Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.13, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v13i1.4254

ESTUDO DO POTENCIAL ENERGÉTICO DAS CASCAS DE ESPÉCIES DO GÊNERO *Myrcia*

STUDY OF THE ENERGY POTENTIAL OF THE BARKS OF SPECIES OF THE GENUS *Myrcia*

Alexandra de Souza Ramos
Graduanda em Química Industrial-UFAM-ICET
Email: allexandraramoss13@gmail.com

Alex Martins Ramos
Químico Universidade Federal do Amazonas
Mestrado em Química Universidade Federal do Amazonas
Doutor em Engenharia Química pela UNICAMP
E-mail: alexmartins@ufam.edu.br

Recebido: 01/07/2025 – Aceito: 10/07/2025

RESUMO

O presente artigo visou estimar o potencial energético das cascas de espécies do gênero *Myrcia* analisando seu poder calorifico, assim como determinar sua composição imediata e elementar, com perspectiva de uso em co-geração de energia. Foram realizadas quatro principais análises: análise elementar, que quantifica os elementos carbono, hidrogênio e oxigênio presentes na amostra; análise imediata, que avalia teores de cinzas, umidade e material volátil; e o cálculo do poder calorífico superior e inferior (PCS, PCI), que reflete o potencial energético do material. Além disso, foi realizada a caracterização granulométrica das partículas usando o software ImageJ para avaliar a distribuição do tamanho das partículas da biomassa. A caracterização do pó de serra das espécies de cumatê mostraram cinzas de 1,89%, materiais voláteis de 72,54% e carbono fixo de 25,54%. Já a composição elementar consistiu de 49,42% de carbono, 6,04% de hidrogênio e 42,67% de oxigênio. Por análise de imagem digital, o pó de serra mostrou diâmetro médio de 1,96 mm e baixa esfericidade. O PCS e PCI foram próximos a 20 MJ/kg. A biomassa das espécies de cumatê estudadas demonstraram um potencial energético semelhante às biomassas amazônicas de outras espécies já empregadas em processos de combustão. Por isso, os resíduos da biomassa destas espécies podem ser aproveitados no processo de co-geração de energia.

Palavras-chave: Biomassa, Análise Imediata, Análise Elementar, Poder Calorífico Superior, Cumatezeiro.

ABSTRACT

This article aimed to estimate the energy potential of the barks of species of the genus Myrcia by analyzing their calorific value, as well as determining their immediate and

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v13i1.4254

elemental composition, with the prospect of use in energy cogeneration. Four main analyses were performed: elemental analysis, which quantifies the elements carbon, hydrogen and oxygen present in the sample; immediate analysis, which evaluates ash, moisture and volatile matter contents; and the calculation of the upper and lower calorific value (PCS, PCI), which reflects the energy potential of the material. In addition, the particle size characterization was performed using the ImageJ software to evaluate the particle size distribution of the biomass. The characterization of the sawdust of the cumate species showed ash of 1.89%, volatile matter of 72.54% and fixed carbon of 25.54%. The elemental composition consisted of 49.42% carbon, 6.04% hydrogen and 42.67% oxygen. By digital image analysis, the sawdust showed an average diameter of 1.96 mm and low sphericity. The PCS and PCI were close to 20 MJ/kg. The biomass of the cumate species studied demonstrated an energy potential similar to the Amazonian biomass of other species already used in combustion processes. Therefore, the biomass residues of these species can be used in the energy cogeneration process.
Keywords: Biomass, Immediate Analysis, Elementary Analysis, Higher Calorific Value

1. INTRODUÇÃO

A floresta Amazônica, apresenta-se como um dos maiores biomas florestais do mundo, dispondo de distintas fitofisionomias em decorrência da sua extensão e gradientes ambientais, representada predominantemente por vegetação florestal. Ela dispõe da maior área de floresta tropical úmida contínua e uma das razões para esta alta diversidade, mas ainda não existe consenso cientifico a respeito de seus limites físicos exato. Tal floresta também é conhecida como floresta higrófila, floresta pluvial, floresta perenifólia fechada, floresta tropical pluvial e ainda de floresta chuvosa (Schongart, 1983; Lopes, 2019; Leal, 2019).

A família *Myrtaceae* compreende cerca de 100 gêneros e 3.500 espécies de árvores e arbustos que se distribuem por todos os continentes, à exceção da Antártica, mas com nítida predominância nas regiões tropicais e subtropicais do mundo. É uma das famílias mais importantes do Brasil, destacando-se com mais de uma centena de espécies, os gêneros *Eugenia*, *Myrcia* e *Calyptranthes*, enquanto o restante dos gêneros possui menos de 60 espécies brasileiras. No Brasil, a família apresenta 927 espécies distribuídas em 24 gêneros (Barroso

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v13i1.4254

1991, Marchiori e Sobral 1997, Landrum e Kawasaki 1997, Barroso e Perón 1994, Landrum e Kawasaki 1997, Sobral et al. 2010)

As mirtáceas brasileiras geralmente não produzem madeiras valiosas, restringindo-se ao fornecimento de lenha, à utilização em pequenas peças ou objetos e outras formas de uso local (Marchiori & Sobral 1997). Além da *Myrcia atramentifera,* existem outras espécies que tem o potencial econômico elevado, pois são frutíferas, sendo elas *e.g.* a goiabeira (*Psidium guajava* L.), a jabuticabeira (*Myrciaria cauliflora)* e a pitangueira (*Eugenia uniflora* L.) (Landrum & Kawasaki 1997).

Nesse sentido, a avaliação do potencial energético de uma espécie vegetal pode ser feita mediante a análise imediata, análise elementar e determinação dos poderes caloríficos inferior e superior.

Em termos de análise imediata, as espécies brasileiras apresentam teor de umidade que varia entre 1,3% e 1,7%, teor de cinzas de 0,04% e 7%, teor de materiais voláteis de 70% e 85% e carbono fixo de 15 e 30% (Figueira et al, 2018; Crisóstomo et al, 2021; Faria, 2016)

Já em relação à composição elementar, percebe-se que a quantidade de carbono varia de 49% a 50%, hidrogênio de 6% a 6,31% e oxigênio de 41,37 a 45%. As quantidades de nitrogênio e enxofre, por serem pequenas nestas espécies, são normalmente desprezadas (Reis et al, 2012; Nobre et al, 2014; Pedrazzi et al, 2019).

Por outro lado, as espécies brasileiras que já tiveram o seu potencial energético investigado apontam valores de poder calorífico superior (PCS) entre 16 e 22 MJ/kg e pode calorifico inferior (PCI) que varia entre 17,25 e 19 (MJ/kg). (Seye et al, 2008; Carvalho et al, 2014; Gama, D.C et al, 2020)

Neste contexto, algumas espécies amazônicas ainda não foram profundamente estudadas quanto ao seu potencial energético, o que motivou a escolha de espécies do gênero *Myrcia* para estudo. A ausência de dados prévios sobre essa espécie destaca a importância de investigar seu potencial energético, visando seu o uso em bioenergia.

Biomassa é a matéria vegetal e seus derivados, resultante da fotossíntese, que inclui restos de florestas, cultivos, detritos de animais e resíduos orgânicos de

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v13i1.4254

origem industrial e urbana. Essa matéria armazena energia solar convertida em energia química, que pode ser liberada diretamente pela queima ou transformada em outras formas de energia, como etanol e carvão vegetal, por meio de processos adequados (Júnior *et al*, 2014).

Um dos principais benefícios dessa forma de energia é o seu impacto neutro no ciclo de carbono, pois, o dióxido de carbono emitido durante a queima já faz parte do ciclo natural do carbono, isso ajuda a mitigar o efeito estufa e a reduzir a pegada de carbono global (Goldemberg, 2009). A biomassa, no Brasil, é constituída, em grande parte, pela madeira e, quando se avalia a produção de energia, pode-se dizer que seu uso se divide em produção de carvão vegetal (carbonização) e consumo direto da lenha (combustão) (VALE *et al*, 2002).

Este estudo tem por objetivo estimar o potencial energético das cascas de espécies do gênero *Myrcia* analisando seu poder calorifico, assim como determinar sua composição imediata e elementar, com perspectiva de uso em co-geração de energia.

2. METODOLOGIA

2.1 Amostragem

As cascas das espécies do gênero *Myrcia* (localmente chamadas de cumatê) foram coletadas na comunidade rural São João Batista do igarapé da chocolateira, localizada na região do município de Itacoatiara – AM. As cascas foram expostas ao sol para secagem por 24 h no local de coleta. Posteriormente, foram acondicionadas em saco plástico e transportada até o laboratório de pesquisa do Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia, da Universidade Federal do Amazonas.

A casca bruta foi triturada em uma serraria para transformar em pó de serra (serragem). A seguir, as amostras de pó de serra foram acondicionadas em sacos plásticos, levadas para o laboratório e postas em bandejas de plástico coberta com insulfilme de policloreto de vinila (PVC) a temperatura ambiente.

2.2 Análise do Teor de Umidade

O procedimento adotado para a determinação da análise imediata do pó de serra das cascas de espécies de cumatê foi baseada na norma D1762-84 (ASTM,

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v13i1.4254

2021).

Para iniciar a análise de umidade da amostra, os cadinhos foram primeiramente calcinados a 600°C por duas horas em uma mufla modelo 2000-G, marca ZEZIMAQ a fim de eliminar qualquer resíduo orgânico ou impurezas presentes nos recipientes. Após a calcinação, os cadinhos foram colocados no dessecador por tempo suficiente para esfriar e possibilitar o início do experimento.

A amostra foi então levada à estufa de secagem do modelo EESCRA-46D, marca Vulcan por duas horas a 105°C. Após esse período, os cadinhos foram colocados no dessecador por 30 minutos. Em seguida, pesou-se 1,0 g da amostra em placas de Petri de vidro. As amostras foram novamente colocadas na estufa por 30 minutos. Após 30 minutos no dessecador, a amostra foi pesada. Este procedimento se repetiu até massa constante e em triplicata.

O teor de umidade (TU) foi obtido pela diferença entre as massas da amostra, antes e logo após ser submetida à secagem, através da Equação 1.

$$TU = \frac{m_1 - m_2}{m_2} x100 \quad (1)$$

onde m_1 é a massa(g) inicial da biomassa e m_2 é a massa(g) final da biomassa.

2.3 Material Volátil

Para realizar a análise de material volátil, foram utilizados os cadinhos que já haviam sido previamente calcinados. Em seguida, pesou-se 1,0 g da amostra em triplicata. Os cadinhos foram colocados sobre a tampa da mufla por 3 minutos a 900°C. Posteriormente, foram inseridos dentro da mufla por mais 7 minutos. Após a retirada, os cadinhos foram colocados no dessecador por 30 minutos.

Os cadinhos tampados foram pesados para determinar o material volátil (MV). Em seguida, pesou-se novamente sem as tampas para iniciar a preparação das cinzas. Por fim, os cadinhos foram retornados ao dessecador. O teor dos voláteis foi calculado pela Equação 2:

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v13i1.4254

$$MV = \frac{m_2 - m_3}{m_2} .100 \quad (2)$$

No numerador, m_2 representa a soma da massa do cadinho com tampa e da massa da amostra seca contendo voláteis, enquanto m_3 corresponde à massa final obtida após a mufla (g), que equivale à soma da massa do cadinho com tampa e da massa da amostra isenta de voláteis. Já no denominador, m_2 refere-se à massa inicial da amostra.

2.4 Determinação do Teor de Cinzas

Uma amostra de 1,0 g de biomassa foi colocada novamente no forno mufla, porém, à temperatura de 600°C, durante 3 horas. Após esse período, a amostra foi resfriada em dessecador por 30 minutos. Por fim, a massa foi pesada em uma balança analítica modelo FA-2204CI-NM-BI, marca Bioscale. O teor de cinzas foi calculado pela Equação 3.

$$CZ = \frac{m_3 - m_4}{m_3} .100 \quad (3)$$

onde m_3 representa a soma da massa do cadinho sem tampa e da massa da amostra contendo cinzas e m_4 refere-se à massa do cadinho sem tampa.

2.5 Determinação do Teor de Carbono Fixo

O teor de carbono fixo (CF) foi obtido pela diferença entre os valores do teor de voláteis (MV) e o teor de cinzas(CZ) conforme a Equação 4.

$$CF = [100 - (MV + CZ)] \quad (4)$$

2.6 Caracterização Energética dos Resíduos

A composição elementar da madeira é constituída, principalmente por carbono (C), oxigênio (O), hidrogênio (H), e pequenas quantidades de nitrogênio (N). De forma geral, a madeira contém cerca de 49-50% de carbono**,** 44% de oxigênio**,** 6% de hidrogênio e 0,1-0,5% de nitrogênio, variando ligeiramente entre espécies (Goldemberg, 2009). Esses teores podem ser calculados pelas Equações 5-7 (Shen et al. 2010).

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v13i1.4254

$$C = (0{,}635.CF) + (0{,}460.MV) - (0{,}095.CZ) \quad (5)$$

$$H = (0{,}059.CF) + (0{,}060.MV) - (0{,}010.CZ) \quad (6)$$

$$O = (0{,}340.CF) + (0{,}469.MV) - (0{,}023.CZ) \quad (7)$$

O poder calorífico superior (PCS) inclui a energia total liberada, inclusive o calor gerado pela condensação da água presente nos gases de combustão. Já o poder calorífico inferior (PCI) é obtido subtraindo a energia usada para vaporizar a água. Fatores como a umidade e a composição química (carbono, hidrogênio e oxigênio) influenciam nos resultados (Calonego *et al*, 2005), que é obtido através das Equações 8 e 9 (Parikh et al. 2005; Sanchez, 2010).

$$PCS = (0{,}3536.CF) + (0{,}1559.MV) - (0{,}0078.CZ) \quad (8)$$

$$PCI = (PCS - 50{,}68.H.4{,}187) \quad (9)$$

2.7 Análise morfométrica

Para obter as propriedades morfológicas das partículas, uma porção de partículas foi disposta sobre uma folha de papel A4 branca, separadas manualmente uma das outras com uma distância suficiente para evitar sobreposição. Foi utilizada uma régua com escala em centímetros. Com o auxílio de um smartphone Iphone 8Plus da marca Apple, resolução de câmera de 4608x2592 megapixel, foi capturada uma imagem fotográfica resolução de 3024 x 3024 pixels (Figura 1).

Figura 1 - Imagem com resolução de 3024 x 3024 pixels com fundo branco junto com uma escala.



Fonte: A autora, (2025)

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.13, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v13i1.4254

A imagem da Figura 1 foi processada no software livre ImageJ, versão 1.8.0_345. Após este processamento, calculou-se as propriedades morfométricas conforme as equações apresentadas na Tabela 1

Tabela 1: Equações para Caracterização Morfológica dos Resíduos

Diâmetro equivalente (d_e)	$de = 2\sqrt{\frac{A_p}{\pi}}$	(10)
Alongamento (Al)	$Al = \frac{a}{b}$	(11)
Arredondamento (Ar)	$Ar = \frac{1}{CC}$	(12)
Esfericidade (ϕ)	$\phi = \frac{1}{Al}$	(13)
Área superficial (A_p)	$A_p = \frac{\pi\, d_e{}^2}{4}$	(14)

Ap, a, b, CC são parâmetros fornecidos pelo software ImageJ e correspondem à área aparente, eixo maior, eixo menor e circularidade. **Fonte:** A autora, (2025)

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise Imediata

No contexto da investigação sobre o potencial energético da casca das espécies de cumatê, os resultados para análise imediata são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Análise imediata dos resíduos de pó de serra

Análise Imediata	Cumatê
Umidade (%)	0,09 ± 0,01
Cinzas (%)	1,89 ± 0,031
Voláteis (%)	72,54 ± 1,70
Carbono Fixo (%)	25,53 ± 1,69

Fonte: A autora, (2025)

O teor de umidade encontrado nos resíduos da casca foi bem abaixo de 10%, o que corresponde aos dados encontrados na literatura, que diz que até a

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v13i1.4254

madeira atingir o teor de umidade final de 10-12%, a secagem dessa espécie não é mais problemática (Glass, et al 2021). A umidade possui um impacto significativo no poder calorifico da madeira durante a análise imediata, a madeira com umidade muito alta apresenta menor eficiência para combustão. (Brito, 2007).

Quanto ao teor de cinzas, (Liberato, et al 2023) e (Narita, et al 2018) afirmam que é desejável que ele seja o menor possível. O valor médio encontrado para o resíduo da casca das espécies do gênero *Myrcia* foi 1,89%. Segundo Souza (2007), madeiras crescendo naturalmente em zonas temperadas, contém de 0,2 a 0,9% de componentes minerais, dos quais, 0,5% de cinzas, enquanto que madeiras de zonas tropicais podem conter até 5% de cinzas. Sendo assim, os dados estão próximos da literatura (Basso, 2020; Santos, 2010; Souza, 2007)

Os materiais voláteis na análise imediata de madeira referem-se à porção de compostos que se transformam em gases durante o aquecimento, sem entrar em combustão direta (Quirino *et al*, 2005). O valor médio encontrado para os resíduos ficou em 72,57%, dentro do intervalo de 70 a 85%, apontado por Pinheiro et al. (2006).

O teor de carbono fixo obtido no presente estudo está dentro da faixa reportada na literatura para resíduos de madeira. Por exemplo, um estudo realizado por Seye et al 2008 com 20 espécies nativas do Estado do Amazonas identificou valores entre 20 % e 30 %. Assim como os estudos de Ferreira et al 2015 sobre galho de *Piptadenia suaveolens* indica um valor de carbono fixo 23,45% e Silva et al 2017 sobre *Pouteria oppositifolia* (Guajará) indica um valor de 20,93%. Esses resultados evidenciam que o teor de carbono fixo é consistente com os valores encontrados em diferentes espécies lenhosas da Amazônia.

3.2 Análise Elementar

Na Tabela 3, encontra-se a composição elementar da biomassa vegetal calculados pelas Equações 5-7.

Tabela 3. Análise elementar da casca do Cumatê

Análise Imediata	Cumatê
Carbono (%)	49,42
Hidrogênio (%)	6,04

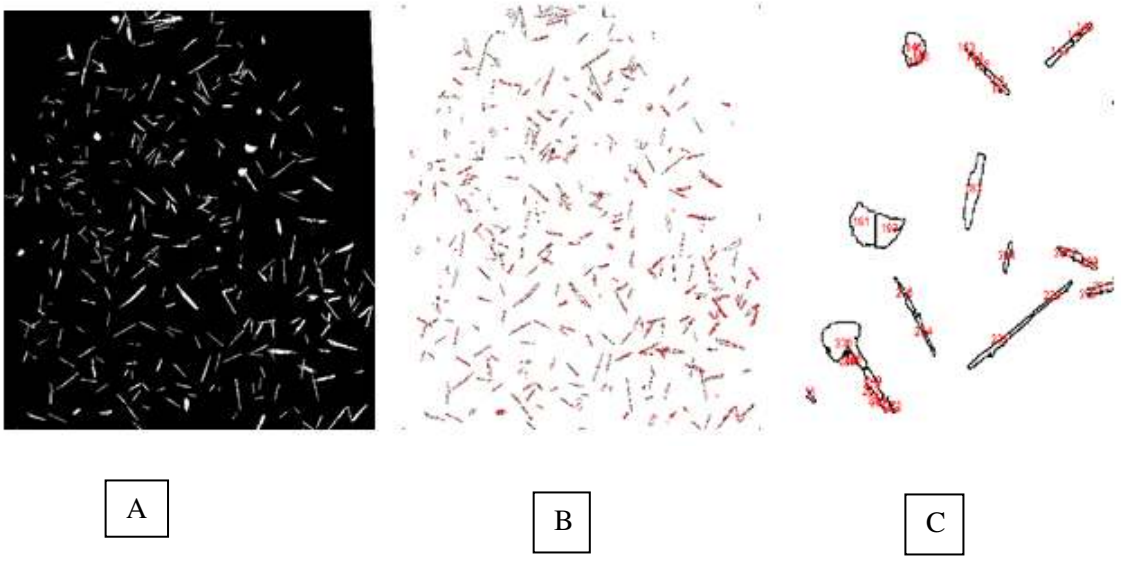
Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.13, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v13i1.4254

Oxigênio (%)	42,67
O/C	0,86
H/C	0,12

Fonte: A autora 2025

Os resultados da composição elementar, conforme a Tabela 3, indicam uma biomassa de boa qualidade para fins energéticos. O teor de carbono está diretamente relacionado ao poder calorífico da biomassa, com valores mais elevados indicando um maior potencial energético. O hidrogênio, embora presente em menor quantidade, também contribui para a liberação de energia durante a combustão, enquanto o oxigênio em excesso pode reduzir a densidade energética (Ferreira et al, 2024).

Figura 2 – Imagem processada (a), resultado final (b) e (c) partículas enumeradas e ampliadas no modo Outlines.



Segundo Braz (2014), o teor de carbono na biomassa varia entre 40,47%-44,23%. Por outro lado, Carvalho et al (2021) e Prótasio et al (2011), dizem que este teor está entre 45-55%, dependo, obviamente, do tipo de material. Os mesmos autores também apontam o intervalo de 5-7% para o hidrogênio. Por outro lado, o oxigênio costuma estar presente em concentrações acima de 40% (Prótasio et al (2011), como observado na Tabela 3, sendo esses valores normais para biomassas com aplicações energéticas.

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.13, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v13i1.4254

3.3 Caracterização granulométrica

A análise das propriedades morfométricas das partículas de pó de serra das cascas das espécies de cumatê são mostrados na Figura 2 e Tabela 4.

Tabela 4 – Resultados obtidos para os parâmetros geométricos e morfológicos

Parâmetro	$\overline{X}$ **± s**
Diâmetro equivalente(mm)	1,96 ± 0,18
Área superficial (mm^2)	3,06 ± 0,47
Arredondamento	1,62 ± 0,21
Alongamento	2,97 ± 0,40
Esfericidade	0,34 ± 0,05

$\overline{X}$: média, s: desvio padrão **Fonte:** A autora, (2025).

Um diâmetro equivalente de 1,96 mm sugere uma granulometria grossa em comparação a partículas finas (abaixo de 1 mm) (Tunwal et al, 2013). Um valor de alongamento de 2,97 para as partículas indica uma forma significativamente alongada e irregular, com comprimento superior à largura o que pode ser considerado benéfico em diversas aplicações. O formato alongado, combinado com bordas afiadas e superfícies desiguais, sugere que elas são mais rugosas em comparação com partículas esféricas ou suavemente arredondadas (Pereira, et al 2018)

Partículas com esse grau de alongamento são frequentemente associadas a melhores características de transporte e sedimentação, facilitando a mobilidade em meios fluidos e otimizando processos de mistura em sistemas industriais. (Matias, 2013).

Por fim, a baixa esfericidade da partícula, com um índice de 0,34, indica que ela possui uma forma muito irregular, em oposição a formas mais esféricas, que tendem a ter valores próximos de 1. Partículas com baixa esfericidade geralmente apresentam maiores superfícies específicas, o que pode ser uma vantagem em aplicações que exigem alta reatividade ou eficiência na adsorção. (Santos *et al*, 2009) (Nunes *et al*, 2021).

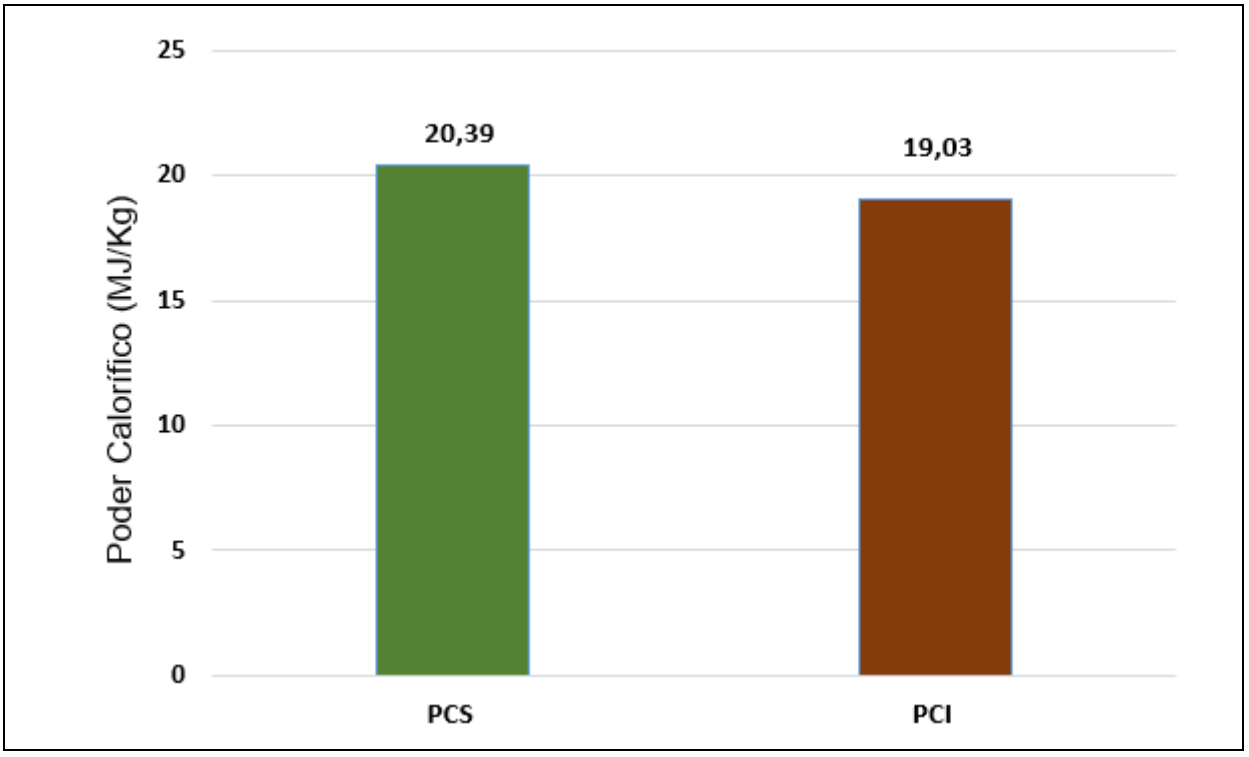
Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.13, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v13i1.4254

Esses parâmetros morfológicos revelam que as partículas estudadas têm forma irregular, com tendência a serem alongadas e pouco esféricas, características que impactam diretamente em suas propriedades físicas e comportamento em processos industriais e ambientais.

3.4 Potencial energético

Os poderes caloríficos superiores (PCS) e inferior (PCI) para as espécies de cumatê foram calculados pelas Equações 8-9 e seus valores são apresentados na Figura 3.

Figura 3 – Comparação entre os poderes caloríficos superior e inferior para as cascas de espécies do gênero Myrcia.



Fonte: A autora, (2025)

O poder calorífico superior (PCS) obtido neste trabalho para a biomassa estudada situa-se na faixa esperada para espécies lenhosas amazônicas, mas apresenta particularidades em relação à literatura. Por exemplo, Macedo et al. 2024 observaram um PCS médio de 19,39 MJ/kg para *Dipteryx odorata*, um valor de pouca diferença em relação à nossa pesquisa, evidenciando a alta capacidade

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v13i1.4254

energética da madeira. Já Ferreira et al. 2024 reportaram valores de PCS entre 18,5 MJ/kg e 19,8 MJ/kg para madeiras da espécie *Hymenaea courbaril*, um pouco abaixo do encontrado em nosso estudo. Em contrapartida, (Medeiros et al. 2021) relataram valores de 21 MJ/kg para *Virola surinamensis*, levemente superior, o que pode ser atribuído a variações na composição química das espécies, como maiores teores de lignina ou densidade aparente.

O valor de PCI de 19,03 MJ/kg obtido neste trabalho está alinhado com os valores reportados para espécies amazônicas. Por exemplo, a madeira da espécie *Handroanthus serratifolius* apresentou um PCI de 17,17 MJ/kg (Neto, 2023). Espécies como *Dipteryx odorata* e *Manilkara elata* alcançaram PCI médio entre 14,72 e 18,12 MJ/kg (Macedo, et al 2024). Além disso, a *Eschweilera spp.* apresentou valores entre 18,8 e 19,5 MJ/kg (Zaque, 2018). Esses dados evidenciam que o valor obtido neste trabalho está na faixa típica de madeiras amazônicas, destacando seu potencial energético.

Como pôde ser observado da comparação dos resultados deste trabalho com dados da literatura, o PCS e o PCI das cascas de espécies de cumatê (gênero *Myrcia*) indicam um bom potencial energético, pois, os valores obtidos estão dentro da faixa de poder calorífico comumente encontrada em materiais lignocelulósicos, como madeira e resíduos de biomassa, que variam entre 18 a 21 MJ/kg, dependendo da espécie e das condições de manejo (Vale et al, 2002). Além disso, a diferença entre PCS e PCI é de 6,3%, sendo menor do que a diferença para outras biomassas (Santos e Tambani, 2019; Souza e Silva, 2021)

4. CONCLUSÃO

Os resultados da análise imediata mostraram uma biomassa com altos teores de materiais voláteis e baixos teores de cinzas, que são condições desejáveis para uso em produção energética.

Quanto a análise elementar, a biomassa das espécies de cumatê apresentaram a tendência das plantas amazônicas, isto é, altos teores de carbono e oxigênio e baixo teor de hidrogênio.

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v13i1.4254

A granolumetria do pó de serra da espécie de cumatê mostraram diâmetro médio de 1,96 mm e baixa esferecidade. Estas propriedades são importantes nas operações unitárias que envolvem transferência de massa e calor.

Os resultados do PCS e PCI da biomassa das espécies de cumatê estudadas demonstraram um potencial energético semelhante às biomassas amazônicas de outras espécies já empregadas em processos de combustão. Por isso, as cascas destas espécies podem ser aproveitadas no processo de co-geração de energia.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ailton Teixeira do Vale; Maria Aparecida Mourão Brasil; Alcides Lopes Leão: QUANTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO ENERGÉTICA DA MADEIRA E CASCA DE ESPÉCIES DO CERRADO, Ciência Florestal, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 71 - 80, 2002.

American Society for Testing and Materials – ASTM. ASTM D1762-84(2021): Standard Test Method for Chemical Analysis of Wood Charcoal. West Conshohocken, PA: ASTM International, 2021. Disponível em: www.astm.org.

AMERICAN STANDARD TEST METHODS – ASTM.ASTM D1762-84: **Standard Test Method for Chemical Analysis of Wood Charcoal**. West Conshohocken: ASTM, 2021. 2 p.

ANTONIO ALBERTO DA COSTA NETO. **RESIDUOS MADEREIROS DE ESPECIES AMAZONICAS PARA A PRODUÇÃO DE PALLETES**, IRATI-PR, 2023.

BARBOSA RODRIGUES J, VELLOSIA. Contribuições do Museu Botânico do Amazonas 1885-1888, pg 31-32.

BARBOSA, D. H.; Caracterização granulométrica e automação do método de Gaudin através do ImageJ. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 19, 2014

BARROSO, G.M. & PERÓN, V. 1994. Myrtaceae. in reserva ecológica de macaé de cima, Nova Friburgo, RJ. Aspectos florísticos das espécies vasculares. (m.p.m. lima & r.r. guedes-bruni, eds.). **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**, rio de janeiro, v.1, p.261-302.

BARROSO, G.M.; **Sistemática de angiospermas do brasil.** Universidade Federal De Viçosa, viçosa, v. 2., 1991.

BRENO ASSIS LOUREIRO I, MAÍRA REIS DE ASSIS JJ, ISABEL CRISTINA NOGUEIRA ALVES DE MELO I, ANA FLÁVIA FERNANDES DE OLIVEIRA I,

PAULO FERNANDO TRUGILHO: **Rendimento Gravimétrico Da Carbonização E Caracterização Qualitativa Do Carvão Vegetal Em Clones De Híbridos De *Corymbia Spp* Para Uso Industrial**, UFSM 2021

BRITO, J. O. **O uso energético da madeira.** Estudos Avançados, São Paulo, SP, v. 21, n. 59, p. 185-193, jan./mar. 2007.

CAIO PEDRO DA SILVEIRA GONÇALVES: **Carbonização e análise imediata do carvão vegetal da madeira de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth** e ***Cupania racemose* (vell.) radlk.** Recife-PE 2018.

CARACTERIZAÇÃO DE BIOMASSA FLORESTAL DO ESTADO DO AMAZONAS PARA FINS ENERGÉTICOS, SEYE, O. (CDEAM/UFAM); SANTOS, E. C. S (UFAM); SOUZA, R. C. R. (CDEAM/UFAM); SOUZA, C. D. R. (CDEAM/UFAM); JEFFREYS, M. F. (CDEAM/UFAM), 2008.

Caracterização de biomassa lignocelulósica para uso em processos térmicos de geração de energia, CARLOS EDUARDO MENDES BRAZ, 2014.

CARACTERIZAÇÃO ELEMENTAR, QUÍMICA E ENERGÉTICA DE RESÍDUOS DE MANILKARA HUBERI (MAÇARANDUBA) DO ESTADO DO PARÁ ELEMENTAL CHARACTERIZATION, CHEMICAL AND ENERGETIC OF WASTES FROM MANILKARA HUBERI (MASSARANDUBA) OF THE STATE OF PARA, João Rodrigo Coimbra Nobre, Paulo Fernando Trugilho, Maria Bianchi, 2014.

CARACTERIZAÇÃO ENERGÉTICA DE MADEIRA DE E. GRANDIS, PINUS SP., T. VULGARIS E P. LECOINTEI, Matheus Couto Crisóstomo, Macksuel Fernandes da Silva, Ailton Teixeira do Vale, Bruno Sant'Anna Chaves, 2021.

Composição da madeira e do carvão vegetal de Eucalyptus urophylla em diferentes locais de plantio, Aliny Aparecida dos Reis, Thiago de Paula Protásio, Isabel Cristina Nogueira Alves de Melo, Paulo Fernando Trugilho, Angélica de Cássia Oliveira Carneiro, 2012.

CRUZ, G.L; Dicionário das plantas uteis do Brasil 5 ed Rio de Janeiro ed Bertrand do brasil, 1995. 599p.

Dayane Targino de Medeiros, Rafael Rodolfo de Melo, Pedro Henrique Gonzalez de Cademartori, Felipe Gomes Batista e Adriano Reis Prazeres Mascarenhas. **Caracterização da madeira de espécies da Amazônia**, 2021.

DEYVISON SOUZA RODRIGUES, ISABELA CRISTINA, ANDRÉ ALEXANDRINO, MARIANA CAMILO DE SOUZA, JULIANA TÓFANO DE CAMPOS LEITE TONELI, GRAZIELLA COLATO ANTONIO: **Análise imediata de biomassas agrícolas: um estudo comparativo. congresso técnico científico da engenharia e da agronomia – CONTECC Palmas/to** – Brasil 17 a 19 de setembro de 2019.

DIEGO KENJI NARITA, GABRIELA TAMI NAKASHIMA, ALESSANDRA LUZIA DA RÓZ, ARIANE APARECIDA FELIX PIRES, FABIO MINORU YAMAJI; Uso Do

Guapuruvu *Schizolobium parahyba* Para Fins Energéticos - Use Of *Schizolobium parahyba* For Energy Purposes; 2018.

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ" – ESALQ/USP. Departamento de Ciências dos Produtos Florestais: https://www.es.usp .br /d - planta/. Acesso em 10 de agosto de 2024.

ESTUDO DO PERFIL TÉRMICO DE TRÊS ESPÉCIES DE MADEIRAS TROPICAIS BRASILEIRAS POR ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA (TG/DTG), Figueiroa, L. (UFPA); Santos, L. (UFPA); Vilena, P. (UFPA); Narciso, G. (UFPA); Nascimento, L.A. (UFPA); da Costa, C.E. (UFPA), 2018.

FABYOLA AMARAL DA SILVA SÁ: **Composição Química E Atividade Anti-*candida* das Folhas de *Myrcia Tomentosa* (Aubl.) dc. – Myrtaceae**. Goiânia 2017.

FRED WILLIANS CALONEGO, ELIAS TAYLOR DURGANTE SEVERO, MARCUS VINICIUS DE ASSIS PERRECHIL, MARCOS ANTONIO DE REZENDE, JOÃO VICENTE DE FIGUEIREDO LATORRACA; **Efeito da vaporização no poder calorífico de *eucalyptus grandis*,** 2005.

Gama, D. C., Nascimento Júnior, J., Takeshita, S., & Dias Júnior, A. (2019). POTENCIAL ENERGÉTICO DA MADEIRA DE Copaifera arenicola ENDÊMICA DO SEMIÁRIDO NORDESTINO BRASILEIRO, 2020.

GIORGIANA FREITAS PINHEIRO, Gonçalo Rendeiro e João Tavares Pinho; **Energy Density of Plant Residues**, 2006.

HELLEN DA SILVA LOPES. **Caracterização Florística E Estrutural Em Fitofisionomia De Capão Na Savana Metalófila Na Flona Carajás**, pa. parauapebas-pa 2019

HELTON MAX MASSARANDUBA SANTOS, FRANCISCO JOSÉ BATISTA VEIGA, EUGÊNICA MARIA SOARES TAVARES DE PINA, JOÃO JOSÉ MARTINS SIMÕES DE SOUSA; **Obtenção de *pellets* por extrusão e esferonização farmacêutica. parte ii.** avaliação das características física de *pellets;* 2006.

IDALINA DOMINGOS, UMIT AYATA, JOSÉ FERREIRA, LUISA CRUZ-LOPES, ALI SEM SIRRI SAHIN. BRUNO ESTEVES**, Calorific Power Improvement of Wood by Heat Treatment and Its Relation to Chemical Composition**; 2020.

IRVING CRUZ-MATÍAS AND DOLORS AYALA*,* **Orientation, Sphericity And Roundness Evaluation Of Particles Using Alternative 3d Representations;** *2013.*

JOLY, A. B; **Botânica: Introdução À Taxonomia Vegetal***.* 7ª ed. são paulo: companhia editora nacional, 1966. 500 p.

JONNYS PAZ CASTRO, DEISE MORONE PERÍGOLO, MARIA LÚCIA BIANCHI, FÁBIO AKIRA MORI, ALESSANDRA DE SOUZA FONSECA, ISABEL CRISTINA NOGUEIRA ALVES, FRANCISCO JOSÉ DE VASCONCELLOS: **Uso de espécies amazônicas para envelhecimento de bebidas destiladas: análises física e química da madeira,** cerne | v. 21 n. 2 | p. 319-327 | 2015.

Jorge Luiz dos Santos Leal: **A Amazônia Brasileira E O Seu Caráter Transnacional: O Aproveitamento Do Seu Patrimônio Estratégico Para Garantia Do Desenvolvimento. Itajaí-SC, abril de 2019.**

JOSÉ GOLDEMBERG; **Biomassa e energia**; Universidade de São Paulo, São Paulo - SP, Brasil, 2009.

Keiti Mendes Pereira, Rosilei Aparecida Garcia e Alexandre Miguel do Nascimento; Rugosidade da superfície de madeiras amazônicas, 2018.

LANDRUM, L.R. & KAWASAKI, M.L. 1997. **The Genera Of Myrtaceae In Brazil An Illustrated Synoptic Treatment And Identification Keys.** Brittonia 49:508-536.

LAVINIA FERNANDA LIBERATO, MARCELA DE MELO ARTHUR, BEATRIZ ZERBINATO BALISTA3 NATÁLIA LAIS FELISARDO VIEIRA ARRUDA4 SAULO PHILIPE SEBASTIÃO GUERRA; **Caracterização física, química e energética de biomassas florestais e residuais para caldeiras.** 2003.

LEONARDO ZAQUE, ANDRÉ LUÍS SOUZA FERREIRA, AYLSON OLIVEIRA, BARBARA LUÍSA CORRADI PEREIRA. **PROPRIEDADES ENERGÉTICAS DA MADEIRA DE ESPÉCIES NATIVAS DO BRASIL**, 2018.

LÍVIA HELENA CARRERA SILVEIRA, ALBA VALÉRIA REZENDE, AILTON TEIXEIRA DO VALE. **Teor De Umidade E Densidade Básica Da Madeira De Nove Espécies Comerciais Amazônicas; Departamento De Engenharia Florestal Da Universidade De Brasília**, vol. 43(2) 2013: 179 – 184, 2013.

LÚCIA SILVA ABREU; ANA CRISTINA DOS SANTOS AZEVEDO; **Poder calorífico da madeira e de materiais lignocelulósicos,** 2005.

MARCHIORI, J.N.C. & SOBRAL, M.; **Dendrologia das angiospermas Myrtales.** editora da UFSM, Santa Maria., 1997.

MOHIT TUNWAL; AARON LIM, **A Low-Cost, Repeatable Method For 3d Particle Analysis With Sfm Photogrammetry**; 2009.

MOUTINHO, V. H. P. **Caracterização Das Madeiras Conhecidas Na Amazônia Brasileira Como Matá-Matá (Lecythidaceae Fam. A. Rich.).** Dissertação De Mestrado Em Ciência E Tecnologia Da Madeira. Universidade Federal De Lavras. 2008. 78p.

NADAL, N.G.M. 1959, **Nonterpenic fraction of Puerto Rican bay oil, Myrcia acris**. Am. Perfumer Aromat.

NATÁLIA R. DE CARVALHO, JOÃO L. DE BARROS, DIEGO A. DA SILVA, GABRIELA T. NAKASHIMAA E FÁBIO M. YAMAJI; **Caracterização física e química da biomassa usada como combustível sólido em uma caldeira; Quim. Nova,** *vol. 44, no. 1, 35-40, 2021*

NUNES, J. J. B. DE C.; TEIXEIRA, A. M. A. J.; SARAIVA, R. M. D. DE C. **Caracterização Morfológica Do Agregado Leve De Argila Expandida Brasileira Com Utilização Do Aims.** *Ambiente Construído***,** porto alegre, v. 21, n. 3, p. 213-227, jul./set. 2021.

Onébia Cristiane Lima Macedo; Diana Vinhote Corrêa; Alex Martins Ramos: **AVALIAÇÃO DO POTENCIAL ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS MADEIREIROS DE DUAS ESPÉCIES VEGETAIS BENEFICIADAS NO MUNICÍPIO DE ITACOATIARA-AM,** 2024.

PARIKH, J.; CHANNIWALA, S. A.; GHOSAL, G. K. **A correlation for calculating HHV from proximate analysis of solid fuels**. Fuel. v. 84, p. 487-494, 2005.

Potencial madeireiro de 22 espécies arbóreas do Cerrado: caracterização anatômica, física e energética, Mayara Cristina Gomes de Faria, Goiânia, GO 2016.

POTTER, M. C. & SCOTT, e. p. **Ciências Térmicas: Termodinâmica, Mecânica Dos Fluidos E Transmissão Do Calor.** São Paulo: thomson learning, 277p, 2007.

Propriedades físicas e energéticas da madeira e do carvão vegetal da espécie Hieronyma alchorneoides Adriel Furtado de Carvalho, Martha Andreia Brand, Daniela Letícia Nones, Franchesco Thomas de Marco, Gustavo Friederichs, Solange Maria Krug Weise, 2014.

QUÍMICA DA MADEIRA, Cristiane Pedrazzi Grasiele Dick Rodrigo Coldebella Marina Gentil Bruna Mohr Giesbrecht Rossana Cortelini da Rosa, 2019.

RENATA KOBYLARS: **Qualidade Energética De Cinco Espécies Florestais Da Amazônia**, Curitiba 2016.

RUSSELL, JOHN B. **Química Geral.** 2. ed, v1. São Paulo: Makron, 628p, 1994.

Sabrina de Oliveira Pinto Muniz Ferreira Jorge Alberto Muniz Ferreira Júnior Rafael Leite Braz. **Caracterização energética de biomassas agrícolas e florestais no estado de Pernambuco**, 2024.

SABRINE BASSO; GIANE GONÇALVES LENZI; ALDO BRAGHINI JÚNIOR, **Análise do Carvão Vegetal Para Uso Doméstico**, 2020.

SAMUEL V. GLASS, **Research Physical Scientist Samuel L. Zelinka, Moisture Relations and Physical Properties of Wood; Materials Research Engineer**, 2021.

SÁNCHEZ, C. G. Caracterização das biomassas. In: SÁNCHZ, C. G.(org.). **Tecnologia da gaseificação da biomassa**. São Paulo: editora Átomo, 2010, p. 189-214.

SANCHEZ,C.G (2010). Tecnologia da Gaseificação de Biomassa. Editora: Átomo, 189p.

SANTOS, J. L. D; TAMBANI, P. C. **Potencial energético de diferentes biomassas disnponíveis no Brasil**. São Paulo: Insituto de Pesquisas Tecnológica do Estado de São Paulo, 2019. p. 8. 176164.

SANTOS, R.C. **Parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de clones de eucalipto.** Lavras, 2010.

SCHONGART, J. **O pulso de inundação nas áreas alagáveis da Amazônia Central.** INPA: Manaus, 2009.

SHEN, J.; ZHU, S.; LIU, X.; ZHANG, H. TAN, J. T**he prediction of elemental composition of biomass based on proximate analysis**. Energy Conversion and Management. v. 51, p. 983-987, 2010

SÍLVIO VAZ JÚNIOR E ITÂNIA PINHEIRO SOARES; **Análise química da biomassa – uma revisão das técnicas e aplicações;** Quim. Nova, *vol. 37, no. 4, 709-715, 2014*

SOBRAL, M, PROENÇA, C., SOUZA, M. MAZINE, F. LUCAS, e; **Myrtaceae In Lista De Espécies Da Flora Do Brasil.** jardim botânico do rio de janeiro. 2015.

SOBRAL, M.; PROENÇA, C.; SOUZA, M.; MAZINE, F. & LUCAS, e. Myrtaceae in: forzza, r.c. et al. (ed.). **Lista De Espécies Da Flora Do Brasil. Jardim Botânico Do Rio De Janeiro**, 2010.

SOUZA, C. D. R.; SILVA, K. C. **Potencial energético dos resíduos da castanha do Brasil(Bertholletia excelsa H. B. K.)**. Research, Society and Development. v. 10, n. 2, p. 1-12,.

SUELLYN SIQUEIRA DE SOUZA; MARIA DE JESUS COUTINHO VAREJÃ0; CLAUDETE CATANHEDE DO NASCIMENTO - **Avaliação Do Teor De Cinzas E Sílica Em Espécies Madeireiras**., 2007

THIAGO DE PAULA PROTÁSIO, LINA BUFALINO, GUSTAVO HENRIQUE DENZIN TONOLI, ALLAN MOTTA COUTO, PAULO FERNANDO TRUGILHO, MÁRIO GUIMARÃES JÚNIOR; **Relação entre o poder calorífico superior e os componenteselementares e minerais da biomassa vegetal.** 2011.

TONY JARBAS FERREIRA CUNHA; BEATA EMOKE MADARI; VINICIUS DE MELO BENITES; LUCIANO PASQUALOTO CANELLAS; ETELVINO HENRIQUE NOVOTNY; RONDINELE DE OLIVEIRA MOUTTA; PATRICK MARQUES TROMPOWSKY; GABRIEL DE ARAÚJO SANTOS: **Fracionamento químico da**

matéria orgânica e características de ácidos húmicos de solos com horizonte a antrópico da Amazônia (terra preta), vol. 37(1) 2007: 91 – 98

TSOUMIS, G. **Science And Technology Of Wood: Structure, Properties, Utilization.** ***New York: Van Nostrand Reinhold***, 1991.

VALE, A. T.; BRASIL, M. A. M.; LEÃO, A. L. **Quantificação e caracterização energética da madeira e casca de espécies do cerrado.** Ciência Florestal, v.12, n.1, p.71-80, 2002.

WALDIR F. QUIRINO; AILTON TEIXEIRA DO VALE; ANA PAULA ABREU DE ANDRADE; VERA WYLEN, G.J.V. & SONNTAG, R.E. **Fundamentos da termodinâmica clássica.** São Paulo: Edgard Blucher, 318 p, 1993.

ESTUDO DO PERFIL TÉRMICO DE TRÊS ESPÉCIES DE MADEIRAS TROPICAIS BRASILEIRAS POR ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA (TG/DTG), Figueira, L. (UFPA) ; Santos, L. (UFPA) ; Vilena, P. (UFPA) ; Narciso, G. (UFPA) ; Nascimento, L.A. (UFPA) ; da Costa, C.E. (UFPA), 2018.

Matheus Couto Crisóstomo, Macksuel Fernandes da Silva, Ailton Teixeira do Vale, Bruno Sant'Anna Chaves. **CARACTERIZAÇÃO ENERGÉTICA DE MADEIRA DE E. GRANDIS, PINUS SP., T. VULGARIS E P. LECOINTEI, 2021.**

Mayara Cristina Gomes de Faria; Potencial madeireiro de 22 espécies arbóreas do Cerrado: caracterização anatômica, física e energética, Goiânia, GO 2011.

Aliny Aparecida dos Reis, Thiago de Paula Protásio, Isabel Cristina Nogueira Alves de Melo, Paulo Fernando Trugilho, Angélica de Cássia Oliveira Carneiro; Composição da madeira e do carvão vegetal de Eucalyptus urophylla em diferentes locais de plantio, 2012.

CARACTERIZAÇÃO ELEMENTAR, QUÍMICA E ENERGÉTICA DE RESÍDUOS DE MANILKARA HUBERI (MAÇARANDUBA) DO ESTADO DO PARÁ ELEMENTAL CHARACTERIZATION, CHEMICAL AND ENERGETIC OF WASTES FROM MANILKARA HUBERI (MASSARANDUBA) OF THE STATE OF PARA, João Rodrigo Coimbra Nobre, Paulo Fernando Trugilho, Maria Bianchi, 2014.

QUÍMICA DA MADEIRA, Cristiane Pedrazzi Grasiele Dick Rodrigo Coldebella Marina Gentil Bruna Mohr Giesbrecht Rossana Cortelini da Rosa, 2019.

Propriedades físicas e energéticas da madeira e do carvão vegetal da espécie Hieronyma alchorneoides Adriel Furtado de Carvalho, Martha Andreia Brand, Daniela Letícia Nones, Franchesco Thomas de Marco, Gustavo Friederichs, Solange Maria Krug Weise, 2014.

ANÁLISE QUÍMICA IMEDIATA DE GALHO E FUSTE DE Piptadenia suaveolens (Miq.) VISANDO O USO ENERGÉTICO DE RESÍDUOS FLORESTAIS, Vitória Roberta Da Silva Ferreira, Universidade Federal do Paraná; Raiana Barbosa,

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v13i1.4254

Universidade Federal de Viçosa; Victor Moutinho, Universidade Federal do Oeste do Pará, 2015.

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE ESPÉCIES AMAZÔNICAS PARA UTILIZAÇÃO ENERGÉTICA, Luan FF Silva, Fernando da Silva Nunes, Camila Cristina Soares Lobato, Deurimar Gonçalves Júnior, 2017.