



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE BRAGANÇA  
INSTITUTO DE ESTUDOS COSTEIROS  
LABORATÓRIO DE ECOLOGIA DE MANGUEZAL

MAYK SILVA DA ROSA

Caracterização química e física da madeira de *Conocarpus erectus* L. (Combretaceae) na costa Amazônica brasileira

Bragança – PA  
2025

MAYK SILVA DA ROSA

Caracterização química e física da madeira de *Conocarpus erectus* L. (Combretaceae) na costa Amazônica brasileira

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal do Pará, *Campus* de Bragança, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Licenciado em Ciências Biológicas.

**Orientador:** Dr. Marcus Emanuel Barroncas Fernandes

**Coorientador:** Dr. Madson Lucas Galvão de Brito

Bragança – Pará  
2025

MAYK SILVA DA ROSA

Caracterização química e física da madeira de *Conocarpus erectus* L. (Combretaceae) na costa Amazônica brasileira

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal do Pará, *Campus* de Bragança, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Licenciado em Ciências Biológicas.

Data de aprovação: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2025.

\_\_\_\_\_  
– Orientador

Dr. Marcus Emanuel Barroncas Fernandes  
Universidade Federal do Pará, Campus de Bragança- UFPA.

\_\_\_\_\_  
– Titular

-----  
Dr. Cleidson Paiva Gomes  
Instituto Federal do Pará, Campus de Bragança- IFPA.

\_\_\_\_\_  
– Titular

-----  
Dr. Iedo Souza Santos  
Universidade do Estado do Pará, Campus de Castanhal- UEPA.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho aos meus pais, irmã e a minha namorada, por toda compreensão, paciência, apoio e carinho.

## AGRADECIMENTOS

A elaboração deste trabalho foi uma etapa crucial no meu desenvolvimento como futuro docente e pesquisador. Por isso, registro aqui minha sincera e simbólica homenagem às instituições e às pessoas que me auxiliaram ao longo dessa jornada, contribuindo significativamente para a minha evolução profissional.

À Universidade Federal do Pará (UFPA), ao curso de Ciências Biológicas e a todos os profissionais do campus de Bragança, minha gratidão pela sólida formação acadêmica.

Ao Laboratório de Ecologia de Manguezal (LAMA), agradeço pelo acolhimento e pela concessão do espaço e logística necessária para a realização deste trabalho.

À Universidade do Estado do Pará (UEPA) - Campus de Paragominas, agradeço por disponibilizar a estrutura para a realização deste trabalho.

Ao Laboratório Multiusuário de Engenharia Florestal (LAMEF), agradeço pelo acolhimento e pela concessão do espaço necessário para a realização deste trabalho.

Ao projeto Mangues da Amazônia (Programa Petrobras Socioambiental) pelo financiamento à pesquisa.

Ao Dr. Marcus Emanuel Barroncas Fernandes, expresse meu profundo reconhecimento pela orientação e pelos valiosos ensinamentos que possibilitaram a concretização deste estudo.

Ao Dr. Madson Lucas Galvão de Brito, minha gratidão pela orientação fundamental na construção e estruturação deste trabalho, bem como pela amizade e pelos conhecimentos compartilhados.

À minha mãe, Rosinete dos Santos, ao meu pai, Gilmax Sousa, e à minha irmã, Maria Izabelly, meu eterno obrigado por serem os pilares que sustentam minha vida. Seu amor, carinho e compreensão foram essenciais para me moldar como ser humano e me preparar para o mundo.

Aos meus familiares, que de diversas formas contribuíram para minha formação como cidadão e acadêmico, especialmente aos meus avós paternos, Izabel Sousa e Raimundo Sousa, e aos meus avós maternos, Oscarino e Maria, minha gratidão.

À minha namorada, Salila Vitória, obrigado por estar ao meu lado nos momentos mais desafiadores, sendo conselheira, amiga e companheira inestimável.

Aos amigos feitos no LAMA, agradeço pelos momentos de aprendizado e descontração, especialmente a Mayara Vieira, Yan Lima, Paulo Cesar Virgulino-Júnior (PC), Daniel Gomes, Messias Reis, Jhon Gomes, José Salustiano e todos os que, de alguma forma, me

ajudaram e me acolheram.

Aos amigos de vida, por todos os momentos felizes e pelo apoio nesta árdua trajetória, com um agradecimento especial ao meu amigo Lucas Silva dos Remédios.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para minha formação pessoal e acadêmica, meu mais profundo obrigado!

## APOIO LOGÍSTICO E FINANCEIRO



Realização



Patrocínio



## EPÍGRAFE

*“Jesus chorou.”*  
Racionais MC’s.

*“A Terra fornece o suficiente para satisfazer as necessidades de todos os homens, mas não a ganância de todos os homens”.*  
Mahatma Gandhi.

**SUMÁRIO**

Resumo.....	1
Palavras-chave:.....	1
Abstract: .....	2
Keywords: .....	2
Introdução.....	3
Coleta de dados .....	5
Propriedades químicas.....	5
Propriedades físicas .....	6
Análise estatística .....	8
Resultados e discussão.....	8
Caracterização das propriedades químicas da madeira.....	8
Caracterização das propriedades físicas da madeira.....	9
Conclusão .....	12
Referências .....	12

**Caracterização química e física da madeira de  
*Conocarpus erectus* L. (Combretaceae) na costa  
Amazônica brasileira**

Este trabalho está formatado para a revista Wood Science and Technology ao qual será submetido (Qualis = A2, Comitê de Ciências Agrárias I, Fator de Impacto = 3.4).  
Verifique as normas em: <https://link.springer.com/journal/226/submission-guidelines>

## Resumo

*Conocarpus erectus* (Mangue de botão) pertence à família *Combretaceae* e esta distribuída amplamente na costa amazônica brasileira sendo associada ao manguezal em áreas de restinga e utilizada para fins medicinais por comunidades que cercam esse ambiente, porém a madeira dessa espécie tem sido pouco estudada comparada às outras espécies de mangue. Por isso, os objetivos deste estudo é caracterizar as propriedades químicas e físicas da madeira de *C. erectus*. A caracterização química da madeira revelou teores médios de cinzas (1,57%), lignina (26,80%), holocelulose (96,41%) e extrativos totais (17,72%). Esses resultados destacam as particularidades químicas da madeira de *C. erectus*, com implicações tanto na sua resistência natural quanto em sua utilização industrial, especialmente no contexto de carbonização e resistência à deterioração. A densidade básica média foi de 0,83 g/cm<sup>3</sup>, classificando-a como madeira pesada. Essa característica indica potencial para produção de carvão vegetal e alta resistência mecânica. Na contração, os valores na posição radial (4,48%), tangencial (3,16%), e volumétrica (16,8%). O coeficiente de anisotropia (1,5%) indica estabilidade dimensional normal. Esses resultados destacam o potencial tecnológico da madeira de *C. erectus* para diversas aplicações.

## Palavras-chave:

Anisotropia; *Conocarpus erectus*; costa Amazônica brasileira; Densidade; Manguezal;

**Abstract:**

*Conocarpus erectus* (Button Mangrove) belongs to the Combretaceae family and is widely distributed along the Brazilian Amazon coast. It is associated with mangroves in restinga areas and is used for medicinal purposes by communities surrounding this environment. However, the wood of this species has been studied little compared to other mangrove species. Therefore, this study aims to characterize the chemical and physical properties of *C. erectus* wood. The chemical characterization of the wood revealed average contents of ash (1.57%), lignin (26.80%), holocellulose (96.41%), and total extractives (17.72%). These results highlight the chemical particularities of *C. erectus* wood, with implications for its natural resistance and industrial use, especially in the context of carbonization and resistance to deterioration. The average basic density was 0.83 g/cm<sup>3</sup>, classifying it as a heavy wood. This characteristic indicates potential for charcoal production and high mechanical resistance. In the contraction, the values in the radial (4.48%), tangential (3.16%), and volumetric (16.8%) positions were high. The anisotropy coefficient (1.5%) indicates normal dimensional stability. These results highlight the technological potential of *C. erectus* wood for various applications.

**Keywords:**

Anisotropy; *Conocarpus erectus*; Brazilian Amazon coast; Density; Mangrove;

## Introdução

O Brasil possui uma das mais extensas áreas de manguezais do mundo, aproximadamente 9.900 km<sup>2</sup> (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 (Herz, 1991), que são: *Avicennia germinans* (L.) L, *A. schaueriana* Stapf & Leechman ex Moldenke (nome popular: mangue-preto, siriúba ou siribeira), *Rhizophora mangle* L., *R. racemosa* G.F.W. Meyer e *R. 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 et al., 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 et al., 2008). Também apresenta alto potencial de dispersão e colonização, principalmente pela sua capacidade de armazenamento de carbono sob estresse hídrico (Hegazy et al., 2008; Moftah & AL-Humaid, 2007).

É uma espécie amplamente utilizada para fins medicinais pelas comunidades estuarinas-costeiras, as folhas e cascas são utilizadas como inoculantes no tratamento de febres, feridas, diabetes, hemorroidas e diarreia (Coelho-Ferreira, 2009; Raza et al., 2016; D. K. D. do N. Santos et al., 2018). Alguns estudos já comprovaram que *C. erectus* possui algumas propriedades medicinais questão: hepatoprotetora, antioxidante, anticancerígena e antimicrobiana (Abdel-Hameed et al., 2012, 2013, 2014; Shohayeb et al., 2013). Adicionalmente, no passado, a madeira de *C. erectus* pode ter sido utilizada para obtenção de lenha, fabricação de carvão vegetal, construção de móveis (Al-Wabel et al., 2015; Rehman et al., 2019).

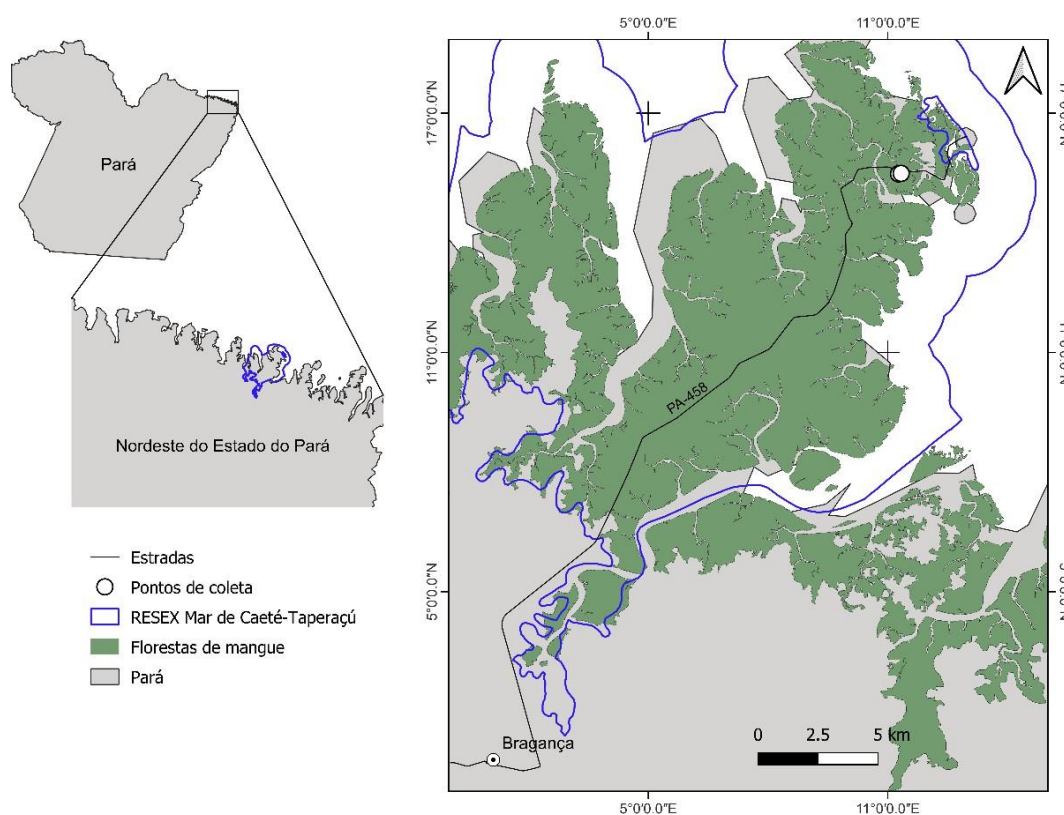
É uma espécie que tem sido pouco estudada em comparação com outras espécies que compõem a paisagem do manguezal, embora supostamente ocupe extensões importantes, a maioria dos estudos de *C. erectus* realizados na costa Amazônica brasileira concentrou-se

nos usos tradicionais da espécie, com foco no uso medicinal (Carneiro et al., 2010; Coelho-Ferreira, 2009). Nesse contexto, os objetivos deste estudo é caracterizar as propriedades químicas e físicas da madeira de *C. erectus*.

## Material e métodos

### Área de estudo

A área de estudo está localizada na Reserva Extrativista Marinha (RESEX Mar) de Caeté-Taperaçu, na região Nordeste do Estado do Pará (Fig. 1). A área protegida está sob gestão do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). O clima nesta região é quente e úmido e, segundo uma série de dados de 40 anos, a temperatura média anual é de 26,5°C, com precipitação anual de 2.348,5 mm e umidade relativa média de 85% (INMET, 2022). O período seco vai de julho a novembro, enquanto o período chuvoso ocorre de dezembro a junho (Moraes et al., 2005).



**Fig. 1** Localização da Reserva Extrativista Marinha de Caeté-Taperaçu, município de Bragança, Estado do Pará, costa Amazônica Brasileira. O mapa base e os dados foram obtidos do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e são de livre acesso. O mapa foi criado usando o software QGIS versão 2.14.0 (<http://www.qgis.org/it/site/>).

### **Coleta de dados**

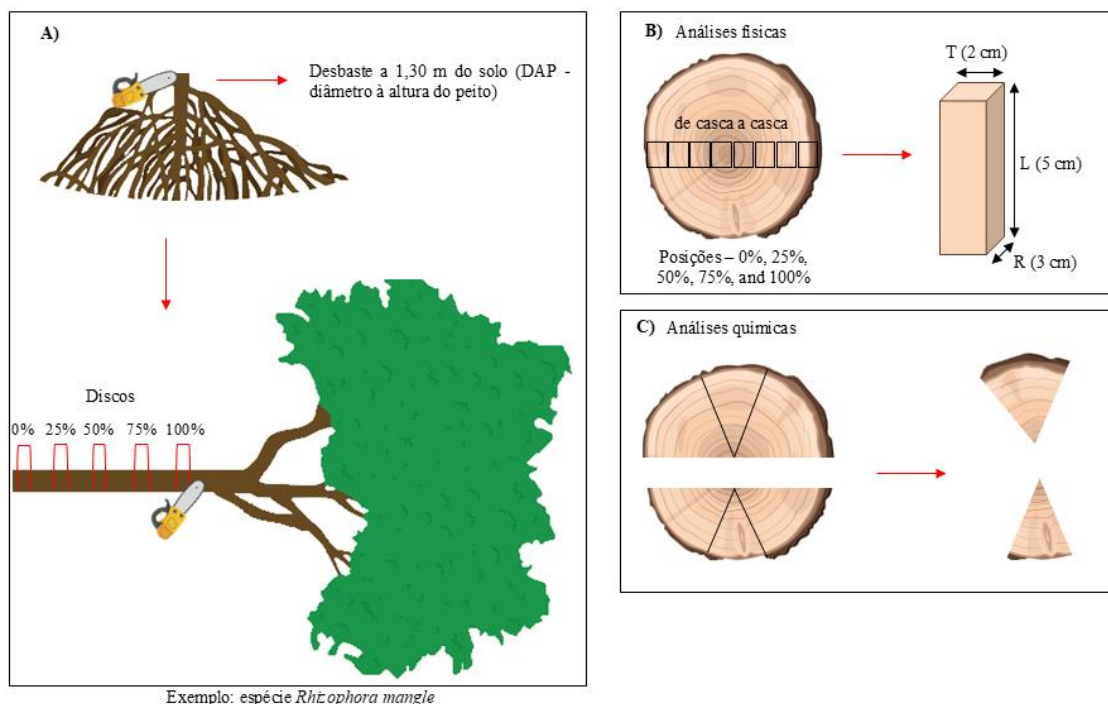
Cinco árvores de *C. erectus* foram cortadas, de acordo com a Licença MMA/ICMBIO/SISBIO nº 77770-1, e levadas ao Laboratório de Ecologia de Manguezal (LAMA), da Universidade Federal do Pará, no Câmpus de Bragança, para preparação do corpo de prova. Posteriormente, os corpos de prova foram levados para o Laboratório Multiusuário de Engenharia Florestal (LEMEF) – Universidade do Estado do Pará – Câmpus Paragominas para realização das análises químicas e físicas.

### **Propriedades químicas**

Para a caracterização química da madeira de *C. erectus*, foram utilizadas cunhas de todos os discos coletados das três espécies examinadas, sempre utilizando duas cunhas opostas (Fig. 2B). As fatias foram reduzidas a cavacos e depois trituradas em moinho de facas para obtenção de 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 de extrativos totais da madeira foi analisado seguindo a norma NBR 14853 adaptada (ABNT, 2010b), na qual as amostras foram submetidas à extração em tolueno, álcool e água quente. O teor de lignina insolúvel foi determinado conforme procedimentos descritos pela Norma NBR 7989 (ABNT, 2010a), e o teor de lignina solúvel pelo procedimento apresentado por Goldschmid (1971). O teor de lignina total foi determinado pela soma da lignina solúvel e insolúvel, enquanto o teor de holocelulose foi de 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 extrativo por diferença de massa.

As ligninas solúveis, insolúveis e totais foram determinadas 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 conforme Norma NBR 13999 (ABNT, 2017).



**Fig. 2** Esquema de coleta de madeira e preparação de espécimes para análise. A) Corte de madeira e seleção de discos e toras; B) Corpos de prova para análises físicas; C) Cunhas selecionadas para análises químicas. R = radial; T = tangencial; L = longitudinal.

### Propriedades físicas

Para caracterizar a densidade básica da madeira, foi retirado de cada árvore um disco de 6 cm de espessura a 1,30 m do nível do solo (Fig. 2A). Dos discos foram retiradas quatro posições radiais, de casca a casca, a saber: próximo à medula 0%, 33% e 66% do raio, e na periferia do caule próximo à casca 100%, com bordas de 5 cm. no sentido longitudinal (L), 3 cm no sentido radial (R) e 2 cm no sentido tangencial (T) (Fig. 2B), todos isentos de defeitos e perfeitamente orientados, seguindo procedimento de ensaio especificado pela Norma NBR 11941 (ABNT, 2003).

A densidade básica ( $\rho_{\text{básica}}$ ;  $\text{g}/\text{cm}^{-3}$ ) da madeira foi calculada com base na equação abaixo:

$$\rho_{\text{básica}} = \frac{M_s}{V_{\text{saturado}}} \quad (\text{g}/\text{cm}^{-3})$$

Sendo:

$M_s$  = massa seca (g)

$V$  = volume saturado ( $\text{cm}^{-3}$ )

Para caracterizar a variação dimensional (contrações lineares) da madeira, foram realizados cálculos de contração radial e tangencial usando abaixo:

$$\varepsilon_r = \left( \frac{L_{sat} - L_{seca}}{L_{sat}} \right) * 100$$

Sendo:

$\varepsilon_i$  = índice de inchamento (%)

$L_{sat}$  = dimensão saturada (cm)

$L_{seca}$  = dimensão seca (cm)

A contração volumétrica da madeira de foi calculada utilizada a seguinte equação:

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

Sendo:

$V_{sat}$  = volume saturado (cm<sup>3</sup>)

$V_{seco}$  = volume seco (cm<sup>-3</sup>)

O coeficiente de anisotropia ou fator anisotrópico da madeira, que é o resultado das variações tangencial e radial foi calculado através da equação abaixo:

$$\theta = \frac{Ct}{Cr}$$

Sendo:

$Ct$  = contração tangencial (%)

$Cr$  = contração radial (%)

## **Análise estatística**

Os dados brutos referente às propriedades químicas e físicas da madeira de *C. erectus* foram testados quanto à normalidade e homocedasticidade utilizando-se o teste de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Uma análise de variância (ANOVA) foi utilizada para verificar a significância das diferenças nos valores médios das propriedades químicas e físicas entre as amostras de *C. erectus*. Quando os dados não satisfizeram os pressupostos de normalidade ou homocedasticidade, foi utilizada a análise de variância não paramétrica de Kruskal-Wallis, quando significativo, os testes post hoc de Dunn (Kruskal-Wallis) foram aplicados aos resultados. Todas as análises foram realizadas com o pacote estatístico BioEstat 5.0 (Ayres et al., 2007).

## **Resultados e discussão**

### **Caracterização das propriedades químicas da madeira**

A caracterização química da madeira de *C. erectus* está descrita na Tabela 1, os teores de cinzas, lignina, holocelulose apresentaram-se em proporções semelhantes para as três amostras. Nos resultados obtidos para teor de cinzas, a espécie *C. erectus* apresentou valor médio de 1.57%, não variando significativamente entre as três amostras. Para o teor de lignina, *C. erectus* apresentou valor médio de 26.80%, não variando significativamente entre as três amostras. Para o teor de holocelulose, a espécie *C. erectus* apresentou valor médio de 54.16%, não variando significativamente entre as três amostras. Para o teor de extrativos totais, a espécie *C. erectus* apresentou valor médio de 17.72%, não variando significativamente entre as três amostras.

No que diz respeito 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, 2.4% (Abdel-Aal, 2013) e 2.2% (Nasser, 2008) em pesquisas conduzidas na Arábia Saudita. Por outro lado, nossos achados foram superiores ao valor encontrado para a mesma espécie, 0.97% (Soleymani et al., 2023) em um estudo conduzido no Irã. Estes resultados podem indicar um impacto negativo em termos de resistência natural, já que, em geral, madeiras com baixos teores de cinzas demonstram menor capacidade de resistência contra agentes xilófagos (Paes et al., 2013). Para o teor de lignina, os valores encontrados para *C. erectus* no presente estudo foram inferiores e superiores do que aqueles encontrados para a mesma espécie, 35% (Abdel-Aal, 2013) e 22.10% (Nasser, 2008) encontrados em pesquisas

conduzidas na Arábia Saudita. A madeira de folhosas possuem cerca de 24% de lignina (Walker, 2006), nossos resultados podem conferir vantagem na utilização de *C. erectus* no processo de carbonização (Santos et al., 2016), afinal, é um composto que está diretamente correlacionado com o poder calorífico da madeira (White, 1987). Para o teor de holocelulose, os valores encontrados para *C. erectus* no presente estudo foram superiores do que aqueles encontrados para a mesma espécie, 42% (Abdel-Aal, 2013) e 48.4% (Nasser, 2008). Nossos resultados podem conferir desvantagem na utilização da madeira de *C. erectus* no processo de carbonização, em virtude de que madeira com altos teores de holocelulose apresentam baixos rendimentos em carvão vegetal (Vale et al., 2010). Para teor de extrativos, os valores encontrados para *C. erectus* no presente estudo foram superiores do que aqueles encontrados para a mesma espécie, 11% (Abdel-Aal, 2013) e 7.2% (Nasser, 2008). A proporção significativa de extrativos identificados na madeira de *C. erectus* aponta para a presença de características que podem proteger o tecido interno da árvore contra ataques (Amusant et al., 2004). No entanto, somente um estudo abordando a resistência natural à deterioração poderia oferecer esclarecimentos mais detalhados sobre essa características.

**Tabela 1** Média  $\pm$  desvio padrão para os teores de cinzas, lignina, holocelulose e extrativos totais da madeira de *C. erectus*. Ce = *Conocarpus erectus*; n.s. = não significativo.

Propriedades químicas	C (%)	L (%)	H (%)	ET (%)
Ce <sub>1</sub>	1.10	27.38	55.59	15.93
Ce <sub>2</sub>	1.43	26.61	50.79	21.17
Ce <sub>3</sub>	1.42	26.42	56.11	16.05
Média $\pm$ desv.pad.	1.57 $\pm$ 0.31	26.80 $\pm$ 0.01	54.16 $\pm$ 2.93	17.72 $\pm$ 0.03
<i>p</i> -valor	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

C = cinzas; L = Lignina; H = Holocelulose; ET = Extrativos totais.

### Caracterização das propriedades físicas da madeira

Para a caracterização física das três espécies de mangue (Tabela 2), a densidade básica, contração e anisotropia apresentaram-se em proporções semelhantes para as cinco amostras. Nos resultados obtidos para densidade básica, *C. erectus* apresentou valor médio de 0.83 g/cm<sup>-3</sup>, não variando significativamente entre as amostras. Para contração na posição radial,

*C. erectus* apresentou valor médio de 4.48%, não variando significativamente entre as amostras. Para contração na posição tangencial, *C. erectus* apresentou valor médio de 3.16%, não variando significativamente entre as amostras. Na variação volumétrica, *C. erectus* apresentou valor médio de 68.52%, não variando significativamente entre as amostras. Para o coeficiente de Anisotropia, *C. erectus* apresentou valor médio de 1.5%, não variando significativamente entre as amostras.

Considerando a densidade básica, a madeira de *C. erectus* foi classificada como *pesada*, faixa entre  $> 0.73 \text{ g/cm}^{-3}$  (ABNT, 2003; IBAMA, 2023). Em comparação com espécies oriundas da floresta amazônica de terra firme (Tabela 4), nossos dados para densidade são superiores aos encontrados para *Manilkara bidentata* e *Bowdichia nitida*, ambas com  $0.80 \text{ g/cm}^{-3}$  (Andrade, 2015). A alta densidade básica apresentada pela madeira de *C. erectus* podem conferir potencial para produção de carvão vegetal, pois pode originar produtos com maior poder calorífico (Santos, 2010). Além do mais, a alta densidade da madeira apresenta correlações com diversas outras características, como as propriedades mecânicas de resistência e rigidez (Galvão et al., 2024).

Quanto a contração, na posição radial, os valores encontrados para *C. erectus* no presente estudo foram semelhantes aqueles encontrados para espécies oriundas de florestas de terra firme (Tabela 4), como 4.53% em *Erismia uncinatum*; 4.52% em *Goupia glabra* (Andrade, 2015). Na posição tangencial, os valores encontrados para *C. erectus* foram inferiores para a maioria das espécies da floresta amazônica de terra firme (Tabela 4). A contração volumétrica, os valores encontrados para *C. erectus* foram semelhantes aqueles de *Manilkara huberi*, com 16.4% (Andrade, 2015). Quanto ao coeficiente de anisotropia, a madeira de *C. erectus* foi classificada com estabilidade dimensional *normal* (Motta et al., 2014).

**Tabela 2** Média  $\pm$  desvio padrão de densidade básica, contração e anisotropia da madeira de *C. erectus*. Ce = *Conocarpus erectus*; n.s. = não significativo.

Propriedades físicas	$\rho$ (g/cm <sup>-3</sup> )	Anisotropia (%)			
		R (%)	T (%)	VV (%)	
Ce <sub>1</sub>	0.83 $\pm$ 0.01	3.2 $\pm$ 1.0	5.6 $\pm$ 1.3	16.8 $\pm$ 0.8	1.8 $\pm$ 0.5
Ce <sub>2</sub>	0.81 $\pm$ 0.04	3.4 $\pm$ 1.4	4.5 $\pm$ 1.3	16.9 $\pm$ 1.2	1.5 $\pm$ 0.7
Ce <sub>3</sub>	0.79 $\pm$ 0.09	2.9 $\pm$ 2.4	3.9 $\pm$ 1.9	16.9 $\pm$ 1.2	1.6 $\pm$ 0.9
Ce <sub>4</sub>	0.87 $\pm$ 0.04	3.7 $\pm$ 1.4	3.9 $\pm$ 1.7	16.8 $\pm$ 0.8	1.1 $\pm$ 0.5
Ce <sub>5</sub>	0.84 $\pm$ 0.06	3.3 $\pm$ 0.8	4.5 $\pm$ 1.3	16.8 $\pm$ 0.7	1.5 $\pm$ 0.9
Média $\pm$ desv.pad.	0.83 $\pm$ 0.06	3.3 $\pm$ 1.5	4.4 $\pm$ 1.5	16.8 $\pm$ 0.1	1.5 $\pm$ 0.7
<i>p</i>	<0.0001	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

$\rho$  = densidade básica; R = radial; T = tangencial; L = longitudinal; VV = variação volumétrica.

**Tabela 3** Classificação da madeira em função da densidade básica e do coeficiente de anisotropia (ABNT, 2003; Motta et al., 2014; IBAMA, 2023).

$\rho$ (g/cm <sup>-3</sup> )	Classificação	Anisotropia (%)	Classificação
< 0.50	Leve	1.2 – 1.5	Excelente
0.51 – 0.72	Média	1.5 – 2.0	Normal
> 0.73	Pesada	> 2.0	Ruim

## Conclusão

A caracterização física e química da madeira de *C. erectus* revelou propriedades que destacam seu potencial tecnológico e limitações específicas. A densidade básica foi elevada, com isso é uma madeira adequada para aplicações como produção de carvão vegetal, devido ao maior poder calorífico associado à alta densidade. Quanto às propriedades químicas, o teor de lignina é favorável ao processo de carbonização, mas o elevado teor de holocelulose pode resultar em menores rendimentos em carvão vegetal.

Os teores de extrativos totais indicam potencial resistência natural contra deterioração biológica, embora mais estudos sejam necessários para confirmar essa característica. O baixo teor de cinzas sugere menor resistência a agentes xilófagos, enquanto a estabilidade dimensional normal, indicada pelo coeficiente de anisotropia, favorece aplicações que demandam resistência às deformações.

No geral, *C. erectus* apresenta propriedades promissoras para usos específicos, como produção de carvão e aplicações estruturais, mas exige análise detalhada de suas limitações em contextos ambientais e industriais.

## Referências

- Abdel-Aal, M. A. (2013). 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*, 27(1), 1–9. <https://doi.org/10.5829/idosi.wasj.2013.27.01.13600>
- Abdel-Hameed, E.-S. S., Bazaid, S. A., & Sabra, A. N. A. (2013). Protective effect of *conocarpus erectus* extracts on CCl<sub>4</sub>-induced chronic liver injury in mice. *Glob J Pharmacol*, 7(1), 52–60. <https://doi.org/10.5829/idosi.gjp.2013.7.1.7188>
- Abdel-Hameed, E.-S. S., Bazaid, S. A., & Shohayeb, M. M. (2014). RP-HPLC-UV-ESI-MS phytochemical analysis of fruits of *Conocarpus erectus* L. *Chemical Papers*, 68, 1358–1367.
- Abdel-Hameed, E.-S. S., Bazaid, S. A., Shohayeb, M. M., El-Sayed, M. M., & El-Wakil, E. A. (2012). Phytochemical studies and evaluation of antioxidant, anticancer and antimicrobial properties of *Conocarpus erectus* L. growing in Taif, Saudi Arabia. *European Journal of Medicinal Plants*, 2(2), 93. <https://doi.org/doi.org/10.2478/s11696-014-0570-6>
- ABNT. (2003). *NBR 11941: Madeira — Determinação da densidade básica em madeira*. 1–6.
- ABNT. (2010a). *NBR 7989: Pasta celulósica e madeira — Determinação de lignina insolúvel em ácido*. 1–6.
- ABNT. (2010b). *NBR 14853: Madeira — Determinação do material solúvel em etanol-tolueno e em diclorometano e em acetona*. 1–3.
- ABNT. (2017). *NBR 13999: Papel, cartão, pastas celulósicas e madeira — Determinação do resíduo (cinza) após a incineração a 525 °C*. 1–5.
- Al-Wabel, M. I., Usman, A. R. A., El-Nagggar, A. H., Aly, A. A., Ibrahim, H. M., Elmaghraby, S., & Al-Omran, A. (2015). *Conocarpus* biochar as a soil amendment for reducing heavy metal availability and uptake by maize plants. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 22(4), 503–511. <https://doi.org/doi.org/10.1016/j.sjbs.2014.12.003>
- Amusant, N., Beauchene, J., Fournier, M., Janin, G., & Thevenon, M.-F. (2004). Decay resistance

- in *Dicorynia guianensis* Amsh.: analysis of inter-tree and intra-tree variability and relations with wood colour. *Annals of Forest Science*, 61(4), 373–380.  
<https://doi.org/10.1051/forest.2004030>
- Andrade, A. (2015). Pisos de madeira: características de espécies brasileiras. In *ANPM* (Vol. 1). Associação Nacional dos Produtores de Pisos de Madeira (ANPM).
- Ayres, M., Ayres, M. Jr., Ayres, D. L., & Santos, A. S. (2007). *BiosEstat 5.0: Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas: Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá* (pp. 1–364).
- Bashir, M., Uzair, M., & Chaudhry, B. A. (2015). A review of phytochemical and biological studies on *Conocarpus erectus* (Combretaceae). *Pak J Pharm Res*, 1(1), 1–8.  
<https://doi.org/10.22200/pjpr.201511-8>
- Carneiro, D. B., Barboza, M. S. L., & Menezes, M. P. (2010). Plantas nativas úteis na vila dos pescadores da reserva extrativista marinha Caeté-Taperaçu, Pará, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 24, 1027–1033. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062010000400017>
- Coelho-Ferreira, M. (2009). Medicinal knowledge and plant utilization in an Amazonian coastal community of Marudá, Pará State (Brazil). *Journal of Ethnopharmacology*, 126(1), 159–175.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jep.2009.07.016>
- Diniz, C., Cortinhas, L., Nerino, G., Rodrigues, J., Sadeck, L., Adami, M., & Souza-Filho, P. W. M. (2019). Brazilian Mangrove Status: Three Decades of Satellite Data Analysis. *Remote Sensing*, 11(7), 808. <https://doi.org/10.3390/rs11070808>
- Galvão, M. L., Bessa-Silva, A., Batista, A. S., Balboni, B. M., Santos, I. S., & Fernandes, M. E. B. (2024). Effects of wood density on mechanical properties of mangrove wood from the Amazon coast. *PLOS ONE*, 19(11), e0313824-. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0313824>
- Goldschmid, O. (1971). Ultravioleta Spectra. In K. Sarkanem & C. Ludwing (Eds.), *Lignins: occurrence, formation, structure and reactions* (pp. 241–298). John Wiley & Sons.
- Hayashi, S. N., Souza-Filho, P. W. M., Nascimento Jr, W. R., & Fernandes, M. E. B. (2019). The effect of anthropogenic drivers on spatial patterns of mangrove land use on the Amazon coast. *PLoS One*, 14(6), e0217754. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217754>
- Hegazy, S. S., Aref, I. M., Al-Mefarrej, H., & El-Juhany, L. I. (2008). Effect of spacing on the biomass production and allocation in *Conocarpus erectus* L. trees grown in Riyadh, Saudi Arabia. *Saudi J. Biol. Sci*, 15(2), 315–322.
- Herz, R. (1991). *Manguezais do Brasil*. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo.
- IBAMA, I. B. D. M. A. E. D. R. N. R. (2023). *Banco de dados de madeiras brasileiras*. <https://lpf.florestal.gov.br/pt-br/madeiras-brasileiras>
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. (2022). *Banco de dados meteorológicos para ensino-pesquisa*. <http://www.inmet.gov.br>
- Menezes, M. P. M. de, 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. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672008000300004>
- Moftah, A. E., & AL-Humaid, A.-R. I. (2007). Response of Buttonwood (*Conocarpus erectus*) trees to drought conditions. *Journal of Agricultural and Marine Sciences [JAMS]*, 12, 21–34.
- Moraes, B. C., Costa, J. M. N., Costa, A. C. L., & Costa, M. H. (2005). Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. *Acta Amazonica*, 35, 207–214.  
<https://doi.org/10.1590/S0044-59672005000200010>
- Motta, J. P., Oliveira, J. T. S., Braz, R. L., Duarte, A. P. C., & Alves, R. C. (2014). Characterization of wood of four forest species. *Ciência Rural*, 44, 2186–2192.  
<https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20130479>
- Nascimento, W. R., Souza-Filho, P. W. M., Proisy, C., Lucas, R. M., & Rosenqvist, A. (2013). Mapping changes in the largest continuous Amazonian mangrove belt using object-based classification of multisensor satellite imagery. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 117, 83–93. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecss.2012.10.005>
- Nasser, R. A. (2008). Specific gravity, fiber length and chemical components of *Conocarpus erectus* as affected by tree spacing. *J Agri Env Sci*, 7(3), 49–68.
- Ochoa-Gómez, J. G., Acosta-Velázquez, J., Anguamea-Valenzuela, C. A., & Martinetto, P. (2021).

- Distribution and structure of *Conocarpus erectus* L. (Combretaceae) in the northern limit of the Pacific Ocean (Gulf of California). *Ocean & Coastal Management*, 209, 105645. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105645>
- Paes, J. B., Medeiros Neto, P. N. de, Lima, C. R. de, Freitas, M. de F. de, & Diniz, C. E. F. (2013). Efeitos dos extrativos e cinzas na resistência natural de quatro madeiras a cupins xilófagos. *Cerne*, 19, 399–405. <https://doi.org/10.1590/S0104-77602013000300006>
- Raza, M. A., Anwar, F., Shahwar, D., Majeed, A., Mumtaz, M. W., Danish, M., Nazar, M. F., Perveen, I., & Khan, S. U.-D. (2016). Antioxidant and antiacetylcholine esterase potential of aerial parts of *Conocarpus erectus*, *Ficus variegata* and *Ficus maclellandii*. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 29(2).
- Rehman, S., Azam, F., Rehman, S., Rehman, T. U., Mehmood, A., Gohar, A., & Samad, A. (2019). A review on botanical, phytochemical and pharmacological reports of *conocarpus erectus*. *Pak J Agric Res*, 32(1), 212–217.
- Santos, D. K. D. do N., de Almeida, V. S., de Araujo, D. R. C., Harand, W., Soares, A. K. de A., Moreira, L. R., de Lorena, V. M. B., Magalhães, L. P. M., Ximenes, R. M., & de Sena, K. X. da F. R. (2018). Evaluation of cytotoxic, immunomodulatory and antibacterial activities of aqueous extract from leaves of *Conocarpus erectus* Linnaeus (Combretaceae). *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 70(8), 1092–1101.
- Santos, I. D. (2010). *Influência dos teores de lignina, holocelulose e extrativos na densidade básica e na contração da madeira e no rendimento e densidade do carvão vegetal de cinco espécies lenhosas do cerrado*.
- Santos, R. C., Carneiro, A. C. O., Vital, B. R., Castro, R. V. O., Vidaurre, G. B., Trugilho, P. F., & Castro, A. F. N. M. (2016). Influência das propriedades químicas e da relação siringil/guaiacil da madeira de eucalipto na produção de carvão vegetal. *Ciência Florestal*, 26, 657–669. <https://doi.org/10.5902/1980509822765>
- Shohayeb, M., Abdel-Hameed, E., & Bazaid, S. (2013). Antimicrobial activity of tannins and extracts of different parts of *Conocarpus erectus* L. *Int J Pharm Bio Sci*, 3(2), 544–553.
- Soleymani, M., Shokrpoor, S., & Jaafarzadeh, N. (2023). A comprehensive study of essential properties of *Conocarpus Erectus* as a potential bioenergy crop. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 20(6), 6147–6160. <https://doi.org/10.1007/s13762-023-04878-w>
- Vale, A. T. do, Dias, Í. S., & Santana, M. A. E. (2010). Relações entre propriedades químicas, físicas e energéticas da madeira de cinco espécies de cerrado. *Ciência Florestal*, 20, 137–145. <https://doi.org/10.5902/198050981767>
- Walker, J. C. F. (2006). Basic wood chemistry and cell wall ultrastructure. In J. C. F. Walker (Ed.), *Primary Wood Processing: Principles and Practice* (pp. 23–67). Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/1-4020-4393-7\\_2](https://doi.org/10.1007/1-4020-4393-7_2)
- White, R. H. (1987). Effect of lignin content and extractives on the higher heating value of wood. *Wood and Fiber Science*, 446–452.