

Potencial tecnológico da madeira de *Conocarpus erectus* L. (Combretaceae) na costa Amazônica brasileira

Mayk Silva da Rosa¹; Laila Gabriele Melo Morais²; Iedo Souza Santos³; Madson Lucas Galvão¹; Marcus Emanuel Barroncas Fernandes¹

¹ Laboratório de Ecologia de Manguezal (LAMA), Universidade Federal do Pará (UFPA), Bragança/PA, Brasil; ² Laboratório Multiusuário de Engenharia Florestal (LAMEF), Universidade do Estado do Pará (UEPA), Paragominas/PA, Brasil; ³ Departamento de Tecnologia da Madeira, Universidade do Estado do Pará (UEPA), Belém/PA, Brasil; – omadsongalvao@outlook.com

Resumo: O Brasil possui uma das mais extensas áreas de manguezais do mundo, aproximadamente 9.900 km². *Conocarpus erectus* é a única espécie lenhosa associada a esse ecossistema. Os objetivos deste estudo é caracterizar as propriedades químicas e físicas da madeira de *C. erectus*. As cinzas foram inferiores aos encontrados para a mesma espécie na Arábia Saudita, e superiores aos do Irã. A lignina total variou, sendo inferior e superior aos estudos sauditas. A holocelulose foi maior do que os encontrados na Arábia Saudita, assim como o teor de extrativos, que também foi superior aos valores sauditas. A madeira de *C. erectus* foi classificada como pesada com densidade básica > 0,73 g/cm³, semelhantes a espécie de mangue de *Rhizophora mangle* e superior as de *Avicennia germinans* e *Laguncularia racemosa*. A contração radial e tangencial foi classificada como baixa, já contração volumétrica foi alta. O coeficiente de anisotropia indicou estabilidade dimensional normal.

Palavras-chave: *Conocarpus erectus*, Manguezal, Carvão vegetal.

Technological potential of *Conocarpus erectus* L. wood from the Brazilian Amazon coast

Abstract: Brazil has one of the most extensive areas of mangroves in the world, approximately 9,900 km². *Conocarpus erectus* is the only woody species associated with this ecosystem. The objective of this study is to characterize the chemical and physical properties of *C. erectus* wood. Ash content was lower than that found for the same species in Saudi Arabia, and higher than that found in Iran. Total lignin varied, being lower and higher than that found in Saudi studies. Holocellulose was higher than that found in Saudi Arabia, as was the extractive content, which was also higher than the Saudi values. *C. erectus* wood was classified as heavy with basic density > 0.73 g/cm³, similar to the mangrove species *Rhizophora mangle* and higher than those of *Avicennia germinans* and *Laguncularia racemosa*. Radial and tangential shrinkage were classified as low, while volumetric shrinkage was high. The anisotropy coefficient indicated normal dimensional stability.

Keywords: *Conocarpus erectus*, Mangrove, Charcoal.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma das mais extensas áreas de manguezais do mundo, aproximadamente 9.900 km² (DINIZ et al., 2019), com cerca de 80% localizadas na costa amazônica brasileira (HAYASHI et al., 2019), onde se encontra a maior extensão contínua deste ecossistema em todo o planeta (NASCIMENTO et al., 2013). São dominados por seis espécies típicas do manguezal (MENEZES; BERGER; MEHLIG, 2008) que são: *Avicennia germinans* (L.) L, *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechman ex Moldenke (nome popular: mangue-preto, siriúba ou siribeira), *Rhizophora mangle* L., *Rhizophora racemosa* G.F.W. Meyer e *Rhizophora harrisonii* Leechman (nome popular: mangue-vermelho ou mangueiro), *Laguncularia racemosa* (L.) C.F. Gaertn. (nome popular: mangue-branco ou tinteiro) e a única espécie lenhosa associada ao manguezal, *Conocarpus erectus* L. (nome popular: mangue-de-botão).

Conocarpus erectus pertence à família Combretaceae, é considerado um arbusto de 1,5 a 4 m de altura, mas pode se tornar uma árvore com altura de até 20 m ou mais (BASHIR; UZAIR; CHAUDHRY, 2015), é categorizada como uma espécie que ocupa uma posição periférica às comunidades de árvores dos manguezais, apesar de apresentar características anatômicas adaptativas que a tornam apta para habitar a zona entremarés, como evidenciado pelas suas glândulas excretoras de sal (OCHOA-GÓMEZ et al., 2021). Coloniza principalmente regiões de solos áridos ou semiáridos (MENEZES; BERGER; MEHLIG, 2008).

É uma espécie que tem sido pouco estudado em comparação com outras espécies que compõem a paisagem do manguezal, embora supostamente ocupe extensões importantes, a maioria dos estudos de *C. erectus* realizados na costa Amazônica brasileira concentraram-se nos usos tradicionais, principalmente o medicinal (CARNEIRO; BARBOZA; MENEZES, 2010; COELHO-FERREIRA, 2009), embora exista outras aplicações para a madeira dessa espécie, como lenha e produção de carvão vegetal. A partir desse cenário, decidiu-se avaliar as propriedades químicas e físicas da madeira de *C. erectus*. Assim, no intuito de nortear o presente estudo foram geradas as seguintes hipóteses: *i)* a madeira de *C. erectus* é empregada em usos não condizentes com as suas propriedades químicas e físicas; *ii)* a madeira de *C. erectus* é empregada consoante as suas respectivas propriedades químicas e físicas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Coleta de madeira

Cinco árvores de *C. erectus* foram cortadas, de acordo com a Licença MMA/ICMBIO/SISBIO nº 77770-1. De cada árvore foram retirados uma amostra de seções transversais (discos) em cinco posições ao longo do fuste, 0 (base), 25, 50, 75 e 100% (altura comercial). As amostras foram identificadas e conduzidas ao Laboratório de Ecologia de Manguezal (LAMA) – Universidade Federal do Pará, no Campus de Bragança, para preparação dos corpos de prova. Posteriormente, os corpos de prova foram levados para o Laboratório Multiusuário de Engenharia Florestal (LEMEF) – Campus de Paragominas para realização das análises químicas e físicas da madeira.

2.2 Propriedades químicas

Cunhas de todos os discos coletados foram utilizadas para a caracterização química da madeira de *C. erectus*, sempre utilizando duas cunhas opostas. As cunhas foram reduzidas a cavacos e depois trituradas em moinho de facas para obtenção da serragem. O material obtido foi peneirado, sendo utilizada apenas a fração retida entre as peneiras de 40 e 60 mesh (= abertura de 0,420 mm e 0,250 mm, respectivamente).

O teor total de extrativos da madeira foi analisado seguindo a Norma NBR 14853 adaptada (ABNT, 2010a), na qual as amostras foram extraídas em tolueno, álcool e água quente. O teor de lignina insolúvel foi determinado conforme os procedimentos descritos pela Norma NBR 7989 (ABNT, 2010b), e a lignina solúvel pelo procedimento apresentado por GOLDSCHMID (1971). A soma de lignina solúvel e insolúvel determinou o teor de lignina total, enquanto o teor de holocelulose foi água. Após a extração, as amostras foram armazenadas em estufa a $103 \pm 2^\circ\text{C}$ para evaporação dos solventes, e o material seco foi pesado para determinação do teor de extrativos por diferença de massa.

A lignina solúvel, insolúvel e total foi determinada pela diferença entre a massa inicial e as quantidades de extrativos, lignina e cinzas, ou seja, $100 - (\text{Extrativos} + \text{Lignina} + \text{Cinzas})$. O teor de cinzas foi determinado de acordo com a Norma NBR 13999 (ABNT, 2017).

2.3 Propriedades físicas

Para caracterizar a densidade básica da madeira de *C. erectus*, foi retirado de cada árvore um disco de 6 cm de espessura a 1,30 m do nível do solo. Foram retiradas quatro posições radiais dos discos, de casca a casca, a saber: próximo à medula 0%, 33% e 66% do raio, e na periferia do fuste próximo à casca 100%, com bordas de 5 cm na direção longitudinal (L), 3 cm na direção radial (R) e 2 cm na direção tangencial (T), todas livres de defeitos e perfeitamente orientadas, seguindo o procedimento de ensaio especificado pela Norma NBR 11941 (ABNT, 2003).

A densidade básica ($\rho_{\text{básica}}$; g/cm³) da madeira de *C. erectus* foi calculada com base na Eq.1, utilizando-se a razão entre a massa seca em estufa (M_s ; g) e o volume saturado (V_{sat} ; cm³).

$$\rho_{\text{básica}} = \frac{M_s}{V_{\text{sat}}} \quad (1)$$

Para caracterizar a variação dimensional (contrações lineares) da madeira, cálculos de contração radial e tangencial foram realizados usando a Eq. 2, onde ϵ_r = índice de inchaço (%), L_{sat} = dimensão saturada (cm), L_{seco} = dimensão seca (cm).

$$\epsilon_r = \left(\frac{L_{\text{sat}} - L_{\text{seco}}}{L_{\text{sat}}} \right) * 100 \quad (2)$$

A contração volumétrica (ΔV ; cm³) da madeira foi calculada usando a Eq. 3, onde V_{sat} = volume saturado (cm³), V_{seco} = volume seco (cm³).

$$\Delta V = \left(\frac{V_{\text{sat}} - V_{\text{seco}}}{V_{\text{seco}}} \right) * 100 \quad (3)$$

O coeficiente de anisotropia (θ ; %) ou fator anisotrópico da madeira de mangue é o resultado das variações tangencial e radial e foi calculado pela Eq. 4, onde C_t = contração tangencial (%), C_r = contração radial (%).

$$\theta = \frac{C_t}{C_r} \quad (4)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Propriedades químicas

Os dados referentes à caracterização química da madeira de *C. erectus* estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Média $\pm$ desvio padrão das propriedades químicas da madeira de *C. erectus*.

Propriedades químicas	Unidade	Média $\pm$ desv. pad.
-----------------------	---------	------------------------

Teor de cinzas	(%)	1.3 ± 0.2
Teor de lignina total	(%)	26.8 ± 0.5
Teor de holocelulose	(%)	54.2 ± 2.9
Extrativos totais	(%)	17.7 ± 3.0

Quanto ao teor de cinzas da madeira, os valores encontrados para *C. erectus* no presente estudo foram inferiores do que aqueles encontrados para a mesma espécie em estudos realizados na Arábia Saudita, de 2.4% (ABDEL-AAL, 2013) e 2.2% (NASSER, 2008). No entanto, foram superiores encontrado para a mesma espécie em um estudo realizado no Irã, de 0.97% (SOLEYMANI; SHOKRPOOR; JAAFARZADEH, 2023).

Para o teor de lignina total, os valores encontrados para *C. erectus* no presente estudo foram inferiores e superiores do que aqueles encontrados para a mesma espécie em estudos realizados na Arábia Saudita, de 35% (ABDEL-AAL, 2013) e 22.10% (NASSER, 2008), esses resultados podem conferir vantagem na utilização de *C. erectus* no processo de carbonização, pois este composto que está diretamente correlacionado com o poder calorífico da madeira (SANTOS et al., 2016). Assim como, está correlacionado com teores de carbono fixo, em razão, da lignina possuir porcentagens consideráveis de carbono elementar em sua composição (SANTOS et al., 2016).

Para o teor de holocelulose, os valores encontrados para *C. erectus* no presente estudo foram superiores do que aqueles encontrados para a mesma espécie em estudos realizados na Arábia Saudita, de 42% (ABDEL-AAL, 2013) e 48.4% (NASSER, 2008), esses resultados podem conferir baixos rendimentos em carvão vegetal (VALE; DIAS; SANTANA, 2010).

Para teor de extrativos, os valores encontrados para *C. erectus* no presente estudo foram superiores do que aqueles encontrados para a mesma espécie em estudos realizados na Arábia Saudita, de 11% (ABDEL-AAL, 2013) e 7.2% (NASSER, 2008). esses resultados poderão resultar no aumento no poder calorífico do carvão vegetal, além de elevar o rendimento em carbono fixo, características que estão correlacionadas com o aumento das porcentagens de extrativos (SANTOS et al., 2016).

3.2 Propriedades físicas

Os dados referentes à caracterização física da madeira de *C. erectus* estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Média $\pm$ desvio padrão das propriedades físicas da madeira de *C. erectus*.

Propriedades físicas	Unidade	Média $\pm$ desv. pad.
Densidade básica	(g/cm ³)	0.83 $\pm$ 0.1
Contração radial	(%)	3.3 $\pm$ 1.5
Contração tangencial	(%)	4.4 $\pm$ 1.5
Contração volumétrica	(%)	69.1 $\pm$ 1.2
Anisotropia	(%)	1.5 $\pm$ 0.7

Quanto a densidade básica, a madeira de *C. erectus* foi classificada como *pesada*, $> 0,73$ g/cm³ (ABNT, 2003; IBAMA, 2023). Esse valor é próximo ao encontrado para a espécie de mangue *R. mangle*, que é de 0,78 g/cm³, e superior aos valores encontrados para *A. germinans* (0,64 g/cm³) e *L. racemosa* (0,57 g/cm³) (VIRGULINO-JÚNIOR et al., 2020).

A contração radial foi classificada como *baixa* $\leq 3.51\%$ (MAINIERI; CHIMELO, 1989). Esses valores são semelhantes aos encontrados para espécies provenientes de florestas de terra firme, como 4,5% em *Erismia uncinatum* (cedrinho) e 4,5% em *Goupia glabra* (cupiúba) (ANDRADE, 2015). A contração tangencial também foi classificada como *baixa* $\leq 7.43\%$ (MAINIERI; CHIMELO, 1989). Esses valores são semelhantes aos encontrados para espécie proveniente de florestas de terra firme, como 5.8% em *Bagassa guianensis* (tatajuba) (ANDRADE, 2015). A contração volumétrica foi classificada como *alta* $> 19.40\%$ (MAINIERI; CHIMELO, 1989).

Quanto ao coeficiente de anisotropia, a madeira de *C. erectus* foi classificada com estabilidade dimensional *normal*, entre 1.5 – 2.0% (MOTTA et al., 2014). Esses valores são iguais aos encontrados para espécies provenientes de florestas de terra firme, como 1.5% em *Hymenolobium excelsum* (angelim da mata) e 1.5% em *Dinizia excelsa* (angelim vermelho) (ANDRADE, 2015).

4. CONCLUSÃO

Pode concluir-se com a realização deste trabalho que:

- A madeira de *C. erectus* apresenta potencial para utilização como lenha e carvão vegetal;

5. REFERÊNCIAS

- ABDEL-AAL, M. A. Effect of cooking time, active alkali concentration and refining process on the pulping and papermaking properties of buttonwood residues (*Conocarpus erectus* L.). **World Applied Sciences Journal**, v. 27, n. 1, p. 1–9, 2013.
- ABNT, A. B. DE N. T. **NBR 11941: Madeira — Determinação da densidade básica em madeira**. Rio de Janeiro: 2003.
- ABNT, A. B. DE N. T. **NBR 14853: Madeira — Determinação do material solúvel em etanol-tolueno e em diclorometano e em acetona**. Rio de Janeiro: 2010a.
- ABNT, A. B. DE N. T. **NBR 7989: Pasta celulósica e madeira — Determinação de lignina insolúvel em ácido**. Rio de Janeiro: 2010b.
- ABNT, A. B. DE N. T. **NBR 13999: Papel, cartão, pastas celulósicas e madeira — Determinação do resíduo (cinza) após a incineração a 525 °C**. Rio de Janeiro: 2017.
- ANDRADE, A. **Pisos de madeira: características de espécies brasileiras**. Piracicaba: Associação Nacional dos Produtores de Pisos de Madeira (ANPM), 2015. v. 1
- BASHIR, M.; UZAIR, M.; CHAUDHRY, B. A. A review of phytochemical and biological studies on *Conocarpus erectus* (Combretaceae). **Pak J Pharm Res**, v. 1, n. 1, p. 1–8, 2015.
- CARNEIRO, D. B.; BARBOZA, M. S. L.; MENEZES, M. P. Plantas nativas úteis na vila dos pescadores da reserva extrativista marinha Caeté-Taperaçu, Pará, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 24, p. 1027–1033, 2010.
- COELHO-FERREIRA, M. Medicinal knowledge and plant utilization in an Amazonian coastal community of Marudá, Pará State (Brazil). **Journal of Ethnopharmacology**, v. 126, n. 1, p. 159–175, 2009.
- DINIZ, C. et al. Brazilian Mangrove Status: Three Decades of Satellite Data Analysis. **Remote Sensing**, v. 11, n. 7, p. 808, 2019.
- GOLDSCHMID, O. Ultravioleta Spectra. Em: SARKANEM, K.; LUDWING, C. (Eds.). **Lignins: occurrence, formation, structure and reactions**. New York: John Wiley & Sons, 1971. p. 241–298.
- HAYASHI, S. N. et al. The effect of anthropogenic drivers on spatial patterns of mangrove land use on the Amazon coast. **PLoS One**, v. 14, n. 6, p. e0217754, 2019.
- IBAMA, I. B. D. M. A. E. D. R. N. R. **Banco de dados de madeiras brasileiras**. Disponível em: <<https://lpf.florestal.gov.br/pt-br/madeiras-brasileiras>>. Acesso em: 24 ago. 2023.
- MAINIERI, C.; CHIMELO, J. P. **Fichas de características das madeiras brasileiras**. [s.l.] Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Divisão de Madeiras, 1989.
- MENEZES, M. P. M. DE; BERGER, U.; MEHLIG, U. Mangrove vegetation in Amazonia: a review of studies from the coast of Pará and Maranhão States, north Brazil. **Acta Amazonica**, v. 38, p. 403–420, 2008.
- MOTTA, J. P. et al. Characterization of wood of four forest species. **Ciência Rural**, v. 44, p. 2186–2192, 2014.

NASCIMENTO, W. R. et al. Mapping changes in the largest continuous Amazonian mangrove belt using object-based classification of multisensor satellite imagery. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 117, p. 83–93, 2013.

NASSER, R. A. Specific gravity, fiber length and chemical components of *Conocarpus erectus* as affected by tree spacing. **J Agri Env Sci**, v. 7, n. 3, p. 49–68, 2008.

OCHOA-GÓMEZ, J. G. et al. Distribution and structure of *Conocarpus erectus* L. (Combretaceae) in the northern limit of the Pacific Ocean (Gulf of California). **Ocean & Coastal Management**, v. 209, p. 105645, 2021.

SANTOS, R. C. et al. Influência das propriedades químicas e da relação siringil/guaiacil da madeira de eucalipto na produção de carvão vegetal. **Ciência Florestal**, v. 26, p. 657–669, 2016.

SOLEYMANI, M.; SHOKRPOOR, S.; JAAFARZADEH, N. A comprehensive study of essential properties of *Conocarpus Erectus* as a potential bioenergy crop. **International Journal of Environmental Science and Technology**, v. 20, n. 6, p. 6147–6160, 2023.

VALE, A. T. DO; DIAS, Í. S.; SANTANA, M. A. E. Relações entre propriedades químicas, físicas e energéticas da madeira de cinco espécies de cerrado. **Ciência Florestal**, v. 20, p. 137–145, 2010.

VIRGULINO-JÚNIOR, P. C. C. et al. Wood density in mangrove forests on the Brazilian Amazon coast. **Trees**, v. 34, p. 51–60, 2020.

WHITE, R. H. Effect of lignin content and extractives on the higher heating value of wood. **Wood and fiber science**, p. 446–452, 1987.