

CARACTERÍSTICAS DE PELLETS PRODUZIDOS COM RESÍDUOS AGRÍCOLAS

Cynthia Patricia Sousa Santos¹; Izabelle Rodrigues Ferreira Gomes¹; Sarah Esther de Lima Costa¹
Renato Vinícius Oliveira Castro²; Rosimeire Cavalcante dos Santos¹;

¹Unidade Acadêmica especializada em Ciências Agrárias, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil;

²Departamento de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São João Del Rei, Brasil;

cynthiapss@live.com¹; izabelle.rodriguesferreira@gmail.com¹; sarahcostaa@yahoo.com.br¹; castrorvo@ymail.com²;
meire_caico@yahoo.com.br¹;

Resumo: A peletização de resíduos consiste na compactação destes, de modo a obter produtos com maior densidade. Dentre outras, pode-se citar como vantagens desta técnica, a redução nos custos com transporte do material combustível, facilitação no uso do produto final, além de aumentar a quantidade de energia por unidade de volume. Como exemplo de resíduos passíveis de serem utilizados como fonte de energia, a partir da produção de pellets, tem-se o Capim Elefante (*Pennisetum purpureum Schum*) e o Sorgo (*Sorghum bicolor*). Dentro deste contexto o objetivo desse trabalho foi apresentar as características de pellets produzidos com resíduos de Capim Elefante (*Pennisetum purpureum Schum*), assim como àqueles produzidos com Sorgo biomassa (*Sorghum bicolor*). Para tanto, adotou-se, para as análises dos pellets de Sorgo, os seguintes tratamentos: T1: 100% Sorgo, T2: Sorgo + adição de amido de trigo e T3: Sorgo + adição de vapor. Para os pellets produzidos com Capim Elefante, adotou-se os tratamentos: T1: 100% Capim, T2: Capim + adição de amido de trigo e T3: Capim + adição de vapor. Em todos os tratamentos os pellets foram confeccionados em peletizadora laboratorial com matriz circular horizontal. Para ambos, as análises para os resíduos foram umidade, poder calorífico útil e análise química imediata. E para os pellets de Sorgo e os de Capim Elefante os parâmetros foram Poder Calorífico Útil, Densidade a Granel, Porcentagens de Finos, Umidade de Equilíbrio Higroscópico e Densidade Energética. Concluiu-se que as biomassas de Capim Elefante (*Pennisetum purpureum Schum*) e Sorgo (*Sorghum bicolor*) mostram-se viáveis para a produção de pellets, os produtos obtidos foram homogêneos e de fácil manuseio. Sendo a produção de pellets uma alternativa viável para o reaproveitamento desses resíduos. Por fim, ressalta-se a necessidade de novos estudos com essa biomassa estudadas, bem como diferentes tratamentos para produção de pellets.

Palavras-Chave: Sorgo, capim elefante, pellets, potencial energético

Introdução

A pelletização de resíduos consiste na compactação destes, de modo a obter produtos com maior densidade aparente (em kg/m^3), assim como densidade energética (em kcal/m^3) quando comparadas às dos resíduos originais. A pelletização é um processo de densificação da biomassa com o objetivo de reduzir seu volume, baratear o transporte, facilitar seu uso final, além de aumentar a quantidade de energia por unidade de volume (DIAS et al., 2012; Carvalho et al. 2013;).

Na busca de novas fontes de biomassa para energia tem-se testado os mais variados tipos, como resíduos industriais, urbanos, agrícolas e florestais. A biomassa de origem vegetal é produzida por meio do processo fotossintético que sequestra o carbono atmosférico fixando-o nas substâncias constituintes das plantas. As espécies florestais são as mais utilizadas para a geração de energia, porém a busca por outras biomassas é interessante para reduzir a dependência dessas espécies e descentralizar a produção.

Nesse contexto tem-se o Capim Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum), cultura comumente utilizada na alimentação de animais, e há alguns anos vem sendo estudada para fins energéticos por apresentar características favoráveis a este uso, além de boa produtividade e técnicas de produção já dominadas. Pode-se citar, também o chamado Sorgo biomassa (*Sorghum bicolor*) que têm sido pesquisado pela Embrapa (2013) e apresenta qualidade para gerar energia com poder calorífico similar ao da cana-de-açúcar e da madeira de eucalipto. Esses materiais podem ser utilizados em usinas termelétricas, como também em indústrias que utilizam caldeiras e geram energia para consumo próprio.

O objetivo deste trabalho foi apresentar as características de pellets produzidos com resíduos de Capim Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum), assim como àqueles produzidos com Sorgo biomassa (*Sorghum bicolor*).

Metodologia

Preparo dos materiais e análises realizadas nos resíduos

Para a confecção dos pellets, utilizou-se como matéria prima resíduos de Sorgo biomassa (*Sorghum bicolor*) e resíduos de Capim Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum), doados pelo Laboratório de Painéis e Energia da Madeira (LAPEM) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), composto por folhas, caules e, ambos, obtidos a partir de plantios instalados em áreas do Departamento de Zootecnia da UFV.

Inicialmente, os materiais foram triturados em moinho de laboratório tipo Wiley, de acordo com a norma 257 om-52. Em seguida, foi realizado peneiramento dos materiais utilizando-se peneiras n° 16 internacional, com malha de 40 mesh e n° 24 internacional, com malha de 60 mesh, (American Society for Testing and Materials - ASTM, 1982), sendo utilizada a porção retida na peneira de 60 mesh, gerando as partículas.

O teor de umidade das partículas foi determinado utilizando-se 3 amostras de cada tratamento, com aproximadamente 0,500 gramas. Estas foram colocadas no aparelho analisador de umidade de infravermelho modelo MB35 Halogen, da marca Ohaus a uma temperatura de 105°C. O referido aparelho é composto por balança de precisão e por uma unidade de secagem por luz halógena, que opera segundo o princípio termogravimétrico para secar as amostras e mensurar até a massa obter valor constante. A umidade do amido também foi mensurada, utilizando-se o mesmo princípio.

A determinação da composição química estrutural foi realizada por meio da determinação dos teores de extrativos totais, realizada em duplicata, conforme a norma TAPPI 204 om-88 TAPPI (1996). Os teores de lignina insolúvel foram determinados em duplicata pelo método Klason, modificado de acordo com o procedimento proposto por Gomide e Demuner (1986). O teor de holocelulose (celulose e hemicelulose) foi obtido pelo somatório dos teores de extrativos e lignina totais, decrescido de 100.

A composição química imediata foi determinada de acordo com os procedimentos descritos na norma ABNT NBR 8112 (1986), utilizando uma mufla, para obtenção dos valores de materiais voláteis, teor de cinzas e teor de carbono fixo.

Produção e avaliação da qualidade dos pellets

Para os pellets produzidos com as partículas de SORGO foram utilizadas sob três tratamentos cada, a saber: T1: 100% SORGO; T2: SORGO + 400g de amido de trigo e T3: SORGO sob adição de vapor e para àqueles produzidos com CAPIM ELEFANTE: T1: 100% CAPIM; T2: CAPIM + 400g de amido de trigo e T3: CAPIM sob adição de vapor.

Utilizou-se uma prensa pelletizadora laboratorial com matriz circular horizontal. As dimensões dos canais de compressão da matriz consistiam em diâmetro interno de entrada 7,0 mm e de saída 6,3 mm e 30 mm de comprimento. A temperatura de pelletização variou de 99 a 112°C e a velocidade de rotação dos roletes foi de 1500 rpm.

Para a avaliação da qualidade dos *pellets* tanto do Sorgo quanto do Capim foram realizadas as análises de Poder Calorífico Superior, Poder Calorífico Útil, Densidade a Granel, Porcentagens de Finos, Umidade de Equilíbrio Higroscópico e Densidade Energética.

O Poder Calorífico Superior (PCS) foi determinado seguindo-se a norma ABNT NBR 8633 (1984), com a utilização de uma bomba calorimétrica adiabática.

Para determinar o Poder Calorífico Útil foi utilizada a seguinte fórmula (1):

$$PCU = [PCI \times (1 - U)] - 600U \quad (1)$$

Sendo:

PCU = Poder Calorífico Útil (kcal/kg);

U = umidade em base seca (%);

PCI = poder calorífico inferior.

A densidade a granel (kg/m³) foi obtida de acordo com a norma EN 15103 (DIN, 2010).

Para a determinação da porcentagem de finos, o fluxo de ar tinha pressão de 30 milésimos de bar (mbar) e duração de 30 segundos. Posteriormente, as amostras sem finos foram submetidas a outro fluxo de ar controlado (70 mbar) durante 60 segundos para determinação da durabilidade mecânica.

A umidade de equilíbrio higroscópico (UEH) dos *pellets* foi determinada após as amostras de biomassas serem acondicionados em câmara climática, sob temperatura de 23°C e umidade relativa do ar de 65% até atingirem massa constante.

A densidade energética dos *pellets* foi obtida através da multiplicação do poder calorífico útil pela densidade a granel dos *pellets*, sendo apresentada em MJ/m³.

O experimento foi analisado segundo um delineamento inteiramente casualizado, com três tratamentos para cada biomassa: TS1 100% Sorgo, TS2 Sorgo + adição de amido de trigo e TS3 Sorgo sob a adição de vapor, e para o Capim, TC1 100% capim, TC2 capim + adição de amido de trigo e TC3 capim sob a adição de vapor.

Os dados foram submetidos aos testes de Lilliefors para testar a normalidade, e Cochran para testar a homogeneidade das variâncias.

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa STATISTICA 8.0 (STATSOFT, INC, 2009).

Resultados e discussão

Os resultados para as análises de umidade, poder calorífico útil e análise química imediata dos resíduos utilizados para a produção dos pellets estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores médios de umidade, poder calorífico útil e análises química imediata dos materiais utilizados para a produção dos *pellets*

Propriedades	Biomassas		
	Sorgo	Amido	Capim
Umidade _{bu} (%)*	4,61	7,7	12,79
Poder Calorífico Útil (Kcal/Kg)	3605,31	3302,41	3594,5
Voláteis (%)	83	98	73,56
Cinzas (%)	3	1	11,45
Carbono fixo (%)	14,45	1,89	15,00

*Umidade em base seca.

Segundo Obernberger e Thek (2010) a umidade da matéria-prima para produção de pellets deve estar entre 8,0 a 12,0%, pois quando a umidade se encontra abaixo desse intervalo dificulta a transferência de calor e conseqüentemente a plastificação da lignina e quando está acima do intervalo o diâmetro e o comprimento não são estáveis.

De acordo com os resultados, não houve diferenças significativas do poder calorífico superior entre o Sorgo, o amido e o capim usados para a produção dos *pellets*.

Observa-se que o teor de materiais voláteis do Amido foi superior aos valores das biomassas. Segundo Carrol (2012) os materiais voláteis são importantes para liberação rápida de energia, logo quanto maior o teor de voláteis maior a velocidade de queima na fase gasosa.

O teor de cinzas do Capim foi muito superior ao observado para o amido e para o sorgo, logo, não se espera um aumento desta variável nos pellets com adição do amido no tratamento TC2, visto que baixos teores de cinzas na biomassa do Capim têm pouca influência direta no processo de pelletização, já o valor de cinzas do Capim, por ser superior a 10% irá causar desgaste dos roletes e da matriz de pelletização, diminuindo, assim, a vida útil do equipamento (Obernberger; Thek, 2010), sendo assim, o valor do teor de cinzas do capim não está na margem de aceitação

Os teores de Carbono fixo do Capim e do Sorgo foram similares e maiores ao observado no amido, provavelmente devido a composição química estrutural de tal biomassa. Dessa forma o

carbono fixo segue uma relação indireta com o teor de voláteis, quanto maior o teor de voláteis, menor o teor de carbono fixo.

Baixos teores de cinzas na biomassa têm pouca influência direta no processo de pelletização, porém se o teor de cinzas for maior que 10%, irá causar desgaste dos roletes e da matriz de pelletização, diminuindo a vida útil do equipamento (Oberberger e Thek, 2010), sendo assim, os dois valores bem aceitos.

Os resultados para as análises de Poder Calorífico Útil, Densidade a Granel, Porcentagens de Finos, Umidade de Equilíbrio Higroscópico e Densidade Energética. Onde, TS1 100% Sorgo, TS2 Sorgo + adição de amido de trigo e TS3 Sorgo sob a adição de vapor, e para o Capim, TC1 100% capim, TC2 capim + adição de amido de trigo e TC3 capim sob a adição de vapor.

Tabela 2. Valores médios das propriedades energéticas

	<i>PCU (Kcal/kg)</i>	<i>Densidade a granel (Kg/m³)</i>	<i>Finos (%)</i>	<i>Densidade Energética (MJ/kg)</i>
<i>TC1 (100%Cap)</i>	3425,1	709,0	0,12	10175,0
<i>TC2 (CapAmido)</i>	3218,0	686,9	0,03	9261,2
<i>TC3 (CapVapor)</i>	3479,7	691,6	0,05	10081,8
<i>TS1 (100%sorg)</i>	3660,4	735,1	0,008	11104792,8
<i>TS2 (SorgAmido)</i>	3302,4	705,1	0,078	10815303,3
<i>TS3 (SorgVapor)</i>	3638,1	717,2	0,017	10933075,9

Em relação ao poder calorífico útil (PCU) das partículas, entre os tratamentos produzidos com o aditivo de amido obtiveram os menores valores, podendo considerar a relação inversamente proporcional com a umidade. Segundo Pereira (2014), observou-se a influência da umidade no PCU.

Observa-se que a densidade a granel foi superior a 300 kg.m³ para todos os materiais avaliados. De acordo com Tumuluru et al. (2011), normalmente, a densidade a granel de resíduos agrícolas e gramíneas variam de 80 a 150 kg.m³ e a densidade a granel da madeira, em cavacos ou 16 serragem, de 150 a 250 kg.m³. Portanto, os valores obtidos não são condizentes com os valores encontrados por este autor.

De acordo com a norma DIN EN 14588, finos são partículas com dimensões inferiores a 3,15 mm, gerados com o atrito entre os *pellets*. A presença de finos é indesejável, uma vez que se

for acima do valor máximo estipulado, pode causar explosões em silos de armazenamento (Tumuluru et al., 2011), além de riscos à saúde.

Com relação a esta propriedade, os *pellets* de todos os tratamentos atenderam as especificações das normas, menor que 2, apesar disso, observa-se que com a adição de amido o valor para essa propriedade é mais alto.

Observa-se que os *pellets* produzidos com Sorgo+vapor (TS3) apresentaram maior densidade energética, e isso se deve a maior densidade a granel destes tratamentos.

Obernberger e Thek (2010) citam que a capacidade requerida para transporte e armazenamento é reduzida com o aumento da densidade de energética. Isto porque, quanto maior for a densidade a granel dos pellets mais elevada é sua densidade energética e maior será a massa transportada ou armazenada num *container* ou silo de volume fixo (Obernberger; Thek, 2010; Carroll; Pereira 2014).

Os *Pellets* com maior densidade energética são desejáveis porque liberam, durante a sua queima, maior quantidade de energia por unidade volumétrica, ou seja, a quantidade de energia transportada ou armazenada em um mesmo volume é aumentada quando tem-se *pellets* com maiores densidades energéticas (Pereira, 2014).

Conclusões

De acordo com os parâmetros avaliados, as biomassas de Capim Elefante (*Pennisetum purpureum Schum*) e Sorgo (*Sorghum bicolor*) mostram-se viáveis para a produção de pellets, os produtos obtidos foram homogêneos e de fácil manuseio. Sendo a produção de pellets uma alternativa viável para o reaproveitamento desses resíduos.

Por fim, ressalta-se a necessidade de novos estudos com essa biomassa estudadas, bem como diferentes tratamentos para produção de pellets.

Referências

ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR 7993 Madeira - determinação da umidade por secagem em estufa reduzida a serragem - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR 8112 - Análise química imediata do carvão vegetal. Rio de Janeiro, 1981.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR 8633 - Carvão vegetal - Determinação do poder calorífico. Rio de Janeiro, 1986.

CARVALHO, A. M. M. L.; PEREIRA, B. L. C.; SOUZA, M. M. Produção de pellets de madeira. In. SANTOS, F.; COLODETTE, J.; QUEIROZ, J. H. Bioenergia e Biorrefinaria – cana-de-açúcar e espécies florestais. 1. ed. Viçosa: UFV, 2013.

CARROLL, J. P.; FINNAN, J. Physical and chemical properties of pellets from energy crops and cereal straws. Biosystems Engineering, v. 112, n. 2, p. 151-159, 2012.

DEUTSCHES INSTITUT FUR NORMUNG - DIN EN 14961-2 Solid biofuels – Fuel specifications and classes – Part 2: Wood pellets for non-industrial use. Alemanha, 2011.

DEUTSCHES INSTITUT FUR NORMUNG - DIN EN 14961-6 - Solid biofuels – Fuel specifications and classes - Part 6: Wood pellets for non-industrial use. Alemanha, 2012.

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

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

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

DIAS, J. M. S. et al. Produção de briquetes e pletes a partir de resíduos agrícolas, agroindustriais e florestais. Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2012.

DIAS, J.J.M. Utilização da biomassa: avaliação dos resíduos e utilização de pellets em caldeiras domésticas. Universidade Técnica de Lisboa. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Lisboa, 2002. 112p.

OBERNBERGER, I.; THEK, G. The Pellet Handbook-The production and thermal utilisation of biomass pellets. Earthscan. ISBN 978-1-84407-631-4, 2010.

PEREIRA, B. L. C. Propriedades de pellets: biomassas, aditivos e tratamento térmico. 2014. 73f. Dissertação (Doutorado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2014.

STATSOFT, Inc. STATISTICA (data analysis software system), version 8. 2009. (Software Estatístico).

TUMULURU, J. S. Effect of process variables on the density and durability of the pellets made from high moisture corn stover. Biosystems Engineering, v. 119, p. 44- 57, 2014.

TUMULURU, J. S.; WRIGHT, C. T.; HESS, J. R.; KENNEY, K. L. A review of biomass densification systems to develop uniform feedstock commodities for bioenergy application. Biofuels, Bioproducts and Biorefining, v. 5, n. 6, p. 683-707, 2011.

TAPPI TECHNICAL DIVISIONS AND COMMITTEES. TAPPI test methods. Atlanta, 1998. 46 p