

**RESISTÊNCIA MECÂNICA DA MADEIRA DE *Rhizophora mangle* L. DA RESERVA
EXTRATIVISTA MARINHA CAETÉ- TAPERACU, BRAGANÇA – PARÁ**

Madson Lucas Galvão de Brito^{1*}; Bruno Monteiro Balboni²; Iedo Souza Santos³;

Marcus Emanuel Barroncas Fernandes¹

¹Programa de Pós-graduação em Biologia Ambiental, Laboratório de Ecologia de Manguezal, Universidade Federal do Pará (UFPA), Bragança/PA, Brasil.

²Laboratório de Ensaio Mecânicos de Madeiras e Derivados, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ, Universidade de São Paulo (USP), Piracicaba/SP, Brasil.

³ Departamento de Engenharia Florestal, Universidade do Estado do Pará (UEPA), Paragominas/PA, Brasil.

*e-mail do autor correspondente: omadsongalvao@outlook.com

Resumo: O objetivo do trabalho foi caracterizar a resistência mecânica da madeira de *Rhizophora mangle* L., (nome vulgar: mangue vermelho ou mangueiro). As amostras foram coletadas nas florestas de mangue da península de Ajuruteua, município de Bragança – Pará. Para avaliação das propriedades mecânicas, foi utilizada a norma ASTM D143 (2014). Devido à dificuldade de se obter amostras livres de defeito, as dimensões das amostras foram adaptadas. A estratégia de se obter os valores de resistência corrigidos para a umidade de 12% foi adotada para possibilitar a comparação entre os resultados obtidos. Os valores médios encontrados para densidade aparente (a 12% de umidade), obtidos para a madeira de *R. mangle* foi: $\rho_{12\%} = 1031.60 \text{ kg m}^{-3}$. Para resistência ao cisalhamento paralelo às fibras ($f_{v0} = 21.83 \text{ Mpa}$). Para a resistência à compressão paralela às fibras ($f_{c0} = 79.64 \text{ Mpa}$). Para o módulo de resistência na flexão estática ($f_M = 190 \text{ Mpa}$). Por fim para o módulo de resistência e elasticidade a flexão estática ($E_{M0} = 18.76 \text{ Gpa}$). Apesar da espécie *Rhizophora mangle* apresentar boas qualidades mecânicas, as florestas de mangue estão localizadas dentro de área de preservação permanente e que o uso da espécie de se dá apenas pelas comunidades que vivem dentro ou entorno do ecossistema, portanto, além da caracterização mecânica da madeira, nosso estudo também é base para práticas de manejo e silvicultura dessa espécie de mangue.

Palavras chave: Manguezal; *Rhizophora mangle*; Resistência mecânica; Qualidade da madeira

**WOOD AND BRIQUETTE DENSITY UNDER THE EFFECT OF FERTILIZERS AND
WATER REGIMES**

Abstract: The objective of this work was to characterize the mechanical strength of the wood of *Rhizophora mangle* L., (common name: red mangrove or mangueiro). The samples were collected in the mangrove forests of the Ajuruteua peninsula, the municipality of Bragança - Pará. To evaluate the mechanical properties, the ASTM D143 (2014) standard was used. Due to the difficulty of obtaining defect-free samples, the dimensions of the samples were adapted. The

strategy of obtaining corrected strength values for 12% humidity was adopted to enable the comparison between the results obtained. The average values found for apparent density (at 12% of humidity), obtained for the wood of *R. mangle* were: $\rho_{12\%} = 1031.60 \text{ kg m}^{-3}$. For shear strength parallel to the fibers ($f_{v0} = 21.83 \text{ Mpa}$). For the compressive strength parallel to the fibers ($f_{c0} = 79.64 \text{ Mpa}$). For the static bending strength modulus ($f_M = 190 \text{ Mpa}$). At last, for the modulus of resistance and elasticity to static bending ($E_{M0} = 18.76 \text{ Gpa}$). Although the species *Rhizophora mangle* has good mechanical qualities, the mangrove forests are located within a permanent preservation area and the use of the species is only given by the communities that live in or around the ecosystem, therefore, in addition to the mechanical characterization of the wood, our study is also the basis for management and silviculture practices of this mangrove species.

Keywords: Mangrove; *Rhizophora mangle*; Mechanical resistance; Wood quality

1. INTRODUÇÃO

A região costeira da Amazônia brasileira que se estende desde o Cabo Orange no Estado do Amapá até o Estado do Maranhão, possui a maior área de manguezal do Brasil, representando mais de 80% desse ecossistema em território nacional [1]. Nessa região entre a baía de Marajó (48oW; 0o30`S), no Estado do Pará, até a baía de São José (44°15`W; 2oS), no Estado do Maranhão, e o maior cinturão contínuo de manguezal do mundo perfazendo uma área de 7.591 km², entre cerca de 57% dos manguezais do país [2].

Os manguezais do Estado do Pará são formados por três espécies arbóreas, *Avicennia germinans* (L.) L, (nome vulgar: mangue preto, siriúba ou siribeira), *Rhizophora mangle* L., (nome vulgar: mangue vermelho ou mangueiro) e *Laguncularia racemosa* (L.) C.F. Gaertn. (nome vulgar: mangue branco ou tinteiro). *R. mangle* é a espécie mais dominante tanto para a costa paraense como para toda a Amazônia brasileira [3].

Portanto, o objetivo do presente trabalho foi caracterizar a resistência mecânica da madeira da espécie arbórea *R. mangle*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A península bragantina está localizada na região nordeste do Estado do Pará. O clima dessa região é quente e úmido e, considerando a série dos últimos 40 anos, a temperatura média anual é de 26,5°C, com precipitação anual e umidade relativa do ar média de 2.348,5 mm e 85%, respectivamente [4]. O período seco ocorre de julho e novembro, enquanto o período chuvoso de dezembro a junho [5].

2.2 Obtenção e preparo de amostras

Cinco árvores de *R. mangle* foram cortadas, de acordo com a Licença MMA/ICMBIO/SISBIO nº 42900-4, e levadas ao Laboratório de Ecologia de Manguezal (LAMA), da Universidade Federal do Pará, para preparação do corpo de prova. Posteriormente o corpo de prova foi levado para o Laboratório de Ensaio Mecânicos de Madeiras e Derivados (LEMMAD) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – Universidade de São Paulo.

2.3 Propriedades mecânicas da madeira

Para avaliação das propriedades mecânicas, foi utilizada a norma ASTM D143 (2014) [6]. Devido à dificuldade de se obter amostras livres de defeito, as dimensões das amostras foram adaptadas, mantendo-se, no entanto, suas proporções, podendo-se observar as dimensões juntamente com o número amostral por ensaio e por espécie na tabela 1. As amostras foram acondicionadas em sala de aclimatação com temperatura média $20^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa do ar a $60\% \pm 5\%$. A partir da estabilização da madeira, em torno de 12% de umidade, massa e volume das amostras de compressão paralela foram medidas e mensuradas, respectivamente, para determinação da densidade aparente. Os ensaios foram conduzidos em Máquina Universal de Ensaio com capacidade de 300KN.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estratégia de se obter os valores de resistência corrigidos para a umidade de 12% foi adotada para possibilitar a comparação entre os resultados obtidos. Os valores médios encontrados para densidade aparente (a 12% de umidade), obtidos para a madeira de *R. mangle* foi: $\rho_{12\%} = 1031.60 \text{ kg m}^{-3}$. Para resistência ao cisalhamento paralelo às fibras ($f_{v0} = 21.83 \text{ Mpa}$). Para a resistência à compressão paralela às fibras ($f_{c0} = 79.64 \text{ Mpa}$). Para o módulo de resistência na flexão estática ($f_M = 190 \text{ Mpa}$). Por fim para o módulo de resistência e elasticidade a flexão estática ($E_{M0} = 18.76 \text{ Gpa}$).

Tabela 1: Valores médios \pm desvio padrão da densidade aparente, resistência ao cisalhamento e compressão paralela às fibras e módulo de resistência e elasticidade a flexão estática da madeira de *Rhizophora mangle* da península de Ajuruteua, município de Bragança – Pará.

Variável	Unidade	<i>Rhizophora mangle</i>
$\rho_{12\%}$	(kg m^{-3})	$1031.60 \pm 39.58 (3.84)$
f_{v0}	(MPa)	$21.83 \pm 4.61 (21.11)$
f_{c0}	(MPa)	$79.64 \pm 6.47 (8.12)$



f_M	(MPa)	190 ± 13.21 (6.95)
E_{M0}	(GPa)	18.76 ± 2.62 (13.99)

$\rho_{12\%}$ = densidade aparente a umidade de 12%; f_{v0} = a resistência ao cisalhamento paralelo às fibras; f_{c0} = resistência à compressão paralela às fibras; f_M = módulo de resistência na flexão estática; E_{M0} = módulo de resistência e elasticidade a flexão estática; Valores entre parênteses indicam o coeficiente de variação (%). Mpa = megapascal, GPa = gigapascal.

Estudos realizados na Indonésia e Malásia com outros gêneros de *Rhizophora*, mostrou que *R. apiculata*, *R. mucronata* e *R. stylosa* foram as espécies de mangue com os melhores valores de resistência mecânica da madeira [7]. A espécie *R. mangle* do presente estudo, apresentou valores equivalentes e também superiores às de outras espécies arbóreas oriundas de florestas de terra-firme [8], essa condição a coloca como potencial madeira de lei.

Portanto a possibilidade de usos dessas madeiras é diversificada, por que madeiras de maior resistência mecânica é apropriada para uso no solo, como estacas, mourões, construção de pontes, casas, pois se comportam bem com as intempéries [9]. Apesar disso, é importante enfatizar que as florestas de mangue estão localizadas dentro de Áreas de Preservação Permanente (APP) pelo Código Florestal Brasileiro (Lei Federal 12.651/2012) e que o uso do recurso se dá apenas pelas comunidades que vivem dentro ou entorno do ecossistema, portanto, além de fornecer informações importantes sobre a caracterização mecânica das madeiras de mangue, nosso estudo também é base para desenvolver padrões de paisagismo de mangue [7], visando reduzir a energia das ondas, desastres naturais [10] e também para políticas de manejo e conservação mais eficazes com base nas necessidades de subsistência das comunidades costeiras.

4. CONCLUSÕES

A madeira de *R. mangle* apresenta uma boa resistência mecânica da madeira, com valores superiores a outras espécies arbóreas de floresta de terra-firme.

A possibilidade de usos dessa madeira é diversificada, porém, seu uso se dá apenas pelas comunidades que vivem dentro ou entorno do ecossistema manguezal.

5. REFERÊNCIAS

- [1] Leão, A. R., Prates, A. P. L., & Fumi, M. (2018). Manguezal e as unidades de conservação. INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE-ICMBio (Ed.). Atlas dos manguezais do Brasil. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade-ICMBio, 56-73.
- [2] Souza Filho, P. W. M. (2005). Costa de manguezais de macromaré da Amazônia: cenários morfológicos, mapeamento e quantificação de áreas usando dados de sensores remotos. *Revista Brasileira de Geofísica*, 23, 427-435.
- [3] Menezes, M. P. M. D., Berger, U., & Mehlig, U. (2008). Mangrove vegetation in Amazonia: a review of studies from the coast of Pará and Maranhão States, north Brazil. *Acta Amazonica*, 38, 403-420.
- [4] INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Banco de dados meteorológicos para ensino-pesquisa. Disponível: <www.inmet.gov.br> (último acesso em 15/01/2020).
- [5] Moraes, B. C. D., Costa, J. M. N. D., Costa, A. C. L. D., & Costa, M. H. (2005). Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. *Acta amazonica*, 35, 207-214.
- [6] American Society for Testing Materials. ASTM D143 Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber. Philadelphia, PA, 31 p., 2014.
- [7] Hilmi, E. (2018). Mangrove landscaping using the modulus of elasticity and rupture properties to reduce coastal disaster risk. *Ocean & Coastal Management*, 165, 71-79.
- [8] Andrade, A. (2015). Woodflooring: brazilian species characteristics. Piracicaba-Brasil: ANPM.
- [9] Gonzaga, A. L. (2006). Madeira: uso e conservação. IPHAN. Brasília, Distrito Federal.
- [10] Barbier, E. B. (2008). In the wake of tsunamis: Lessons learned from the household decision to replant mangroves in Thailand. *Resource and Energy Economics*, 30(2), 229-249.