

DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA DE CUMARÚ (*Dipteryx Odorata*)

Kayke Santa Rita de Oliveira, Lucas dos Santos Monteiro, Luis Filipe Costa Fernandes, Magno Geraldo Lessa Alves, Irlaine Nathaly Ferreira dos Anjos, Ricardo Gomes de Oliveira, Caroline Junqueira Sartori.

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Avenida Primeiro de Junho, 1043, Centro - 39705-000 - São João Evangelista - MG, Brasil, costaluisfilipe39@gmail.com, oliveirakayke883@gmail.com, lucassantosmonteiro2003@gmail.com, mgnlessa@gmail.com, irlainenathaly1223@gmail.com, ricardo.gomes@ifmg.edu.br, caroline.sartori@ifmg.edu.br

Resumo:

Este estudo teve como objetivo caracterizar as propriedades físicas da madeira de cumaru (*Dipteryx odorata*), visando compreender seu comportamento estrutural e sua aplicabilidade industrial. Foram avaliadas amostras obtidas em serraria no município de São João Evangelista – MG. As amostras foram transformadas em corpos de prova e submetidos a testes de densidade, umidade e retratibilidade em laboratório. Verificou-se que a umidade de equilíbrio higroscópico da madeira de cumarú em maio de 2025, em São João Evangelista, MG, foi de 11,33%. A densidade básica média encontrada foi de 0,882 e 0,969 g/cm³ pelo método de imersão e MTU respectivamente. Os dados de retração linear e volumétrica mostraram valores compatíveis com os da literatura, evidenciando a estabilidade dimensional da espécie. Os resultados demonstram que o cumaru possui excelente desempenho, sendo uma alternativa viável e sustentável para aplicações na engenharia florestal e indústria da madeira.

Palavras-chave: Densidade básica, Umidade de equilíbrio higroscópico, retratibilidade.

Área do Conhecimento: Ciências agrárias.

Introdução

A madeira de cumaru (*Dipteryx odorata*) se sobressai entre diversas espécies devido à sua elevada densidade (variando de 0,95 a 1,00 g/cm³) e notável resistência estrutural, o que a torna amplamente empregada em situações que requerem alto desempenho mecânico (Pinto; Morellato; Barbosa, 2008).

No entanto, assim como acontece com diversas outras madeiras tropicais, é essencial um entendimento detalhado das características físicas do cumaru, incluindo sua densidade, capacidade de retratibilidade, percentual de umidade em equilíbrio e estabilidade dimensional. Isso é crucial para um uso eficiente na indústria de madeiras e para a implementação de tratamentos tecnológicos ou modificações químicas (Xie et al., 2013).

As características físicas da madeira são essenciais para avaliar sua aptidão para diferentes aplicações e estão intimamente relacionadas a elementos como a espécie, as condições do solo, os cuidados silviculturais e a procedência do material madeireiro (Haselein, 2000; Neto et al., 2009). Ademais, fatores como a densidade, o nível de umidade e a presença de madeira jovem afetam diretamente sua durabilidade (Josino, 2014).

Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar as características físicas da madeira de cumaru (*Dipteryx odorata*) como umidade, densidade básica e coeficiente máximo de retratibilidade.

Metodologia

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

Para a realização deste trabalho, foram obtidas madeiras de *Dipteryx odorata* (Cumaru) em uma serraria em São João Evangelista - MG, as quais foram transformadas em nove corpos de prova com dimensões de 3 x 2 x 3 cm (A, R, T). O trabalho foi realizado no laboratório de Física e Mecânica da Madeira do Instituto Federal de Minas Gerais – Campus São João Evangelista, Minas Gerais.

Para determinação da umidade de equilíbrio higroscópico, as amostras em triplicata ficaram em bancada no local aberto até o equilíbrio, com as condições do local no mês de maio de 2025. A massa úmida (M_u) das amostras foi determinada em balança de precisão de quatro casas decimais. Após pesagem, as mesmas foram secas em estufa com circulação forçada de ar a $103 \pm 2^\circ\text{C}$ até atingirem massa constante, sendo este estado definido quando se obteve uma variação máxima de 0,5% em relação à pesagem anterior. Posteriormente, as amostras foram postas para esfriar em dessecador com sílica por aproximadamente 20 minutos. Em seguida, foi determinada a massa seca das amostras (M_s) (ABNT, 1997). A partir dos valores obtidos de massa úmida e massa seca, calcularam-se os teores de umidade da madeira na base úmida (Eq.1) e base seca (Eq.2), utilizando-se as equações a seguir:

$$U_{bu} = \frac{M_u - M_s}{M_u} * 100 \quad \text{Eq.1}$$

$$U_{bs} = \frac{M_u - M_s}{M_s} * 100 \quad \text{Eq.2}$$

Onde:

U_{bu} = umidade em base úmida (%);

U_{bs} = umidade em base seca (%);

M_u = Massa úmida (g);

M_s = Massa seca (g).

A densidade básica da madeira de cumarú também foi realizada em triplicata. Os corpos de prova foram identificados como repetições e depositados em dessecador contendo água, e foi aplicado vácuo intermitente até a massa constante. Após a saturação, o volume das amostras foi determinado pelo método de imersão em água (Princípio de Arquimedes). Posteriormente, foram secas em estufa com circulação forçada de ar a $103 \pm 2^\circ\text{C}$ até atingirem massa constante, e em balança de precisão foi determinada a massa seca das amostras (M_s). A determinação da densidade básica da madeira foi realizada a partir da equação 3 (Trugilho et al., 1990).

$$D_b = \frac{M_s}{V_s} \quad \text{Eq. 3}$$

Em que:

D_b é a densidade básica da madeira (g/cm^3);

M_s é a massa seca da madeira, em (g);

V_{sat} é o volume da madeira saturada, em cm^3 .

As amostras saturadas foram pesadas para determinação da massa saturada (M_{sat}) e, de posse dos valores de Massas secas obtidos anteriormente, a densidade das amostras pelo Método do Máximo teor de umidade (MTU) foi calculada pela seguinte equação (Smith, 1954):

$$MTU = \frac{1}{\frac{M_{sat} - M_s}{M_s} + 0,346} \quad \text{Eq. 4}$$

Onde:

D_b é a densidade básica (g/cm^3);

M_{sat} é a massa da madeira saturada (g);

M_s é a massa da madeira seca (g).

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

Outras três amostras da madeira de Cumaru com as mesmas características e dimensões foram colocadas para saturação para as análises de retratibilidade. Após saturação, com o emprego de paquímetro digital com precisão de 0,01 mm, foram determinadas as dimensões saturadas dos corpos de prova nas direções axial, radial e tangencial, demarcando com exatidão o ponto de medição para maior precisão na mensuração posterior à secagem do material, conforme preconizado pela norma NBR 7190 (ABNT, 1997).

A secagem das amostras foi feita em estufa com circulação forçada de ar a $103 \pm 2^\circ\text{C}$ até atingirem massa constante. Após isto, as dimensões finais (secas) das amostras foram tomadas (ABNT, 1997). A retratibilidade da madeira da espécie também foi avaliada pelo valor da contração máxima linear (β_a) (axial ou longitudinal), radial (β_r) e tangencial (β_t) e da contração máxima volumétrica (β_v) dos corpos de prova, sendo os valores dados em porcentagem, respectivamente, conforme as fórmulas a seguir:

$$\beta (\%) = \frac{du - ds}{du} * 100 \quad \text{Eq. 5}$$

Onde:

β é a contração máxima linear do material;

du é a dimensão úmida (inicial);

ds é a dimensão seca (final).

A contração volumétrica (β_v) da madeira foi obtida com base em seu volume saturado e seu volume seco, conforme Equação 6 a seguir:

$$\beta_v (\%) = \frac{Vu - Vs}{Vu} * 100 \quad \text{Eq. 6}$$

Onde:

β_v = coeficiente volumétrico máximo;

Vu = volume do corpo-de-prova no estado saturado de umidade;

Vs = volume do corpo-de-prova no estado seco em estufa (0%).

Com bases nos valores da contração linear tangencial (β_t) e da contração linear radial (β_r) das amostras, calculou-se o coeficiente de anisotropia (CA) de acordo com a Equação 7.

$$CA = \frac{\beta_t}{\beta_r} \quad \text{Eq. 7}$$

O experimento foi instalado em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) com 3 repetições. Os resultados de umidade e retratibilidade foram submetidos à análise estatística descritiva e as médias de densidade básica foram submetidas à análise de variância, teste F de médias utilizando o software SISVAR (Ferreira, 2008) a 5% de significância.

Resultados

Os resultados de Umidade de equilíbrio higroscópico em base seca e em base úmida e densidade básica da madeira de cumarú estão apresentados na Tabela 1 a seguir:

Tabela 1 – Valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação de umidade em base úmida, umidade em base seca, densidade básica e densidade básica MTU da madeira de Cumaru

	Ubs (%)	Ubu (%)	Db (g/cm³)	Db MTU (g/cm³)
Média	11,33	10,17	0,882	0,969
Desvio	0,20	0,16	0,011	0,003
CV	1,73	1,55	1,26	0,27

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

A umidade em base úmida apresentou média de 11,33%, e a umidade em base seca foi em média de 10,17%. A densidade básica média encontrada foi de 0,882 g/cm³, pelo métodos de determinação do volume por imersão e deslocamento e pelo Método MTU apresentou média de 0,969 g/cm³.

Os valores médios de coeficiente de retratibilidade máximo linear nas direções axial, radial e tangencial, bem como coeficiente e volumétrico máximo e os respectivos desvios e coeficiente de variação estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação de Retrabilidade máxima linear e volumétrica da madeira de Cumaru

	β_{axial} (%)	β_{radial} (%)	$\beta_{tangencial}$ (%)	$\beta_{volumétrico}$ (%)
Média	0,30	4,61	7,54	12,07
Desvio	0,05	0,48	0,23	0,28
CV	16,13	10,38	3,08	2,35

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

Com relação às propriedades de retração, apresentadas na Tabela 2, os valores médios de coeficiente de retratibilidade da madeira de Cumaru foram de 0,30% na direção axial, 4,61% na direção radial, 7,54% na direção tangencial e 12,07% de contração volumétrica. De acordo com os dados da Tabela 2, verificou-se que o coeficiente de anisotropia da madeira de Cumaru foi de 1,64.

Discussão

Entender o equilíbrio higroscópico é essencial, pois ele indica a quantidade de umidade que a madeira tende a reter quando em contato com o ar. Esse conhecimento permite prever o comportamento da madeira em diferentes condições ambientais, especialmente em relação à conservação e à estabilidade dimensional. Fatores como temperatura, umidade relativa do ambiente e características intrínsecas da madeira, como porosidade e composição, influenciam diretamente esse equilíbrio. Por isso, conhecer esses aspectos é fundamental para o planejamento de processos como secagem, armazenamento e controle de qualidade da madeira.

Ao analisar os valores obtidos para a densidade básica com os dados fornecidos pelo IPT, observou-se uma diferença relativamente pequena: 0,882 g/cm³ no estudo e 0,908 g/cm³ no IPT. Apesar dessa diferença ser estatisticamente significativa, ambos os métodos utilizados para a determinação da densidade são amplamente reconhecidos e aplicados na caracterização da madeira. No entanto, os procedimentos aplicados neste estudo mostraram resultados consistentes e válidos para a caracterização da madeira de cumaru, demonstrando que a escolha do método deve considerar também as condições específicas da pesquisa, recursos disponíveis e o objetivo final da análise.

Soares et al, 2017 verificaram densidade básica média de 0,880 g/cm³. Segundo Eleotério e Silva, 2012, o valor encontrado em sua amostra foi de 0,94 g/cm³. Pelo IBDF (Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, 1988) foi de 0,91 g/cm³. Para Nascimento et al (1997) o valor dado foi de 0,97 g/cm³. Lima (2012) e Andrade (2015) encontraram um valor de 0,87 g/cm³.

A comparação entre os valores de retração radial e tangencial obtidos neste estudo e aqueles reportados por Duarte et al. (2020) e pelo IPT (1989) revela boa concordância geral, apesar de variações numéricas pontuais, consideradas esperadas em função da heterogeneidade natural da madeira.

Para a retração radial, foi observado um valor de 4,6%, enquanto Duarte et al (2020). registraram 3,95% e o IPT indicou 5,3%. Já a retração tangencial apresentou valores de 7,54% neste estudo, 6,38% em Duarte et al. e 8,2% segundo o IPT. Os resultados obtidos situam-se entre os valores extremos das referências comparadas, evidenciando coerência com os dados disponíveis na literatura para a espécie *Dipteryx odorata*.

Em relação à retração volumétrica, embora não tenha sido abordada por Duarte et al (2020)., o valor de 12,07% determinado neste trabalho é semelhante ao informado pelo IPT (13,6%), reforçando a compatibilidade dos dados.

As diferenças observadas entre os estudos podem ser atribuídas a fatores como variação anatômica entre amostras e idade, pois o material empregado neste estudo é proveniente de produto para a venda, não obtendo-se assim, a localização da amostra na árvore.

A contração da madeira apresenta-se de forma anisotrópica, sendo mais acentuada no sentido tangencial do que no radial, enquanto na direção longitudinal (axial) é mínima. Essa diferença está relacionada principalmente à orientação das microfibrilas na camada S_2 da parede celular e à estrutura anatômica da madeira. No sentido tangencial, a contração é maior devido à menor restrição estrutural, somada ao efeito do lenho tardio, que exerce maior influência sobre o lenho inicial, elevando a retração nesse plano. Já no sentido radial, a presença dos raios lenhosos atua como barreira, limitando a contração, ao passo que na direção longitudinal, a proximidade do ângulo microfibrilar em relação ao eixo da fibra garante maior estabilidade dimensional. Dessa forma, a orientação das microfibrilas e os elementos anatômicos justificam por que a contração tangencial é superior à radial, e a axial é a mais baixa (Zhao; Yang, 2025).

Ao comparar o coeficiente de anisotropia obtido neste estudo (1,63) com o valor apresentado por Duarte et al. (2020), de 1,62, observa-se uma semelhança significativa entre os resultados. Essa proximidade indica um comportamento consistente da madeira de cumaru em relação à retração dimensional, evidenciando a predominância da retração tangencial sobre a radial. Esse padrão é característico de madeiras tropicais de alta densidade e destaca a anisotropia natural do material, aspecto relevante para o seu uso em aplicações sujeitas a variações de umidade.

Conclusão

Os resultados obtidos neste estudo confirmam que a madeira de cumaru (*Dipteryx odorata*) apresenta propriedades físicas compatíveis com o seu uso em aplicações que exigem elevada densidade, estabilidade dimensional e resistência estrutural. A umidade de equilíbrio higroscópico em maio em São João Evangelista, MG foi de 11,33% e 10,17% em base seca e base úmida respectivamente. A densidade básica média foi de 0,882 g/cm³ e 0,969 g/cm³ pelo método de imersão e MTU respectivamente. Os coeficientes máximos de retratibilidade linear foram de 0,30; 4,61 e 7,54% nas direções axial, radial e tangencial. Já o coeficiente máximo de retratibilidade volumétrico foi de 12,07% e coeficiente de anisotropia de 1,64.

Referências

ANDRADE, A. Pisos de madeira: características de espécies brasileiras - Piracicaba: ANPM, 2015. 184p.

ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7190: Projeto de estruturas da Madeira. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.107p.

CUMARU – informações sobre madeira. São Paulo: IPT, s.d. Disponível em: <https://madeiras.ipt.br/cumaru/>. Acesso em: 19 julho. 2020

DUARTE, B. B.; LAHR, F. A. R.; CURVELO, A. A. S. Caracterização física-mecânica e composição química da madeira de cumaru (*Dipteryx odorata*). In: **ENGENHARIA INDUSTRIAL MADEIREIRA: tecnologia, pesquisa e tendências**. Guarujá: Editora Científica Digital, 2020. Cap. 6, p. 100–111. DOI: 10.37885/201102101.

ELEOTÉRIO, R. J.; SILVA, K. M. C. Comparação de programas de secagem para Cumaru (*Dipteryx odorata*), Jatobá (*Hymenaea spp*) e Muiracatiara (*Astronium lecontei*) obtidos por diferentes métodos. **Scientia Forestalis**, volume 40, n. 96 p.537-545, dezembro de 2012.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Científica Symposium**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 36-41, jul./dez. 2008.

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

HASELEIN, C. R.; CECHIN, E.; SANTINI, E. J.; GATTO, D. A. Características estruturais da madeira de *Pinus elliottii* Engelm aos 30 anos de idade. **Ciência Florestal, Santa Maria**, v. 10, n. 2, p.135-144, 2000.

IBDF – INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL. Madeiras da Amazônia, características e utilização: Estação Experimental de Curuá-Una. Brasília, 1988. v.2, 236p.

JOSINO, M. N. Relação da resistência com a umidade e com a densidade da madeira de um clone de *Eucalyptus urophylla*. 2014. 39 f. TCC (Graduação) – **Curso de Engenharia Florestal, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, 2014**. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/16342/1/2014_MaiaraNeriJosino.pdf. Acesso em: 19 ago. 2020

LIMA, M. D. F. Utilização de resíduos da espécie *Dipteryx polyphylla* (Cumarurana), *Dipteryx odorata* (Cumaru) e *Brosimum parinarioides* (Amapá) na produção de painéis de madeira aglomerada com resina poliuretana à base de óleo da mamona. 2012. 122 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2012.

NASCIMENTO, C. C.; GARCIA, J. N.; DIÁZ, M. P. Agrupamento de espécies madeireiras da Amazônia em função da densidade básica e propriedades mecânicas. **Madera y Bosques**, v. 3, n. 1, p. 33-52, 1997.

MORAES NETO, S. P.; TELES, R. F.; RODRIGUES, T. O.; VALE, A. T.; SOUZA, M. R. Propriedades mecânicas da madeira de cinco procedências de *Pinus caribea* var. *hondulensis* implantados no cerrado do Distrito Federal, DF. **Embrapa Cerrados**, Planaltina-FD, 2009. 20 p – (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento).

ZHAO, M., YANG, L. Free drying shrinkage of wood: A review. **BioResources**, Raleigh, 2025. Disponível em: <https://bioresources.cnr.ncsu.edu/resources/free-drying-shrinkage-of-wood-a-review/>. Acesso em: 26 ago. 2025.

PINTO, A. M.; MORELLATO, L. P. C.; BARBOSA, A. P. Fenologia reprodutiva de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd (Fabaceae) em duas áreas de floresta na Amazônia Central. **Acta Amazon.**, 38, p.643 (2008). <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672008000400006>

SMITH, D.M. 1954. Maximum moisture content method for determining specific gravity of small wood samples. USDA **Forest Products Laboratory** Nº 2014. 8 pp.

XIE, Y.; FU, Q.; WANG, Q.; XIAO, Z.; MILITZANJUN, H. Effects of chemical modification on the mechanical properties of wood. **European Journal of Wood and Wood Products**, v. 71, p. 401–416, 2013. DOI: 10.1007/s00107-013-0693-4

Agradecimentos

Agradecemos à Caroline Junqueira Sartori pelo apoio e orientação ao longo do desenvolvimento deste trabalho. Agradecemos também ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus São João Evangelista, pelo suporte institucional oferecido durante a realização desta pesquisa.