

Densidade da madeira de mogno africano - *Khaya grandifoliola* C. DC.

Bernardo C. P. Moraes¹; Alexandre M. de Carvalho¹; Bruno M. B. Burns¹; Jessica T. C. Faria¹; Thainá A. Chagas¹

¹ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica/RJ, Brasil –
coutinho395@gmail.com

Resumo: Este trabalho estudou as propriedades físicas densidade básica, aparente e anidra do mogno africano *Khaya grandifoliola* C. DC., valorizado por suas características físicas, mecânicas e importância econômica e ecológica. O mogno africano é usado na recuperação de áreas degradadas, ajudando a restaurar a biodiversidade, melhorar a qualidade do solo e da água e criar corredores ecológicos. Os testes foram realizados no Laboratório de Processamento de Madeira (LPM) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, onde as amostras foram imersas em água e secas em estufa, seguindo a norma ABNT 7190:1997. O estudo revelou variações nas densidades básica, aparente e anidra, influenciadas pela composição da madeira, estrutura celular e condições ecológicas. Análises mostraram uma correlação linear positiva entre densidade básica e aparente. Essas informações são cruciais para a indústria madeireira e manejo sustentável, pois madeiras mais densas possuem maior resistência e estabilidade, além de otimizar processos de secagem e tratamento.

Palavras-chave: Propriedades físicas, qualidade da madeira, propriedades mecânicas.

Wood Density of the African Mahogany Species - *Khaya grandifoliola* C. DC..

Abstract: This study examined the physical properties of basic, apparent, and anhydrous density of the African mahogany species *Khaya grandifoliola* C. DC., valued for its physical, mechanical, economic, and ecological importance. African mahogany is used in the recovery of degraded areas, helping to restore biodiversity, improve soil and water quality, and create ecological corridors. The tests were conducted at the Wood Processing Laboratory (LPM) of the Federal Rural University of Rio de Janeiro, where samples were immersed in water and dried in an oven, following the ABNT 7190:1997 standard. The study revealed variations in basic, apparent, and anhydrous densities, influenced by wood composition, cellular structure, and ecological conditions. Analyses showed a positive linear correlation between basic and apparent density. This information is crucial for the timber industry and sustainable management, as denser woods generally have greater mechanical strength and dimensional stability, in addition to optimizing drying and treatment processes.

Keywords: Physical properties, wood quality, mechanical properties.



Engenharia
Industrial
Madeireira



SOCIEDADE BRASILEIRA
DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DA MADEIRA

Keywords: Physical properties, wood quality, mechanical properties.

1. INTRODUÇÃO

A madeira sempre desempenhou um papel fundamental na história da humanidade, sendo amplamente utilizada em diversas aplicações, desde a construção de habitações até a fabricação de móveis e objetos decorativos. Assim, o estudo da densidade da madeira é fundamental para compreender suas propriedades físicas e mecânicas, bem como para otimizar seu uso em diferentes aplicações. A densidade da madeira está relacionada à sua resistência, durabilidade e capacidade de absorver e liberar umidade, sendo influenciada por diversos fatores, como a espécie, idade, condições de crescimento e processamento. Portanto, conhecer a densidade de uma espécie de madeira é essencial para garantir sua qualidade, sustentabilidade e eficiência em diversas aplicações.

A densidade da madeira é uma medida da quantidade de matéria contida em um determinado volume de madeira e varia de acordo com a espécie e as condições de crescimento da árvore. A densidade está diretamente relacionada à sua resistência mecânica e à sua capacidade de suportar cargas, sendo uma propriedade importante para determinar a qualidade e a adequação da madeira para diferentes usos. Segundo Soares (2021), quanto maior é a densidade, maiores tendem a ser as contrações e os inchamentos na madeira, o que é explicado pela presença de maior proporção de “parede celular/espacos vazios” na estrutura microscópica da madeira. O material mais denso tem disponibilidade de maior volume de parede celular ao se contrair mediante perda de umidade ou a se expandir em decorrência de ganho de umidade, em comparação com madeiras de menor densidade.

Além disso, a densidade da madeira também afeta sua usinabilidade, secagem, estabilidade dimensional e acabamento superficial, sendo importante para melhorar seu uso e minimizar desperdícios. Os tipos de densidade são cruciais para o melhor uso da madeira. Por exemplo, a densidade aparente é medida relacionando-se volume e massa, com a madeira em 12% de umidade, enquanto a densidade básica é medida com a madeira após secagem em estufa, relacionando o peso seco com o volume saturado de uma amostra (Monteiro et al., 2010). A determinação da densidade pode ser feita quando a madeira se encontra em

diferentes umidades, fornecendo dados diversos para uma mesma amostra, devido às variações na massa e no volume decorrentes da presença de água em maior ou menor quantidade. Assim, é imprescindível indicar o tipo de densidade a que o pesquisador ou o laboratorista se propõe a determinar (Soares, 2021).

De acordo com Soares (2021), a densidade da madeira, que é um material poroso, pode ser medida de duas formas distintas. Uma determinada em função do volume total da amostra, incluindo-se o volume dos poros, que é denominada de densidade aparente. A outra forma de medição subtrai do volume total o volume compreendido pelos poros, método denominado de densidade real.

Tratando de matérias-primas para indústrias madeireiras, a busca por fontes sustentáveis de madeira tornou-se uma prioridade, levando ao interesse crescente em espécies como o mogno africano, tal espécie vêm substituindo o mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla*) por suas melhores características. O mogno africano, conhecido por sua durabilidade, resistência a pragas, alta resistência a compressão, flexão e sua beleza, tem despertado atenção devido à sua alta qualidade e potencial de exploração comercial, podendo ser utilizado para madeiras serrada, sólida e laminados (Embrapa, 2019). Dessa forma, compreender a relação entre as densidades e os usos potenciais de espécies de mogno africano é essencial para otimizar sua utilização em diferentes aplicações. Diversos estudos constataram que o mogno africano apresenta um considerável potencial econômico, porém há uma falta de conhecimento tecnológico e científico sobre suas propriedades e características (Dias et al., 2012).

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi explorar a relação entre importantes propriedades físicas, densidades básica, aparente e anidra do mogno africano *Khaya grandifoliola*. A investigação dessas propriedades não apenas proporciona uma caracterização precisa da madeira, mas também fundamenta a escolha de sua aplicação em diferentes contextos, promovendo um uso mais consciente e sustentável desse recurso natural valioso.

2. MATERIAL E MÉTODOS



Engenharia
Industrial
Madeireira



SOCIEDADE BRASILEIRA
DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DA MADEIRA

2.1 Seleção do material

A coleta das madeiras foi realizada em fazenda de plantios florestais em Trancoso/BA, que faz parte da região da cidade de Porto Seguro, estado da Bahia, Brasil. A área específica de coleta está situada em uma área de empresa privada, abrangendo uma extensão de aproximadamente de 329,21 hectares, dividida em talhões, com início dos plantios em 2011.

A região é caracterizada por apresentar um clima tropical úmido, com temperaturas elevadas durante a maior parte do ano e com bastante chuva, fato este que auxilia no desenvolvimento dos plantios.

2.2 ***Etapas da colheita***

A colheita das madeiras de *Khaya grandifoliola* na área de estudo foi realizada de acordo com um conjunto de etapas meticulosamente planejadas para garantir a integridade do material e a representatividade dos dados coletados. Primeiramente, foram selecionadas três árvores de *Khaya grandifoliola* com base em critérios como diâmetro, altura e saúde, visando à representatividade e à ausência de tendenciosidade. Cada árvore foi identificada e marcada com uma etiqueta numerada, sendo sua localização registrada com GPS de alta precisão. As árvores foram marcadas com spray e fitas nas regiões de corte.

Com as árvores marcadas, foram medidos o DAP (1,30m) e as alturas de cada indivíduo. O corte foi realizado utilizando técnicas de manejo sustentável, com motosserra, seguindo os procedimentos de segurança recomendados. Após o corte, as árvores foram segmentadas em troncos e discos principais, todos identificados com o mesmo número da etiqueta inicial para manter a rastreabilidade do material.

Figura 1. Armazenamento e processamento da madeira de *Khaya grandifoliola*.



Fonte: Autor, 2024.

Os troncos segmentados foram transportados até um ponto de armazenamento temporário próximo à área de coleta, utilizando caminhonetes e tratores para evitar danos durante o deslocamento. O material coletado foi armazenado próximo à serraria até o momento do processamento, com precauções para protegê-lo contra umidade e pragas. Por fim, as madeiras foram processadas na serraria da empresa utilizando uma serra fita horizontal a combustão, transformadas em tábuas numeradas e identificadas.

2.3 Produção dos corpos de prova

A madeira coletada em Trancoso/BA foi transportada para o Laboratório de Processamento de Madeira – LPM/DPF/IF da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro para a produção dos corpos de prova.

As peças de madeira foram cortadas e dimensionadas de acordo com as especificações da norma técnica ABNT 7190:1997. Utilizou-se serra circular, plaina desempenadeira e plaina desengrossadeira, garantindo que todas as amostras apresentassem as dimensões padronizadas necessárias para os testes subsequentes (2 cm [Tangencial] x 3 cm [Radial] x 5cm [Longitudinal]), que indicam as direções de corte.

Com os corpos de provas produzidos, os mesmos foram marcados nas três direções de corte, e realizou-se a medição e a pesagem destes na condição verde.

Foram produzidos e avaliados ao todo dezoito corpos de prova, estes foram devidamente identificados. Após a medição e pesagem na condição verde, os mesmos foram colocados em malhas plásticas e imersos em água.

Os corpos de prova ficaram imersos em água até que o peso de cada um ficasse constante, sendo avaliados uma vez por semana. O afundamento na água é um indicativo da condição de saturação, que será confirmada após sucessivas pesagens onde não ocorram mais ganhos no peso medido.

Com a estabilidade do peso dos corpos, estes foram retirados da água, medidos e pesados na condição de saturamento e posteriormente, levados a estufa após um período de 24 horas ao ar livre para perda inicial de água. A estufa foi regulada a 80°C, e os corpos de prova ali permaneceram até que os pesos ficassem

constantes, sendo este o indicativo da condição de secagem por completo ou retirada total da água do interior da madeira

Com o peso constante e os corpos de provas secos, foram novamente medidas as suas dimensões e registrado o peso de cada um.

Os dados foram tabulados em planilhas do software Excel, subdivididas em “Condição verde”, “Condição Úmida” e “Condição Seca”.

2.4 Cálculos de Densidade

O cálculo das densidades dos corpos de prova de *Khaya senegalensis* e *Khaya grandifoliola* foi realizado seguindo metodologias padronizadas para garantir a precisão e a comparabilidade dos resultados.

A densidade básica de cada corpo de prova foi calculada utilizando a equação 1:

$$\rho_b = \quad (1)$$

onde,

ρ_b = Densidade básica;

m_o = Massa de madeira seca em estufa; e

v_v = Volume de madeira saturado em água.

A densidade aparente de cada corpo de prova foi calculada pela Eq. 2:

$$\rho_{ap} = \quad (2)$$

onde,

ρ_{ap} = Densidade aparente;

m_{ap} = Massa aparente; e

v_{ap} = Volume aparente.

A densidade anidra de cada corpo de prova foi calculada pela Eq. 3:

$$\rho_{an} = \quad (3)$$

onde,

ρ_{anid} = Densidade anidra;

m_0 = Massa de madeira seca em estufa; e

v_0 = Volume de madeira seca em estufa.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO



A espécie *Khaya grandifoliola* apresentou valores de densidade básica entre

0,376 g/cm³ e 0,463 g/cm³, com uma média de 0,484 g/cm³.

Os valores de densidade aparente ficaram entre 0,448 g/cm³ e 0,555 g/cm³, com uma média de 0,428 g/cm³.

Já a densidade anidra da *Khaya grandifoliola* teve valores entre 0,418 g/cm³ e 0,551 g/cm³, com uma média de 0,484 g/cm³.

Os valores encontrados nos ensaios foram dispostos conjuntamente nas Tabelas 1.

Tabela 1. Valores obtidos de densidades básica, aparente e anidra dos dezoito corpos de prova de *Khaya grandifoliola*:

Espécie	CP	D. básica (g/cm ³)	D. aparente (g/cm ³)	D. anidra (g/cm ³)
<i>K. grandifoliola</i>	1	0,426	0,513	0,464
<i>K. grandifoliola</i>	2	0,404	0,494	0,444
<i>K. grandifoliola</i>	3	0,410	0,499	0,450
<i>K. grandifoliola</i>	4	0,412	0,497	0,451
<i>K. grandifoliola</i>	5	0,398	0,480	0,457
<i>K. grandifoliola</i>	6	0,417	0,495	0,469
<i>K. grandifoliola</i>	7	0,456	0,555	0,499
<i>K. grandifoliola</i>	8	0,376	0,448	0,418
<i>K. grandifoliola</i>	9	0,460	0,549	0,499
<i>K. grandifoliola</i>	10	0,427	0,517	0,472
<i>K. grandifoliola</i>	11	0,376	0,448	0,427
<i>K. grandifoliola</i>	12	0,443	0,537	0,490
<i>K. grandifoliola</i>	13	0,435	0,517	0,517
<i>K. grandifoliola</i>	14	0,455	0,544	0,535
<i>K. grandifoliola</i>	15	0,436	0,517	0,512
<i>K. grandifoliola</i>	16	0,463	0,541	0,551
<i>K. grandifoliola</i>	17	0,442	0,550	0,516
<i>K. grandifoliola</i>	18	0,462	0,536	0,547
Média (g/cm ³)		0,428	0,513	0,484
Desvio Padrão		0,0276	0,0326	0,040
C.V (100%)		6,46	6,34	8,28
Amplitude		0,087	0,107	0,133

A densidade anidra foi excluída da comparação posterior devido à sua pouca utilização prática. Embora a densidade anidra possa fornecer informações úteis sobre a composição da madeira, ela não é amplamente utilizada em aplicações práticas e na literatura científica. Por essa razão, optou-se por focar nas densidades básica e aparente, que são mais comumente empregadas em estudos e aplicações industriais, permitindo uma análise mais relevante e comparável entre as duas espécies de mogno africano.

Figura 2. Gráfico de dispersão comparando as densidades aparente e básica da *Khaya grandifoliola*, valores em g/cm³.

Fonte: Autor, 2024.

Para *Khaya grandifoliola*, com a equação $Y = 1,1338x + 0,0283$ e um R^2 de 0,9266, isso significa que 92,66% da variação na densidade aparente pode ser explicada pela variação na densidade básica, indicando uma correlação muito forte entre as duas variáveis. Esse alto valor de R^2 sugere que a densidade básica é um excelente preditor da densidade aparente para esta espécie (Figura 02).

4. CONCLUSÃO

A partir dos resultados do presente trabalho foi possível concluir que o material da espécie *Khaya grandifoliola* estudada demonstrou aptidão e usos indicados para aplicações que exijam madeira de faixas de densidade média a baixa, como painéis decorativos e molduras, onde o peso mais leve é uma vantagem.

5. REFERÊNCIAS

DIAS, A. H. S.; UMETSU, F.; BREIER, T. B. **Avaliação do potencial de germinação do mogno-africano sob diferentes tipos de substrato e períodos de armazenamento.** Informativo ABRATES, v. 22, n. 1, p. 26-29, 2012.

EMBRAPA. 2019. **Mogno africano (*Khaya* spp.): atualidades e perspectivas do cultivo no Brasil.** Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1112698/mogno-africano-khaya-spp-atualidades-e-perspectivas-do-cultivo-no-brasil>. Acesso em: 06 de ago. 2024.



Engenharia
Industrial
Madeireira



SOCIEDADE BRASILEIRA
DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DA MADEIRA

MONTEIRO, Alexandre; TORRES BRAGA DA SILVA, Bruno; DE

FIGUEIREDO LATORRACA, João Vicente. **Avaliação da usinagem e caracterização das propriedades físicas da madeira de mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.).** *CERNE [online]*, v. 16, p. 106-114, 2010. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=74459381014>. Acesso em: 06 de ago. 2024. ISSN: 0104-7760.

SOARES, Bruno Charles Dias. **Densidade: tipos, variabilidade e relações com a secagem.** *Revista Opiniões*, 2021. Disponível em: <https://florestal.revistaopinioes.com.br/pt-br/revista/detalhes/20-densidade-tipos-variabilidade-e-relacoes-com-se/>. Acesso em: 06 de ago. 2024.