

CARACTERIZAÇÃO E COMPARAÇÃO DE DIFERENTES TIPOS DE SERRAGENS E PELLETS PARA A PRODUÇÃO DE ENERGIA

Verônica Scalet¹, Fábio M. Yamaji², Luis Ricardo Oliveira Santos³, Mariana Provedel Martins⁴, Elisângela F. S. C. Possidonio⁵

¹ Mestranda – ve.scalet@gmail.com, ² Professor, fmyamaji@ufscar.br, ³ Mestrando – lrtatui@gmail.com, ⁴ Pos-doc, mareprovedel@hotmail.com, ⁵ Mestranda, licampana@ufscar.br

Universidade Federal de São Carlos, Rod. João Leme dos Santos, Km 110, SP 264, Bairro do Itinga, Sorocaba-SP

RESUMO

A busca por energias renováveis tem se intensificado nos últimos anos e é importante caracterizar os materiais potencialmente atrativos para a produção dessa energia, como a serragem e o pellet, para que esses materiais possam ser utilizados em grande escala. O presente trabalho teve por objetivo caracterizar amostras de Serragem de *Pinus* sp e de *Eucalyptus* sp e Pellets de bagaço de cana de açúcar e serragem de *Pinus*. Para isso, caracterizaram-se os materiais a partir de sua umidade, densidade, granulometria, teor de cinzas, voláteis e carbono fixo, conforme NBR 7190/97 e NBR 8112. A comparação entre as amostras foi realizada por meio de teste estatístico ANOVA e Teste de Tukey. Foi observado que as serragens apresentam elevado teor de umidade e baixa densidade quando comparadas aos pellets, tornando-as não atrativas para o uso como combustível devido ao custo com transporte e secagem. Já para o teor de cinzas e voláteis a diferença significativa foi observada no pellet de bagaço de cana, que apresentou altos teores de cinzas e baixos teores de voláteis. De modo geral, o uso de pellets, em particular o produzido a partir de madeira de pinus, pode representar ganho na geração de energia e redução de custos.

Palavras Chave: Biomassa, bioenergia, resíduos

ABSTRACT

CARACTERIZATION AND COMPARING OF DIFFERENT TYPES OF SAWDUST AND PELLETS FOR ENERGY PRODUCTION

The search for renewable energy has intensified in recent years and it is important to characterize the potentially attractive materials for the production of energy, such as sawdust and pellets, so these materials can be used on a large scale. This study aimed to characterize samples of sawdust of *Pinus* sp and *Eucalyptus* sp, pellets sugar cane bagasse and pine sawdust. For this, we have characterized the material from its moisture, density, particle size, ash content, volatile and fixed carbon, according to NBR 7190/97 and 8112 NBR. The comparison between the samples was carried out by ANOVA and Tukey's test. It was observed that sawdust have high moisture content and low density when compared to pellets, making them unattractive for use as fuel due to the cost of transportation and drying. As for the ash content and volatile significant difference was observed in the pellet of sugarcane bagasse, which showed high ash content and low levels of volatile. In general, the use of pellets, in particular made from pinewood, may represent a gain in power generation and cost reduction.

Keywords: Biomass, bioenergy, residues.

INTRODUÇÃO

A partir do século XX o petróleo e o gás natural se tornaram as principais fontes de energia, o que fez elevar os níveis de CO₂ na atmosfera e reduzir as reservas desses combustíveis. Assim, a energia tornou-se um recurso cada vez mais escasso e custoso, levando à busca por energias renováveis, sendo uma delas a biomassa.

Atualmente, no Brasil, as principais fontes de biomassa são a cana de açúcar, gramíneas, palmáceas e espécies florestais, além de resíduos agrícolas e de indústrias madeireiras e de Papel e Celulose (COUTO, 2010). Entre os resíduos de indústrias madeireiras um dos mais comuns são os de *Eucalyptus* sp e *Pinus* sp.

Esses resíduos podem ser utilizados diretamente na forma de serragem ou então podem ser secos e comprimidos para formarem granulados cilíndricos que podem variar de 6 a 8 mm de diâmetro, conhecidos como pellets (SILVA et al., 2012).

Por isso, a caracterização desses materiais é importante para que, conhecendo suas propriedades, seja possível aplicá-las com mais intensidade na produção de energia limpa. O objetivo do presente trabalho foi

caracterizar algumas das propriedades desses materiais como a densidade, o teor de umidade, a granulometria, os teores de cinzas, voláteis e carbono fixo e comparar a serragem de *Eucalyptus* sp e de *Pinus* sp, com os pellets formados a partir de serragem de pinus e de bagaço de cana de açúcar.

MATERIAIS E MÉTODOS

A serragem foi coletada de serrarias na região de Itapetininga-SP, sendo uma amostra de *Pinus* sp e outra de *Eucalyptus* sp. O pellet foi coletado de uma indústria que o produz na cidade de Porto Feliz-SP, sendo uma amostra confeccionada com bagaço de cana de açúcar e outra com madeira de *Pinus* sp. A caracterização do material foi dada pela determinação do teor de umidade, densidade a granel, granulometria e da análise imediata. O teor de umidade foi obtido conforme NBR 7190/97, pela diferença da massa inicial e massa seca de cada amostra submetida à secagem na temperatura aproximada de 103 °C.

Para a densidade foi utilizada uma proveta de 1000 ml, tarando-se seu peso em balança, acrescentando os materiais na proveta até o seu volume total e então o peso foi medido. Tal procedimento foi realizado seis vezes, obtendo-se a média dos valores.

Para os teores de cinzas, voláteis e carbono fixo foi utilizada a norma NBR 8112. Os pellets foram moídos a fim de se obter o pó para execução dos procedimentos. Para o teor de cinzas foi utilizado a mufla a $\pm 600^{\circ}\text{C}$ e para o teor de voláteis mufla a $\pm 900^{\circ}\text{C}$, sendo o procedimento repetido quatro vezes. O teor de carbono fixo foi obtido pela subtração da soma entre teor de cinzas e teor de voláteis do total (eq. (1)).

$$\text{CarbonoFixo} = 100 - (\% \text{Cinzas} + \% \text{Voláteis}) \quad (1)$$

A granulometria foi realizada com uma amostra de 100g e a pesagem de cada amostra retida nas peneiras de 12,5 mm, 5, 10, 20, 40, 60 mesh e fundo. Para a densidade, os teores de cinza, voláteis e carbono fixo, foi realizada ANOVA a 5% e Teste de Tukey para verificar se havia diferença significativa entre os tratamentos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As primeiras características avaliadas, o teor de umidade inicial das amostras e a densidade, estão apresentados na Tabela 1. A umidade entre as amostras variou de 54,3% para a serragem de *Pinus* sp a 9,2% para o pellet de *Pinus* sp (uma variação de 45%). É possível observar também que a umidade foi significativamente inferior nas amostras de pellet quando comparado as amostras de serragem, independente de sua composição. A elevada umidade nas amostras de serragem era esperada, estudos já realizados por Gentil (2008) e Teixeira (2005) já apresentaram teores de umidade na faixa dos 40 a 50%. Os pellets por serem processados, apresentam teores de umidade inferiores.

Gentil (2008) recomenda que a umidade para materiais que serão utilizados na queima devem ter teor de umidade variando entre 5 a 15%, o que é observado nos pellets, tornando-os mais atrativos quando o quesito avaliado é a umidade.

Para a densidade os valores obtidos para as duas amostras de serragem foram muito próximos e parecidos com o observado na literatura por Rosário (2011), que verificou o valor de 0,273 g/cm³ para uma serragem em que as madeiras de *Pinus* e *Eucalyptus* estavam misturadas. O mesmo ocorreu para as duas amostras de pellet, porém ao compararmos as amostras de serragem com a de pellet, independente de sua composição, a variação chega a ser de até 32%, essa diferença pode ser observada na ANOVA, em que foi possível verificar que há diferença significativa entre as amostras. Com o teste de Tukey verificou-se que as amostras de serragem, tanto de pinus (a) quanto de eucalipto (a), diferem estatisticamente das amostras de pellet de cana (b) e de pinus (b) a uma probabilidade de 5%. Essa diferença é justificada pela compactação do material para a formação dos pellets.

Tabela 1. Teores de umidade e densidade verificadas para as amostras.

Table 1. Moisture content and density observed for the samples.

Tratamento	Umidade (%)	Densidade Média (g/cm ³)
Serragem de Pinus (Serraria) a	54,3	0,225
Serragem de Eucalipto (Serraria) a	49,8	0,203
Pellet Bagaço de Cana b	10,5	0,613
Pellet Serragem de Pinus b	9,2	0,623

A gralunometria verificada nas amostras está apresentada na Tabela 2. A maior diferença entre as amostras de serragem foi observada na peneira de 20 mesh (quase 9% a mais para a serragem de *Eucalyptus* sp), entre as amostras de pellet a diferença foi observada na peneira de 12,5 mm, em que para o pellet de bagaço de cana de açúcar teve retenção de 35,5%, enquanto que para a amostra de pellet de *Pinus* sp nada foi retido. O gráfico 1 apresentam a distribuição do material, em porcentagem, retido em cada peneira para cada uma das amostras.

Tabela 2. Gralunometria: percentual de material retido em cada peneira.

Table 2. Particle size: Percentage of material retained on each sieve.

Peneira (mesh)	% retida Serragem Eucalyptus sp	% retida Serragem Pinus sp	% retida Pellet Cana de açúcar	% retida Pellet Pinus sp
12,5 mm	0	0	35,5	0,0
5	14,2	13,4	64,4	100
10	14,5	10,6	0,0	0,0
20	43,3	34,5	0,0	0,0
40	18,5	24,2	0,0	0,0
60	5,9	11,6	0,0	0,0
Fundo	3,7	5,7	0,0	0,0

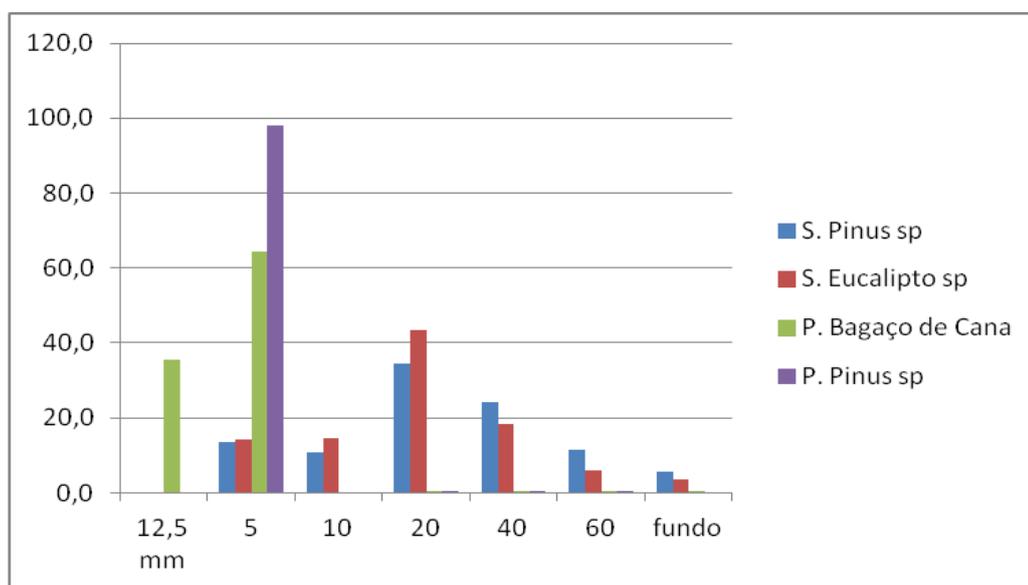


Gráfico 1. Distribuição granulométrica das amostras.

Grafic 1. Particle size distribution of the samples.

Os teores de cinza, voláteis e carbono fixo estão apresentados na Tabela 3. A amostra de Pellet de bagaço de cana foi a que apresentou maior teor de cinzas (12,8%), foi também a que apresentou menor teor de voláteis (76,2%). O maior teor de voláteis foi verificado na amostra de serragem de *Pinus* sp (86,4%) e a maior porcentagem de carbono fixo foi verificada na amostra de serragem de *Eucalyptus* sp (12,4%), muito próximo ao pellet de *Pinus* sp (12,3%), em contrapartida a amostra de Serragem de *Pinus* foi a que apresentou a menor porcentagem de carbono fixo (8,3%), diferença que pode ser explicada pela possível contaminação do material por impurezas como areia, por exemplo.

A ANOVA (5%) foi realizada para o teor de cinzas e para o teor de voláteis e posteriormente foi realizado o teste de Tukey (5%) e pôde-se verificar que não houve diferença significativa entre os dois tratamentos com serragem e o pellet de *Pinus* em ambos os casos, sendo o único diferente significativamente o

Pellet de Bagaço de Cana, que apresentou maior teor de cinzas e o menor teor de voláteis, o que pode ser explicado por ser o único material não lenhoso, apresentando assim um padrão diferente de composição.

Tabela 3. Teores de cinza, voláteis e carbono fixo para cada uma das amostras.

Table 3. The ash, volatiles and fixed carbon for each sample.

Tratamento	%Cinzas	%Voláteis	%C fixo
Serragem de <i>Pinus</i> sp a	5,3	86,4	8,3
Serragem de <i>Eucalyptus</i> sp a	2,2	85,4	12,4
Pellet Bagaço de Cana b	12,8	76,2	11,0
Pellet Serragem de <i>Pinus</i> sp a	6,4	81,3	12,3

Os valores elevados de teor de cinzas em todos os tratamentos, como já citados anteriormente, podem ser justificados por excesso de impurezas nas amostras, porém para o pellet de bagaço de cana esse valor é muito elevado, o que pode torná-lo pouco atrativo para queima, pois as cinzas podem aderir ao equipamento e tubulações, prejudicando o processo de queima.

Para o teor de voláteis, quanto mais elevado, mais rápida ocorre a combustão (PEREIRA et al., 2000), favorecendo a amostra de pellet de Bagaço de Cana, que apresentou a menor porcentagem de voláteis. Por fim, para o carbono fixo, quanto mais elevado, mais lenta será a combustão, o que é preferível. Nesse estudo a diferença entre as amostras não foi significativa.

CONCLUSÃO

As amostras de pellet, apresentaram características superiores para serem utilizadas como material combustível quando comparados com a serragem. No critério densidade, apresentaram maior densidade, o que leva a maior rendimento no transporte e menor área de estocagem, reduzindo custos. No critério umidade, apresentaram valores na faixa do desejável para combustíveis (entre 5 e 15%), enquanto as amostras de serragem apresentam altos valores de umidade, acima de 40%, o que leva a aumento dos custos pois se faz necessário a secagem do material antes de seu uso, para que não haja perda de rendimento.

Nos critérios teor de cinzas e teor de voláteis, a diferença não foi significativa entre os tratamentos, com excesso do pellet com bagaço de cana, que apresentou elevado teor de cinzas e baixo teor de voláteis, características não satisfatórias para um material combustível, pois atrapalham o processo de combustão.

Dessa forma, dentre os materiais analisados, o pellet produzido a partir de madeira de pinus, apresentou as melhores características como combustível sólido.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo apoio financeiro ao projeto e à CAPES pela bolsa de mestrado.

REFERÊNCIAS

COUTO, L. Produção de biomassa florestal em escala comercial a partir de plantações adensadas de eucalipto em curta rotação. *1º Encontro de Energias Inteligentes*. RENABIO Londrina-PR, 2010.

GENTIL, L. V. B. *Tecnologia e economia do briquete de madeira*. 2008. 195 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Publicação EFL TD. Departamento de Engenharia Florestal. Universidades de Brasília. Brasília-DF.

LOBÃO, M.S. et al. Caracterização das propriedades físico-mecânicas da madeira de eucalipto com diferentes densidades. Viçosa-MG, *Sociedade de investigações florestais*. v.28, n.6, p.889-894, 2004.

PEREIRA, J. C. D. Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil. *EMBRAPA Florestas*, 2000. Colombo, Paraná. ISSN: 1517-536X. Documento 38.

ROSÁRIO, L. M. *Briquetagem visando utilização de resíduos de uma serraria*. 2011. 37 p. Monografia (Departamento de Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro.

SILVA, D. A. *A indústria de pellet e perspectivas de mercado*. Anais: 4º Congresso Florestal Paranaense. 2012. Curitiba, Paraná. ISSN: 2316-221X

TEIXEIRA, M. G. *Aplicação dos conceitos da ecologia industrial para a produção de materiais ecológicos: o exemplo do resíduo de madeira*. 2005. 132 p. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologias ambientais no Processo Produtivo) – Universidade Federal da Bahia, Salvador.

TORRESI, S. I. C., PARDINI, V. L., FERREIRA, V. F. Biomassa renovável e o futuro da indústria química. *Revista Química Nova*, vol. 31, nº 8. 2008.