

## Potencial energético dos resíduos madeireiros de serraria em Rio Branco, Acre

Keiti Roseani Mendes Pereira<sup>1</sup>; Osmar Philipe Barbosa Farrapo<sup>1</sup>; Alice Neri da Silva Sousa<sup>2</sup>; Susy Pereira Pinto<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro de Ciências Biológicas e da Natureza (CCBN), Universidade Federal do Acre (UFAC), Rio Branco/AC, Brasil; <sup>2</sup> Programa de Pós-graduação em Química Tecnológica e Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Rio Grande/RS, Brasil – [keiti.pereira@ufac.br](mailto:keiti.pereira@ufac.br)

**Resumo:** O Brasil é o principal produtor de carvão vegetal no mundo. Apesar da utilização da madeira bruta para esse material, existe a preocupação com o aproveitamento dos resíduos de serraria. O objetivo do estudo foi analisar o potencial dos resíduos de serraria de três espécies florestais: *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. (Sumaúma), *Amburana acreana* (Ducke) A.C.Sm. (Cerejeira) e *Cedrela* sp. (Cedro). As amostras foram separadas em três repetições e direcionadas para análise química imediata (teor de umidade, materiais voláteis, cinzas e carbono fixo) e poder calorífico superior. A Sumaúma se sobressaiu, apresentando 4,5% de umidade, 17,98% de materiais voláteis e 105,41% de carbono fixo, sendo a melhor amostra. O poder calorífico médio foi de 8761 Kcal/kg. As demais biomassas apresentaram valores satisfatórios na análise química imediata, indicando viabilidade para a geração de energia e aproveitamento dos resíduos.

**Palavras-chave:** Tecnologia da madeira, Carvão vegetal, Energia da biomassa.

Energy potential of sawmill wood residues in Rio Branco, Acre

**Abstract:** Brazil is the world's leading producer of charcoal. Despite the use of raw wood for this material, there is concern about the use of sawmill residues. The aim of this study was to analyze the potential of sawmill residues from three forest species: *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. (Sumaúma), *Amburana acreana* (Ducke) A.C.Sm. (Cerejeira) and *Cedrela* sp. (Cedro). The samples were separated into three replicates and sent for immediate chemical analysis (moisture content, volatile materials, ash and fixed carbon) and higher calorific value. Sumaúma stood out, with 4.5% moisture, 17.98% volatile materials and 105.41% fixed carbon, making it the best sample. The average calorific value was 8761 Kcal/kg. The other biomass showed satisfactory values in the immediate chemical analysis, indicating viability for energy generation and residue utilization.

**Keywords:** Wood technology, Charcoal, Biomass energy.

### 1. INTRODUÇÃO



Engenharia  
Industrial  
Madeireira



SOCIEDADE BRASILEIRA  
DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
DA MADEIRA

A geração de energia é imprescindível para a humanidade contemporânea e foi

gatilho para uma mudança brusca na forma de vida do ser humano, separando-o de suas versões mais primitivas e rústicas. A obtenção de energia e calor através do carvão vegetal está presente desde os primórdios do homem e ainda é um dos principais materiais energéticos atuais, seja por sua versatilidade ou seja pela facilidade de acesso, tendo a madeira como principal fonte para sua produção.

O Brasil é o produtor de carvão vegetal atualmente, com cerca de 7 milhões de toneladas produzidas no ano de 2022, onde a maior parte dessa produção é proveniente de madeira de florestas plantadas. O carvão vegetal brasileiro tem 24,1% participação no setor siderúrgico do país na geração de ferro-gusa (Indústria Brasileira de Árvores, 2023).

O processamento mecânico da madeira, em serrarias, gera uma alta perda de material, que é transformado em resíduo e, em alguns casos, não possuem a destinação adequada, podendo ocasionar em problemas ambientais, como contaminação de corpos hídricos, lençóis freáticos, solo e outros (Morais, 2018). Em contrapartida, a alta demanda por mais energia para elevar a eficiência das indústrias pressiona o setor florestal para alternativas ao carvão vegetal oriundo das florestas plantadas, como os resíduos (Fortaleza *et al.*, 2019).

Segundo Spalenza *et al.* (2023), a destinação correta dos resíduos madeireiros em serrarias respeita a legislação e os princípios da sustentabilidade ambiental. Todavia, os rejeitos da madeira processada, como o cavaco e o pó de serra, não são destinados corretamente por algumas serrarias, o que indica perda de lucro para as empresas de processamento da matéria prima.

O setor madeireiro, em especial o de árvores plantadas, utiliza de seus resíduos para geração de energia. No ano de 2022, 86% da energia gerada no setor de florestas cultivadas era proveniente da biomassa florestal, destacando-se o setor de papel e celulose, que em muitos casos são capazes de atingir a autossuficiência energética e chegam a partilhar os excedentes para a rede pública de distribuição (Indústria Brasileira de Árvores, 2023).

Com a destinação dos resíduos para a geração de energia, há a necessidade de avaliar o poder calorífico de algumas espécies para o aproveitamento dos rejeitos visando a geração de energia por biomassa, que é uma alternativa renovável e atende os princípios da sustentabilidade (Mantovan *et al.*, 2022).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho é analisar o potencial para geração

de energia dos resíduos de serraria de Sumaúma (*Ceiba pentandra*), Cedro (*Cedrela* sp.) e Cerejeira (*Amburana acreana*), visando o potencial para a produção de carvão vegetal e a destinação sustentável dos resíduos gerados nas serrarias.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em três serrarias no município de Rio Branco, Acre (9°59'28" S e 67°49'1" W). As condições climáticas do município são caracterizadas por um clima equatorial quente e úmido, temperatura média de 24,5°C, com alto índice de umidade relativa do ar e alta precipitação pluviométrica anual (Acre, 2010).

Cada empresa estava realizando o processamento de uma espécie, as quais foram escolhidas para o estudo, sendo coletadas amostras de resíduos de *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. (Sumaúma), *Amburana acreana* (Ducke) A.C.Sm. (Cerejeira) e *Cedrela* sp. (Cedro), que são as mais comuns nas serrarias estudadas. Ressalta-se que não houve identificação a nível específico da madeira de cedro, indicando uma análise superficial quanto aos valores obtidos no estudo.

Cada amostra pesava em torno de 1 kg e foram transportadas ao Laboratório de Tecnologia da Madeira, na Fundação de Tecnologia do Acre (FUNTAC), onde foram submetidas ao processo de maceração manual com pilão de porcelana para separação granulométrica com o auxílio de uma mesa vibratória, por 10 minutos.

Em seguida, foram utilizados os resíduos retidos na peneira de 60 *mesh*, depositados em três cadinhos de porcelana com aproximadamente 2 g, cada. Totalizando 3 repetições para cada uma das espécies estudadas, que foram submetidas simultaneamente à estufa para secagem, por um período de 1 hora a 105°C. Dessa forma, os valores do teor de umidade (U), materiais voláteis (MV) e teor de cinzas (Z) foram adaptados para biomassa e calculados conforme estabelecido pela norma D1762-84 (ASTM, 2021). Já o teor de carbono fixo (CF) foi calculado conforme estabelecido na norma NBR 8112/1986, com suas devidas adaptações para o presente experimento, como mostra a Equação (1), através da subtração entre os materiais voláteis e teor de cinzas (ABNT, 1986).

Outro parâmetro a ser calculado no estudo é o poder calorífico superior (PCS), visando a determinação do potencial energético dos materiais, sendo baseado na Fórmula de Goutal (Sater *et al.*, 2011), expressa pela Equação (2):

(2)

Em que: PCS = poder calorífico superior; V = material volátil; A= coeficiente da relação  $V/(V+CF)$ .

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 expressa os valores obtidos através da análise imediata de carvão vegetal e poder calorífico superior (PCS).

**Tabela 1.** Valores médios para os parâmetros de teor de umidade, materiais voláteis, cinzas, carbono fixo e poder calorífico superior obtidos nos resíduos de serraria das três espécies estudadas.

Espécie	Parâmetros				
	U (%)	MV (%)	Z (%)	CF (%)	PCS (Kcal/kg)
<i>Ceiba pentandra</i>	4,5	17,98	23,39	105,41	10734,90
<i>Amburana acreana</i>	11,5	62,90	16,20	53,30	6152,77
<i>Cedrela sp.</i>	9,2	79,08	16,51	37,43	9395,97

Onde: U = umidade; MV = materiais voláteis; Z = cinza; CF = carbono fixo; PCS = poder calorífico superior.

Os teores de umidade obtidos no estudo demonstram que as amostras de *Cedrela sp.* e *Amburana acreana* apresentam baixa umidade, bem como o valor médio de *Ceiba pentandra*, que apresentaram valores abaixo de 10%, considerado o valor máximo para a combustão e pirólise de biomassa sem qualquer problema (Ahmad *et al.*, 2017). Segundo Basso (2017), a umidade interfere negativamente no processo de pirólise e combustão, diminuindo seu poder calorífico devido ao maior gasto de energia para a combustão.

Os materiais voláteis encontrados no estudo foram altos para as amostras de *A. acreana* e *Cedrela sp.* (62,9% e 79,08%, respectivamente) e baixos na *C. pentandra* (17,98%). No presente estudo foi possível notar que existe uma relação inversamente proporcional entre MV e CF, onde as espécies que apresentaram maiores valores de materiais voláteis obtiveram menores valores de carbono fixo. Brun *et al.* (2018), ao analisarem três materiais de *Eucalyptus*, encontraram valores

de materiais voláteis entre 83% e 86%, além de testemunharam a mesma relação inversamente proporcional entre ambas as variáveis.

No teor de cinzas foi observado que as espécies apresentaram valores entre 16,2% e 23,39%. O alto teor de cinzas pode indicar que o carvão vegetal terá menor valor calórico e podem causar danos aos equipamentos através do acúmulo maior de impurezas (Protásio *et al.*, 2013).

Para o teor de carbono fixo é sabido que quanto maior for o seu teor, maior será seu tempo de residência para a queima total e poderá afetar positivamente o poder calorífico superior (Costa *et al.*, 2017; Silva *et al.*, 2015). Além disso, o alto carbono fixo indica maior retenção de carbono durante a geração de energia.

Os valores observados de CF indicam a relação já citada, onde os valores apresentaram valores inversamente proporcionais aos obtidos nos materiais voláteis. Segundo Sousa (2022), o teor de carbono fixo pode ser influenciado por outras propriedades além dos materiais voláteis, como a concentração de lignina e a densidade. O carbono fixo apresentou acentuada diferença entre a *C. pentandra* (105,41%) e *Cedrela sp.* (37,43%), que também foram as espécies com menor e maior valor de materiais voláteis, respectivamente.

Os valores de poder calorífico superior foram altos em ambas as amostras de cada espécie, o que indica maior rendimento energético da biomassa (Sousa, 2022). É possível notar que tanto a *C. pentandra* como a *Cedrela sp.* obtiveram bons resultados para o PCS, com valores médios próximos. Todavia, a *A. acreana* teve o menor valor em comparação com os demais exemplares. Uma possível explicação para o valor baixo está no conjunto de seus demais parâmetros avaliados na análise química imediata: o alto teor de umidade, materiais voláteis, cinzas e baixo carbono fixo.

#### 4. CONCLUSÃO

Pode concluir-se com a realização deste trabalho que:

- As amostras estudadas demonstraram bom desempenho na carbonização e em suas propriedades;
- Há facilidade e abundância em conseguir esses resíduos para a geração de energia;

- Os exemplares utilizados apresentaram potencial para a geração de energia como medida sustentável de aproveitamento dos resíduos sólidos de uma serraria;
- O resíduo de *C. pentandra* apresentou bons resultados e viabilidade para a geração de energia;
- A *Ceiba pentandra* possui os maiores valores de poder calorífico superior e menos teor de materiais voláteis.

## 5. REFERÊNCIAS

ACRE. Governo do Estado do Acre. **Guia para o uso da terra acreana com sabedoria**: Resumo educativo do Zoneamento Ecológico-Econômico do Acre: fase II. Rio Branco: SEMA, 2010. 152 p.

AHMAD, M. S.; MEHMOOD, M. A.; AL AYED, O. S.; *et al.* Kinetic analyses and pyrolytic behavior of Para grass (*Urochloa mutica*) for its bioenergy potential. **Bioresource technology**, v. 224, p. 708-713, 2017.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. **ASTM D1762-84**: Standard Test Method for Chemical Analysis of Wood Charcoal. West Conshohocken, PA, USA, 2 p. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 8112/1986**: Carvão vegetal: análise imediata. Rio de Janeiro, 1986. 5 p.

BASSO, Sabrine. **Análise do carvão vegetal para uso doméstico**. Ponta Grossa: UTFPR, 2017. Monografia (Bacharelado em Engenharia Química). Ponta Grossa: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.

BRUN, E. J.; BERSCH, A. P.; PEREIRA, F. A.; *et al.* Caracterização energética da madeira de três materiais genéticos de *Eucalyptus* sp. **Floresta**, v. 48, n. 1, 2018.

COSTA, A. C. S.; OLIVEIRA, A. C.; FREITAS, A. J.; *et al.* Qualidade do carvão vegetal para cocção de alimentos comercializado em Cuiabá – MT. **Nativa**, Sinop, v. 5, n. 6, p. 456-461, 2017.

FORTALEZA, A. P.; NASCIMENTO FILHO, J. J. P.; CERETTA, R. P. S.; *et al.* Biomassa de espécies florestais para produção de carvão vegetal. **Ciência Florestal**, v. 29, p. 1436-1451, 2019.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório anual 2023**. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-anual-iba-2023-r.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2024.

MORAIS, Wesley Wilker Corrêa. **Potencial de resíduos madeireiros gerados em**

**Roraima para a produção de energia e carvão vegetal.** 2018. Tese (Doutorado em Ciências) - Programa de Recursos Florestais, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2018.

MANTOVANI, L. P.; LEITE, A. R.; MANTOVANI, J. P.; *et al.* Biomassa e energia. **Revista Agronomia Brasileira**, v. 6, p. 10, 2022.

PROTÁSIO, T. P.; COUTO, A. M.; REIS, A. A.; *et al.* Potencial siderúrgico e energético do carvão vegetal de clones de *Eucalyptus* spp. aos 42 meses de idade. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 33, n. 74, p. 137-149, 2013.

SATER, O.; SOUZA, N. D.; OLIVEIRA, E. A. G.; *et al.* Estudo comparativo da carbonização de resíduos agrícolas e florestais visando à substituição da lenha no processo de secagem de grãos de café. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 6, p. 717-722, 2011.

SILVA, D. A.; MULLER, B. V.; KUIASKI, E. C.; *et al.* Propriedades da madeira de *Eucalyptus benthamii* para produção de energia. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 35, n. 84, p. 481-485, 2015.

SOUSA, Alice Neri da Silva. **Bioenergia em populações tradicionais da amazônia: biomassa residual dos frutos e carvão vegetal da espécie *Attalea tessmannii* (Cocão) Burret.** 2022. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2022.

SPALENZA, M. L. P.; HELKER, P. V. T.; PIRES, A. F.; *et al.* Estimativa do potencial teórico para geração de energia com resíduos de serrarias da região de Santa Teresa-ES. **Revista Ifes Ciência**, v. 9, n. 1, p. 01-10, 2023.