II Congresso Internacional das Ciências Agrárias COINTER - PDVAgro 2017

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DE BRIQUETES PRODUZIDOS A PARTIR DE RESÍDUOS DE BAMBU (*Bambusa vulgaris*) E SERRAGEM DE ANGELIM VERMELHO (*Dinizia excelsa* Ducke)

Apresentação: Comunicação Oral

Djailson Silva da Costa Júnior¹; Elias Costa de Souza²; Yanka Beatriz Costa Lourenço³ Pedro Paulo Barros Interaminense⁴; Alexandre Santos Pimenta⁵

Resumo

Este trabalho teve como objetivo realizar a caracterização física dos briquetes produzidos a partir da mistura de resíduos de bambu e serragem de angelim vermelho, buscando classificar fisicamente estes briquetes e avaliar sua viabilidade técnica. Os resíduos de bambu foram coletados na empresa *Espetinhos Dona Maria* Ltda, localizada em Nazaré da Mata – PE, que utiliza varas de bambu colhidas em plantios de *Bambusa vulgaris* Schard, para produção de espetinhos para uso doméstico e comercial. A serragem de Angelim vermelho (*Dinizia excelsa* Ducke) foi coletada em uma marcenaria localizada no município de Macaíba - RN. Para produção dos briquetes foi utilizada uma briquetadeira hidráulica, marca LIPPEL, modelo LB-32, com matriz cilíndrica com dimensões internas de 35 mm de comprimento, 45 mm de largura e 280 mm de altura. Para produção de cada briquete, utilizou-se uma massa de partículas de 30 g, com teor de umidade de 8%. Para todos os tratamentos, utilizou-se tempo de compactação de 5 minutos à uma pressão de 150 Bar, e resfriamento de 2 minutos. Após a confecção, os briquetes foram condicionados por 30 dias em câmara climática a 20 °C $\pm$ 3, à 60% de umidade relativa do ambiente. Para avaliar a qualidade dos briquetes determinou-se a expansão volumétrica (Ohana, 2012), a densidade aparente NBR 11941 (ABNT, 2003); resistência à compressão longitudinal diametral Quirino & Brito (1991) e a friabilidade NBR 7402 (ABNT, 1982). O experimento foi executado em um delineamento inteiramente casualizado envolvendo três temperaturas da matriz da briquetadeira, 120 °C, 130 °C e 140 °C, e cinco proporções de resíduos de bambu e serragem, a saber, 1/0, 3/1, 1/1, 1/3 e 0/1, resultando em 15 tratamentos com 10 repetições, totalizando 150 briquetes. Ao fim deste trabalho, foi possível concluir que o uso de misturas dos resíduos de bambu com serragem de angelim vermelho no processo de briquetagem se mostrou tecnicamente viável, visto que foi possível produzir briquetes com altas propriedades físicas. Foi observado, também, que os tratamentos que possuíam apenas serragem apresentaram melhores resultados de expansão volumétrica, indicando que o material influenciou mais que a temperatura de briquetagem. Foi constatado que quanto maior a proporção de bambu, maior a resistência dos briquetes. Resultado diferente do esperado, haja visto a maior uniformidade das partículas de serragem.

Palavras-Chave: Resíduos lignocelulósicos, energia da biomassa, compactação da biomassa.

¹ Doutorando em Ciências Florestais, UFRPE, djailson_junior@hotmail.com

² Mestrado em Ciências Florestais, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, eliasrem@hotmail.com

³ Engenharia Florestal, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, yankalourenco97@gmail.com

⁴ Engenharia Florestal, UFRPE, pinteraminense@gmail.com

⁵ Pós-Doutor, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, alexandre_spimenta@hotmail.com

Introdução

Com a aceleração da urbanização mundial, aumentando sua necessidade energética, a matriz energética brasileira concentrava-se nas fontes derivadas do petróleo, porém, o uso da biomassa na geração de energia, na década de 80, se deve à expansão da siderurgia a carvão vegetal substituindo o óleo combustível, ao bagaço de cana utilizado na produção de álcool. (OSHIRO, 2016).

A biomassa vegetal é uma alternativa excelente para suprir as necessidades atuais de energia a preço e impacto ambiental baixo, sendo na maioria das vezes resíduo gerado de atividades agroindustriais, diminuindo assim a pressão sobre os recursos naturais que são diretamente explorados como fonte de energia (QUIRINO, 2012)

Entretanto, a utilização dessa biomassa agroflorestal acarretou em uma grande geração de resíduos depositados de maneira inadequada no ambiente, onde gerava impactos ambientais e desperdício de matéria-prima. A fim de minimizar os danos relacionados a essa grande geração de resíduos sólidos, buscou-se novas formas de tratamento para reutilizar esses resíduos de forma que pudesse agregar valor comercial para as indústrias. Segundo Schütz et al. (2010), o aproveitamento destes resíduos através do briquete possibilita até a substituição da lenha. E esta substituição tem ganhado espaço nos últimos anos, entretanto, para poder concluir se um material e a forma a qual ele é produzido é bom para gerar energia, análises devem ser realizadas.

Bambu, do gênero *Bambusa*, vem sendo cultivado em larga escala no nordeste brasileiro para as mais diversas finalidades, sobretudo nos estados do Maranhão, Pernambuco e Paraíba. A espécie é utilizada para fins energéticos, construção civil, revestimentos internos, artesanatos e produção de papel. (DIAS JÚNIOR 2016). A biomassa do bambu pode variar de 50 a 100 t ano, Dias Júnior et. al. 2014 produziu briquetes de resíduos de bambu, na qual apresentou degradação térmica mais rápida, maior resistência à compressão, além de teor de materiais voláteis e poder calorífico mais elevado, comparado a briquetes de moinha de carvão vegetal.

Desta forma, este trabalho teve como objetivo realizar a caracterização física dos briquetes produzidos a partir da mistura de resíduos de bambu e serragem de angelim vermelho, buscando classificar fisicamente estes briquetes e avaliar sua viabilidade técnica.

Fundamentação teórica

A briquetagem surgiu nos Estados Unidos em 1848, concedida por um patente a William Easby para um método de conversão de carvão miúdo em torrões sólidos. Após atingir toda a Europa, foi utilizada no Brasil a partir da Alemanha. (QUIRINO et. al. 2012). Os briquetes surgiram como alternativa ao uso da lenha, desde o uso em caldeiras nos processos industriais, e ainda, em uso doméstico (FERNANDEZ 2017).

Os briquetes são produtos provenientes da compactação de um ou mais resíduos lignocelulósicos, através de pressões e temperaturas (SILVA, 2007). Sendo considerada uma forma bastante eficiente para concentrar a energia disponível da biomassa, tendo em vista que 1,0m³ de briquetes contém de 2 a 5 vezes mais energia que 1,0m³ de resíduos, levando-se em consideração a densidade a granel e o poder calorífico médio desses materiais (SILVEIRA, 2008).

Há referências como Paula et. al. (2011) indicando que uma das formas de tratamento dos resíduos pode ser por meio do processo de briquetagem. Silveira et. al. (2008) conceitua briquetagem de resíduos lignocelulósicos, como serragem e forragem, em um processo de compactação que geralmente possuem baixa densidade, homogeneizando em termos de umidade, granulometria e densidade, o que torna transporte do produto mais barato.

Os briquetes de *Bambusa vulgaris* produzidos por Costa (2004), apresentaram, para o teor de materiais voláteis, o valor de 75%, o que, segundo Barros (2014), pode está diretamente ligado aos compostos orgânicos presentes no material e que apresentam alto e/ou baixo poder calorífico, influenciando, assim, seu poder de combustão e queima.

Angelim Vermelho (*Dinizia excelsa Ducke*) é uma espécie de ocorrência Amazônica. Sua utilização abrange as áreas da construção civil e para arborização de praças e grandes jardins. O angelim vem se destacando nos últimos anos como uma das espécies florestais mais empregadas pelo segmento madeireiro dos estados do Amazonas e Pará (BARAÚNA, 2011).

Fernandez et. al. (2016), produziu briquetes com diferentes biomassas, onde a maior expansão se deu nos briquetes do tratamento com 100 % de bagaço de cana-de açúcar enquanto a menor expansão ocorreu no briquete com 100 % angelim-vermelho.

Visto que há na literatura trabalhos relacionados as duas espécies, faz-se necessário um maior estudo sobre a potencialidade das mesmas, e suas misturas, para a geração de energia.

Metodologia

Os resíduos de bambu foram coletados na empresa *Espetinhos Dona Maria Ltda*, localizada em Nazaré da Mata – PE, que utiliza varas de bambu colhidas em plantios de *Bambusa vulgaris* Schard, para produção de espetinhos para uso doméstico e comercial. A serragem de Angelim vermelho (*Dinizia excelsa Ducke*) foi coletada em uma marcenaria localizada no município de Macaíba - RN.

Para produção dos briquetes foi utilizada uma briquetadeira hidráulica, marca LIPPEL, modelo LB-32, com matriz cilíndrica com dimensões internas de 35 mm de comprimento, 45 mm de largura e 280 mm de altura. Para produção de cada briquete, utilizou-se uma massa de partículas de 30 g, com teor de umidade de 8%. Para todos os tratamentos, utilizou-se tempo de compactação

de 5 minutos à uma pressão de 150 Bar, e resfriamento de 2 minutos. Após a confecção, os briquetes foram condicionados por 30 dias em câmara climática a $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3$, à 60% de umidade relativa do ambiente.

Para avaliar a qualidade dos briquetes determinou-se a expansão volumétrica (Ohana, 2012), a densidade aparente NBR 11941 (ABNT, 2003); resistência à compressão longitudinal diametral Quirino & Brito (1991) e a friabilidade NBR 7402 (ABNT, 1982).

O experimento foi executado em um delineamento inteiramente casualizado envolvendo três temperaturas da matriz da briquetadeira, $120\text{ }^{\circ}\text{C}$, $130\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $140\text{ }^{\circ}\text{C}$, e cinco proporções de resíduos de bambu e serragem, a saber, 1/0, 3/1, 1/1, 1/3 e 0/1, resultando em 15 tratamentos com 10 repetições, totalizando 150 briquetes, como mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Tratamentos e suas respectivas temperaturas e proporções de resíduos

Tratamento	Temperatura	Proporção de bambu/serragem
T1	120°C	1/0
T2	120°C	3/1
T3	120°C	1/1
T4	120°C	1/3
T5	120°C	0/1
T6	130°C	1/0
T7	130°C	3/1
T8	130°C	1/1
T9	130°C	1/3
T10	130°C	0/1
T11	140°C	1/0
T12	140°C	3/1
T13	140°C	1/1
T14	140°C	1/3
T15	140°C	0/1

Os dados foram inicialmente submetidos ao teste de Shapiro Wilk para avaliação da normalidade. Verificada essa pressuposição, realizou-se análise de variância (ANOVA), e quando detectadas diferenças significativas entre os tratamentos, aplicou-se o teste de Tukey para comparações das médias.

Resultados e discussões

Ao fim das análises estatísticas, foi possível realizar algumas considerações sobre as características físicas dos briquetes que foram produzidos. As médias da densidade, expansão volumétrica e tensão de ruptura dos diferentes tratamentos foram apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores médios dos diferentes tratamentos

Tratamento	D (g.cm ³)	EVol (%)	TR (kgf.cm ²)
T1	1,10 a	1,41 a	102,87 a
T2	1,10 a	4,19 b	102,08 a
T3	1,11 a	9,05 c	91,77 a
T4	1,13 a	8,33 c	70,70 ab
T5	1,14 a	7,58 bc	51,86 b
T6	1,16 a	2,78 a	117,98 a
T7	1,16 a	5,22 b	117,89 a
T8	1,15 a	4,28 b	113,26 a
T9	1,17 a	2,24 ab	97,74 ab
T10	1,15 a	3,71 ab	74,90 b
T11	1,15 a	5,79 b	120,95 a
T12	1,15 a	6,58 bc	122,29 a
T13	1,14 a	5,95 b	107,22 a
T14	1,13 a	8,83 c	89,47 ab
T15	1,14 a	6,99 bc	69,70 ab
Média	1,14	5,53	96,71
DP	0,0221	2,4051	21,65

Onde: D= densidade; EVol= Expansão volumétrica; TR: Tensão de ruptura. Médias acompanhadas pelas mesmas letras na coluna não apresentam diferença estatística pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Foi constatado que os briquetes que apresentaram menores valores de expansão volumétrica foram os produzidos na temperatura de 120 °C, com a proporção 1/0 (bambu/serragem), que apresentou uma expansão volumétrica igual a 1,41%. Na mesma temperatura de compactação, para as misturas de resíduos de bambu e serragem, os valores mais baixos foram determinados para as proporções de 3/1 e 0/1, respectivamente 4,9 e 7,58%. Yamaji et al. (2013), ao estudarem a expansão volumétrica em briquetes constituídos de diversos resíduos, verificaram menores expansões volumétricas ao aplicar diferentes temperaturas no processo de compactação. Neste estudo adotou-se tal procedimento de modo a verificar essa influência, verificando-se pelos dados experimentais que, para misturas bambu/serragem, temperaturas de compactação não influenciaram diretamente na expansão volumétrica dos briquetes. Os tratamentos que possuíam apenas serragem apresentaram melhores resultados de expansão volumétrica, indicando que o material influenciou mais que a temperatura de briquetagem.

Os valores da densidade aparente dos briquetes produzidos no presente trabalho, que se encontram na faixa de 1,10 a 1,17 g.cm³, com média de 1,14 g.cm³, foram mais altos quando comparado aos valores encontrados por Dias Júnior et al. (2014), que produziram briquetes de resíduos de bambu em mistura com moinha de carvão vegetal, em diferentes proporções, todavia,

sem aplicação de diferentes temperaturas durante a compactação, determinando valores na faixa de 0,21 a 0,68 g.cm³.

As densidades aparentes dos briquetes também foram superiores aos valores obtidos por Chrisostomo (2011) que, ao avaliar briquetes de serragem de eucalipto, serragem de pinus e bagaço de cana, obteve valores na faixa de 0,84 a 0,87 g.cm³. Segundo Souza e Vale (2017), valores maiores de densidade aparente são desejáveis, visto que há uma relação diretamente proporcional entre o aumento da densidade aparente e a densidade energética, o que se reflete em economia em transporte e menor espaço para armazenamento (Brand, 2010). Benício (2011), ao produzir briquetes com uma mistura de moinha de carvão e resíduos oriundos da fabricação de papel, obteve uma densidade média de 0,66 g.cm³, valor inferior aos valores observados em todos os tratamentos neste trabalho.

Nos testes de friabilidade, em todos os tratamentos produzidos, não houve produção de finos, o que é muito desejável, do ponto de vista de manuseio em transporte de carga e descarga, haja visto que os briquetes que foram produzidos não irão ser danificados durante estas etapas. Esse comportamento está relacionado com uma boa agregação das partículas durante a formação dos briquetes, o que impede sua desagregação, mesmo que em partículas menores, durante o manuseio (Dias Júnior et al., 2014).

Todos os tratamentos deste trabalho apresentaram uma tensão de ruptura superior a 50 kgf.cm⁻², com o maior resultado chegando a 122 kgf.cm⁻², indicando uma forte interação entre o material e as temperaturas de compactação que foram utilizadas na produção dos briquetes, no qual as partículas de bambu apresentaram valores mais altos de resistência. Como observado na Tabela 2, quanto maior a proporção de bambu, maior a resistência dos briquetes. Resultado diferente do esperado, haja visto a maior uniformidade das partículas de serragem. Quirino & Brito (1991), ao analisarem briquetes produzidos com carvão vegetal e serragem, encontraram resistência a compressão média de 31,71 kgf.cm⁻², valor inferior àqueles determinados neste estudo. Dias Júnior et al. (2014) ao analisarem briquetes de moinha de carvão e bambu obtiveram valores variando de 42,00 a 80,40 kgf.cm⁻², estes resultados também foram inferiores aos obtidos neste trabalho.

No trabalho realizado por Paula et al. (2011), foram valores médios de 33,15 Kgf.cm⁻² nos briquetes produzidos a partir da casca do arroz, valor inferior aos valores encontrados neste trabalho. Já Santos et al. (2011), ao produzir utilizando a madeira da jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* W.), com uma temperatura de compactação igual 120°C encontrou valores médios de 44,33 Kgf.cm⁻², sendo ainda inferior ao resultado mais baixo deste trabalho.

Conclusões

Ao fim deste trabalho, foi possível concluir que o uso de misturas dos resíduos de bambu com serragem de angelim vermelho no processo de briquetagem se mostrou tecnicamente viável, visto que foi possível produzir briquetes com altas propriedades físicas.

Foi observado, também, que os tratamentos que possuíam apenas serragem apresentaram melhores resultados de expansão volumétrica, indicando que o material influenciou mais que a temperatura de briquetagem. Foi constatado que quanto maior a proporção de bambu, maior a resistência dos briquetes. Resultado diferente do esperado, haja visto a maior uniformidade das partículas de serragem.

Referências

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7402 – Carvão vegetal –determinação granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 1982. 3p.

ABNT. NBR 11941 – Madeira – Determinação da densidade básica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003. 6p.

BARAÚNA, E.P. Tratamento térmico de madeira serrada do angelim pedra (*Dinizia excelsa* Ducke) com boro. *Journal of biotechnology and Biodiversity*. Vol. 2. N.1. Fevereiro, 2011.

BARROS, J.L. Caracterização de blendas e briquetes de carvões vegetal e mineral. 2014. 121 f. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Materiais) – Centro de Ciências e Tecnologias para Sustentabilidade, Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba.

BRAND, M. A. Energia de Biomassa Florestal. Rio de Janeiro: Interciência, 2010.

CHRISOSTMO, W. Estudo da compactação de resíduos lignocelulósicos para utilização como combustível sólido. São Carlos: UFSCAR, 2011. 67p. Dissertação Mestrado

COSTA, T. M. S. Estudo da viabilidade técnica do emprego do bambu da espécie *Bambusa vulgaris* Schard como carvão vegetal. 2004. 62 f. Dissertação (Mestrado em Ciência em Tecnologia Nuclear-Materiais) – Instituto de Pesquisa Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, SP.

DIAS JÚNIOR, A.; ANDRADE, A. M.; COSTA JÚNIOR, D. S.; Caracterização de briquetes produzidos com resíduos agroflorestais; V. 34, N.79, 2014.

DIAS JÚNIOR, F. A., ANDRADE, A. M., CARVALHO, A. M., BENICIO, E. L.. e BRITO, J. O.; Produção de briquetes de moinha de carvão vegetal e resíduos lignocelulósicos visando uso bioenergético; *Sci. For.*, Piracicaba, v. 44, n. 110, p. 453-462, jun. 2016.

FERNANDEZ, B. O., GONÇALVES, B. F., PEREIRA, A. C. C., HANSTED, A. L. S., PÁDUA, F. A., RÓZ, A. L., YAMAJIA, F. M; Características Mecânicas e Energéticas de Briquetes Produzidos a partir de Diferentes Tipos de Biomassa; *Rev. Virtual Quim.* Vol 9; No. 1; 29-38, 2016.

OSHIRO, T. L.; Produção e caracterização de briquetes produzidos com resíduos lignocelulosicos; UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ; Londrina, 2016.

OHANA, C. C. Utilização dos resíduos do processamento de teca (*Tectona grandis* L.f) na produção de briquetes. Seropédica: UFRRJ, 2012. 52p. Dissertação Mestrado

PAULA, E. L. R., TRUGILHO, P. F., REZENDE, R. N., ASSIS, C. O., BALIZA, A. E. R.; Produção e avaliação de briquetes de resíduos lignocelulósicos; Pesq. flor. bras., Colombo, v.31, n.66, p. 103-112, abr./jun. 2011.

QUIRINO, W. F.; BRITO, J. O. Características e índice de combustão de briquetes de carvão vegetal. Brasília: LPF/IBAMA, 18p.1991. Série Técnica, 13

QUIRINO, W. F., PINHA, O. V. I., MOREIRA, O. C. A., SOUZA, F., TOMAZELLO FILHO, M.; Densitometria de raios x na análise da qualidade de briquetes de resíduos de madeira. Sci. For., Piracicaba, v. 40, n. 96, p. 525-536, dez. 2012.

SILVA, C.A. Estudo técnico-econômico da compactação de resíduos madeireiros para fins energéticos. 2007. 68p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

SILVEIRA, M. S.; Aproveitamento das casas de coco verde para produção de briquete em Salvador - BA; Dissertação (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo). – Universidade Federal da Bahia. Escola Politécnica, 2008.

SOUZA, F.; VALE, A. T.. Densidade energética de briquetes de biomassa lignocelulósica e sua relação com os parâmetros de briquetagem. **Pesquisa Florestal Brasileira**, [s.l.], v. 36, n. 88, p.405-413, 11 jan. 2017. Embrapa Florestas. <http://dx.doi.org/10.4336/2016.pfb.36.88.879>.

SCHÜTZ, F. C. A.; ANAMI, M. H.; TRAVESSINI, R. Desenvolvimento e ensaio de briquetes fabricados a partir de resíduos lignocelulósicos da agroindústria. Inovação e Tecnologia, v. 1, n. 1, p. 1-8, 2010.

YAMAJI, F.M; VENDRASCO, L; CHRISOSTOMO, W; FLORES, W. P. Análise do comportamento higroscópico de briquetes. Revista Energia na Agricultura, v.28, n.1, p. 11-15, 2013.