

## POTENCIAL ENERGÉTICO DE RESÍDUOS DE BIOMASSAS DE TOCOS E RAÍZES DE EUCALIPTO

Júnior da Silva Camargo<sup>1</sup>\*; Vitor Vinícius Anjos Bonfim Ribeiro<sup>1</sup>; Jozinete dos Santos da  
Silva<sup>1</sup>; Marcelo Rodrigues da Silva<sup>1</sup>; Tiago Hendrigo de Almeida<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Utilização de Resíduos e Engenharia de Processos, Instituto SENAI de Inovação em  
Biomassa, Três Lagoas/MS, Brasil.

\* e-mail do autor correspondente: [junior572@hotmail.com](mailto:junior572@hotmail.com)

**Resumo:** O objetivo do trabalho foi avaliar o potencial energético do resíduo de biomassas de tocos e raízes de Eucalipto, através das técnicas de análise termogravimétrica (TGA), análise elementar (CHNS-O), poder calorífico superior (PCS) e poder calorífico inferior (PCI). A TGA, apresentou três eventos característicos de perda de massa do material, sendo o primeiro referente a perda de umidade da amostra (3,46%), o segundo devido a degradação térmica simultânea da hemicelulose e celulose (65,23%) e o último evento referente a decomposição da lignina (28,39%). A análise elementar apresentou teores de 47,24% de carbono, 5,43% de hidrogênio, 0,66% de nitrogênio e 45,75% de oxigênio. O PCS apresentou um resultado de 22,03 MJ/kg e o PCI 20,80 MJ/kg. Os resultados das caracterizações foram favoráveis para utilização do resíduo de tocos e raízes de Eucalipto para fins energéticos.

**Palavras-chave:** Viabilidade energética; Poder Calorífico; Análise termogravimétrica.

### ENERGY POTENTIAL OF RESIDUES FROM EUCALYPTUS STUMPS AND ROOTS BIOMASS

**Abstract:** The objective of the study was to evaluate the potential for power generation of the residual biomass of Eucalyptus stumps and roots, performing thermogravimetric analysis (TGA), elemental analysis (CHNS-O), higher calorific value (HHV) and lower calorific value (LHV). The TGA, showed three characteristic events of mass loss, being the first referred to loss of moisture content (3.46%), the second due to the simultaneous thermal degradation of hemicellulose and cellulose (65.23%), and the last event referring to the decomposition of lignin (28.39%). The elemental analysis resulted 47.24% carbon, 5.43% hydrogen, 0.66% nitrogen and 45.75% oxygen. The HHV resulted 22.03 MJ/kg and the LHV 20.80 MJ/kg. The results of the characterizations were favorable for use of the residue of Eucalyptus stumps and roots for energy purposes.

**Keywords:** Energy Viability; Calorific Value; Thermogravimetric Analysis.

#### 1. INTRODUÇÃO

O Eucalipto é utilizado principalmente para reflorestamento e produção de polpa celulósica pelas indústrias de papel e celulose. Portanto, os resíduos florestais de tocos e raízes deixados no solo após a colheita são consequentemente elevados, podendo representar entre 15,4 a 47,0% [1].

O aproveitamento desse resíduo deixado no campo ainda apresenta baixa visibilidade e poucos estudos descritos na literatura. Entretanto, alguns pesquisadores consideram as biomassas de tocos e raízes de Eucalipto como fonte de matéria-prima para produção de energia renovável [1].

Devido à crescente demanda por bioenergia a utilização das biomassas residuais de tocos e raízes para fins energéticos são vantajosas. Pois, reduz a emissão de dióxido de carbono na atmosfera e é considerada uma matéria-prima renovável passível de substituição para produção de biocombustíveis líquidos e sólidos, através de processos termoquímicas e bioquímicas [1; 2].

Este trabalho teve como objetivo avaliar o potencial dos resíduos de biomassas de tocos e raízes de Eucalipto para fins energéticos, através de técnicas térmicas, elementares e de poder calorífico.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Análise termogravimétrica (TGA) e derivada termogravimétrica (DTG)**

A análise termogravimétrica da amostra dos resíduos de tocos e raízes de Eucalipto foi realizada em um Sistema de Análise Térmica Simultâneo, modelo STA 449 – F3 – Jupiter da marca *Netzsch*. Utilizou-se um porta amostra de óxido de alumínio e a amostra foi aquecida a partir de 20 °C até 950 °C, em uma taxa de aquecimento de 20 K/min em atmosfera inerte de gás nitrogênio de 20 mL/min.

### **2.2 Análise elementar (CHNS-O)**

A análise elementar da amostra dos resíduos de tocos e raízes de Eucalipto foram realizadas em duplicata. Para determinação das concentrações elementares de carbono (C), hidrogênio (H), nitrogênio (N) e enxofre (S) da amostra foi utilizado um analisador elementar modelo *Flash Smart CHNS-O* da *Thermo Fisher Scientific*. A concentração elementar de oxigênio (O) foi calculado teoricamente através da somatória das concentrações de carbono, hidrogênio, nitrogênio, enxofre e o teor de cinzas da amostra, subtraído de 100%.

### **2.3 Análise de poder calorífico**

A análise de poder calorífico da amostra dos resíduos de biomassas de tocos e raízes de

Eucalipto foram realizadas em duplicata. Para a determinação foi utilizando um Calorímetro Isoperibol automático da marca Parr, modelo 6400.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Análise termogravimétrica (TGA) e derivada termogravimétrica (DTG)

O comportamento termogravimétrico de degradação dos resíduos florestais de tocos e raízes está apresentado na Figura 1.

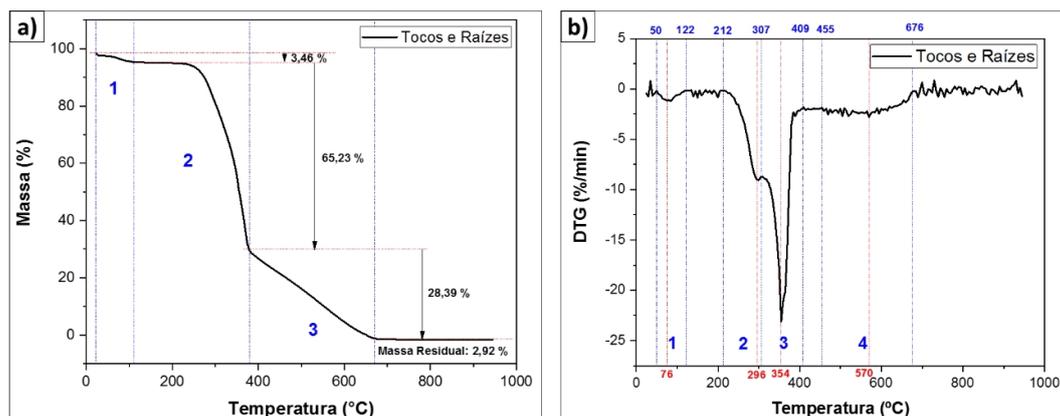


Figura 1: a) Curva termogravimétrica dos resíduos florestais de tocos e raízes de eucalipto da indústria de polpa celulósica. b) Derivada da curva termogravimétrica dos resíduos florestais de tocos e raízes de eucalipto.

Observa-se na Figura 1a três principais eventos relacionados ao comportamento termogravimétrico de degradação da biomassa de tocos e raízes. O primeiro estágio ocorre em um intervalo de temperatura de aproximadamente 23 – 122 °C, com uma perda de massa de 3,46%, referente à liberação da umidade e compostos orgânicos de baixo ponto de ebulição da amostra [3].

O segundo estágio de degradação ocorre em uma faixa de 122 – 380 °C (Figura 1a), com a maior perda de massa da amostra 65,23%, esse evento é característico da decomposição térmica simultânea da hemicelulose e celulose da amostra [3]. Entretanto, ao observar a Figura 1b é possível notar a degradação da hemicelulose e celulose separadamente, representados pelos estágios 2 e 3, que ocorrem entre 212 – 307 °C e 307 – 409 °C, respectivamente.

O terceiro e último estágio ocorre de 380 – 670 °C, com perda de massa de 28,39% (Figura 1a), referente a degradação térmica da lignina [3]. A massa residual da amostra de tocos e raízes foi de 2,92 %, referente a presença de metais inorgânicos na amostra (cinzas), que não foram degradados na temperatura máxima utilizada na análise (950 °) [3].

#### 3.2 Análise elementar (CHNS-O)

Os resultados da análise elementar da amostra de tocos e raízes está apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Resultados da análise elementar (CHNS-O) da amostra de tocos e raízes.

ANÁLISE	RESULTADO
Concentração Elementar de Carbono (%)	47,24 <sup>a</sup> ± 0,20 <sup>b</sup>
Concentração Elementar de Hidrogênio (%)	5,43 <sup>a</sup> ± 0,21 <sup>b</sup>
Concentração Elementar de Nitrogênio (%)	0,66 <sup>a</sup> ± 0,23 <sup>b</sup>
Concentração Elementar de Enxofre (%)	LND
Concentração Elementar de Oxigênio (%)	45,75
Teor de Cinzas (%)	0,92 <sup>a</sup> ± 0,04 <sup>b</sup>

LND: Limite não detectável; <sup>a</sup>: média; <sup>b</sup>: desvio padrão.

Ao analisar os resultados da Tabela 1 é possível notar que os teores elementares da amostra de tocos e raízes de eucalipto se assimilam aos resultados obtidos por [2] na caracterização elementar da amostra de tocos de *Eucalyptus globulus Labill* de Portugal. Os autores obtiveram um resultado de 51,0% de carbono; 5,8% de hidrogênio e 45,3% de oxigênio. Em outro trabalho [4], estudaram os tocos de Eucalipto de diferentes e reportaram valores médios dos teores elementares de carbono 48,4%; hidrogênio 5,5%; oxigênio 44,9%, nitrogênio 0,23% e enxofre 0,060%.

Esse teor 45,75% de oxigênio elementar na amostra de tocos e raízes da Tabela 1, influencia no valor energético desse resíduo. Pois, elevados teores de oxigênio reduzem o poder calorífico do material, uma vez que as principais ligações energéticas são as ligações carbono-carbono [2].

### 3.3 Análise de poder calorífico

Os resultados de poder calorífico superior (PCS) e poder calorífico inferior (PCI) da amostra de tocos e raízes de eucalipto estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Resultados da análise de poder calorífico da amostra de tocos e raízes.

ANÁLISE	RESULTADO
Poder Calorífico Superior (MJ/kg)	22,03 <sup>a</sup> ± 0,84 <sup>b</sup>
Poder Calorífico Inferior (MJ/kg)	20,80 <sup>a</sup> ± 0,84 <sup>b</sup>

<sup>a</sup>: média; <sup>b</sup>: desvio padrão.

Segundo o trabalho de [5], o resultado obtido de poder calorífico superior de amostras de

clones de tocos e raízes, foi de 16,9 MJ/kg, em comparação com o PCS da amostra de tocos e raízes que apresentou 22,03 MJ/kg (Tabela 2), nota-se um resultado superior dos resíduos de tocos e raízes de eucalipto, quando comparado com o resultado da amostra de clones da biomassa de tocos e raízes analisado por [5]. O resultado de poder calorífico da amostra de resíduos de tocos e raízes de eucalipto apresentou um valor maior que os encontrados na literatura.

#### 4. CONCLUSÕES

A análise termogravimétrica da amostra de tocos e raízes de Eucalipto apresentou três eventos característico de perda de massa. O primeiro referente a perda de umidade da amostra, o segundo decomposição térmica simultânea da hemicelulose e celulose e o terceiro degradação da lignina.

A análise elementar apresentou maiores teores de carbono 47,24%. O elevado teor elementar de carbono é um resultado favorável, pois o rompimento das ligações carbono-carbono gera uma quantidade de energia significativa, aumentando assim o poder calorífico da amostra e consequentemente possibilita a utilização do material para fontes energéticas.

O poder calorífico superior da amostra de tocos e raízes de Eucalipto foi de 22,03 MJ/kg, resultado superior ao reportado na literatura. Sendo promissora a utilização de resíduo para fins energéticos através de processos termoquímicos.

#### 5. REFERÊNCIAS

- [1] DE JESUS EUFRASIADE-JUNIOR, H., LEONELLO, E. C., SPADIM, E. R., RODRIGUES, S. A., DE AZEVEDO, G. B., GUERRA, S. P. S. Stump and coarse root biomass from eucalypt forest plantations in a commercial-scale operation for bioenergy. *Biomass and Bioenergy*, v. 142, p. 105784, 2020.
- [2] GOMINHO, J., LOURENÇO, A., MIRANDA, I., PEREIRA, H. Chemical and fuel properties of stumps biomass from *Eucalyptus globulus* plantations. *Industrial Crops and Products*, v. 39, p. 12-16, 2012.
- [3] ONG, H. C.; CHEN, W. H.; FAROOQ, A.; GAN, Y. Y.; LEE, K. T.; ASHOKKUMAR, V. Catalytic thermochemical conversion of biomass for biofuel production: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 113, p. 109266, 2019.
- [4] LEONELLO, E. C.; ARRUDA, N. L. F. V.; PASSOS, J. R. S.; PROSDOCINI, A. B. P. Caracterização química da madeira de tocos e raízes de eucalipto. In: GUERRA, S. P. S. EUFRASIADE JUNIOR, H. J. Recuperação energética da biomassa de tocos e raízes de florestas plantadas. Botucatu: Fepaf, 2019. p. 107-122.
- [5] COSTA, A. C. L. A. Caracterização Físico-Química da Biomassa de Tocos e Raízes de Clones de Eucalipto para Fins Energéticos. 2019. 79 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu,

