DOSSIÊ

BRIQUETES PRODUZIDOS COM GRANULOMETRIAS DIVERSAS PARA MISTURA DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR E PALHIÇA

BRIQUETTES PRODUCED WITH DIFFERENTS GRANULOMETRIES FOR SUGARCANE BAGASSE AND STRAW MIXTURES

Bruna Monise Delfino [8]
Plínio Magalhães Corrêa[9]
Rafael Yassuo Sinohara[10]
Fábio Minoru Yamaji[4]
Andrea Cressoni De Conti[5]

Submissão: 22/03/2017 Revisão: 07/06/2017 Aceite: 08/07/2017

Resumo: Este artigo propõe o estudo e utilização da biomassa canavieira para confecção e análise de briquetes. Realizou-se a análise química imediata, estudo da densidade aparente e do poder calorífico para a mistura de bagaço e palha. Analisou-se a expansão volumétrica de 12 briquetes com granulometria de 20 mesh e 12 com 40 mesh. A biomassa mostrou-se propensa para a geração de energia. Notou-se maior união com partículas menores, tornando a expansão volumétrica do briquete de 40 mesh mais estável.

Palavras-chave: Energia. Biomassa. Densificação

Abstract: This paper proposes the study and use of sugarcane biomass for the preparation and analysis of briquettes. The immediate chemical analysis, apparent density and calorific value analysis for the bagasse and straw mixture were performed. The volumetric expansion of 12 briquettes with 20 mesh and 12 with 40 mesh granulometry was analyzed. Biomass was prone to energy generation. Greater union with smaller particles was observed, making the volumetric expansion of the 40 mesh briquette more stable.

Keywords: Energy. Biomass. Densification

[8] Graduanda em Engenharia de Energia. Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Rosana. brunamonisedelfino@hotmail.com
[9] Graduando em Engenharia de Energia. Universidade Estadual Paulista(UNESP), Campus de Rosana. plinio.mcorrea@gmail.com
[10] Graduando em Engenharia de Energia. Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Rosana. rafaelyassuo@hotmail.com
[4] Professor Doutor. Universidade Federal de São Carlos – UFSCar
[5] Professor Doutor. Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Rosana,andrea@rosana.unesp.br

Introdução

Como consequência do crescimento da população nacional (FAO, 2015), ocorreu um aumento na geração de resíduos sólidos urbanos (SNIS, 2015) e agroindustriais (FAO, 2014), que podem ser usados como matéria prima para geração de energia renovável, e são chamados de biomassa. A biomassa é todo recurso renovável oriundo de matéria orgânica sendo ela de origem animal, vegetal ou rejeitos urbanos e industriais que podem ser utilizados para produção de energia limpa (ANEEL, 2015). A produtividade vegetal está diretamente relacionada com a atividade fotossintética, onde ocorre o sequestro do carbono durante o crescimento da planta o qual é emitido na queima dessa biomassa, colaborando no balanço das emissões, dessa forma, seu aproveitamento energético é menos nocivo para o ambiente em relação às fontes fósseis.

A utilização da biomassa para fins energéticos tem se tornado interessante por conta da quantidade ofertada para uso imediato da sua matéria prima e baixo custo de operação, havendo um grande potencial no setor de geração de energia.

Uma das biomassas mais utilizadas é proveniente da cana-de-açúcar, sendo assim o Brasil toma vantagem por possuir a maior produção mundial (cerca de 736 Milhões de Toneladas por ano), contribuindo para a inserção da biomassa na matriz energética brasileira. Dentre os subprodutos gerados a partir da cana-de-açúcar, o bagaço, por exemplo, tem sido usado como combustível nas usinas para cogeração de energia. Já a palha tem diversas utilidades como insumo energético.

"*Tanto o bagaço quanto a palha da cana-de-açúcar possuem elevados teores de materiais lignocelulósicos fazendo com que se tornem matérias-primas capazes de produzir energia*" (Júnior, et al., 2015). O palhiço e o bagaço podem ser usados como insumos energéticos, mostrando-se interessante a utilização do processo de densificação energética (briquetagem) para a posterior queima. (Furtado, et al., 2010).

A densificação energética é uma ótima alternativa para o aproveitamento da biomassa, visto que o espaço ocupado pelos briquetes é cerca de 80% menor que o ocupado pelo material antes do processo de densificação (Corrêa, 2017). Esta variação no volume facilita o transporte e o armazenamento, além de gerar um combustível padronizado. Antes de serem densificados, os resíduos devem ser secos e moídos, a granulometria na qual forem dimensionados exerce grande influência na aglomeração de partículas atuando na densidade e poder calorifico volumétrico do material produzido, enquanto a redução da umidade evita a combustão espontânea e a proliferação de fungos (Sun et al., 2004).

A necessidade de ampliar a matriz energética brasileira coloca a indústria de cana-de-açúcar em evidência buscando a utilização dos resíduos de biomassa para geração de energia. De acordo com a (FAO, 2014) o Brasil é líder na produção canavieira no mundo, respondendo por 37% da produção e por 36% da área colhida de cana. Com base nessa elevada produção e desenvolvimento do país, busca-se o aprimoramento e novas tecnologias que sejam adequadas para o aproveitamento dessa biomassa de forma sustentável.

Tendo em vista esse cenário, a pesquisa desenvolvida tem como objetivo a utilização do bagaço e da palha de cana de açúcar para produção de briquetes com granulometrias diferentes, para que suas características físicas e químicas sejam avaliadas, promovendo o aproveitamento do grande potencial para fins energéticos desses resíduos, com o qual almeja-se ampliar a participação das fontes alternativas na matriz energética brasileira.

Materiais e métodos

Preparo do material

O material in natura foi coletado em uma empresa na região de Teodoro/SP, este foi seco em estufa a fim de reduzir o teor de umidade inicial (de 50%) para 12%, conforme a norma brasileira ABNT NBR 7190:1997 – Projeto de estruturas de madeira, o que demandou um período de

aproximadamente 4 horas. Em seguida foi realizada a moagem da palha e do bagaço, utilizando um moinho faca da marca Marconi.

Para a determinação de granulometria utilizou-se peneira de batida intermitente da marca Marconi, localizada no Laboratório de Biomassa na UFSCAR – Campus de Sorocaba. A classificação da granulometria do material foi determinada utilizando peneiras com aberturas de 0,841mm (20 mesh) e 0,420mm (40 mesh). Na Figura 1 encontra-se para efeito de comparação as diversas granulometrias utilizadas neste trabalho.

Figura 1 - Bagaço de cana-de-açúcar em diversas granulometrias. (a) in natura; (b) 20 mesh; (c) 40 mesh.



1(a) 1(b) 1(c)

Fonte: Autores

Após esse processo foi feita a mistura de 50% de bagaço de cana-de-açúcar e 50% de palha de cana-de-açúcar com granulometria de 20mesh, como também 50% de palha e 50% de bagaço com granulometria de 40 mesh, (Figura 2a e Figura 2b).

Figura 2 – (a) Mistura de palha e bagaço 40 mesh. (b) Mistura de palha e bagaço 20 mesh.



2(a) 2(b)

Fonte: Autor

Para confecção dos briquetes, realizou-se a análise da densidade aparente. Em seguida utilizou-se uma prensa de pistão hidráulica de 30 toneladas da marca Marconi, Figura 3a, com auxílio de moldes cilíndricos de aço inox, Figura 3c, para densificação energética realizada através da confecção de briquetes. Foram confeccionados 12 briquetes de 20mesh e 12 briquetes de 40 mesh. Para cada briquete produzido, foi usado 20g da mistura feita de 50% palha e 50% bagaço, que foi colocado no molde e em seguida em prensa de 15 toneladas, gerando um briquete, como poder ser visto na figura 3b. Durante a prensagem não foram utilizados agentes aglutinantes e nem aquecimento.

Figura 3 - (a): Prensa utilizada para confecção dos briquetes. (b): visualiza-se o briquete produzido. (c): Molde cilíndrico. Fonte: Marcos Paulo Granado



3(a) 3(b) 3(c)

Fonte: Autor

Depois de confeccionados, os briquetes passaram por uma análise de expansão volumétrica, que foi calculada a partir da equação 1:

$$Exp = \left(\frac{Vol2 - Vol1}{Vol1}\right) * 100 \quad (1)$$

onde:

Exp - Expansão Volumétrica dos briquetes (%);

$Vol1$ - Volume do briquete imediatamente após a compactação (cm3);

$Vol2$ - Volume dos briquetes 48 horas após a compactação (cm3);

Realizou-se também a análise de composição química imediata, onde foram calculados experimentalmente o percentual de carbono fixo (F), materiais voláteis (V), cinzas (A) e a umidade conforme a norma brasileira ABNT NBR 8112:1996 - Carvão Vegetal – Analise imediata, e o teor de umidade foi obtido automaticamente com a balança determinadora de umidade. O Poder Calorífico Superior (PCS) foi determinado com o auxílio de uma bomba calorimétrica.

Resultados e discussão

Densidade aparente

A princípio foram realizadas 3 medidas de densidade do material, os resultados obtidos encontram-se nas Tabela 1. Segundo Ribeiro (2005) a densidade do bagaço da cana está aproximadamente 150 kg/m3 , o valor médio encontrado foi de 105,6 kg/m3 para granulometria de 20 mesh. Acredita-se que isso se deve pela baixa densidade da palha da cana de açúcar adicionada ao bagaço, porém, os valores médios obtidos pela mistura com granulometria de 40 mesh foi de 163,3 kg/m3, podendo ser resultado da aglomeração de partículas, uma vez que o material com granulometria de 40 mesh possui diâmetros menores ocupando assim menores espaços. Conforme análise dos

dados levantados, os briquetes com maiores densidades são produzidos com granulometria maior.

Tabela 1 – Densidade Aparente

20 Mesh	**40 Mesh**	
Densidade (Kg/m³)	105,6 ± 5,1	163,3 ± 5,6

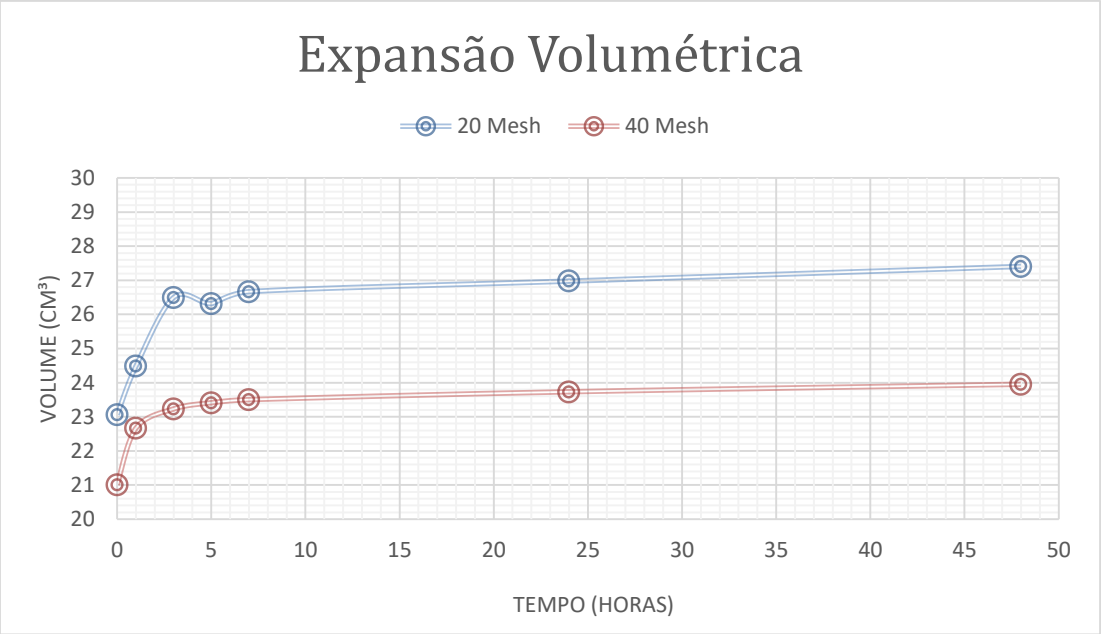
Fonte: Elaborado pelos autores

Analise de expansão volumétrica

Foram confeccionadas 24 unidades de briquete, com 20g cada um, no qual 12 são mistura de 50 % de palha e 50% bagaço com granulometria de 20 mesh, e outros 12 com mistura de 50% palha e 50% bagaço com granulometrias de 40 mesh.

Após a confecção dos briquetes, foram realizadas 7 medidas de largura, altura e volume, para análise de expansão volumétrica no espaço de tempo de 0h, 1h, 3h, 5h, 7h, 24h e 48h, sendo que tais intervalos foram definidos facultativamente. Depois de 48 horas, considera-se estável a expansão, pois esta torna-se lenta comparada às primeiras horas. Para realização das análises as medidas foram realizadas com um paquímetro digital. Os resultados se encontram no gráfico apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Expansão Volumétrica dos Briquetes



Fonte: Elaborado pelos autores.

Observa-se na Figura 3 que houve uma expansão volumétrica. A taxa de variação da expansão volumétrica acontece entre 0horas a 7horas, tendendo a uma estabilização após 7 horas de confecção, como verificado nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2 – Expansão Volumétrica (%) dos Briquetes de 20 mesh. Expansão Volumétrica 20 mesh.

Volume Inicial (cm3)	**Volume Final (cm3)**	**Expansão Volumétrica (%)**
23,06	27,41	18,88

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 3 – Expansão Volumétrica (%) dos Briquetes de 40 mesh Expansão Volumétrica 40 mesh.

Volume Inicial (cm3)	**Volume Final (cm3)**	**Expansão Volumétrica (%)**
21,01	23,95	14,00

Fonte: Elaborado pelos autores.

Observa-se nas Tabelas 2 e 3 que a expansão volumétrica dos briquetes produzidos com 20 mesh (0,841mm) e com 40 mesh (0,420mm), após 48 horas de compactação foram respectivamente de 18,88% e 14%. Acredita-se que a diferença de tamanho entre as partículas influenciou na união destas, de forma que a lignina presente no material agiu como aglutinante natural, promovendo a ligações entre as partículas. Quando o material passa pelo processo de moagem, as partículas são quebradas, bem como a lignina presente, sendo assim quanto maior for a granulometria (menor o tamanho da partícula), maior será a área de contato, favorecendo assim melhor união entre as partículas (Melo, 2000).

Análise de composição química imediata e pode calorifico

A análise química imediata foi realizada a partir dos testes de teor de cinzas, teor de voláteis, teor de umidade e carbono fixo, também foi realizado a análise do poder calorifico.

Tabela 4 - Valores dos teores de materiais voláteis (TV), de cinza (TC), de carbono fixo (TCF) e do teor de umidade (TU).

	TV (%)	**TC (%)**	**TCF (%)**	**TU (%)**
Autor	85,4 ± 2,7	8,8 ± 2,6	5,7 ± 0,5	11,2 ± 0,1
Queralt; 2014 (Bagaço in natura)	81,1 ± 0,8	2,5 ± 0,1	8,8 ± 0,9	7,6 ± 0,1

Fonte: Elaborado pelos autores.

Na Tabela 4 são apresentados os valores para os teores de matérias voláteis (TV), de cinza (TC), carbono fixo (TCF) e do teor de umidade (TU),

constituídas a partir de três amostras. A análise realizada confirmou a existência de altos teores de voláteis e menores teores de cinzas e carbono fixo, contendo valores significativamente elevados de poder calorifico, apresentando então potencial energético para diversas aplicações.

Tabela 5 – Poder Calorifico Superior.

	PCS (kcal/kg)
Autor	4224
Brand; 2010 (Bagaço in natura)	3700-4100

Fonte: Elaborado pelos autores.

Pode-se observar na Tabela 5 que, o poder calorifico encontrado para a mistura do bagaço e da palha da cana-de-açúcar foi maior que o do bagaço puro. Nota-se que a adição da palha ao bagaço aumenta o poder calorifico da mistura.

Conclusão

O presente trabalho apresenta resultados da produção de briquetes utilizando bagaço e palha de cana-de-açúcar com granulometrias de 20mesh e 40 mesh a partir de análise de composição imediata, poder calorifico e expansão volumétrica. Foi observado que, tanto os briquetes de 20 mesh quanto os de 40 mesh são viáveis para o processo de densificação energética. Porém a granulometria do material interfere nesse processo, onde a maior expansão volumetria se deu nos briquetes produzidos com granulometria de 20 mesh. Isso acontece devido ao maior tamanho das partículas, o que provoca dificuldade em se unirem, visto que a lignina presente no material age como aglutinante natural, sendo assim, quanto maior for a granulometria, menos espaço haverá entre as partículas, promovendo melhor união entre elas. Notou-se também a partir da análise composicional imediata que a biomassa escolhida possui poder calorifico significativo, contendo altos teores de voláteis e baixos teores de cinzas. Quanto maior for o teor de voláteis maior será sua capacidade

de gerar chamas, sendo assim o uso dessa biomassa é favorecida em fins energéticos que exijam a presença de chamas.

Referências

ANNUAL POPULATION, FAO. Disponível em: <www.fao.org/faostat/en/#data/OA>. Acesso em 16 de Junho de 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **Carvão Vegetal -** Análise Imediata. NBR8112 (MB1857), Outubro 1986

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 7190: **Projetos de estruturas de madeiras.** Rio de Janeiro: 2011

BIOMASSA – ANEEL 2015. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/05-Biomassa(2).pdf>. Acesso em 16 de Junho de 2017.

BRAND, M. A.; MUNIZ, G. I. B.; AMORIN, M.; COSTA, J. V.; BITTENCOURT, E. **Influencia do Tempo de armazenamento sobre a perda de umidade de resíduos madeiráveis.** IN: lll Encontro de Ciência e Tecnologia, 2004, Lages. Anais de lll Ectec – Encontro de Ciências e Tecnologia. Lages: Universidade do Planalto Catarinense, 2004.
BRAND, M. A.; OLIVEIRA, J.; MARTINS, S. A.; OLIVEIRA, L. C.; NEVES, M. D. – **Parâmetros de Controle da Qualidade e Preço da Biomassa Florestal para a Geração de Energia**. – Disponivél em: http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/revistap&d3.pdf - 2009.

BRAND, M.A.; **Energia de biomassa Florestal**, Rio de Janeiro/RJ, Interciência, 131p, 2010.

BRUTTI, R. C.; BRAND, M. A.; SIMIONI, F. J.; NEVES, A. M. D. – **Estudo da Viablidade Tecnica do Aproveitamento dos Gases da Combustão de Biomassa na Secagem de Serragem para a Geração de Energia.** – UNIPLAC - Relátorio de Pesquisa ANEEL.

CORRÊA, P. M. **Briquetes produzidos com granulometrias diversas de cepa de mandioca**. Rosana, 2017.

CROP RESIDUOS, FAO. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/GA>. Acesso em 16 de Junho de 2017.

CROPS, FAO. Disponível em: < http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em 16 de Junho de 2017.

Diagnóstico do manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2015, SNIS. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/diagnostico-rs-2015>. Acesso em 16 de Junho de 2016.

GERAÇÃO DE LIXO AUMENTOU CINCO VEZES MAIS DO QUE A POPULAÇÃO. Disponivel em: <https://oglobo.globo.com/sociedade/sustentabilidade/geracao-de-lixo-no-brasil-aumentou-cinco-vezes-mais-do-que-populacao-16926042#ixzz4jjiyTO00>. Acesso em 16 de Junho de 2017.

JÚNIOR, A. B. D. S., SANTOS, D. R. D., & COLOMBO, F. D. L. (2008). **A cogeração de energia através da queima do bagaço de cana-de-açúcar.**

JÚNIOR, C. D. A. M., DOMINGOS, J. V. M., DE PAIVA COSTA, T. P., DE PAIVA MOREIRA, V., DO VALE, M. B., & DA SILVA, A. C. C. **Uso sustentável da palha da cana-de-açúcar no rio grande do norte: uma alternativa ao desperdício**.

LAMONICA, G. M. – **Geração de Eletricidade a partir da Biomassa da Cana-de-açúcar. CTC – Centro de Tecnologia Canavieira**. RJ, 2005.

RESÍDUOS SÓLIDOS: MANUAL DE BOAS PRÁTICAS DE PLANEJAMENTO - ABRELPE. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/>. Acesso em 16 de Junho de 2017.

RIBEIRO, E. J. **Geração de energia elétrica excedente em Usinas de açúcar e álcool. Projeto Típico e Potencial Nacional**. Considerações Econômicas e Financeiras. Rio de Janeiro, 24 de Novembro de 2005.

SILVA, S.; MENEZES, I.; BELTRAME, L. T. C.; SOUZA, L. L. M.; **Briquetes: Alternativa energética e ecológica no combate ao apagão da Caatinga. Revista Brasileira de Energia**, Vol. 18, Nº.2, 2º Sem. 2012, pp.51-61.

SOARES, T. S.; CARNEIRO, A. C. O.; GONÇALVES, E. O.; LELLES, J. G. – **Uso da Biomassa Florestal na Geração de Energia. Revista Científica Eletronica de Engenharia Florestal**. 2006.

SUN, J. X.; SUN, R.; SUN, X-F.; SU, Y., 2004. **Fractional and physico-chemical characterization of hemicelluloses from ultrasonic irradiated sugarcane bagasse.** Carbohydrate Research, v. 39, p. 291-300.