

Manuscrito avaliado e aceito pelo comitê científico do II CBCTEM

Caracterização de *pellets* de ponteira de eucalipto

Adrianna A. S. Pinto¹, Bárbara L. C. Pereira¹, Welliton L. Cândido², Aylson C. Oliveira¹,
Angélica C. O. Carneiro², Ana M. M. L. Carvalho²

¹Faculdade de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Mato Grosso, Mato Grosso, Brasil.

²Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

RESUMO A biomassa vegetal é uma fonte energética renovável com potencial para suprir parte das necessidades mundiais de energia. *Pellets* são combustíveis sólidos granulados, produzidos a partir de biomassa triturada, com ou sem a adição de aglutinantes, possuem uma forma cilíndrica de 3,15 a 40 mm de comprimento. Os *pellets* são utilizados no aquecimento residencial e comercial e na geração de energia elétrica. O trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da umidade da matéria prima na produção dos *pellets* de ponteira de eucalipto. A matéria prima utilizada foi material proveniente da copa de *Eucalyptus spp.* (madeira, folhas, galhos). Para produção dos *pellets* utilizaram-se cinco umidades do material (8, 10, 12, 14, 16%, em base úmida). Os *pellets* foram produzidos em uma prensa peletizadora com matriz circular horizontal determinaram-se propriedades físicas, mecânicas e energéticas dos *pellets*. De modo geral, a umidade de entrada da biomassa a $\pm 12,0\%$ proporcionou a produção de *pellets* com melhores propriedades físicas, químicas e mecânicas atendendo a maioria das especificações. Concluiu-se que a produção de *pellets* a partir da ponteira de eucalipto é tecnicamente viável.

Palavras-chave: resíduos florestais, biocombustível sólido, propriedades.

Characterization of pellets produced from eucalypt tops

ABSTRACT The plant biomass is a renewable energy source with the potential to supply part of the world's energy needs. Pellets are granulated solid fuels, produced from biomass triturated with or without the addition of binders have a cylindrical form from 3.15 to 40 mm long. The pellets are used in residential and commercial heating and generation of electricity. The study aimed to evaluate the effect of moisture from the raw material in the production of eucalyptus tip of pellets. The raw material used was material from *Eucalyptus canopy spp.* (Wood, leaves, twigs). For production of the pellets used are five moisture material (8, 10, 12, 14, 16%, wet basis). The pellets were produced in a pelletizing press with a horizontal circular array were determined physical and mechanical properties of the pellets energy. In general, the initial biomass moisture $\pm 12.0\%$ provided the production of pellets with improved physical, chemical and mechanical properties meeting most of the specifications. It is concluded that the production of pellets from eucalyptus tip is technically feasible.

Keywords: forest residues, solid biofuel, properties.

Introdução

A busca por fontes renováveis de energia torna-se cada vez maior devido às pressões impostas para substituir os combustíveis fósseis. Cita-se a biomassa vegetal por ser uma fonte energética renovável com potencial para suprir parte das necessidades mundiais de energia. Contudo, o transporte e armazenamento da biomassa são dificultados, devido a sua alta

umidade e heterogeneidade. Assim, a transformação em um recurso que seja fácil de manipular deve ser considerada como um dos fatores para sua disseminação como um combustível viável.

Pellets são combustíveis sólidos granulados, produzidos a partir de biomassa triturada, com ou sem a adição de aglutinantes, possuem uma forma cilíndrica de 3,15 a 40 mm de comprimento (PEREIRA, 2014). Os *pellets* são utilizados no

*Autor correspondente: adriannamorim@gmail.com

aquecimento residencial, comercial e na geração de energia elétrica, principalmente na Europa e na América do Norte.

As plantações de *Eucalyptus* se destacam no Brasil, cujo os resíduos da colheita são potenciais matérias primas para produção de *pellets* (PEREIRA, 2014). Geralmente esses resíduos apresentam baixa densidade, elevada umidade e são dispersos geograficamente, encarecendo a coleta, o transporte e dificultando o aproveitamento energético, apresentam na maioria das vezes, grande diversidade de formas e granulometria, portanto, uma característica bastante comum dos resíduos é a heterogeneidade (SILVA, 2007). O uso de produtos homogêneos e compactados tem sido uma das formas de viabilizar economicamente a utilização desses resíduos (QUIRINO 1991).

No Brasil são escassos os trabalhos sobre os *pellets* e há perspectivas para o crescimento da produção devido à grande disponibilidade de grandes volumes de resíduos agrícolas e florestais que podem ser matéria-prima para a peletização.

O trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da umidade da matéria prima na produção dos *pellets* de ponteira de eucalipto.

Material e Métodos

A matéria-prima utilizada foi material proveniente da copa de *Eucalyptus spp.* (madeira, folhas, galhos) aos sete anos de idade retirado a 1,0 m acima do diâmetro comercial (6,0cm), com procedência de um plantio florestal da empresa Suzano Papel e Celulose, localizado em Chapadinha, MA. Após a colheita do material efetuou-se pré-secagem em estufa com circulação de ar até atingir umidade de 20%, em base úmida. A composição química imediata da matéria prima era de 82,81% de materiais voláteis, 16,11% de carbono fixo e 1,08% de cinzas. O poder calorífico superior era igual a 18,94 MJ/Kg.

O material foi processado em moinho martelo e classificado em peneira com malha de dois milímetros. A umidade do material foi ajustada, sendo que foram utilizados cinco umidades para posterior comparação das propriedades dos *pellets* produzidos. As umidades da matéria prima foram 8% (T1), 10% (T2), 12% (T3), 14% (T4) e 16% (T5).

Os *pellets* foram produzidos em prensa peletizadora laboratorial da marca Amandus Kahl, modelo 14-175 com capacidade para produção de 50 kg.h⁻¹, sendo produzido aproximadamente 3,0 kg de *pellets* por tratamento. A temperatura média de peletização foi de 95°C.

A determinação da umidade dos *pellets* (em base úmida) determinada de acordo com a norma EN 14774-2 (DIN, 2009).

A densidade a granel (kg.m⁻³) da biomassa foi obtida de acordo com a norma EN 15103 (DIN, 2010a).

O poder calorífico superior foi obtido de acordo com a norma da DIN EN 14918 (DIN, 2010b), utilizando uma bomba calorimétrica adiabática, utilizando-se a seguinte equação:

$$\text{PCU (pressão constante)} = (\text{PCS} - 212,2 \cdot \text{H} - 0,8 \cdot (\text{O} + \text{N})) \cdot (1 - 0,01 \cdot \text{M}) - (24,43 \cdot \text{M})$$

Em que: PCU (pressão constante): poder calorífico útil em pressão constante, em J.g⁻¹; PCS: poder calorífico superior, em J.g⁻¹; H, O, N: hidrogênio, oxigênio e nitrogênio, respectivamente, em porcentagem (%); M: umidade, base úmida, após acondicionamento em saco plástico por sete dias, em porcentagem (%); Constantes: A energia de vaporização (pressão constante) para a água a 25°C é de ,01 kJ.mol⁻¹. Isto corresponde a 218,3 J.g⁻¹ para 1% de hidrogênio (m/m) ou 24,43 J.g⁻¹ para 1% de umidade (m/m) na amostra.

A percentagem de cinzas (fração de minerais do combustível, na forma oxidada) foi determinada de acordo com a norma EN 14775 (DIN, 2009).

O diâmetro (mm) e comprimento (mm) dos *pellets* foram obtidos conforme a norma DIN EN 16127 (DIN, 2012).

A durabilidade mecânica e a percentagem de finos (partículas menores que 3,15 mm) foram determinadas utilizando-se o equipamento Ligno-Tester, Holmen®, de acordo com a norma DIN EN 15210-1 (DIN, 2010c) e instruções do equipamento. As amostras de *pellets* são ventiladas por meio de um jato de ar que simula a destruição natural dos *pellets* durante o transporte e manuseio, em uma câmara com formato de pirâmide quadrangular invertida. Para a determinação da percentagem de finos, o fluxo de ar tinha pressão de 30mbar e duração de 30 segundos. Posteriormente, as amostras sem finos foram submetidas a outro fluxo de ar controlado (70mbar) durante 60 segundos para determinação da durabilidade mecânica.

A determinação da dureza (kg) foi feita em durômetro para *pellets* da marca AmandusKahl. A dureza ou resistência ao esmagamento em kg, foi determinada pelo ensaio de compressão diametral do *pellet* em durômetro manual com escala de 0 a 100 kg. Um *pellet*, por vez, foi inserido no durômetro e foi aplicada carga crescente, até fratura da amostra. Então, fez-se a leitura da carga máxima que um *pellet* pode suportar antes de rachar. Este teste simula a compressão, devido ao peso dos próprios *pellets* durante o armazenamento em depósitos ou silos ou esmagamento em rosca transportadora.

Após determinação das propriedades dos *pellets*, esses foram classificados segundo norma de comercialização europeia para *pellets* de madeira DIN EN 14961-2 (DIN, 2011), classe A2 (Tabela 1) que trata de resíduos de colheita florestal.

Tabela 1. Especificações para pellets de madeira.

Table 1. Specifications of wood pellets.

Parâmetro	Unidade	A2
Origem	-	Resíduos de colheita
Diâmetro(D)	mm	D06: $6 \pm$
		$1,3,15 \leq L \leq 40$
Comprimento(L)		D08: $8 \pm$
		$1,3,15 \leq L \leq 40$
Umidade(M)	% base úmida	$M \leq 10$
Teor de Cinzas(A)	% base seca	$A \leq 1,5$
Durabilidade Mecânica(DU)	%	$DU \geq 97,5$
Finos(F)	%	$F \leq 1,0$
Aditivos	%	$< 2 w\%$
Poder calorífico Líquido(Q)	MJ.kg ⁻¹	$16,3 \leq Q \leq 19$
Densidade a granel(BD)	kg.m ⁻³	$BD \geq 600$

Resultados e Discussão

Propriedades dos pellets

Na Figura 1 podem ser visualizados os pellets produzidos em função das diferentes umidades das partículas a partir da biomassa de ponteira de *Eucalyptus*.



Figura 1. Pellets produzidos a partir da Ponteira de *Eucalyptus*, sendo T1, T2, T3, T4 e T5 os pellets obtidos de partículas com 8, 10, 12, 14 e 16% de umidade, respectivamente.

Figure 1. Pellets prepared using Eucalyptus tops, wherein T1, T2, T3, T4 and T5 are the pellets produced from particles with 8, 10, 12, 14 and 16% of humidity, respectively.

Observa-se na Tabela 2 que o processo de compactação reduziu a umidade dos pellets. Isso se deve à vaporização da

água durante a prensagem. Todos os tratamentos se enquadraram na norma que estabelece valores inferiores a 10% de umidade.

O poder calorífico líquido considera a umidade por isso apresenta diferentes valores para cada tratamento. A umidade contribui negativamente pois parte do calor produzido será gasto na evaporação da água. O tratamento T5 não se enquadrou na norma que determina valores superiores a 16,3 MJ.kg⁻¹. Dessa forma deve-se utilizar materiais com baixa umidade para maximizar a quantidade de energia liberada durante sua combustão.

Tabela 2. Teor de umidade dos pellets de *Eucalyptus* e poder calorífico líquido.

Table 2. Moisture content and high heating value of pellets made from *Eucalyptus*.

Tratamento	Umidade da matéria prima (%)	Umidade dos pellets (%)	Poder Calorífico Líquido (MJ.kg ⁻¹)
T1	8,68	4,70c	16,64a
T2	10,04	4,96c	16,59a
T3	11,99	5,78c	16,46a
T4	13,82	7,67b	16,04b
T5	16,51	9,23a	15,74c

Médias seguidas de, pelo menos, uma mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Os valores médios das propriedades mecânicas dos pellets de ponteira de *Eucalyptus* são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Propriedades mecânicas dos pellets de Ponteira de *Eucalyptus*.

Table 3. Mechanical properties of pellets made from *Eucalyptus* tops.

Tratamento	Dureza (kg)	Finos (%)	Durabilidade mecânica (%)
T1	30,24c	2,0a	61,0e
T2	36,00b	0,82b	82,5d
T3	34,56bc	0,27c	88,0c
T4	33,88bc	0,19c	91,8b
T5	49,40a	0,08c	97,6a

Médias seguidas de, pelo menos, uma mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Com o aumento da umidade ocorreu o aumento da dureza nos pellets. A resistência mecânica dos pellets foi medida por meio da porcentagem de finos e da durabilidade mecânica. Essas são propriedades importantes para se conhecer o comportamento dos pellets durante o transporte e manuseio, sendo desejável menor valor para finos e maior para durabilidade mecânica, grandes quantidades de finos podem causar problemas na estocagem, no processo de combustão e causar riscos de explosão (FILBAKK et al., 2011). Verificou-se aumento significativo da durabilidade mecânica dos pellets com o aumento da umidade. Somente o T5 se enquadrou na norma que estabelece valores maiores que 97,5%. Em relação aos finos, com o aumento da umidade ocorreu a diminuição da porcentagem dos finos, sendo que somente o T1 não se enquadrou nos padrões da norma, que estabelece valores inferiores a 1%.

Na Tabela 4 são apresentados os valores médios das propriedades físicas e densidade energética dos pellets de ponteira de *Eucalyptus* em função dos tratamentos.

Tabela 4. Propriedades físicas e energéticas dos pellets de ponteira de *Eucalyptus*.

Table 4. Physical and energetic properties of pellets made from *Eucalyptus* tops.

Tratamento	D (mm)	C (mm)	Densidade a granel (kg.m ⁻³)	Densidade energética (MJ/m ³)
T1	6,04 c	16,81 b	632,6 c	10526,2 b
T2	6,08 bc	20,90 a	644,1 bc	10678,4 a
T3	6,14 ab	19,56 a	658,9 a	10818,5 a
T4	6,16 a	19,71 a	650,2 ab	10429,8 b
T5	6,12ab	19,81 a	643,9 bc	10129,2 c

D= diâmetro; C= comprimento. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si a 5% de significância pelo teste Tukey.

A variação do diâmetro dos pellets foi de 1,99%. O maior valor médio foi encontrado para os pellets produzidos com umidade de 14%, provavelmente devido a maior expansão no sentido transversal ocasionada pela saída dos gases durante o

resfriamento. Em relação ao comprimento dos *pellets*, foi observado que apenas os *pellets* com menor umidade diferenciou-se estatisticamente dos demais tratamentos, apresentando menor comprimento. As dimensões dos *pellets*, diâmetro e comprimento, obtidas neste experimento, independente dos tratamentos atenderam aos limites especificado na norma para pellets (Tabela 1).

A norma exige valores mínimos de 600 kg.m^{-3} para densidade a granel dos *pellets* observa-se que todos os tratamentos obtiveram valores adequados. O aumento da densidade a granel dos *pellets*, facilita o armazenamento e seu manuseio.

Pellets com maior densidade energética liberam, durante a sua queima, maior quantidade de energia por unidade volumétrica.

Conclusões

A peletização viabiliza transporte a maiores distâncias, otimizando o armazenamento e a geração de energia.

De modo geral, a umidade da matéria prima igual a $\pm 12,0\%$ proporcionou a produção de *pellets* com melhores propriedades físicas, químicas e mecânicas.

A ponteira de *Eucalyptus* apresenta grande potencial para produção de *pellets* como uma de forma aproveitamento de parte dos resíduos da colheita.

Agradecimentos

Ao CNPq pelo financiamento do projeto. Ao CNPq e CAPES pela concessão de bolsas de iniciação científica e de doutorado, respectivamente. À empresa Suzano Papel e Celulose pela doação do material.

Referências

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. DIN EN 14961-2: Solid biofuels – Fuel specifications and classes – Part 2: Wood pellets for non-industrial use. Berlim: CEN, 2011. 15 p.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG - DIN EN 14774-2 - Solid biofuels - Determination of moisture content - Oven dry method - Part 2: Total moisture - Simplified method. Alemanha, 2009.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG - DIN EN 15103 - Solid biofuels - Determination of bulk density. Alemanha, 2010a.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG - DIN EN 15210-1 - Solid biofuels - Determination of mechanical durability of *pellets* and briquettes - Part 1: *Pellets*. Alemanha, 2010c.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG – DIN EN 16127 Solid biofuels - Determination of length and diameter of pellets. Alemanha, 2012.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG - DIN EN 14918: Determination of calorific value. Berlim: CEN, 2010b. 63 p.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG, D. I. N. DIN EN 14775: Determination of ash content. Berlim: CEN, 2009. 12 p.

FILBAKK, T.; JIRJIS, R.; NURMI, J.; HOIBO, O. The effect of bark content on quality parameters of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) pellets. Biomass & Bioenergy, v. 35, n. 8, p. 3342-3349, 2011.

PEREIRA, B.L.C. Propriedades dos *pellets*: Biomassa, aditivos e tratamento térmico. 74p. 2014. Tese (Doutorado em Ciências Florestais). UFV – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

QUIRINO, W.F. Características e índice de combustão de briquetes de carvão vegetal. 1991. 24p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). ESALQ – Escola Superior de Agricultura de Luiz Queiroz, São Paulo.

SILVA, A.P. Produção de briquetes dos carvões de casca, maravalha e serragem de eucalipto (*Eucalyptus pellita*), pirolisados às temperaturas máximas de 400 °C e 600 °C. 2007. 24p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal). Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.