	Polpa 4,961	38,97	1,753	35,34
	Castanha 4,818	39,07	0,797	16,54
	Total 12,497	100,00	2,664	21,32
Espessura da casca [mm]	0,542	-	0,062	11,36
Umidade da polpa (U _{BU}) [%]	39,03	-	9,76	25,01

* Médias seguidas de mesma letra são iguais entre si (Tukey, $p < 0,05$).

Na Tabela 1, pode-se observar que os frutos de macaúba apresentaram pequena variação no diâmetro equivalente, pois o coeficiente de variação calculado para os valores medidos é igual a 6,17%, valor considerado baixo para produtos vegetais, que normalmente apresentam grande variabilidade de dimensões. Em relação à massa específica real calculada, os frutos com casca apresentaram menores valores que os frutos sem casca, apresentando diferença significativa entre os dois tratamentos (Tukey, $p < 0,05$). Isto é explicado pelo fato de que, entre a casca e a polpa dos frutos, existe um espaço, preenchido com ar, que influencia significativamente a massa específica. Além disso, a casca apresenta, isoladamente, massa específica menor que o resto do fruto. Os coeficientes de variação calculados para a massa específica real dos frutos com e sem casca apresentaram baixos valores, indicando uniformidade dos frutos. Com relação à sua composição, a casca da macaúba é fina, com espessura média de 0,542 mm, e representa somente cerca de 22% da massa total do fruto, enquanto polpa e castanha representam, cada uma, aproximadamente 39% da massa total do fruto. O baixo valor de coeficiente de variação obtido para as castanhas, igual a 16,54%, sugere uniformidade da massa, e conseqüentemente do tamanho das castanhas. A massa total dos frutos apresentou um coeficiente de variação elevado, igual a 21,32%, provavelmente devido a presença de frutos com diferentes graus de maturação. Os frutos mais verdes, apesar de apresentarem medidas de diâmetros semelhantes aos valores dos frutos mais maduros, apresentavam maior massa, devido ao seu maior teor de umidade. Por esta razão, os coeficientes de variação encontrados para a composição dos frutos são elevados, principalmente os valores de massa da polpa, que apresentaram coeficiente de variação igual a

35,34%. Em consequência, o coeficiente de variação do teor de umidade da polpa dos frutos também foi elevado, igual a 25,01%, com valor de umidade média, calculada na base úmida, igual a 39,03%.

Resistência mecânica da casca. Na Tabela 2, são apresentados os valores médios dos parâmetros mecânicos da casca dos frutos, obtidos através de ensaio de compressão entre pratos planos e paralelos. O valor médio de força máxima obtido foi de 75 N, com valor mínimo de 28,78 N e máximo de 102,35 N, sendo o coeficiente de variação igual a 28,03%. Estas variações são comuns na compressão de produtos agrícolas, como identificado por Rodrigues e Ferraz (1997) para macadâmia, Araújo et al. (2002) para castanha de caju, e Gomes e Ferraz (2005) para bagos de uvas. A deformação e deformação específica apresentaram menores valores de coeficiente de variação, iguais a 20,58% e 21,06%, respectivamente, sugerindo possivelmente um maior potencial para serem utilizadas como parâmetros no descascamento mecânico baseado na deformação.

Tabela 2. Índices de resistência mecânica da casca dos frutos utilizando-se ensaio de compressão.

Índice	Força Máxima [N]	Deformação [mm]	Deformação Específica [%]
Média	75,00	2,57	8,02
Desvio Padrão	21,02	0,53	1,69
C.V. [%]	28,03	20,58	21,06

CONCLUSÕES: As propriedades físicas levantadas sugerem uniformidade no tamanho e massa específica real dos frutos. A pouca variabilidade dos parâmetros mecânicos tais como deformação e deformação específica na ruptura apontam que o descascamento mecânico dos frutos pode ser realizado em solicitação baseada na deformação. Estudos futuros sobre a resistência mecânica da castanha contribuirão para a caracterização mais completa do fruto.

AGRADECIMENTOS: À Faculdade de Engenharia Agrícola e aos técnicos dos laboratórios de Pós-colheita e de Propriedades Mecânicas dos Materiais Biológicos pelo auxílio na realização dos ensaios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

AOAC. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry.**

Arlington, Virginia, USA. 16 ed. v.II, 1995.

ARAÚJO, M.C.; FERRAZ, A.C.O.; AUGUSTO, P.E. Relações força-deformação na compressão de castanha de caju em duas direções perpendiculares. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31, 2002, Salvador. **Anais...** Salvador, Bahia. p. 1-2, 2002.

ASAE STANDARDS. Compression Test of Food Materials of Convex Shape. **ASAE Standard:** ASAE S368.2, p. 472-476, 1994.

FORTES, I.C.P.; BAUGH, P.J. Study of analytical on-line pyrolysis of oils from macauba fruit (*Acrocomia sclerocarp M.*) via CG/MS. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, São Paulo, vol. 10, n.6, p. 464-477, nov/dez 1999.

GOMES, D.; FERRAZ, A.C.O. Variabilidade de parâmetros mecânicos de bagas de uva 'Niagara Rosada'. In: Congresso Brasileiro de Viticultura e Enologia, 10, 2005, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves, RS: Embrapa uva e vinho, 2005, p. 293.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras:** manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas no Brasil. 4 ed. Vol. 1. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2002. p.288.

NETO, B.B.; SCARMINIO, I.S.; BRUNS, R.E. **Como fazer experimentos:** pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2001.

RODRIGUES, A.L.G.; FERRAZ, A.C.O. Using impact load and conical indentors to crack macadamia nuts shells. In: International Conference on fruit, nut and vegetable production engineering, 5, 1997, Davis. **Proceedings...** Davis, California, 1997.

MOHSEIN, N.N. **Physical Properties of Plant and Animal Materials.** 2ed. New York: Gordon and Breach, 1986. 891p.