

Avaliação do potencial energético das cascas de coco verde para aproveitamento na produção de briquetes

M. R. L. Esteves¹; A. K. S. Abud¹; K. M. Barcellos²

¹Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Alagoas, CEP 57072-970, Maceió-ALAGOAS, Brasil

²Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas, CEP 57072-970, Maceió-ALAGOAS, Brasil

kmbarcellos@hotmail.com;

(Recebido em 21 de setembro de 2014; aceito em 24 de janeiro de 2015)

Considerando a alta geração de biomassa residual do coco verde na cidade de Maceió-AL em função do consumo do fruto por parte das indústrias de envase de água de coco e do consumo *in natura* dos frutos vendidos por comerciantes da orla de Maceió, estimados em 270 mil frutos por ano, o presente trabalho caracteriza o potencial energético das cascas de coco verde para utilização deste resíduo na forma de briquete como substituinte à lenha, na maioria das vezes oriunda de fonte ilegal, para obtenção de energia térmica em fornos industriais. Avaliou-se o potencial energético da biomassa, suas características físico-químicas pré e pós-briquetagem e os processos envolvidos nesta produção a partir da casca do coco verde. Os resíduos, após processamento, foram classificados em pó e fibra, apresentando poder calorífico de 18,48 e 19,47 MJ/kg, respectivamente. Analisou-se, ainda, o mercado de briquetes da cidade, desde os principais fabricantes aos atuais e possíveis consumidores, identificando um grande espaço no comércio para o uso do briquete de casca de coco verde.

Palavras-chave: biomassa; energia; briquetes.

Evaluation of the potential energy of green coconut shells for achievement in production of briquettes

Considering the high generation of biomass waste of green coconut in Maceió-AL based on consumption of fruit by filling industries of coconut water and fresh consumption of fruits sold by traders the edge of Maceió, estimated at 270 thousand of fruits per year, this paper characterizes the energetic potential of green coconut shells to use this waste in the form of briquettes as a replacement for firewood, mostly originated from illegal source, for obtaining thermal energy in industrial furnaces. It was evaluated the energetic potential of biomass, their physicochemical characteristics pre and post-briquetting and the processes involved in this production from the bark of the coconut. After processing the residues were classified into powder and fiber, with heating value of 18.48 and 19.47 MJ/kg, respectively. In addition, it was analyzed the market for briquettes in the city, from major manufacturers to current and potential customers, identifying a large space in trade for using briquette from coconut husk.

Keywords: biomass; energy; briquettes.

1. INTRODUÇÃO

O aumento da produtividade e consumo de coco *in natura* no Brasil, especialmente nas grandes cidades, contribui para a situação de esgotamento dos lixões e aterros sanitários, uma vez que apenas cerca de 10% das cascas de coco verde são utilizadas pelas indústrias, sendo o restante perdido. Quando descartado, sem qualquer tratamento, a decomposição destas cascas leva uma média de oito anos, tornando-se um grave problema ambiental, favorecendo a proliferação de insetos e roedores, atuando, também, como um foco incubador para o mosquito da dengue [1].

Estudos realizados pela Embrapa Tropical estimam que 70% do lixo coletado nas praias brasileiras são compostos por cascas de coco verde [2]. Devido a isto, pesquisas vêm sendo realizadas a fim de ampliar as possibilidades de uso desta biomassa residual, na forma integral ou em partes [3].

Uma das possíveis alternativas de aproveitamento de biomassa é o processo de briquetagem, através de um processo de compactação a pressões elevadas. Os briquetes formados consistem em pequenos toros, resultante desta compressão do resíduo. Mais denso, com formato padrão e com alto poder calorífico, o seu uso tem atraído estabelecimentos que buscam reduzir custos e melhorar o uso de seu espaço físico [4]. O uso de briquetes vai desde a alimentação de fornos em indústrias de alimentos, tais como padarias, pizzarias, churrascarias a até mesmo residências e indústrias de cerâmica, onde o tipo e as características exigidas do briquete são variadas [5].

A busca pelo briquete como fonte de energia alternativa à lenha varia desde a questões ambientais até a razões econômicas associadas a outras qualidades deste combustível. Indústrias e/ou fábricas que utilizam lenha são alvos de fiscalizações, o que os conduz a trocarem sua matriz energética poluente, evitando potencializar o desmatamento das matas regionais, pelo briquete [6].

Neste trabalho foi quantificada a geração local de resíduo de casca de coco verde proveniente do consumo dos frutos por parte das indústrias de envase de água de coco e do consumo *in natura* dos frutos, especialmente aqueles vendidos por comerciantes na orla de Maceió. Avaliou-se, ainda, o mercado de briquetes da cidade, desde os principais fabricantes aos atuais e possíveis consumidores, bem como os processos envolvidos na produção de briquetes a partir da casca do coco verde. Para isto, determinou-se o potencial energético da biomassa e suas características físico-químicas pré e pós-briquetagem, com a finalidade de se comprovar que o aproveitamento do resíduo de casca de coco é uma alternativa sustentável.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A obtenção de dados se baseou na aplicação de questionário sobre a geração da casca de coco verde na orla da cidade, direcionada aos barraqueiros e ambulantes vendedores de água de coco. Foram coletadas informações sobre quantidade de frutos comercializados semanalmente e/ou mensalmente, em períodos de baixa e de alta temporada, destino final dos resíduos e registros fotográficos.

O limite da orla da cidade de Maceió escolhido para a realização da pesquisa foi desde o trecho que tem início no Posto 7 da Polícia Militar, na orla da Jatiúca, até o final da orla da Pajuçara, na Av. Dr. Antônio Gouveia, como mostra a Figura 1.



Figura 1: Trecho da orla da cidade de Maceió-AL avaliado no trabalho.
Fonte: Adaptado pelo autor a partir do Google maps satélite (2013).

A escolha do trecho se deu pela alta concentração de comércio específico de venda de coco verde *in natura* e, também, devido à substancial movimentação turística da cidade, concentração de hotéis e calçadão, permitindo a prática de atividades esportivas e de lazer.

Foram realizadas coletas da casca de coco verde para caracterização físico-química de densidade, umidade, teor de cinzas, teor de voláteis, teor de carbono fixo, densidade energética e poder calorífico, segundo as normas NBR 8112/83 e NBR 8633/84 da ABNT, respectivamente. Desse modo, foi possível uma avaliação energética da possibilidade de aproveitamento destes resíduos sob a forma de briquete.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O código de limpeza da Superintendência de Limpeza Urbana de Maceió (SLUM) dispõe que comerciantes que produzem mais de 100 litros de resíduos sólidos /dia são considerados grandes geradores, devendo os resíduos, então, serem tratados como especiais. Todavia, por entender que o comércio de vendedores ambulantes de água de coco verde é de pequeno porte e, também, por sua comercialização ter uma importância para o turismo na cidade, a prefeitura realiza a coleta na orla sem cobrança. No caso de fábricas produtoras de água de coco, estas recolhem e transportam seus resíduos através de empresas coletoras que os levam ao aterro sanitário de Maceió, onde a disposição do mesmo custa cerca de R\$ 67,00 /tonelada.

Por não haver coleta diferenciada com relação aos cocos comercializados na orla, a quantificação do resíduo gerado não é realizada. Os resíduos coletados são levados ao aterro sanitário, onde o tratamento dado é o mesmo dado ao lixo domiciliar, ou seja, aterro com captação de chorume e de gás. A SLUM afirmou não haver projetos e/ou parcerias que visem o beneficiamento da casa de coco verde. Diante da falta de dados por parte da SLUM acerca da quantificação de casca de coco verde gerado na cidade de Maceió, buscou-se estimar esse valor através de pesquisa de campo com os principais segmentos do comércio de coco verde da cidade.

Nos meses de alta estação (outubro a março) ocorre um maior consumo de água de coco verde, atingindo o máximo nos meses de dezembro e janeiro. Nos meses de baixa estação (abril a setembro) há uma queda na geração desse resíduo, porém com certa uniformidade.

O total de frutos comercializados no período de alta estação é em média de 181.482 unidades/ano, enquanto que no período de baixa estação a média é de 87.840 unidades/ano. No total são 269.322 frutos comercializados anualmente, tornando possível estimar a quantidade de resíduos gerados com a venda de coco *in natura* por barraqueiros e ambulantes.

Assim, no levantamento de resíduos tem-se que 80.796 kg de casca de coco verde são gerados anualmente na orla da cidade de Maceió.

Verificou-se que apenas duas empresas de limpeza urbana atuam em Maceió, a Solupel e a Viva Ambiental. A primeira afirmou não possuir clientela neste âmbito, enquanto a segunda coleta de quatro clientes de diferentes portes e, portanto, com quantidades diferenciadas de resíduo, totalizando de 125 toneladas/mês, em período de alta temporada, e aproximadamente 100 toneladas/mês em baixa temporada, totalizando 1.350 toneladas/ano.

Segundo a SLUM, as empresas que envasam água de coco verde devem coletar seus resíduos em caçambas alugadas das empresas coletoras, atualmente no valor de R\$ 150,00/caçamba, contratando o serviço de coleta, por R\$ 120,00/dia e, ainda, pagar R\$ 67,00/toneladas de resíduo disposto no aterro sanitário.

Por fim, de acordo com as pesquisas realizadas com os principais segmentos responsáveis pela geração de casca de coco verde na cidade de Maceió, pode-se afirmar que a quantidade estimada deste resíduo é de 1.485 toneladas/ano.

Atualmente, o Estado de Alagoas conta com apenas duas fábricas de briquetes: a Renove S.A., situada em Rio Largo, e a Usina Sumaúma, localizada em Marechal Deodoro. Esta última é pioneira na fabricação de briquetes no Nordeste do país, com o briquete de bagaço de cana-de-açúcar (resíduo da moagem da cana), antes considerado um problema ambiental devido a sua rápida fermentação. O briquete de bagaço de cana fabricado pela Sumaúma é vendido atualmente pelo valor de R\$ 280,00/tonelada [8].

A Renove S.A. possui capacidade produtiva atual de 3 mil toneladas de briquete por mês, com condições de atendimento à demanda do mercado local de pizzarias, padarias, churrascarias e fábricas de cerâmica.

O briquete produzido pela Renove S.A. procede de diferentes resíduos agroindustriais, dentre eles o bagaço de cana, a palha e a casca do coco seco, além de produzir briquete de resíduos de madeira e de bambu. O valor dos briquetes de bagaço de cana da Renove fica em torno de R\$ 400,00/tonelada, por envolver o custo do transporte das matérias-primas e a aplicação de diferentes etapas de produção. Na Figura 3 observa-se uma melhor compactação do briquete da Renove que da Sumaúma, o que permite maior densidade e melhor eficiência de queima no forno, justificando seu valor mais elevado.



Figura 3: Briquetes de bagaço de cana da Renove S.A. e Sumaúma.

Na cidade de Maceió, os principais consumidores de lenha como combustível são os setores alimentícios, tais como pizzarias, padarias, churrascarias e, também, algumas indústrias locais. O metro cúbico da lenha pode ser adquirido pelo valor de R\$ 30,00 a R\$ 80,00, sendo que cerca de 7 m³ de lenha equivalem a 1 tonelada de briquete [5].

Com base nos valores apresentados, conclui-se que uma tonelada de briquete pode variar de R\$ 280,00 a R\$ 400,00, enquanto que o equivalente em lenha varia entre R\$ 210,00 a R\$ 560,00.

Na pesquisa sobre o comércio de briquetes, onde foram entrevistados o total de 100 estabelecimentos, entre eles, 70 padarias e 30 pizzarias na cidade, em regiões definidas como parte alta e baixa da cidade, constatou-se um amplo mercado consumidor de briquetes de bagaço de cana e, portanto, de prováveis consumidores de briquetes de casca de coco.

Cerca de 53% das padarias e 45% das pizzarias localizadas na parte baixa da cidade já consomem briquetes de bagaço e 10% das padarias e 9% das pizzarias, também da parte baixa de Maceió, fazem uso simultâneo de lenha e briquete. A parte alta da cidade apresentou uma amostra significativa de 26% dos estabelecimentos que não tinham conhecimento do uso de briquetes para queima em fornos, substituído por lenha. Esta localidade ainda é dominada pelo uso de lenha, onde 46,7% das padarias e 51% das pizzarias entrevistadas a utilizam em seus fornos. Nenhum entrevistado, padaria e pizzaria, da parte alta da cidade faz uso exclusivo de briquetes como combustível. Notou-se a necessidade de maior divulgação e experimentação do produto, em especial na parte alta da cidade.

Quanto à razão dada pelos estabelecimentos entrevistados para a escolha do combustível, observou-se que, embora o preço do briquete apresente um valor cerca de 25% maior do que a lenha, a preferência pelo briquete é, principalmente, devido a sua praticidade e higiene operacional, seguido pela facilidade de obtenção em relação à lenha legalizada e legalidade de seu uso. O motivo econômico foi o último dos critérios para a escolha do combustível.

Os estabelecimentos que usam lenha alegam razões econômicas na escolha devido ao preço que, por sua vez, torna-se mais barato do que o briquete. Outra razão para a escolha da madeira foi a praticidade de obtenção deste material, uma vez que a madeira é um material mais acessível que os briquetes, podendo ser encontrados em estabelecimentos menores, como marcenarias, restos de construção, descarte de móveis velhos, podagem de árvores e, muitas vezes, de forma ilegal.

Outras fontes de energia, tais como forno elétrico e a gás, são também utilizadas nas padarias e pizzarias, sendo na parte baixa da cidade 9% das padarias e pizzarias, enquanto que na parte alta da cidade, 33,3% e 40% das padarias e pizzarias, respectivamente. Nas entrevistas, observou-se que o principal motivo do uso destas fontes de energia era praticidade e higiene operacional, seguido pela falta de estrutura, uma vez que a utilização de gás e energia permite um espaço menor, sem necessidade de local para armazenar combustível sólido. O custo do gás pode ser 50% maior do que o valor que seria gasto com o uso de briquetes.

Devido à delicadeza do assunto, não foi possível coletar dados sobre o uso de madeira ilegal. Todavia, trata-se de uma realidade mais acentuada nos bairros da parte alta da cidade,

especialmente em pequenos estabelecimentos sem alvará de funcionamento, falta de conhecimento e/ou consciência dos impactos ambientais relacionados ao uso de madeira ilegal e, talvez, da falta de conhecimento das fontes alternativas de energia e seus benefícios.

Após tratamento apropriado de secagem, corte, moagem e peneiramento, para a padronização do tamanho de partícula, foi feita a remoção dos "novelos" de fibras mais longas. Tanto a fibra como o pó restante foi classificada, escolhendo-se o resíduo retido na peneira de malha 30 Mesh ($0,595 \text{ mm} < G < 2,38 \text{ milímetros}$).

Após medição da umidade do resíduo *in natura*, iniciou-se o processo de briquetagem. A produção dos briquetes foi realizada na mini-usina de adensamento de biomassa da UFAL, fazendo uso da prensa IKA-WERKE, utilizando-se cerca 0,5 g do material sobre pressão por 3 minutos. Foram feitos briquetes de pó e de fibras de casca de coco verde.

As análises, realizadas no Laboratório de Energia e Biocombustíveis (LABEN) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) e cujos resultados estão dispostos na Tabela 1, foram realizadas em triplicata, sendo seus resultados expressos pela média e desvio padrão.

Tabela 1: Caracterização físico-química da biomassa residual da casca de coco verde *in natura* e sob a forma de briquetes.

Análise	Pó de coco <i>in natura</i>	Fibra de coco <i>in natura</i>	Briquete de pó de coco	Briquete de fibra de coco
Massa específica (g/cm ³)	0,05±0,01	0,046±0,01	0,51±0,07	0,50±0,07
Umidade (%)	15,1±0,2	13,0±0,6	12,1±0,5	12,4±0,5
Cinzas (%)	8,23±0,52	8,23±0,52	5,40±0,30	3,06±0,10
Teor de voláteis (%)	79,73±2,75	79,73±2,75	82,75±1,27	86,20±0,90
Teor de carbono fixo (%)	12,02±0,65	12,02±0,65	11,85±1,10	10,70±0,60
Poder calorífico (MJ/kg)	18,79	18,79	18,47	19,47

O teor de voláteis determina a facilidade com que o combustível inicia a queima, o que indica maior espontaneidade de queima para o briquete de fibra de coco verde. O valor encontrado nos briquetes de coco verde encontra-se bem próximo aos valores encontrados para briquetes de biomassas lignocelulósicas, porém um pouco mais elevado que o teor de voláteis contido no bagaço de cana (75,64%) e na lenha (75%) e próximos aos da madeira (85%) [9, 10].

O briquete de fibra de coco verde apresentou alto valor de teor de cinzas (3,06%), que representam a parte inerte da biomassa, ou seja, a parte que não queima, comparado ao teor de cinzas encontrado na amostra de lenha, que foi de 2,38%. Silva [10] encontrou valores de 1,34% nos teores de cinza para briquetes de resíduos de madeira. O briquete de pó de coco verde apresentou resultados de cinzas ainda maiores (5,40%), mas ainda inferior ao bagaço de cana (6,32%) [10].

Os valores de carbono fixo encontrados para os briquetes de fibra e pó de coco verde são, respectivamente, 10,70% e 11,85%, bem próximos entre si e ao valor geralmente encontrado para briquetes de resíduos agrícolas, cerca de 13,6%. A amostra de lenha apresentou teor de carbono fixo igual a 17,41%. Silva [10] encontrou, para a madeira, um teor de 20,01%.

O briquete da fibra do coco verde apresentou o maior valor do poder calorífico, 19,47 MJ/kg, bem próximo ao do bagaço de cana (19,25 MJ/kg), e dentro da faixa adotada para a maioria dos resíduos agrícolas. Quando comparado ao poder calorífico da casca de coco verde anterior ao processo de briquetagem, percebe-se um aumento de 3,7% para a fibra e uma depreciação de 1,6% para o pó. O poder calorífico do briquete de pó de coco verde apresenta valor inferior, embora próximo, ao valor do resíduo *in natura*, o que pode ser justificado pela ausência de fibras, que estão misturadas ao pó no estado *in natura*, aumentando seu poder calorífico.

A densidade energética dos briquetes obtida a partir do produto entre a massa específica média e a energia calorífica de cada briquete, gerou valores de 9.419,70 e 9.735,00 MJ/m³ para os briquetes de pó e fibra, respectivamente. Os briquetes de casca de coco verde apresentam vantagem energética quando comparado à lenha comercial, que possui densidade energética de 3.224,00 a 4.187,00 MJ/m³ [11]. Este resultado confirma a observação Oliveira [12], de que a

compactação de resíduos de base lignocelulósicos geram briquetes com a 2 a 5 vezes mais densidade energética que a lenha.

Devido à coleta de casca de coco verde na orla de Maceió não ser seletiva, classificada e/ou quantificada, não se tem como estimar custos envolvidos na coleta e disposição deste resíduo. Portanto, os cálculos de custos foram realizados com os dados das empresas coletoras e transportadoras de resíduo das indústrias de envase de água de coco, na intenção de averiguar os gastos mensais e anuais decorrentes da falta de aproveitamento das cascas.

Atualmente, cerca de 50 caixas coletoras de capacidade volumétrica de 5 m³ e capacidade mássica de 2,5 toneladas coletadas/mês pela empresa Viva Ambiental. De acordo com o levantamento realizado junto à empresa, são gastos, mensalmente R\$ 8.375,00 somente com a disposição da casca do coco no aterro, ou seja, R\$ 100.500,00/ano. O custo envolvido no transporte das fábricas ao aterro não foi calculado devido às diferenças de localização das fábricas até o aterro e as diferentes demandas de resíduos das mesmas.

As 125 toneladas de casca de coco verde coletadas mensalmente pela Viva Ambiental ocupam 250 m³/mês no aterro sanitário, de modo que o aproveitamento desse resíduo aumentaria a vida útil do aterro, tendo em vista que a disposição é feita sem compactação do resíduo.

O aproveitamento das cascas de coco verde poderia, ainda, gerar empregos e agregar valores na comercialização do coco verde, através de uma cooperativa de ambulantes, barraqueiros e vendedores que realizassem a separação adequada das cascas em caixas coletoras e posterior coleta, por uma linha de coleta exclusiva do resíduo, que seria disposto em um pátio de recepção de uma usina de briquetagem para início do processo de produção de briquetes.

4. CONCLUSÃO

Através do estudo realizado, confirmou-se o potencial atrativo no aproveitamento da casca de coco verde para a produção de briquetes, com redução dos impactos ambientais e aumento da vida útil do aterro municipal, reduzindo-se cerca de 8 m³/dia ocupados por este resíduo e conseqüente diminuição da emissão de gás metano, bem como a disposição inapropriada na orla de Maceió, que afeta diretamente a saúde pública e o paisagismo.

No segmento de energia alternativa, o briquete de casca de coco verde se mostra viável, uma vez que o mercado local apresentou carência de combustíveis alternativos para queima em fornos industriais e uma boa perspectiva de adoção dos briquetes de casca de coco verde.

As análises físico-químicas indicaram que resíduo de casca de coco verde processado, pré e pós-briquetagem, possuem características adequadas e eficazes à queima como fonte de energia, apresentando vantagens sob o briquete de pó de coco verde nos aspectos de espontaneidade e poder de queima, teor de cinzas, poder calorífico no valor de 19,47 MJ/kg e densidade energética de 9.735,00 MJ/m³.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao LABEN – Laboratório de Energia da UFAL, onde foi desenvolvido a pesquisa.

-
1. Vale TA, Barroso AR, Quirino FW. Caracterização da biomassa e do carvão vegetal do coco-da-baía (*Cocos nucifera* L.) para uso energético. Biomassa & Energia. 2004; 1(4):365-370.
 2. Sociedade Nacional de Agricultura. Aproveitamento de resíduos. A Lavoura. 2012; 690 – [citado em 20 nov. 2013]. Disponível em: http://sna.agr.br/wp-content/uploads/alav690_coco.pdf
 3. Corradini E. Composição química, propriedades mecânicas e térmicas da fibra de frutos de cultivares de coco verde. Revista Brasileira de Fruticultura. Jaboticabal. 2009; 31(3):837-846.

4. Stolarski JM, Szczukowski S, Tworkowski J, Krzyzaniak M, Gulczynski P, Mleczek M. Comparison of quality and production cost of briquettes made from agricultural and forest origin biomass. *Renewable Energy*. 2013; 57:20-26.
5. Seplande. Fábrica de biomassa estimula a produção de energia sustentável em Alagoas 2007 - [atualizado em 19 mar 2012; citado em 08 jun 2013]. Disponível em: <http://aquiacontece.com.br/noticia/2012/03/19/fabrica-de-biomassa-estimula-producao-de-energia-sustentavel-em-alagoas>
6. Souza A E. Biomass residues as fuel for the ceramic industry in the state of Alagoas: Brazil. *Waste & Biomass Valorization*. 2012; 3:191-196.
7. Centro Nacional de Referência em Biomassa. Instituto de Eletrotécnica e Energia – IEEU. Metodologias de cálculo para conversão energética. 2008. Universidade de São Paulo – USP – [citado em 05 jan 2013]. Disponível em: <http://www.cenbio.org.br>
8. Grupo Toledo. Bagaço de cana no forno da padaria – [atualizado em 21 set 2009; citado em 12 ago 2013]. Disponível em: <http://www.grupotoledo.com.br/noticias/Index.asp?vCod=1413>
9. Brito JO, Barrichelo LEG. Aspectos técnicos da utilização da madeira e carvão vegetal como combustíveis. In: Seminário de Abastecimento Energético Industrial com Recursos Florestais, São Paulo. 1982; 2:101-137.
10. Silva DA. Avaliação da qualidade de briquetes para fins energéticos – [citado em 12 mai 2013]. Disponível em: http://bripell.com/analises/Analise%20Briquetes_Universidade%20Federal%20do%20Paran%E1.pdf
11. Biomax Indústria de Máquinas. O briquete – alternativa energética – [citado em 20 dez 2013]. Disponível em: <http://www.biomaxind.com.br/site/br/briquete.html>
12. OLIVEIRA FBM. Estudo integrado da espécie palmeira ouricuri (*Syagrus coronata* (Martius) Beccari) para geração de energia [Dissertação de Mestrado]. Maceió: Universidade Federal de Alagoas; 2013.
13. Sempla – Secretaria Municipal de Planejamento e Desenvolvimento – Prefeitura de Maceió – [citado em 24 janeiro 2014]. Disponível em: <http://www.sempla.maceio.al.gov.br/sempla/dpu/mapas/MAPA%20Regioes%20Administrativas%202005.jpg>