

AVALIAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO DAF MANGA (*Mangifera indica* L) PARA A PRODUÇÃO DE BRIQUETES

T. L. DO NASCIMENTO¹, D. N. VELOSO², E. E. DE B. FERNANDES³, A. T. DE MELO⁴, L. M. BERTINI⁵, M. A. S. RIOS⁶

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5250-314X>¹

tassio.lessa@ifrn.edu.br¹

Submetido 15/04/2020 - Aceito 02/08/2021

DOI: 10.15628/holos.2021.9919

RESUMO

Muitas pesquisas têm sido realizadas no intuito de incentivar o uso de energias renováveis, bem como à utilização de biocombustíveis. A dependência acerca de fontes não renováveis de energia, como é o caso dos combustíveis fósseis – gás natural, petróleo, carvão – tem gerado muitas preocupações nos últimos anos. Diante dessa perspectiva, o presente trabalho visou à produção de um combustível sólido sustentável – briquete – a partir de uma biomassa com grande disponibilidade no nordeste brasileiro, a manga. É importante salientar que apesar dessa fruta ser altamente consumida nos setores alimentícios e na culinária, a mesma não é totalmente aproveitada, possuindo partes que quase sempre não são utilizadas, sendo o endocarpo, o mais correspondente a isso. A matéria-prima passou pelos seguintes processos:

secagem, retirada da amêndoa, trituração, caracterização e compactação. O processo de compactação da biomassa estudada foi à briquetagem, em que foi utilizada uma pressão de aproximadamente 7,5 toneladas na prensa hidráulica Marcon MPH-15. Os parâmetros analisados para a caracterização da matéria-prima foram: umidade (U), matérias voláteis (MV), cinzas (C), carbono fixo (CF) e potencial calorífico superior (PCS). As médias encontradas para as propriedades mencionadas com relação à caracterização da biomassa são as que seguem: 10,00% para o U, 87,30% para o MV, 1,78% para o C, 12,70% para o CF e 4078,39 kcal/kg para PCS. Já o valor obtido para a D foi de 0,87 g/cm³ e 4081,28 kcal/kg para a média do PCS após a produção dos briquetes.

PALAVRAS-CHAVE: biocombustíveis, briquete, manga, biomassa, briquetagem.

EVALUATION AND CHARACTERIZATION OF MANGO WASTE (*Mangifera indica* L) FOR BRIQUET PRODUCTION

ABSTRACT

Much research has been carried out to encourage the use of renewable energy as well as the use of biofuels. Dependence on non-renewable sources of energy, such as fossil fuels - natural gas, oil, coal - has generated many concerns in recent years. Considering this perspective, the present study aimed at the production of a sustainable solid fuel - briquette - from a biomass with great availability in the Brazilian northeast, the mango. It is important to point out that although this fruit is highly consumed in the food and cooking sectors, it is not fully utilized, with parts that are almost always not used, and the endocarp is the most appropriate. The raw material passed through the following processes: drying, removal of the almond, grinding, characterization and compaction. The compaction process of the biomass

studied was the briquetting, where a pressure of approximately 7.5 tons was used in the Marcon MPH-15 hydraulic press, with a rest time of 5 minutes. The parameters analyzed for the raw material characterization were: moisture (M), volatile materials (VM), ashes (A) and fixed carbon (FC) and superior calorification power (SCP). The averages found for the properties mentioned in relation to the biomass characterization are as follows: 10.00% for M, 87.307% for VM, 1.78% for A, 12.70% for FC and 4078.39 kcal / kg for SCP. The value obtained for D was 0.87g/cm³ and 4081.28 kcal / kg for the average SCP after the production of briquettes.

KEYWORDS: biofuels, briquette, mango, biomass, briquetting.



1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos o Brasil vem se elevando nos rankings dos países classificados como maiores produtores de petróleo do mundo. Entre os dez maiores fornecedores, o país está em 9º lugar com uma produção média de 3,2 milhões de barris de petróleo (óleo e gás) por dia, representando 3% da produção total mundial (PETRÓLEO, 2018).

De acordo com a Empresa de pesquisa Energética-EPE (2019), no ano de 2018 aproximadamente 57% da energia consumida no Brasil era proveniente de fontes não renováveis. No entanto, apesar da exacerbada quantidade de fontes não renováveis, como o petróleo e gás natural, o Brasil vem buscando maneiras de diversificar a matriz energética, substituindo combustíveis fósseis, por combustíveis renováveis.

De acordo com Tavares, Tavares e Moreira (2014), a utilização de florestas como fonte de energia é tão antiga quanto à história. Desde os primórdios da história da civilização, a vegetação se constituiu como uma fonte energética, sendo utilizada em atividades domésticas e posteriormente em atividades manufatureiras e industriais. A exploração florestal – com a finalidade de produzir combustíveis para o consumo da população – ainda se utiliza de técnicas extremamente rudimentares que proporcionam uma pressão sobre o meio ambiente, afetando diretamente as espécies vivas que habitam esses espaços. Esse desmatamento acelerado coloca em risco a biodiversidade e a sobrevivência de camadas da população que dependem do potencial dos recursos naturais para sobreviverem, o que torna essa atividade um tanto quanto preocupante.

Nesse sentido, o uso de florestas e vegetações têm gerado preocupações nos últimos anos, bem como o uso da lenha e do carvão vegetal. No entanto, a utilização de briquetes, uma lenha ecológica, tem entrado como alternativa para a solução dessa problemática. Segundo Lippel (2019), mesmo que a lenha ainda venha a sobressair no campo industrial, o briquete consegue substituir com vantagem quaisquer processos de queima de madeira, podendo ser utilizado em caldeiras, fornos industriais de padarias, fornalhas e semelhantes, fornos de pizzarias, laticínios, lareiras, churrasqueiras e até mesmo em uso doméstico, o que explica o amplo crescimento do mercado de briquetes nos últimos anos.

Em conformidade com Silva, Carneiro e Lopes (2017), a produção de bioenergia no Brasil, por meio do aproveitamento de resíduos orgânicos, vem revelando grandes oportunidades de negócios, sendo uma delas a produção de briquetes, pois os mesmos são produtos que não possuem grande índice de poluição, que não necessitam de um processo produtivo complexo, e que pode substituir outros tipos de combustíveis utilizados atualmente, como o carvão mineral e a lenha, por exemplo.

Florêncio et al. (2012) alegam que no Brasil a manga é altamente consumida nos setores alimentícios e na culinária, entretanto, ressalta que o fruto não é totalmente aproveitado nesses âmbitos, tendo em vista que possui partes que quase sempre não são utilizadas, a casca e o caroço. Nesse sentido, o investimento na manga como fonte de biomassa, sobretudo seu endocarpo,



torna-se atrativo, pois o resíduo gerado será aproveitado para a geração de um combustível renovável e auxiliando no processo produtivo sustentável.

Diante das questões apresentadas, baseado na perspectiva ambiental, econômica e social, o presente trabalho visou à produção de briquetes a partir de um resíduo vegetal – o endocarpo da manga. Objetivando o seu aproveitamento já que em sua maioria, ele não possui finalidade, sendo destinado de maneira incorreta ao meio ambiente, o que é fortemente comum no Brasil, uma vez que o país não é exemplo de destinação adequada para lixos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A preocupação global com as mudanças climáticas e suas consequências adversas levam Governos, Organizações, Agências e outras instituições a estabelecerem medidas para a mitigação e controles sobre as emissões dos gases do efeito estufa, produzidos pela ação do homem nos mais distintos segmentos da economia (GARBIN, HENKES, 2018). Uma das grandes preocupações do efeito estufa são as fontes não renováveis de energia, como os combustíveis fósseis.

Segundo Domingos et al. (2012), combustível fóssil trata-se de um recurso energético que entra em combustão com o oxigênio produzindo energia na forma de calor, gases entre outros. O mesmo provém da matéria orgânica decomposta durante milhares de anos. Os combustíveis fósseis têm uma taxa de combustão muito alta, por isso eles liberam grande quantidade de energia. No entanto, trata-se de combustíveis finitos e com alto poder de poluição. A deterioração do meio ambiente, mudanças climáticas, poluição do solo, contaminação da água, poluição da atmosfera, aquecimento global, efeito estufa, são alguns dos malefícios que estão proporcionalmente ligadas ao consumo desses combustíveis.

De acordo com Viana et al (2015) os combustíveis fósseis podem ser representados por muitos combustíveis, todavia, os três principais são: o petróleo, gás natural e carvão. Porém, ainda podemos citar como combustível de queima de grande poluição ambiental, a lenha.

A madeira é um importante recurso natural que historicamente serviu como fonte de energia, primeiramente para aquecimento e cocção de alimentos e, posteriormente, para a promoção do avanço tecnológico – fornos, caldeiras, indústria moveleira, geração de energia a partir de biomassa – colaborando para o desenvolvimento da sociedade humana. Trata-se, portanto, de uma importante fonte de energia primária, tanto para países desenvolvidos como para parcelas significativas da população dos países em desenvolvimento (PASSOS et al, 2016).

A lenha é acessível a grande parte da população, pois é barata e pode ser encontrada facilmente no campo, porém ela tem alto poder destruidor, visto que pode devastar florestas e poluir o ar com fuligem preta e dióxido de carbono. Vários problemas são decorrentes da exploração de florestas naturais, tais como: perda de biodiversidade, desproteção dos mananciais e redução de regimes de chuva.

De acordo com Simioni et al. (2017), a produção de lenha passou de 94.279 mil toneladas em 2008 (ano em que a produção atingiu o maior volume nos últimos anos) para 79.290 mil toneladas em 2013, representando uma redução de 15,9% no período. Essa redução implica na



substituição dela por outras fontes de energia, uma alternativa que tem ganhado espaço nos últimos anos são os briquetes.

O briquete é considerado um biocombustível sólido, feito a partir da compactação de resíduos lignocelulósicos muito utilizado para a geração de energia na forma de calor ou eletricidade. Eles são substitutos diretos da lenha em muitas aplicações, incluindo o uso residencial, em indústrias e estabelecimentos comerciais como olarias, cerâmicas, padarias, pizzarias, laticínios, fábricas de alimentos, indústrias químicas, têxteis e de cimento dentre outros (PETRICOSKI, 2017).

A produção eficiente e sustentável de energia da biomassa traz inúmeras vantagens ambientais, econômicas e sociais se comparada ao uso de combustíveis fósseis, tais: melhor manejo da terra, a criação de empregos, o uso de áreas agrícolas excedentes nos países industrializados, o fornecimento de vetores energéticos modernos a comunidades rurais nos países em desenvolvimento, redução nos níveis de emissões de dióxido de carbono, o controle de resíduos, a reciclagem de nutrientes (TAVARES, TAVARES, 2015).

Conforme Silva, Carneiro e Lopes (2017), a utilização de resíduos de biomassa tem se tornado uma alternativa para a produção de energia renovável, seja através da queima direta, seja através da fabricação de bioproduto. Esse último termo se refere a qualquer produto derivado ou sintetizado a partir de biomassa residual, os quais podem substituir parcialmente ou totalmente o uso de fontes não renováveis, como é o exemplo de briquetes, que pode ser uma alternativa para o carvão ou até mesmo a lenha (que apesar de renovável, possui caráter destrutivo ao ser usado o desmatamento para a sua produção).

De acordo com Padilla *et al* (2016), os briquetes podem ser caracterizados como combustíveis sólidos que são provenientes de biomassa residual para a produção de energia. Estes resíduos podem ser compactados, podendo apresentar uma redução de volume de cinco a dez vezes, dependendo do tipo de matéria-prima, gerando materiais de maior densidade e durabilidade se comparado com outros combustíveis sólidos. A Figura 1 apresentada o combustível sólido mencionado.



Figura 1 – Briquetes
Fonte: FUNVERDE (2019)

Apesar de se ter registros da atividade de briquetagem no Brasil desde os anos 40, o briquete ainda é um produto emergente, pouco demandado e conhecido no nosso país, onde sequer se tem o registro exato do número de usinas de briquetagem em operação. A primeira

briquetadeira a operar em solo brasileiro do que se tem notícia era da marca Hansa, de pistão mecânico a pulso, importada em 1940 para uma indústria de Santa Catarina. Apenas em 1985 que uma indústria brasileira começaria a fabricar seu primeiro equipamento para produção de briquetes – a Biomax Indústria de Máquinas Ltda, localizada na cidade gaúcha de São Leopoldo (TAVARES; TAVARES, 2015).

O briquete é considerado um substituto da lenha e também é conhecido como o “carvão ecológico”, ele resulta do processo de secagem e prensagem de resíduos de madeira, apresentando após sua transformação um produto para queima com alto poder calorífico, gerando calor ou vapor, o que faz deste um combustível ideal para uso em vários lugares (SEBRAE, 2019).

Segundo Oshiro (2016), os briquetes possuem aplicações em diversos setores que necessitam de combustível calorífico para produção, essas indústrias podem ser fundições, como por exemplo, pizzarias, padarias, hotéis, olarias, laticínios, indústria de gesso, entre outras instalações comerciais e industriais que usam fornos. Além disso, dos briquetes pode ser feito carvão.

Existem dois tipos de briquetes: os simples e os compostos. Os briquetes compostos passam pelo mesmo processo de produção dos briquetes simples, no entanto, são sintetizados a partir de mais de um tipo de resíduo. Além disso, há à inclusão da fase da mistura das matérias-primas. Ao se produzir briquetes compostos evita-se a dependência de um único tipo de resíduo. Nos períodos de escassez dos resíduos de maior poder calorífico, tem-se a opção de substituí-los por outros resíduos em maior quantidade, mantendo a eficiência energética dos briquetes (DANTAS, SANTOS E SOUZA, 2012).

Nos últimos anos, o homem se apropriou das fontes e matérias-primas renováveis disponibilizadas pela natureza com fins de conseguir uma solução viável para o processo de minimização dos impactos sentidos pelo meio ambiente. Isso em prática ocorre quando o consumo de combustíveis fósseis passa a ser, mesmo que parcialmente, substituídos pelos biocombustíveis (FARIA *et al.*, 2016).

Florêncio *et al.* (2012), alegam que no Brasil a manga é altamente consumida nos setores alimentícios e na culinária, entretanto, ressalta que o fruto não é totalmente aproveitado nesses âmbitos, tendo em vista que ele possui partes que quase sempre não são utilizadas, sendo à casca e o caroço, o mais correspondente a isso. A manga (*Mangifera indica L.*) pertence à família *Anacardiaceae*, das frutas tropicais mais comuns no Brasil com grande quantidade de polpa, de tamanho e formato variável, aroma e cor agradável que faz parte do elenco das frutas tropicais de grande importância econômica. A Figura 2 representa a mencionada fruta.

Figura 2 – Manga



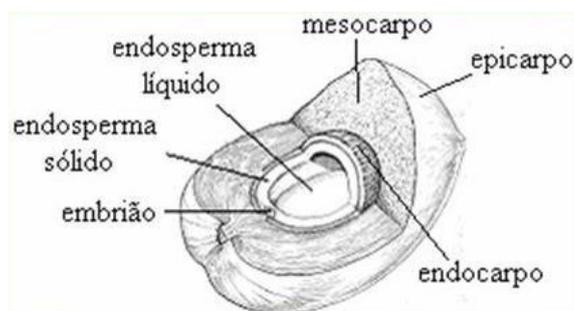
Fonte: Dantas (2019)

De acordo com Araújo, Correia e Lima (2015), no mercado nacional, a manga é comercializada, principalmente, na forma *in natura*, embora também possa ser encontrada nas formas de suco integral e polpa congelada. A polpa pode ser empregada na elaboração de doces, geleias, sucos e néctares, além de poder ser adicionada a sorvetes, misturas de sucos, licores e outros produtos.

Para entender melhor a cerca da anatomia do fruto da mangueira, a manga, Donadon e Santos (2018) trazem alguns informes sobre as partes da fruta, como mostra a Figura 4. A fruta classifica-se como do tipo drupa, carnoso e indeiscente, cuja região central contém um endocarpo pétreo ao redor da semente. O fruto é constituído por duas partes principais: pericarpo e semente. O pericarpo compõe-se de três camadas: epicarpo, mesocarpo e endocarpo. A semente, por sua vez, é constituída pelo tegumento e as amêndoas, formada pelo embrião e o endosperma.

Figura 4 – Anatomia da manga

Fonte: Pessoa, [200-?]



A mangueira é árvore de onde provém a manga, ela pertencente ao gênero *Mangifera*. É originária da Ásia, mais especificamente da região que vai do leste da Índia às Filipinas, a mesma foi introduzida ao Brasil pelos portugueses e se adaptou muito bem. As mangueiras podem atingir entre 35 a 40 metros de altura e necessitam de solos férteis e bem irrigados para se desenvolverem. Os maiores produtores mundiais de manga são Índia, China, Tailândia, México, Indonésia e Brasil (BALDASSIN, 2019).

Relatório da Embrapa (2019) à produção interna de manga por região do Brasil no ano de 2017, mostrando, por exemplo, que o Nordeste ocupou o primeiro lugar no ranking, com uma participação de 74,72%, já que produziu cerca de 812.215 de um total de 1.087.091 toneladas, seguido das regiões: Sudeste (23,97%), Sul (0,63%), Norte (0,46%) e Centro-Oeste (0,22%). Como mostra o Gráfico 1.

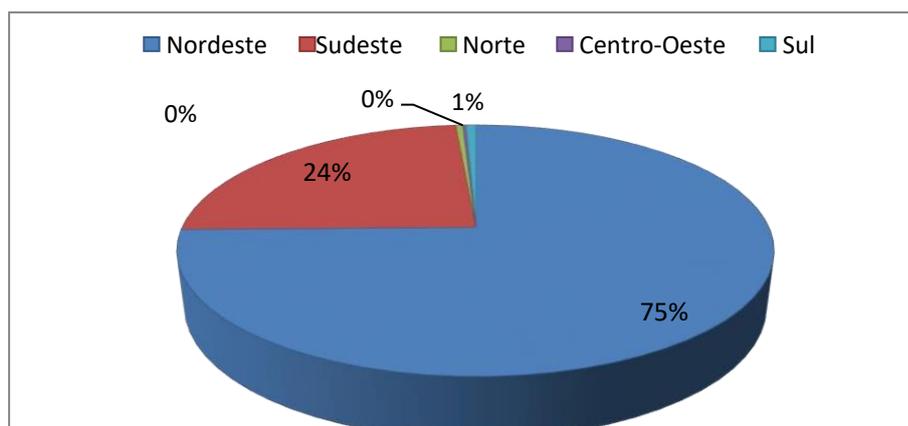


Gráfico 01 – Produção brasileira por região no ano de 2017

Fonte: EMBRAPA (2019)

De acordo com Coelho, Viana e Azevêdo (2014), o processamento da manga produz o descarte do caroço e das cascas, gerando um resíduo que corresponde cerca de 28 a 43% do peso total da fruta, constituído de 12 a 15% de cascas e 15 a 20% de sementes (caroços). Vários pesquisadores brasileiros vêm estudando o aproveitamento de resíduos como as cascas de frutas, pois além de contribuírem com a diminuição de impactos ambientais, estes subprodutos podem gerar renda colaborando com a economia do país. No entanto, as pesquisas acerca do aproveitamento do caroço da manga ainda são bem escassas, quase inexistentes. O que se tem trata-se, em síntese, da utilização da amêndoa para a plantação da árvore, sendo que na maioria das vezes, o endocarpo da manga é descartado ao meio ambiente.

Petricoski (2017) diz que o aumento na produção de resíduos provoca impactos ambientais, uma vez que sua taxa de geração é muito maior que a sua taxa de degradação. Dessa maneira, torna-se imprescindível reduzir e reaproveitar os resíduos gerados pelo homem, recuperando-se assim, matéria e energia, preservando recursos naturais e minimizando as agressões ao meio ambiente.

Nesse sentido, a iniciativa de investir na manga, sobretudo em seu endocarpo, torna-se bastante recomendada, pois ao passo que há um encaminhamento para diminuir as perdas do bagaço do caroço e aproveitar a fruta como um todo, há em conjunto a isso, a ampliação dos recursos naturais na matriz energética brasileira disposta a auxiliar o processo de desenvolvimento sustentável.

3. METODOLOGIA

3.1. Caroço da manga – origem e preparação da biomassa

Os caroços de manga foram adquiridos no município de Campo Grande-RN. O presente trabalho visou o aproveitamento desse endocarpo para a produção de briquetes. O processo de secagem dos caroços foi condizente à técnica de Oshiro (2016), inicialmente a matéria-prima ficou exposta à temperatura ambiente (cerca de 35°C) por duas semanas em um ambiente ventilado.

Após o processo de secagem, houve a remoção da amêndoa de forma manual com o auxílio de uma tesoura. Essa última foi destinada para o plantio de novas mudas, restando somente o resíduo a ser trabalhado, o endocarpo. A trituração do endocarpo foi realizada por uma forrageira do tipo Trapp de 1,5 CV de potência.

3.2. Caracterização da matéria-prima

3.2.1. Teor de umidade (U)

As amostras foram colocadas em um cadinho, para a pesagem de suas respectivas massas, em aproximadamente de 5 g, em seguida foram levadas para à estufa a uma temperatura de 125 °C. As amostras eram retiradas a cada 30 minutos e levadas para o dessecador por cerca de 15 minutos, para posterior pesagem. A operação foi realizada até que o peso das amostras se mantivesse invariável. O procedimento foi realizado em triplicata para maior consistência dos dados. A Equação 1 foi utilizada para o cálculo de teor de umidade.

$$U = \frac{mf - mi}{mi} \times 100 \quad (1)$$

Em que:

U = umidade; mf = massa final da amostra; mi = massa inicial da amostra

3.2.2. Teor de materiais voláteis (MV)

Para determinar o MV da biomassa utilizou-se o trabalho de Silva et al (2015). A princípio a amostra foi pesada em um cadinho, e em seguida, colocada para queimar na mufla, a uma temperatura aproximada de 850 °C por volta de 7 minutos, em seguida levado para um dessecador por 30 minutos, foi realizada a diferença de pesagem para se obter o valor da taxa de voláteis da biomassa.

3.2.3. Teor de cinzas (C)

Para o C foi utilizada uma mufla, com uma temperatura em torno de 900 °C por cerca de 3 horas. Inicialmente foi pesada uma massa de aproximadamente 5 g em um cadinho de porcelana, e logo após, foi levada para a mufla. Após exceder o tempo mencionado, a mufla foi desligada e esperou-se até que fosse possível retirar a amostra. Após a retirada, a amostra foi levada para um dessecador, para em seguida ser pesada. O valor encontrado para o C foi por diferença de pesagem, esquema semelhante ao da Equação 1. O procedimento foi realizado em triplicata para maiores consistência dos valores.

3.2.4. Teor de carbono fixo (CF)

Os valores para os CF foram dados pela Equação 2, a qual leva em consideração o C e o MV da biomassa. A mesma equação foi utilizada por Vieira (2012).

$$T_{cf} = 100 - (T_c + T_v) \quad (2)$$

Em que:

T_{cf} = teor de carbono fixo (%); T_c = teor de cinzas (%); T_v = teor de voláteis

3.2.5. Potencial energético

O PCS foi quantificado por meio da adaptação da norma da ASTM E711-87, os ensaios foram realizados no calorímetro digital IKA C200.

3.3. PRODUÇÃO DOS BRIQUETES

A produção dos briquetes foi com base na metodologia empregada por Ponte (2017). Foi utilizada uma prensa hidráulica Marcon MPH-15, aplicada uma força aproximada de 7,5 toneladas, com tempo de repouso de 5 min, com isso obteve-se uma pressão em torno de 37,5 MPa. O molde cilíndrico de aço inox para a produção dos briquetes média 5 cm de diâmetro interno. A quantidade de matéria-prima utilizada para a produção dos briquetes foi cerca de 33 g, não foram aplicados materiais aglutinantes.

3.3.1. Densidade dos briquetes (D)

Após a produção dos briquetes, foi realizada a pesagem e a medição da altura e diâmetro dos mesmos. A pesagem foi feita em uma balança analítica e a medição foi realizada com o auxílio de um paquímetro. Após as medições, foi realizado o cálculo para a determinação da D dos briquetes com base na Equação 3.

$$D = m/v \quad (3)$$

D = Densidade; m = massa da amostra; v = volume da amostra

3.3.2. Poder calorífico superior dos briquetes (PCS)

Para quantificar o PCS dos briquetes, após serem produzidos, foi utilizada a mesma metodologia empregada para medir o PCS da matéria-prima.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O ensaio de Umidade foi realizado para a matéria-prima *in natura* para analisar o percentual de água contido na biomassa e em seguida corrigi-lo, alcançando ou atingindo a faixa ideal, pois um alto teor de umidade interfere significativamente no processo de queima, proporcionando uma combustão não tão satisfatória.

O valor de U para a matéria-prima *in natura* foi de 27,84%, muito alto se comparado com o da literatura, o qual deve estar dentro da faixa de 5 a 10%, de acordo com Dias et al (2012). Deste modo, o processo de secagem da amostra foi realizado para retirar o excesso de água, adequando a biomassa à faixa proposta. O valor da umidade após a secagem ficou em torno de 10,00%.

Para o endocarpo triturado o valor de U foi de 10,83%, Padilla et al (2016) defende que são preferidas biomassas para briquetagem com U entre 10 e 15%, nesse sentido, os valores apresentados pelas amostras mostraram-se atrativas, uma vez que se adequam a essa faixa. Para Ponte (2017), a umidade é uma propriedade que varia de material para material e depende das condições atmosféricas locais, como a umidade do ar e a pressão. Ela pode ser controlada com o auxílio de secadores, comumente empregado em usinas de briquetagens.

O valor para o MV para a nossa biomassa foi de 87,30%. É importante salientar que quanto maior o MV, maior o potencial para produção de energia, como descrevem Hansted et al. (2016).



Nakashima et al (2014) conceituam que o MV é alto nos combustíveis de biomassa, podendo variar entre 76 – 86%, uma faixa semelhante é defendida por Chaves et al (2013), que é de 75 a 85%, isso pode acarretar uma maior emissão de gases durante a combustão, resultando em uma queima acelerada.

Já Oshiro (2016), encontrou valores com média de 89,86 % quando a biomassa estudada foi a maravalha e Souza et al. (2012) mostrou valores médios para serragem de madeira de 86,24%. Os mencionados valores têm aproximação com os valores encontrados no trabalho em questão, o que significa que em relação à propriedade de MV à biomassa da casca do caroço da manga, maravalha e serragem de madeira possuem alguma semelhança.

Os valores para o C presente na biomassa estudada foi 1,78%. De acordo com Oshiro (2016), um bom combustível sólido deve ter um conteúdo de C inferior a 3%. É importante salientar que a cinza residual é indesejável, portanto, quanto menor o C, melhor é a qualidade do combustível.

Vieira et al (2013) relata que o CF está relacionado C e MV, pois o mesmo representa a massa restante após a saída de compostos voláteis, excluindo as cinzas e teores de umidade. A média dos valores para o carbono fixo foi de 12,70 %. O alto índice do CF é usado como referência porque se pressupõe que à medida que aumenta a quantidade de carbono fixo, a possibilidade de liberação de voláteis nocivos é menor (ZERBINATTI et al., 2014).

As biomassas vegetais necessitam ter determinadas características que as tornem aptas para a geração de energia. O PCS faz parte dessas propriedades, tendo em vista que se trata do parâmetro responsável por avaliar a viabilidade do uso de uma biomassa para geração de energia, sobretudo, a energia térmica (TAVARES; SANTOS, 2013). Conforme Fernandes et al. (2015), o poder calorífico é a quantidade de energia liberada quando queimada totalmente a biomassa, sendo dividido entre poder calorífico superior e inferior, quanto maior o PCS, mais eficaz é o combustível. Os valores das amostras para o PCS para a biomassa em questão foram em média de 4078,39 kcal/kg

Estudos dirigidos por Ponte (2017) mostram valores médios de 4063,1 kcal/Kg para poda de mangueira e 4087,0 kcal/kg quando se misturou cana: cajueiro: mangueira (60%, 20%, 20%). Como pode ser visto os valores encontrados para o PCS no presente trabalho estão dentro da faixa encontrada pelo mencionado autor. Esse parâmetro é um dos mais importantes para qualquer processo do uso de energia, uma vez que é o poder calorífico que determina a quantidade de energia liberada por quaisquer que sejam as matérias-primas ou fontes energéticas.

Com a biomassa caracterizada e iniciou a produção dos briquetes, uma amostra dos briquetes produzidos pode ser vista na Figura 5. A lenha ecológica produzida possui diâmetro de 5 cm, altura de 1,9 cm e peso de 32,4109 g.



Figura 5 – Amostra do briquete produzido

Fonte: arquivo pessoal

De acordo com Dias, Andrade e Júnior (2014), a densidade influi diretamente na eficiência dos briquetes, visto que expressa a quantidade de material por unidade de volume, o que significa que quanto maior, mais concentração há de energia. O valor para a densidade encontrado no presente estudo foi uma média de $0,87 \text{ g/cm}^3$. Ponte (2017) encontrou um valor de $0,83 \text{ g/cm}^3$ para o briquete produzido a partir de 50% de poda de mangueira e 50% de bagaço de cana.

A média dos valores encontrados para o PCS das amostras dos briquetes foram de 4081,28 kcal/Kg. Quando comparado com os valores do PCS da biomassa antes da briquetagem é perceptível um pequeno aumento, isso pode ser explicado porque à medida que é feita a compactação, o volume ocupado pela matéria-prima é menor, aumentando-se assim a D, por consequência, o PCS aumenta, visto que há uma maior concentração de energia no interior dos briquetes.

5. CONCLUSÕES

Diante do presente estudo e das análises dos dados, tornou-se perceptível que o endocarpo da manga possui alto potencial para o uso de biomassa energética, uma vez que os resultados obtidos se mostraram satisfatórios. Principalmente, pelo fato de os parâmetros analisados estarem de acordo com a normalidade, levando em consideração que o objetivo do presente trabalho era a produção de um combustível sólido sustentável para queima.

Outro ponto importante, é que o endocarpo da manga se trata de um resíduo de pouca utilidade no Brasil, e possivelmente, seria sujeitado ao montante já existente no país. Contudo, através da compactação, pode ser transformado e aproveitado em setores que utilizam à lenha e o carvão vegetal para produção de energia. Como se sabe, a geração de restolho no Brasil ainda é um problema, nessa perspectiva, o aproveitamento deste em processos, como por exemplo, na sua transformação para biocombustíveis surge como alternativa para solução dessa problemática.

6. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio das concessões das bolsas pelo Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica para o Ensino Médio (PIBIC/EM) aprovados no Edital 05/2019 – CNPQ/PROPI/RE/IFRN.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, J. L. P., CORREIA, R. C., LIMA, J. R. F. (2015). Mercado. In: MOUCO, Maria Aparecida do Carmo (Ed.). Cultivo da mangueira. 3. ed. Embrapa.
- CHAVES, A. M. B., VALE, A. T., MELIDO, R. C. (2013). Características energéticas da madeira e carvão vegetal de clones de eucalyptus spp. Enciclopédia Biosfera, Goiânia, v. 9, n. 17, p.533-542.
- COELHO, E. M., VIANA, A. C., AZEVÊDO, L. C. (2014). Prospecção tecnológica para o aproveitamento de resíduos industriais, com foco na indústria de processamento de manga. Cadernos de Prospecção, [s.l.], v. 7, n. 4, p.550-560. Universidade Federal da Bahia. <http://dx.doi.org/10.9771/s.cprosp.2014.007.056>.
- DANTAS, A. P., SANTOS, R. R., SOUZA, S. C., (2012). O briquete como combustível alternativo para a produção de energia. In: III CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, Goiânia: Ibeas, p. 1 - 5.
- DIAS, J. M. C., SANTOS, D. T., BRAGA, M., ONOYAMA, M. M., MIRANDA, C. H. B., BARBOSA, P. F. D., ROCHA, J. D. (2012). Produção de briquetes e péletes a partir de resíduos agrícolas agroindustriais e florestais. EMBRAPA – AGORENERGIA. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.
- DOMINGOS, C. A., PEREIRA, D. D., CARDOSO, L. S., TEODORO, R. A., CASTRO, V. A. (2012). Biodiesel – proposta de um combustível alternativo. Revista Brasileira de Gestão e Engenharia, São Gotardo, v. 5, n. 9, p.134-178.
- DONADON, F. A. B., SANTOS, D. F. L. (2018) A relevância da eco-inovação para resíduos sólidos na agroindústria da fruticultura. Revista Gestão & Tecnologia, [s.l.], v. 18, n. 33, p.225-246.
- EMBRAPA (2019). Embrapa: mandioca e fruticultura. Disponível em: <http://www.cnpmf.embrapa.br/Base_de_Dados/index_pdf/dados/brasil/manga/b1_manga.pdf>.
- EMBRAPA (2012). Possibilidades de uso da biomassa para produção de biocombustíveis na Biotech 2012. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/gado-de-corte/busca-de-noticias/-/noticia/1485487/possibilidades-de-uso-da-biomassa-para-producao-de-biocombustiveis-na-biotech-2012>>.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (2018). Balanço Energético Nacional 2018. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2018>>. Acesso em: 02 abr. 2019.
- FARIA, W. S., PROTÁSIO, T. P., TRUGILHO, P. F., PEREIRA, B. L. C., CARNEIRO, A. C., ANDRADE, C. R. (2016). Transformação dos resíduos lignocelulósicos da cafeicultura em pellets para a geração de energia térmica. Coffee Science, Lavras, v. 11, n. 1, p.137- 147.
- FERNANDES, Lara J., SANTOS, E. A., OLIVEIRA, R., REIS, J. M. (2015). Caracterização do resíduo industrial casca de arroz com vistas a sua utilização como biomassa. In: 6º FÓRUM INTERNACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 6., 2015, São José dos Campos, p. 1 - 9.



- FLORÊNCIO, I. M., SOUZA, M. S, Sheila S. R. GONDIM, S. S. R., Mônica Tejo CAVALCANTI, M. T., FLORENTINO, E. R. (2012). Farinha do caroço da manga como ingrediente na elaboração de produtos de panificação. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA/UEPB, 2012, Campina Grande. [s.l.]. p. 1 - 10.
- GARBIN, R. B., HENKES, J. A. (2018) A sustentabilidade na produção de biocombustíveis de aviação no Brasil. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, [s.l.], v. 7, n. 2, p.67-104. Universidade do Sul de Santa Catarina - UNISUL. <http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v7e2201867-104>.
- HANSTED, A. L. S., NAKASHIMA, G. T., MARTINS, M. P., YAMAJI, F. M. (2016). Caracterização Físico-Química da Biomassa de *Leucaena leucocephala* para Produção de Combustível Sólido. Revista Virtual Química, [s.l.], v. 20, n. 20, p.1-12, 09 jul.
- LIPPEL. (2019). Briquetagem e Peletização. Disponível em: <<http://www.lippel.com.br/br/briquetagem-e-paletizacao.html?#.VXdTps9Viko%3E>>. Acesso em: 10 mai. 2019.
- NAKASHIMA, G. T., MARTINS, M. P., SILVA, D. A., CHRISOSTOMO, W., YAMAJI, F. M. (2014) Tami et al. Aproveitamento de resíduos vegetais para a produção de briquetes. Revista Brasileira de Ciências Ambientais, [s.l.], p.22-29.
- OSHIRO, T. L. (2016). Produção e caracterização de briquetes produzidos com resíduos lignocelulósicos. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Londrina.
- PADILLA, E. R. D., PIRES, I. C. S. A., YAMAJI, F. M., FANDIÑO, J. M.M. (2016). Produção e Caracterização Físico-Mecânica de Briquetes de Fibra de Coco e Palha de Cana-de-Açúcar. Revista Virtual de Química, Montería, v. 20, n. 20, p.1-13.
- PASSOS, B. M., SIMIONI, F. J., DEBONI, T. L., DALARI, B. L. S. K. (2016). Características do consumo residencial de lenha e carvão vegetal. Floresta, [s.l.], v. 46, n. 1, p.21-28. Universidade Federal do Paraná. <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v46i1.39714>.
- PETRICOSKI, S. M. (2017). Briquetes produzidos com mistura de podas urbanas, glicerina e resíduos de processamento de mandioca. 2017. 83 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Energia na Agricultura, Universidade Estadual do Oeste do Paraná -Cascavel.
- PETRÓLEO. (2019). Os 10 principais países produtores de petróleo. Disponível em: <<https://www.opetroleo.com.br/os-10-principais-paises-produtores-de-petroleo/>>. Acesso em: 11 abr. 2019.
- PONTE, M. R. (2017). Blendas de bagaço de cana-de-açúcar: caracterização das propriedades e investigação da viabilidade técnica. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia de Energias, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-brasileira -Acarape.
- SEBRAE (2019). Comomontar uma fábrica de briquetes. Disponível em:



<<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ideias/como-montar-uma-fabrica-de-briquetes,39887a51b9105410VgnVCM1000003b74010aRCRD>>. Acesso em: 02 abr. 2019.

- SILVA, D. A., YAMAJI, F. M., BARROS, J. L., RÓZ, A. L., NAKASHIMA, G. T. (2015). Caracterização da biomassa para a briquetagem. *Floresta, Curitiba*, v. 45, n. 4, p.713-722.
- SILVA, J. W. F., CARNEIRO, R. A. F., LOPES, J. M. (2017). Da biomassa residual ao briquete: viabilidade técnica para produção de briquetes na microrregião de Dourados-MS. *Revista Brasileira de Energias Renováveis, Dourados*, p.624-646.
- SIMIONI, F. J., MOREIRA, J. M. M. A., FACHINELLO, A. L., BUSCHINELLI, C. A., MATSuura, M. I. S. (2017). Evolução e concentração da produção de lenha e carvão vegetal de silvicultura no Brasil. *Ciência Florestal, Santa Maria*, v. 27, n. 2, p.731-741.
- SOUZA, M. M., SILVA, D. A., ROCHADELLI, R., SANTOS, R. C. (2012). Estimativa de poder calorífico e caracterização para uso energético de resíduos da colheita e do processamento de pinus taeda. *Revista Floresta, Curitiba*, v. 42, n. 2, p.325-334.
- TAVARES, M. A. M. E., TAVARES, S. R. L., MOREIRA, I. T. (2014). Estudo da Viabilidade da Instalação de duas Fábricas de Briquete na Região do Baixo-Açu. In: TAVARES, Silvio Roberto de Lucena (Ed.). *Biocombustíveis Sólidos*. Natal (RN); Brasília (DF): Embrapa. p. 329-374.
- TAVARES, S. R. L., TAVARES, M. A. M. E. (2015). Perspectivas para a participação do Brasil no mercado internacional de pellets. *Holos, [s.l.]*, v. 5, p.292-306. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN). <http://dx.doi.org/10.15628/holos.2015.2662>.
- TAVARES, S. R. L., SANTOS, T. E. (2019). Uso de diferentes fontes de biomassa vegetal para a produção de biocombustíveis sólidos. *Holos, [s.l.]*, v. 5, n. 29, p.19-27, dez. 2013. Disponível em: <<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/1850/723>>. Acesso em: 11 abr. 2019.
- VIEIRA, A. C. (2012). Caracterização da biomassa proveniente de resíduos agrícolas. 2012. 56 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Energia na Agricultura, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná -Cascavel.
- VIEIRA, A. C., SOUZA, S. N. M., BARICCATI, R. A., SIQUEIRA, J. A. C., NOGUEIRA, C. E. C. (2013). Caracterização da casca de arroz para geração de energia. *Revista Varia Scientia Agrárias, [s.l.]*, v. 3, n. 1, p.51-57.
- ZERBINATTI, O. E. Z., SILVA, A. B., PEREIRA, A. J., MIRANDA, J. M. (2014). Briquetagem de resíduos de cafeeiro conduzido no sistema safra zero. *Semina: Ciências Agrárias, [s.l.]*, v. 35, n. 3, p.1143-1152. Universidade Estadual de Londrina. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n3p1143>.



COMO CITAR ESTE ARTIGO:

T. L. do Nascimento, D. N. Veloso, E. E. de B. Fernandes, A. T. de Melo, L. M. Bertini, M. A. S. Rios (2021). Avaliação e caracterização do resíduo da manga (mangífera indica I) para a produção de briquetes. *Holos*. 37(5), 1-15.

SOBRE OS AUTORES**T. L. DO NASCIMENTO**

Possui graduação em Licenciatura em Química pela Universidade Federal do Ceará (2005), graduação em Química/Bacharelado - Habilitação em Química Industrial pela Universidade Federal do Ceará (2012) e mestrado em Química Inorgânica pela Universidade Federal do Ceará (2010). Doutorando em Biotecnologia na Renorbio/UFRN. Atualmente é professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. Tem experiência na área de ensino da Química e em Química dos Biocombustíveis. E-mail: tassio.lessa@ifrn.edu.br

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5250-314X>

D. N. VELOSO

Técnica em Biocombustíveis pelo IFRN- campus Apodi e estudante de Licenciatura em Química do IFRN- campus Apodi. Atuou como bolsista de Iniciação Científica e possui experiência em biodiesel e produção de briquetes. E-mail: dayanecgrn100@hotmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7014-6086>

E. E. DE B. FERNANDES

Técnico em Biocombustíveis pelo IFRN- campus Apodi e estudante de Medicina pela Universidade Federal de Pelotas (UFPEL). Atuou como bolsista de Iniciação Científica PIBIC/EM e possui experiência na produção de briquetes. E-mail: ezequielbritof@hotmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3612-9717>

A. T. DE MELO

Técnica em Biocombustível pelo IFRN- campus Apodi. E-mail: arabelatayara@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0822-8803>

L. M. BERTINI

Possui graduação em Química Licenciatura Plena pela Universidade Estadual do Ceará (2004), mestrado em Química Orgânica pela Universidade Federal do Ceará (2009) e doutorado em Química pela Universidade Federal do Ceará (2013). Atualmente é professora do quadro efetivo de Professores de Ensino Básico, Técnico e Tecnológico do Instituto Federal do Rio Grande do Norte - Campus Apodi e do Programa de Pós graduação em Ensino - POSENSINO (UERN/UFERSA/IFRN). Atua como orientadora do Programa Residência Pedagógica no subprojeto Química/Apodi. Avaliadora Institucional do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) em atos de credenciamento presencial. Líder do grupo de pesquisa NUPEQ (Núcleo de Pesquisa em Educação e Química). Sua experiência na pesquisa é desenvolver projetos nas áreas de Ensino em Química, Química dos Produtos Naturais e Biocombustíveis. E-mail: luciana.bertini@ifrn.edu.br

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-0208-2233>

M. A. S. RIOS

Possui graduação (2001) e mestrado (2004) em Engenharia Química e doutorado (2008) em Química Inorgânica pela Universidade Federal do Ceará. Atualmente é Professora Adjunto, classe C, Nível 2 da Universidade Federal do Ceará - Departamento de Engenharia Mecânica. Foi coordenadora do curso de Engenharia Mecânica - CT/Fortaleza no interstício março/2019 a março/2021. Atua no programa de pós-



graduação em Engenharia Mecânica. Em pesquisa tem atuado nos temas: Produção e caracterização de biocombustíveis - biodiesel e briquetes; Derivatização de constituintes do LCC (cardanol, ácido anacárdico e cardóis); Síntese e caracterização de aditivos multifuncionais; Aproveitamento integrado da biomassa; Caracterização de biomassa sólida; Estudo da estabilidade térmica e oxidativa de sistemas aditivo/biocombustíveis e aditivo/lubrificantes; Desenvolvimento de equipamentos em escala de bancada; Análise Exergética de processos de produção de biodiesel; Análise térmica; Energias renováveis; Produção Mais Limpa e Atuação responsável, com ênfase em Desenvolvimento Sustentável, Meio Ambiente e Tecnologia Limpa. E-mail: alexandrarios@ufc.br
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3145-0456>

Editor(a) Responsável: Francinaide de Lima Silva Nascimento

Pareceristas *Ad Hoc*: MÁRCIO BEZERRA E JORGE FILHO

