



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

PRODUÇÃO DE BRIQUETES DE RESÍDUOS AGROFLORESTAIS

Tharles Pereira e Silva¹

Norma Maciel²

Amanda Arantes Junqueira²

Carlos Silveira²

Alexandre Monteiro de Carvalho³

Azarias Machado de Andrade⁴

¹ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

² Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais / Instituto de Floresta / Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

³ Departamento de Produtos Florestais / Instituto de Floresta / Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

⁴ Departamento de Produtos Florestais / Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

PRODUÇÃO DE BRIQUETES DE RESÍDUOS AGROFLORESTAIS.

Resumo: O Brasil depende basicamente do petróleo e de suas hidrelétricas como fontes de energia). O compromisso para redução da emissão de gases de efeito estufa e as condições ambientais, como a falta de chuva que levou o país a passar por dificuldades na produção de energia nos dois últimos anos, o que deixa claro a necessidade de buscar fontes alternativas de energia. Neste sentido o presente trabalho teve por objetivo avaliar briquetes produzidos com resíduos de cana-de-açúcar e de eucalipto, sob diferentes formulações. As formulações analisadas foram: 100% de resíduo de eucalipto (T01), 80% de resíduo de eucalipto e 20% de resíduos de cana-de-açúcar (T02), 60% de resíduo de eucalipto e 40% de resíduos de cana-de-açúcar (T03), 50% de resíduo de eucalipto e 50% de resíduos de cana-de-açúcar (T04). Foram estimadas as densidades básicas, umidade de equilíbrio e ritmo de degradação dos briquetes. Os poderes caloríficos, superior e inferior dos briquetes foram estimados a partir de equações ajustadas, utilizando-se como variáveis independentes os valores médios de teor de materiais voláteis (TMV), teor de cinza (TCZ) e teor de carbono fixo (TCF). Foi possível concluir que os resultados dos parâmetros testados não sofreram influência das diferentes proporções de resíduos adotados nos quatro tratamentos. Sendo necessários outros estudos para identificar uma relação entre os parâmetros analisados e as interações entre as partículas do eucalipto e da cana-de-açúcar, bem como a utilização de outros aglutinantes.

Palavras-chave: poder calorífico, eucalipto, cana-de-açúcar.

PRODUCTION OF AGROFLORESTATION WASTE BRICKS

Abstract: Brazil basically depends on oil and its hydroelectric dams as sources of energy. The commitment to reduce the emission of background gases and environmental conditions, such as the lack of rainfall that led to the country due to delayed energy production difficulties in the last two years, which makes clear the need to seek alternative sources of energy. In this sense the present work have the objective to evaluate briquette produced with waste of sugar cane and waste of eucalyptus, under different formulation. The analyzed formulation were: 100% of eucalyptus waste (T01), 80% of eucalyptus waste and 20% of sugar cane waste (T02), 60% of eucalyptus waste and 40% of sugar cane waste (T03), 50% of eucalyptus waste and 50% of sugar cane waste (T04). Were estimated the basic density, humidity of balance and rhythm of degradation of briquette. The upper lower calorific powers were estimated equations from adjusted equations, using as independent variables the average values of volatile (TMV), materials content, ash content (TCZ), fixed carbon (TCF). It was possible to conclude that the results of the parameters tested didn't suffer influence of different proportion of adopted waste in the 4 treatment. Or else if needed other studies to identify a relation between the parameters analyzed and the interactions of the particle of eucalyptus and sugar cane as such the use of others different binders.

Keywords: calorific power, sugar cane, eucalyptus.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

1. INTRODUÇÃO

O aumento significativo de fontes renováveis e uma modificação no uso de derivados de petróleo por biomassa como meio de obtenção e produção de energia podem ser o caminho para a questão energética nacional (BENÍCIO, 2011). O Brasil tem na biomassa uma opção de geração de energia alternativa importante e sustentável e entre os tipos de biomassa mais promissores e que tem maiores níveis de energia e baixo preço, estão os lignocelulósicos, oriundos de espécies nativas ou plantadas e bagaço de cana. (IGREJAS, 2012; GENTIL, 2008).

Segundo Gentil (2008) são claros e evidentes que os estudos sobre a biomassa na matriz energética nacional devem ser aprofundados já que possuímos uma vasta e pouco utilizada matéria prima que são os resíduos gerados a partir dos descartes madeireiros das serrarias, construção civil e indústria moveleira.

A geração de resíduos madeireiros no Brasil chega a 30 milhões de toneladas anualmente, com 30% de umidade em base úmida, ou seja, um potencial energético de aproximadamente 370 PJ valor estimado de US\$ 204 milhões (GENTIL, 2008; MMA, 2009). Os quais poderiam ser usados no processamento de briquetes, que neste contexto, podemos definir como um processo no qual, partículas de tamanho diminuto provenientes de material sólido é prensado a fim de formar blocos maiores em um formato específico (ANTUNES, 1982), podendo ser aproveitado para gerar calor em fornos, fornalhas, caldeiras em plantas de eletricidade, industriais, assim como em empresas de serviços como panificadoras, restaurantes e pizzarias.

O processamento de briquetes atenderia uma parte do mercado interno e externo e seria o ativo econômico e ambiental gerador de empregos e renda (GENTIL, 2008). Um dos gargalos do setor no Brasil é a falta de informação sobre as tecnologias, economias, biomassa, do processo de produção de briquetes e principalmente sobre a geração de resíduos madeireiros.

2. OBJETIVO

Diante do exposto o objetivo geral deste trabalho foi a realização da caracterização física e química de briquetes produzidos com resíduos de *Eucalyptus pellita* e *Saccharum spp.* sob diversas formulações.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Matéria prima

Os briquetes foram produzidos a partir de resíduos agrofloretais. As espécies utilizadas foram *Eucalyptus pellita* e *Saccharum sp.* O eucalipto procede de um plantio da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro com 26 anos de idade, plantados a um espaçamento de 3m x 2m, sem nenhum tipo de adubação. O bagaço de cana-de-açúcar (*Saccharum sp.*) foi doado pela Microempresa T PEREIRA E SILVA ME situada no município de Rio Claro, Estado do Rio de Janeiro.

Os sarrafos de eucalipto e o bagaço da cana-de-açúcar foram picados em pedaços menores entre 5 cm e 20 cm de comprimento e levados para processamento em moinho de martelo.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Após o processamento em moinho de martelo, os materiais foram homogeneizados em peneiras de diferentes malhas, definidas na Tabela 1.

Tabela 1: Malhas utilizadas para homogeneização do material

Malha (mm)	Diâmetro do arame (mm)
2,08	0,46
3,70	0,56
5,50	0,89

O bagaço da cana-de-açúcar e os resíduos de Eucalipto foram peneirados para homogeneização. O material retido nas peneiras foi descartado e somente o que havia passado pelas 3 malhas foi aproveitado. Após o acondicionamento em um recipiente adequado o material foi levado para secagem ao ar livre.

A umidade média (base úmida) foi estimada retirando-se 10 amostras aleatórias do material que seria utilizado na produção dos briquetes e pesando-as em balança analítica com duas casas decimais. Em seguida as amostras foram levadas para uma estufa regulada a $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ onde permaneceram por 48 horas e foram feitas novas pesagem para obtenção da Umidade média.

3.2 Produção de Briquetes

A produção dos briquetes se deu a partir da mistura, em diferentes proporções, dos resíduos de eucalipto e do bagaço de cana-de-açúcar. A Tabela 2 mostra a disposição dos tratamentos analisados.

Tabela 2: Composição dos briquetes dentro dos respectivos tratamentos

Tratamento	Composição dos briquetes	Proporção E/BCA
1	100% resíduos de eucalipto	1/0
2	80% resíduos de eucalipto e 20% bagaço de cana de açúcar	4/1
3	60% resíduos de eucalipto e 40% bagaço de cana de açúcar	3/2
4	50% resíduos de eucalipto e 50 % bagaço de cana de açúcar	1/1

Em que: E = Eucalipto e BCA = Bagaço de Cana-de-açúcar.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

A produção dos briquetes de resíduos agroflorestais foi feita no interior de um molde cilíndrico de metal, utilizando-se uma prensa hidráulica com a capacidade de 15 toneladas.

Como aglutinante foi utilizado PVA (Poliacetato de Vinila) a 1%. A homogeneização do material junto ao aglutinante foi feita em um Becker e sua consistência final permitiu a confecção dos briquetes exceto quando as proporções de bagaço de cana-de-açúcar excederam 50%. A partir dessa proporção os briquetes não adquiriram estabilidade e conseqüentemente foram excluídos do experimento.

3.3 Ensaio químico dos briquetes

A análise química imediata dos briquetes foi efetuada com base na norma ASTM D- 1764, adaptada por Oliveira et al. (1982). Foram determinados os teores de matérias voláteis (TMV), de cinza (TCZ) e de carbono fixo (TCF). Posteriormente, foram obtidas as respectivas umidades de equilíbrio dos briquetes, e seu poder calorífico superior (PCS) e o poder calorífico inferior (PCI) estimados..

3.4 Ensaio físicos dos briquetes

Determinou-se a densidade básica (g/cm^3) dos briquetes de acordo com a metodologia descrita na norma NBR 11941, adaptada por Trugilho et al. (1990). A impermeabilização dos briquetes, necessária para a determinação dos volumes dos mesmos, foi obtida a partir do envolvimento dos corpos-de-prova com um filme de polietileno.

O ritmo de degradação térmica dos briquetes, em g/min , foi determinado a partir da queima do mesmo sob a ação de uma chama de gás butano por um período de 5 minutos. Após esse tempo os briquetes eram pesados e por diferença da massa inicial e da massa final de cada briquete, o ritmo da queima era definido.

3.5 Análise de dados

A análise dos dados foi realizada com base num delineamento estatístico inteiramente casualizado, com 4 tratamentos e 5 repetições por tratamento. Efetuou-se a análise de variância, adotando-se o nível de 5% de significância e utilizou-se, para a comparação entre as médias dos tratamentos, o teste de Tukey a 95% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Teor de Equilíbrio Higroscópico dos Briquetes

A Tabela 3 apresenta os valores médios de umidade de equilíbrio higroscópico dos briquetes após secagem ao ar.

Tabela 3: Valores médios (%) das umidades de equilíbrio higroscópico dos briquetes

Tratamentos	Umidade de Equilíbrio
-------------	-----------------------

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

	(%)
1	12,84 a
2	13,31 a
3	14,02 a
4	15,01 a

Médias seguidas por uma mesma letra na coluna indicam que não houve diferença estatística entre elas usando o teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Foram observadas diferenças entre os valores absolutos dos teores de equilíbrio higroscópico dos briquetes, com um aumento à medida que se elevava o percentual de bagaço de cana-de-açúcar na composição dos mesmos. Porém, não foram detectadas diferenças estatísticas entre tais valores pelo teste de Tukey a 5% de significância. Portanto, a composição dos briquetes não interferiu significativamente nos teores de equilíbrio higroscópico dos mesmos.

4.2 Ensaio físicos dos briquetes

A tabela 4 apresenta os valores médios da densidade básica (g/cm^3) e dos ritmos de degradação térmica (g/min) dos briquetes.

Tabela 4: Valores médios das densidades básicas (g/cm^3) e dos ritmos de queima (g/min) dos briquetes

Tratamento	Densidade Básica (g/cm^3)	Ritmo de Queima dos Briquetes (g/min)
1	0,65 a	2,99 a
2	0,45 b	2,33 a
3	0,41 c	3,17 a
4	0,36 d	2,79 a

Médias seguidas por uma mesma letra na coluna indicam que não houve diferença estatística entre elas usando o teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Em relação aos valores de densidade básica pode-se observar que houve diferença estatística entre todos os tratamentos, com uma diminuição da densidade conforme se aumentava a proporção de resíduos de cana-de-açúcar na composição dos briquetes. Tal comportamento corrobora com a afirmação de Silva e Morais (2008) de que a densidade básica da cana-de-açúcar é de cerca de $0,14 \text{ g/cm}^3$ e a do *Eucalyptus pellita* é de $0,65 \text{ g/cm}^3$. Isso explica a significativa queda na densidade básica dos briquetes à medida que se aumenta o teor de bagaço de cana-de-açúcar na composição dos mesmos.

Não houve diferença estatística, ao nível de 5% de significância, entre os valores médios dos ritmos de degradação térmica dos briquetes. Dias Júnior (2013) e

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Nunes (2014), trabalhando com briquetes de resíduos agroflorestais, encontraram valores médios de ritmos de queima próximos aos observados nesse estudo (variando entre 2,4 e 4,95g/min). De acordo com os referidos autores, dentro do tempo previamente estipulado para a queima, os valores observados são plausíveis e indicam que os briquetes irão se degradar uniformemente, independentemente da sua composição.

4.3 Ensaio químicos dos briquetes

A Tabela 5 apresenta os valores médios obtidos após a análise química imediata dos briquetes, determinando-se os teores de materiais voláteis (TMV), de cinza (TCZ) e de carbono fixo (TCF).

Tabela 5: Valores médios dos teores de materiais voláteis (TMV), de cinza (TCZ) e de carbono fixo (TCF), obtidos após análise química imediata dos briquetes

Tratamento	TMV	TCZ	TCF (%)
1	78,33 a	0,85 a	21,82 a
2	78,33 a	1,30 b	21,37 a
3	80,00 a	1,53 c	18,47 b
4	78,33 a	1,50 d	21,83 a

Médias seguidas por uma mesma letra na coluna indicam que não houve diferença estatística entre elas usando o teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

A análise química imediata indicou a presença de altos teores de materiais voláteis em todos os tratamentos havendo uma pequena diferença nos valores absolutos, porém sem diferença estatística significativa, usando o teste de Tukey a 5% de significância.

A partir da análise dos valores médios apresentados na Tabela 5, resultantes da análise química imediata dos briquetes, somente é possível afirmar que os mesmos apresentaram altos teores de materiais voláteis. Neste caso, os valores médios, que variaram de 78,33% a 80,00% (Carvão Vegetal = 18 a 25%), indicam a boa qualidade do combustível para a queima direta em fornalhas de caldeiras e de secadores de grãos, bem como em fornos de cerâmicas, de padarias e de pizzarias. Tal afirmação, além de estar lastreada na literatura técnica vigente (SANTIAGO e ANDRADE, 2005; DIAS JÚNIOR, 2013), está vinculada à liberação, durante a queima de combustíveis com esta característica, de grandes volumes de gases voláteis inflamáveis (CO, CH₄, C₂H₆, C₃H₈, C₄H₁₀, C₅H₁₂, C_nH_{2n} + 2, H₂, etc.), resultando em grandes quantidades de labaredas.

Na Tabela 6 encontram-se os valores médios dos poderes caloríficos, superior e inferior, dos briquetes de resíduos agroflorestais (kcal/kg).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Tabela 6: Valores médios estimados dos poderes caloríficos, superior (PCS) e inferior (PCI), dos briquetes de resíduos agroflorestais

Tratamento	Poder Calorífico Superior (Kcal/Kg)	Poder Calorífico Inferior (Kcal/Kg)
1	7974,00 a	7670,00 a
2	7937,00 a	7633,00 a
3	7915,00 a	7611,00 a
4	7924,00 a	7620,00 a

Médias seguidas por uma mesma letra na coluna indicam que não houve diferença estatística entre elas usando o teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Para a discussão de valores relacionados aos poderes caloríficos, Andrade (1993) relata que são necessárias algumas considerações preliminares: 1^a) O poder calorífico de um combustível é incrementado a partir de um sensível aumento no seu teor de carbono fixo ou no seu teor de matérias voláteis; 2^a) Não há como se aumentar, simultaneamente, o teor de carbono e o teor de matérias voláteis, uma vez que existe um antagonismo entre o comportamento destas variáveis; 3^a) O poder calorífico de um combustível diminuirá se o seu teor de cinza aumentar; 4^a) Deve-se associar o aumento do teor de carbono ao aumento do poder de redução e de formação de brasas de um combustível; e, 5^a) O aumento do teor de matérias voláteis deve ser associado ao aumento do poder de combustão e de formação de chamas do combustível.

Em virtude das características físicas, químicas e térmicas adquiridas pelos briquetes, os valores médios relacionados aos seus poderes caloríficos, superior e inferior (kcal/kg), se mostraram elevados e adequados para inúmeras aplicações energéticas. Porém, os valores médios se comportaram de uma forma inconsistente, sendo necessários novos estudos. Paula (2010) encontrou valores médios de poder calorífico superior abaixo dos observados na presente pesquisa para a casca de arroz (3628,5 kcal/kg), caule de café (4334,5 kcal/kg) e bagaço de cana-de-açúcar (4065,0 kcal/kg).

5. CONCLUSÕES

Briquetes com maiores densidades são produzidos a partir da utilização de maiores teores de resíduos de *Eucalyptus pellita*, os com maiores proporções de bagaço de cana-de-açúcar apresentaram uma tendência ao aumento dos níveis de umidade de equilíbrio (até 15,01%), porém as diferenças não se mostraram significativas.

Os ritmos de degradação térmica dos briquetes não são afetados significativamente pela composição e pela umidade de equilíbrio dos mesmos. Briquetes com poderes caloríficos adequados para várias aplicações podem ser produzidos com os resíduos agroflorestais analisados.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Os briquetes produzidos sob as condições analisadas apresentam elevados teores de materiais voláteis e baixos teores de cinza e de carbono fixo. Os altos teores de materiais voláteis e a consequente liberação de gases inflamáveis pelos briquetes favorecem a geração de labaredas.

Situações que exijam a presença de labaredas como em fornalhas de caldeiras e de alambiques, fogões, olarias, cerâmicas, secadores de grãos podem utilizar as diferentes composições de briquetes avaliadas nesse trabalho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, A. M. Efeito da fertilização mineral e da calagem na produção e na qualidade da madeira e do carvão de eucalipto. 1993. 105p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 1993.

ANTUNES, R.C. Briquetagem de Carvão Vegetal. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC. Produção e Utilização de Carvão Vegetal. Belo Horizonte – MG, Série de Publicações Técnicas n.8, p: 197 - 206, 1982.

BENICIO, E. L. Utilização de resíduo celulósico na composição de briquetes de finos de carvão vegetal. 2011. 55p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 2011.

DIAS JÚNIOR, A. F. Caracterização de briquetes produzidos com resíduos agroflorestais. 2013. 25f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2013.

GENTIL, L. V. B. Tecnologia e economia de briquete de madeira. 2008. 195p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Nacional de Brasília - UnB. Brasília, 2008.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Levantamento sobre a geração de resíduos provenientes da atividade madeireira e proposição de diretrizes para políticas, normas e condutas técnicas para promover o seu uso adequado. Brasília. 2009. 35p.

OLIVEIRA, J. B.; GOMES, P. A.; ALMEIDA, M. R. Estudos preliminares de normalização de testes de controle de qualidade do carvão vegetal. Belo Horizonte, fundação CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS, 1982.

SANTIAGO, A. R.; ANDRADE, A. M. Carbonização de resíduos do processamento mecânico da madeira de eucalipto. Ciência Florestal. v. 15, n. 1, p. 1-7, 2005.

SILVA, M.B, MORAIS A.S. Avaliação energética do bagaço de cana em diferentes níveis de umidade e grau de compactação. XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. A integração de cadeias produtivas com a abordagem da manufatura sustentável. Rio de Janeiro, RJ, 2008.

SILVA R. I. Avaliação de fontes alternativas para geração de energia elétrica a partir da biomassa de palha da cana: uma abordagem por opções reais. 2012. 77p.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Dissertação (Mestrado em Administração de Empresas) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

TRUGILHO, P. F.; SILVA, D. A.; FRAZÃO, F. J. L.; MATOS, J.L.M. Comparação de métodos de determinação de densidade básica em madeiras. Acta Amazônica, v. 20, n 1. p: 307-319, 1990.



REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO

