



# III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

## CARACTERIZAÇÃO DA BIOMASSA DE UMA EMPRESA FLORESTAL PARA GERAÇÃO DE ENERGIA

Ana Hansted<sup>1</sup>

Tamiris Cristina Oliveira de Andrade<sup>2</sup>

Elias Ricardo Durango Padilla<sup>3</sup>

Gabriela Bertoni Belini<sup>4</sup>

Vladimir Costa<sup>1</sup>

Fabio M Yamaji<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"

<sup>2</sup> Faculdade de Ciências Agrônômicas / Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"

<sup>3</sup> Departamento de Ciência dos Materiais / Universidade Federal de São Carlos

<sup>4</sup> Universidade Federal de São Carlos

<sup>5</sup> Departamento de Ciências Ambientais / Universidade Federal de São Carlos



## CARACTERIZAÇÃO DA BIOMASSA DE UMA EMPRESA FLORESTAL PARA GERAÇÃO DE ENERGIA

**Resumo:** Os recursos renováveis surgiram como alternativa à crescente demanda na produção, com suprimentos escassos que estão se tornando insuficientes. Os obstáculos passaram a ser incentivos às práticas sustentáveis. A biomassa é um recurso em ascensão, reconhecido como uma fonte sustentável de energia. O objetivo desta pesquisa foi realizar a caracterização físico-química da casca do eucalipto utilizada para a geração de energia em uma indústria de painéis, e identificar a existência e os componentes dos contaminantes na casca. Foram realizados três tratamentos para a granulometria da casca: T1 (20 e 40 mesh), T2 (60 mesh) e T3 (100 mesh e fundo). O material foi avaliado quanto ao teor de umidade, os três tratamentos foram submetido à análise química imediata, e foi avaliado o poder calorífico. As cinzas foram analisadas no MEV e EDS com a finalidade de identificar os contaminantes. Os dados obtidos nas análises foram submetidos à análise estatística, utilizando o software R. O material apresentou teor de umidade de 70% em base seca, considerado elevado para o uso em bioenergia. O teor de cinzas, voláteis apresentou diferença significativa entre os tratamentos, e T1 apresentou menor valor para cinzas (2,63%) e maior valor para voláteis (80,23%), o que o torna o melhor tratamento para o uso em energia. Todos os tratamentos apresentaram contaminantes em suas cinzas, com presença de Ca, Fe e Si.

**Palavras Chave:** Caracterização físico-química, biomassa, teor de umidade, contaminantes.

## PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF THE BIOMASS USED IN A FORESTRY INDUSTRY FOR BIOENERGY

**Abstract:** Renewable resources have emerged as an alternative to growing demand in production, with scarce supplies becoming insufficient. Obstacles became incentives for sustainable practices. Biomass is a rising resource, recognized as a sustainable source of energy. The aim of this study was the physico-chemical characterization of eucalyptus bark used for power generation in a panel industry, and identifies the existence and the components of the contaminants in the bark. Three treatments were performed, regarding the grain size of the shell: T1 (20 and 40 mesh), T2 (60 mesh) and T3 (100 mesh and bottom). The material was evaluated for moisture content, the three treatments were subjected to chemical analysis, and the calorific value was evaluated. The ashes were analyzed with SEM and EDS in order to identify the contaminants. The data obtained in this study were statistically analyzed using the software R. The material presented moisture content of 70% on a dry basis, considered high for use in bioenergy. The ash content, and volatile matter presented significantly difference between treatments, and T1 showed a lower value for ash (2.63%) and greater value for volatile (80.23%), making it the best treatment for use in energy. All granulometric extracts showed contaminants in their ashes, with the presence of Ca, Fe and Si.

**Keywords:** Physicochemical characterization, biomass, moisture content, contaminants.



## 1. INTRODUÇÃO

Os recursos renováveis surgiram como alternativa à crescente demanda na produção, com suprimentos escassos que estão se tornando insuficientes. Os obstáculos passaram a ser incentivos às práticas sustentáveis. A biomassa é um recurso em ascensão, reconhecido como uma fonte sustentável de energia. Suas vantagens como um produto renovável aumentam a estabilidade de seu mercado; a disponibilidade e fácil trabalhabilidade se tornaram fatores atrativos (LIU *et al.*, 2016).

A disponibilidade da biomassa vegetal é alta em função da variedade em que pode ser encontrada. Sua origem pode ser de plantios próprios para energia, de resíduos florestais ou da agricultura. O material que poderia representar as sobras, com custos para o descarte, passou a ser fonte de economia, sendo muitas vezes utilizado no local em que é produzido, ou vendido (MOTHGARE *et al.*, 2016).

No Brasil, o potencial de produção de biomassa é alto e crescente. O país conta com plantios florestais que superam os 7 milhões de hectares, com geração de mais de 41 milhões de toneladas de resíduos (ABRAF, 2013). Conforme a ABNT 10004 (2004), resíduos são todos aqueles que:

%..) nos estados sólidos e semi-sólidos que resultam da atividade da comunidade de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição.+

A biomassa proveniente de resíduos florestais apresenta vantagens que a caracterizam como um bom combustível, como facilidade de secagem, o elevado poder calorífico, a baixa temperatura de ignição, e a presença de voláteis em quantidades significativas (WERTHER, *et al.*, 2000). Porém em função da heterogeneidade de materiais vegetais, suas características podem variar muito, sendo necessário o estudo prévio do material que se deseja utilizar, em função das características que se deseja obter.

A biomassa vegetal apresenta em sua composição materiais que não participam do processo da queima. Na análise química imediata são avaliados o teor de cinzas, voláteis e carbono fixo. O teor de cinzas é formado por minerais e se comporta de forma inversamente proporcional ao poder calorífico. Para resíduos na área da agricultura ou florestal, foi constatado que este teor pode ser muito variável e, em função disso, deve ser estudado previamente ao uso (GARBA *et al.*, 2013).

Outro ponto que se deve avaliar é o teor de umidade. Esta propriedade atua inversamente proporcional ao potencial energético. Assim, quando o material tem o teor de umidade elevado, menor será sua capacidade de combustão (SOUZA *et al.*, 2012; FARINHAQUE, 1981). A diferença no poder calorífico entre um material úmido, e seco a 0% de umidade, pode chegar a mais de 50% (FARINHAQUE, 1981).

O poder calorífico é o fator mais importante quando o objetivo principal é a geração de calor. Este fator pode ser influenciado por todas as características da biomassa. Existem espécies já conhecidas pelo potencial energético, como é o caso do eucalipto. O eucalipto já é a espécie florestal mais plantada no Brasil, com aproximadamente 5 milhões de hectares. Em função de seu rápido crescimento e adaptação, é amplamente utilizada, inclusive no setor energético (ABRAF, 2013). A geração de resíduos desta espécie é alta, e a casca é um item que passou a ser fonte de energia para empresas do ramo florestal.



O objetivo deste trabalho foi a caracterização físico-química da casca de eucalipto que é utilizada para queima em uma empresa florestal, verificar a presença de contaminantes na biomassa e identificá-los.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A biomassa foi coletada na cidade de Itapetininga/SP. A origem da casca é de plantios de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, com sete anos de idade. O descascamento das toras é feito no pátio da empresa em um descascador de tambor. Após o descascamento o material é encaminhado por esteiras até o silo de armazenamento. A coleta da casca para os ensaios foi feita no silo de armazenamento.

O teor de umidade foi calculado no momento da coleta. Foi feita uma pesagem inicial, e em seguida o material foi colocado em uma estufa a  $80 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Foram feitas sucessivas pesagens, até que o material atingisse pesagem constante. Logo, o teor de umidade foi calculado conforme segundo a equação (1):

$$TU = [(Pu \cdot Ps)/Ps]*100 \quad (1)$$

onde  $TU$  = teor de umidade (%);  $Pu$  = Peso úmido (g); e  $Ps$  = Peso seco (g).

A casca foi triturada no moinho de facas tipo Willey. E em seguida com a finalidade de se obter a análise granulométrica, foi inserida em um separador de partículas por 3 minutos nas peneiras de 10, 20, 40, 60, 100 mesh, e fundo, conforme norma NBR NM 248/2003.

O material foi submetido a uma separação granulométrica, formando tratamentos T1 (20 e 40 mesh), T2 (60 mesh) e T3 (100 mesh e fundo).

Os tratamentos foram submetidos à análise química imediata. Foram utilizadas as normas: ASTM D1102-84, para o teor de cinzas; ABNT NBR 8112/86 para o teor de voláteis. Ambos em triplicatas. O teor de carbono fixo foi calculado segundo a equação (2):

$$TCF = 100 \cdot (TC + TV) \quad (2)$$

onde  $TCF$  = teor de carbono fixo (%);  $TC$  = teor de cinzas (%); e  $TV$  = teor de voláteis (%).

O poder calorífico superior (PCS) foi obtido na bomba calorimétrica IKA C200 com base nos padrões da norma ASTM D5865/98 para todos os tratamentos. Foram realizadas três repetições para cada tratamento.

A composição da cinza foi definida utilizando a microscopia eletrônica de varredura (MEV) com espectroscopia de energia dispersiva (EDS), utilizando um microscópio Hitachi, modelo TM 3000.

A análise estatística dos resultados foi feita com o auxílio do software estatístico R.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO



O teor de umidade da casca foi de 70%, em base seca. Este teor é considerado muito elevado e pode interferir negativamente no poder calorífico. O ideal é que o material esteja com no máximo 20% (FARINHAQUE, 1981). A biomassa é utilizada pela empresa nas condições em que é coletada, ou seja, logo após o descascamento sem nenhum processo de secagem. A secagem do material ao ar livre antes do armazenamento poderia ser uma alternativa para reduzir o teor de umidade e melhorar as características do combustível.

Foi feita a distribuição granulométrica do material antes e após a passagem pelo moinho (Figura 1). O tamanho das partículas antes do procedimento apresentava 55% de sua massa na granulometria de 2φ (50mm). O processo de moagem deixou o material mais homogêneo distribuídos nas peneiras de 40 mesh (41%), 60 mesh (31%) e o restante distribuídos nas peneiras de 100mesh, 200 mesh e fundo.

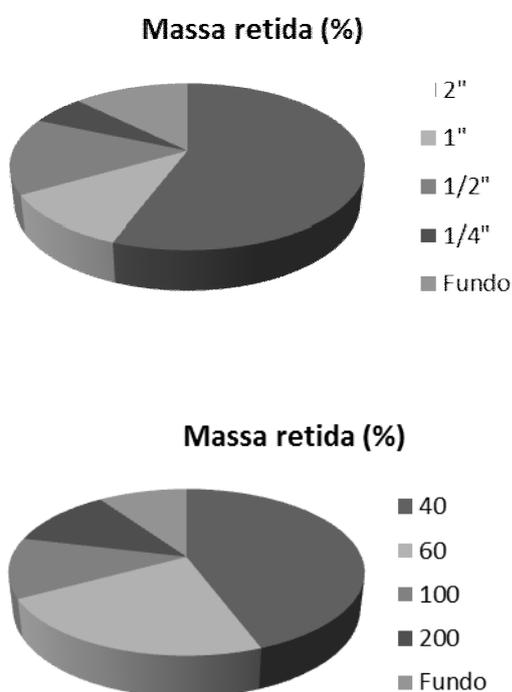


Figura 1: Distribuição granulométrica das partículas antes (a) e depois da passagem pelo moinho (b);

Os valores da análise química imediata estão na tabela 1:

Tabela 1. Análise química imediata dos três tratamentos.

Análise química imediata	Teor de cinzas (%)	Teor de voláteis (%)	Teor de Carbono fixo (%)
Tratamento 1	2,63 ± 0,28 (c)	80,23 ± 0,26 (a)	17,12 ± 0,34
Tratamento 2	5,23 ± 0,36 (b)	76,89 ± 0,62 (b)	17,86 ± 0,40



Tratamento 3	13,86 ± 0,26 (a)	68,15 ± 0,2 (c)	17,98 ± 0,38
--------------	---------------------	--------------------	--------------

O teor de cinzas indica a porção do material que não deve fazer parte da queima, ou seja, os minerais (BRAND, 2010). Dessa forma, se torna inversamente proporcional ao potencial energético do material. A casca de eucalipto aqui estudada apresentou valores aproximados de 2 a 14% de cinzas. Foi calculada a ANOVA e aplicado o teste TUKEY, todas as médias diferiram significativamente à 5% de confiança.

Para o uso em energia, o ideal é que o teor de cinzas seja baixo (até 1%), potencializando o poder calorífico (PROTÁSIO, et al., 2011). Porém este teor é variável, para espécies vegetais, são encontrados valores de 0,5 a 20% (GARBA et al., 2013). A casca pode levar a aumentos significativos no teor de cinzas (VITAL et al., 1989).

As cinzas não só representam perda no poder calorífico, como também participam de um processo corrosivo nos equipamentos em que entra em contato. Quando a biomassa é aquecida nas caldeiras a cinza inicia o processo de abrasão, limitando a vida útil dos equipamentos e aumentando os custos de manutenção (NUNES et al., 2016). Outro fator negativo é que o acúmulo das cinzas nas paredes do interior da caldeira resulta em um espessamento dessas paredes e consequentemente, a diminuição na eficiência na troca de calor.

O teor de voláteis para a produção de energia, é um componente que provoca uma rápida ignição do material, porém com curto tempo de queima (TAVARES & SANTOS, 2013). Os valores encontrados para T1 e T2 são considerados satisfatórios de acordo com Arola (1976), esse teor deve estar dentro do intervalo de 75 a 85%.

O carbono fixo representa a porção do material que queima de forma mais lenta, e quando em quantidades altas, de 15 a 25%, a biomassa pode ser avaliada com potencial para bioenergia (VAN LOO & KOPPEJAN, 2002).

Os elementos avaliados na análise química imediata se correlacionam de maneira que a alteração em qualquer um deles, pode implicar em mudanças nos outros. O teor de cinzas elevado pode diminuir o teor de carbono fixo, e assim a redução do poder calorífico (PAULA et al., 2011). Porém o carbono fixo apresentou valores similares em todos os tratamentos, mesmo com a mudança no teor de cinzas. Apenas o teor de voláteis diferiu significativamente.

As médias do poder calorífico para cada tratamento estão na tabela 2:

Tabela 2. Média do poder calorífico dos três tratamentos.

	Poder calorífico (J/g)
Tratamento 1	18842
Tratamento 2	18101
Tratamento 3	16200

Houve uma diferença de aproximadamente 16% no poder calorífico entre T1 e T3. Esta diferença pode ter ocorrido em função do teor de cinzas, T1 apresentou aproximadamente 5 vezes menos cinzas que T3.

Apesar de T3 ter apresentado o menor poder calorífico de todos os tratamentos, o valor não é considerado baixo. Espera-se que a casca apresente



menor poder calorífico em função da presença de impurezas. Porém, o valor encontrado para os três tratamentos aqui estudados, assemelha-se a valores para a madeira de eucalipto, média de 17354 J/g (DINIZ et al, 2004).

As imagens avaliadas no MEV apresentaram sólidos de geometrias angulares (figura 2).

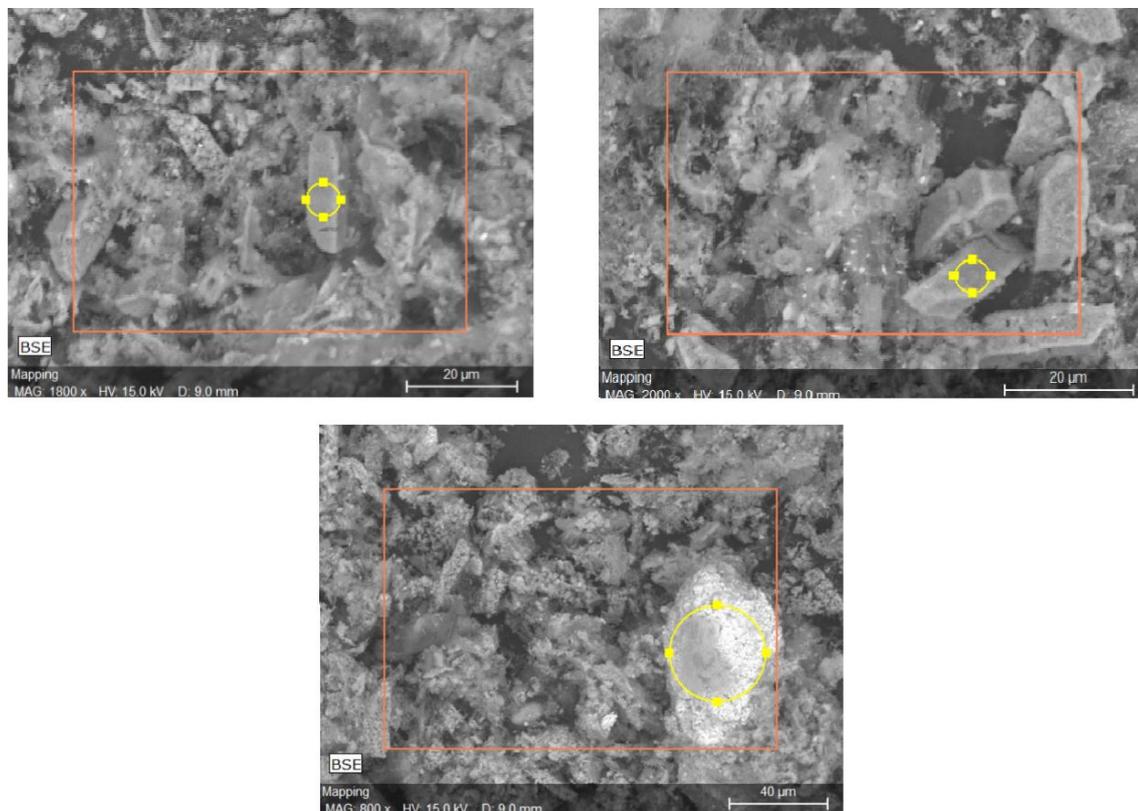


Figura 2: Micrografias das cinzas dos três tratamentos, obtidas por microscopia eletrônica de varredura.

As estruturas visualizadas por meio do MEV e identificadas no EDS apresentaram Cálcio e Silício na composição. Estes minerais são freqüentemente encontrados nas cinzas das diversas espécies de eucalipto, porém, quando em quantidades elevadas podem indicar contaminação externa, e prejudicar a geração de calor (FREDO et al., 1999).

#### 4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos permitiram concluir que:

- A casca do eucalipto é um resíduo com potencial para o uso em bioenergia.
- O poder calorífico encontrado para os três tratamentos foi dentro do desejado para o uso em bioenergia.
- O material com menor tamanho de partículas apresentou maior porcentagem de cinzas, porém os três materiais apresentaram contaminantes nas suas cinzas.
- A indicação é que o material seja utilizado com menor teor de umidade do que o encontrado (70%).



## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6922 - carvão vegetal - ensaios físicos - determinação da massa específica (densidade a granel). Rio de Janeiro, 1981. 2 p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 248 - Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003. 6 p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8112 - carvão vegetal - análise imediata. Rio de Janeiro, 1986. 5 p. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004 - Resíduos Sólidos - classificação. Rio de Janeiro, 2004. 71 p.

AROLA, R. A. Wood Fuels, how do they stack up. Forest Products Research Society, Atlanta, Georgia, 1976. 12p.

ASTM D5865-13, Standard Test Method for Gross Calorific Value of Coal and Coke, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2013.

BRAND, M. A. Energia de Biomassa Florestal. Rio de Janeiro: Interciências. 2010. 131 p.

CHEN, M.; YU, D.; WEI, Y. Evaluation on ash fusion behavior of eucalyptus bark/lignite blends. Powder Technology p. 39. 47. 2015.

DINIZ, J.; CARDOSO, A. L.; STAHL, J. A.; VILLETTI, M. A.; MARTINS, A. Poder calorífico da casca de arroz, caroço de pêssigo, serragem de eucalipto e de seus produtos de pirólise. Ciência e Natura, UFSM, 26 (2): 25 - 32, 2004.

FARINHAQUE, R. Influência da umidade no poder calorífico da madeira de bracatinga (*Mimosa scrobella*, Benth) e aspectos gerais de combustão. Curitiba: FUPEF, 1981. 14p. Série Técnica.

FREDO, A.; FOELKER, C. E. B.; FRIZZO, S. M. B.; SILVA, M. C. Elementos minerais em madeiras de eucaliptos e acácia negra e sua influência na indústria de celulose kraft branqueada. Ciência Florestal, Santa Maria, v.9, n.1, p.193-209. 1999.

GARBA, M.U. et al. Modelling of deposit formation and sintering for the cocombustion of coal with biomass. Fuel p. 863. 872. 2013.



LIU, Z. MI, B.; FEI, B.; CAI, Z.; LIU, X. Improved bulk density of bamboo pellets as biomass for energy production. *Renewable Energy* 86 p.1-7. 2016.

MOTGHARE, K. A.; RATHOD, A. P.; WASEWAR, K. L.; LABHSETWAR, N. K. Comparative study of different waste biomass for energy application. *Waste Management* 47 p. 40. 45. 2016.

NUNES, L. J. R.; MATIAS, J. C. O.; CATALÃO, J. P. S. Biomass combustion systems: A review on the physical and chemical properties of the ashes. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* p. 235. 242. 2016.

PAULA, L. E. R.; TRUGILHO, P. F.; NAPOLI, A.; BIANCHI, M. L. Characterization of residues from plant biomass for 237 use in energy generation. *Cerne, Lavras*, v. 17, n. 2, p. 237-246. 2011.

PROTÁSIO, T.P.; BUFALINO, L.; TONOLI, G.H.D.; COUTO, A. M.; TRUGILHO, P.F.; GUIMARÃES JUNIOR, M. Relação entre o poder calorífico superior e os componentes elementares e minerais da biomassa vegetal. *Pesq. Flor. Bras.* v.31 n.66 p. 113-122. 2011.

SOUZA, M. M.; SILVA, D. A.; ROCHADELLI, R.; SANTOS, R. C. Estimativa de poder calorífico e caracterização para uso energético de resíduos da colheita e do processamento de *Pinus taeda*. *FLORESTA, Curitiba, PR*, v. 42, n. 2, p. 325 - 334, abr./jun. 2012.

TAVARES, S. R. L.; SANTOS T. E. Uso de diferentes fontes de biomassa vegetal para produção de biocombustíveis sólidos. *HOLOS* p. 19-27. 2013.

VANLOO, S., KOPPEJAN, J. *Handbook of Biomass Combustion and Co-Firing*. Twente University Press, Enschede, Netherlands. ISBN: 9036517737. 2002.

VITAL, B. R.; ANDRADE, A. M.; VALENTE, O. F. Influência da casca no rendimento e na qualidade do carvão vegetal de *Eucalyptus grandis*.

*IPEF*, n.41/42, p.44-49, jan./dez.

WERTHER, J., SAENGER, M., HARTGE, E., OGADA, T., SIAGI, Z. Combustion of agricultural residues. *Progress in Energy and Combustion Science* 26: 1 . 27. 2000.