

Artigo

Produção de Briquetes a partir da Casca do Fruto de Licuri (*Syagrus coronata*) e Palha de Cana-de-Açúcar

Scalet, V.; Da Róz, A.; Santos, L. R. O.; Campos, J. M. V.; Yamaji, F. M.*

Rev. Virtual Quim., 2018, 10 (1), 50-58. Data de publicação na Web: 21 de fevereiro de 2018

<http://rvq.sbq.org.br>

Production of Briquettes from Licuri (*Syagrus coronata*) Bark Fruit and Sugarcane Straw

Abstract: Compact biomass for energy production can make it more attractive, increasing its density and calorific value. This study aims to compare briquettes made from different compositions of sugarcane straw and Licuri's bark. It was made 13 briquettes for each treatment: 100% Licuri's bark (T1), 75% Licuri's bark +25% Sugarcane straw (T2), 50% Licuri's bark +50% sugarcane straw (T3), 25% Licuri's bark +75% sugar cane straw (T4) and 100% sugarcane straw (T5). The briquettes were measured after 1, 2, 6, 24 and 48 hours of being made to analyze the longitudinal and diametrical expansion and to calculate density. The briquettes were submitted to mechanical testing of tensile strength by diametrical compression. Finally, five briquettes were submitted to friability test. It was performed ANOVA and Tukey test at 95% probability. All briquettes formed successfully, as the longitudinal and diametrical expansion, all treatments stabilized after 24 hours, showing significant difference, with less expansion for the treatment with the highest percentage of Licuri's bark. The compaction increased the density of Licuri's bark 2.5 times ($T1 = 0.982\text{g.cm}^3$). In the mechanical test, the T1 and T2 had higher maximum strength (34 kgf) differing from the others. For the friability test, the result wasn't satisfactory for any of the treatments, with loss of material between 68.3% and 89.9%. The briquettes formed with 100% and 75% of Licuri's bark have shown to be more resilient, with less expansion and denser, working against the use of sugar cane straw in their manufacture.

Keywords: Briquetting; bioenergy; biomass.

Resumo

Compactar biomassa para a produção de energia pode torná-la mais atrativa pelo aumento de sua densidade e poder calorífico. O presente trabalho visa comparar briquetes formados a partir de diferentes composições de palha de cana-de-açúcar e casca de Licuri. Foram produzidos 13 briquetes de cada um dos tratamentos: 100% Casca Licuri (T1), 75% Casca Licuri + 25% Palha cana-de-açúcar (T2), 50% Casca Licuri + 50% Palha cana-de-açúcar (T3), 25% Casca Licuri + 75% Palha cana-de-açúcar (T4) e 100% Palha cana-de-açúcar (T5). Os briquetes foram medidos após 1, 2, 6, 24 e 48 horas de confecção para avaliar a expansão longitudinal e diametral e calcular a densidade. Foram submetidos a ensaios mecânicos de resistência a tração por compressão diametral. Finalmente, cinco briquetes foram submetidos a ensaio de tamboramento. Foram realizados testes estatísticos de análise de variância (ANOVA) e Teste de Tukey a 95% de probabilidade. Todos os briquetes formaram-se com sucesso, quanto a expansão longitudinal e diametral, todos os tratamentos estabilizaram após 24 horas, apresentando diferença significativa, com menor expansão para os tratamentos com maior percentual de casca de Licuri. A compactação elevou a densidade da casca de Licuri em 2,5 vezes ($T1 = 0,982\text{g.cm}^3$). No ensaio mecânico os tratamentos T1 e T2 apresentaram maior força máxima (34 kgf) diferenciando-se dos demais. Para o ensaio de tamboramento o resultado não foi satisfatório para nenhum dos tratamentos, com perda de material entre 68,3% e 89,9%. Os briquetes formados com 100% e 75% de casca de Licuri mostram-se mais resistentes, com menor expansão e mais densos, desfavorecendo o uso da palha de cana-de-açúcar em sua confecção.

Palavras-chave: Briquetagem; bioenergia; biomassa.

* Universidade Federal de São Carlos, Laboratório de Biomassa e Bioenergia, CEP 13565-905, Campus Sorocaba-SP, Brasil.

 fmyamaji@ufscar.br

DOI: [10.21577/1984-6835.20180006](https://doi.org/10.21577/1984-6835.20180006)

Produção de Briquetes a partir da Casca do Fruto de Licuri (*Syagrus coronata*) e Palha de Cana-de-Açúcar

Verônica Scalet,^a Alessandra Luzia Da Róz,^b Luis Ricardo Oliveira Santos,^a
Jéssica Martins V. Campos,^a Fábio Minoru Yamaji^{a,*}

^a Universidade Federal de São Carlos, Laboratório de Biomassa e Bioenergia, CEP 13565-905, Campus Sorocaba-SP, Brasil.

^b Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, CEP 18202-000, Campus Itapetininga-SP, Brasil.

* fmyamaji@ufscar.br

Recebido em 4 de agosto de 2017. Aceito para publicação em 11 de fevereiro de 2018

1. Introdução
2. Experimental
3. Resultados
4. Discussão
 - 4.1. Análise da expansão
 - 4.2. Determinação da densidade
 - 4.3. Ensaio mecânico
 - 4.4. Ensaio de tamboramento
5. Conclusões

1. Introdução

Brasil tem a sua disposição uma matriz elétrica de origem predominantemente renovável, com destaque para a geração hidráulica que atualmente corresponde por 68,1% da oferta interna. As fontes renováveis representam 81,7% da oferta interna de eletricidade no Brasil.¹

Já a biomassa, recurso oriundo de matéria orgânica que pode ser convertido em combustível gasoso, líquido ou sólido, representou apenas 8,2% da produção de

energia elétrica no Brasil em 2017. Contudo, o emprego de biomassa para produção de energia apresenta grande potencial de crescimento uma vez que sua disponibilidade é abundante no país.^{1,2}

O uso da biomassa *in natura* pode dificultar a produção de energia, pois na grande maioria dos casos, sua densidade é baixa e o teor de umidade é elevado; assim, a compactação do material, formando briquetes, aumenta sua densidade, resistência mecânica, poder calorífico e valor comercial³. A briquetagem torna a biomassa mais atrativa economicamente, pois há redução nos gastos com transporte e

logística, e por isso vem sendo investigado com alguns materiais como a serragem de eucalipto e o bagaço de cana-de-açúcar.^{4,5}

A *Syagrus coronata*, popularmente conhecida como licuri, é uma palmeira típica do semiárido brasileiro, podendo atingir a altura de 10 metros, sendo sua utilização na alimentação humana e animal. Sua casca atualmente é desprezada e descartada, porém possui elevado potencial energético.^{6,7} Embora os estudos acerca do seu uso estejam concentrados nas áreas social, econômica e nutricional,⁶⁻⁸ a casca do fruto de licuri, pode apresentar potencial energético, uma vez que são reportados estudos com a palmeira de babaçu, pertencente à mesma família, apontando-a como alternativa energética⁹⁻¹¹.

Além disso, o uso da casca do fruto de licuri pode representar uma alternativa de renda a população da Caatinga além de reduzir a pressão sobre espécies arbustivas usadas para fins energéticos no Bioma, como a *Caesalpinia pyramidalis*^{12,13}.

Temos também outro resíduo que se destaca neste cenário, que é o bagaço de cana-de-açúcar. Segundo a CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento na safra 2016/17 a área plantada com cana-de-açúcar foi de 9,0 milhões de ha. No mesmo ano, somente no estado de São Paulo 5,7 milhões de ha foram plantadas.^{3,13} Levando-se em consideração que cada tonelada de

cana-de-açúcar colhida possui em torno de 140kg de palha, temos uma quantidade de palha razoável para aplicação em energia, justificando assim seu potencial como biocombustível.^{14,18}

Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo a comparação da expansão e da resistência mecânica de briquetes produzidos a partir da casca do fruto de licuri e da palha de cana-de-açúcar em diferentes composições.

2. Experimental

As biomassas utilizadas para a confecção dos briquetes foram a casca do fruto de licuri, obtida na comunidade de Caldeirão Grande – BA, cidade localizada a 333 km da capital Salvador, com clima tropical (As) na classificação de Köppen¹⁴, e a palha de cana-de-açúcar, coletada em maio de 2014 na Fazenda Corredeira em Ibaté, interior de São Paulo, com clima subtropical úmido (Cwa) pela classificação de Köppen. O experimento foi realizado no Laboratório de Bioenergia da Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba.

Foram produzidos briquetes com cinco composições distintas a fim de compará-los entre si e definir a melhor composição, conforme Tabela 1.

Tabela 1. Composição dos briquetes

Tratamento	% Casca Licuri	% Palha cana-de-açúcar
T1	100	0
T2	75	25
T3	50	50
T4	25	75
T5	0	100

Para a confecção dos briquetes a palha de cana-de-açúcar e a casca do fruto de licuri foram secos em estufa com circulação de ar da marca Marconi e modelo MA035/1

conforme norma ASTM E871- 2013 e moídos em moinho *Willey* MA-340. A granulometria utilizada para a fabricação dos briquetes foi a fração retida na peneira de 60 mesh, com

correção de teor de umidade para 12%.

O processo de briquetagem foi realizado por meio de prensa hidráulica *Marcon MHP-15* a 12.000 kg e com o auxílio de moldes de 3,5 cm por 16 cm, sendo a massa de composição de 20 g, tempo de prensagem de 30 s, na ausência de aquecimento ou agente aglutinante e confeccionando-se 13 briquetes para cada tratamento.

Mediu-se, com auxílio de um paquímetro, o diâmetro e altura de oito briquetes de cada tratamento a fim de calcular seu volume e expansão do material a partir da medição imediata, após briquetagem, e em 1, 2, 6, 24 e 48 h subsequentes de sua confecção.

Cinco briquetes foram submetidos ao ensaio mecânico de resistência a tração por compressão diametral utilizando-se uma máquina universal de ensaios EMIC DL 30000N, a uma velocidade constante de 3 mm.min⁻¹, como reportado por Gonçalves *et al.* (2013)⁴. Os briquetes foram medidos imediatamente antes do ensaio, realizado 7 dias após a confecção dos mesmos assim como realizado por Fernandez *et al.* (2017)³.

O ensaio de tamboramento foi realizado com os cinco briquetes de cada tratamento, colocando-os em uma caixa com dimensão de 50x50x10 cm e rotacionando durante 14 minutos a uma velocidade média de 55 voltas por minuto^{4,15}. Foi medida a massa dos briquetes antes e após o ensaio a fim de se

calcular a porcentagem de perda de material (Equação 1).

$$\%Perda = \frac{M_f}{M_i} \times 100 \quad (1)$$

Onde, M_f é a massa perdida após o ensaio e M_i a massa inicial dos briquetes, ambas em gramas.

Os dados experimentais das análises de expansão em diâmetro e longitudinal, bem como do ensaio mecânico foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e Teste de Tukey a 95% de probabilidade utilizando o software R Development Core Team, versão 3.2.0 (2015).

3. Resultados

Todos os briquetes confeccionados com a casca do fruto de licuri e a palha de cana-de-açúcar estão apresentados na Figura 1.

Os valores médios das expansões de altura (longitudinal) e diâmetro, a densidade média de cada um dos tratamentos bem como à resistência a tração por compressão diametral e a perda de material no ensaio de tamboramento estão apresentados na Tabela 2.

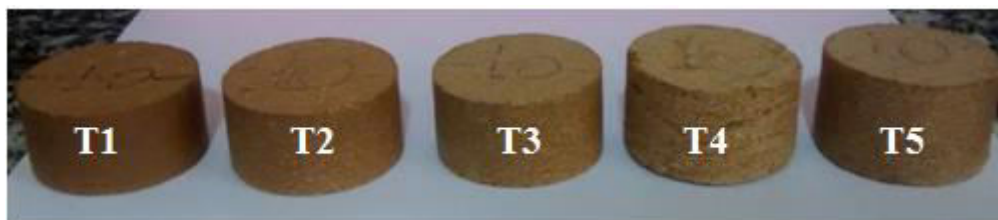


Figura 1. Briquetes: tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5

Tabela 2. Valores médios da expansão longitudinal e do diâmetro dos briquetes, densidade média, força máxima e perda de material por tamboramento dos briquetes por tratamento

Tratamento	Média da Expansão Longitudinal (%)	Média da Expansão Diâmetro (%)	Densidade Média (g.cm ⁻³)	Força Máxima (Kgf)	Tensão Média Máxima (MPa)	Perda de Material (%)
T1	7,39 ± 0,95 A	0,56 ± 0,19A	0,982 ± 0,016 A	34,09 ± 2,98A	0,310A	68,3
T2	7,80 ± 0,92 AB	0,64 ± 0,23A	0,949 ± 0,014 A	34,65 ± 1,95A	0,315A	77,3
T3	8,35 ± 1,15 AB	0,95 ± 0,27C	0,932 ± 0,019 B	27,17 ± 7,22C	0,247C	77,7
T4	8,57 ± 1,58 AB	1,45 ± 0,37B	0,871 ± 0,014 B	17,20 ± 2,06B	0,156B	78,8
T5	8,59 ± 1,39 B	1,61 ± 0,34B	0,877 ± 0,030 C	23,10 ± 2,51C	0,210C	89,9

As letras A, B e C indicam resultado do Teste de Tukey

A expansão longitudinal (Tabela 2) apresentou-se estatisticamente diferente entre os tratamentos T5 e T1, sendo maior para o tratamento T5 ($8,79 \pm 0,91\%$ e $7,45 \pm 0,58\%$, respectivamente). Como é possível observar (tabela 2), quanto maior o teor de palha de cana na composição da mistura, maior é o valor da média da expansão longitudinal. Os demais tratamentos não apresentaram diferença significativa entre si

Quanto a expansão em diâmetro, os tratamentos T1 e T2 não se diferem entre si, porém diferem-se dos demais tratamentos, apresentando a menor expansão média. Os tratamentos T4 e T5 também não se diferem estatisticamente entre si, mas diferem-se dos demais, apresentando a maior média de expansão em diâmetro, nota-se que o T5 segue a mesma tendência da média de expansão longitudinal, ou seja, quanto maior o teor de palha de cana, maior a média de expansão diâmetro.

Para a densidade média, os tratamentos T1 e T2 não apresentaram diferença

significativa, porém diferem-se estatisticamente dos demais tratamentos, sendo os briquetes que apresentaram maior densidade média ($0,982$ e $0,949$ g.cm⁻³, respectivamente). O mesmo foi observado para Força Máxima, sendo novamente os tratamentos T1 e T2 semelhantes entre si, mas diferentes estatisticamente dos demais tratamentos, apresentando a maior Força Máxima entre eles. Diferentemente dos valores apresentados para a média expansão longitudinal e média da expansão diâmetro, para densidade média o T5 apresentou valores abaixo dos demais tratamentos.

A perda acentuada de material entre os briquetes que possuem maior quantidade de palha de cana-de-açúcar está diretamente correlacionada com a expansão e resistência mecânica dos mesmos, como pode ser observado na Figura 2; uma vez que a adesão entre as partículas dos briquetes é menor, a capacidade de resistir ao impacto também se faz reduzida.

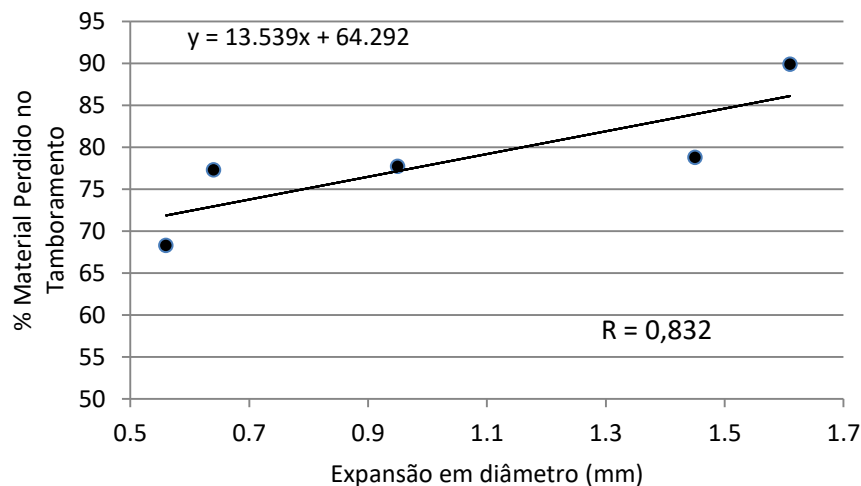


Figura 2. Correlação entre expansão em diâmetro e perda de material no tamboramento. R = 0,832 Coeficiente de Correlação

Considerando fatores como a expansão, a resistência mecânica e o tamboramento, a adição da palha de cana-de-açúcar não apresentou relativa vantagem na confecção de briquetes, mas devido sua abundância de resíduo que pode ser encontrado no campo, torna-se uma alternativa viável, seu uso. Os briquetes formados apenas pela casca do fruto de licuri, apresentaram um briquete mais coeso, possivelmente devido a palha de cana-de-açúcar apresentar teores menores em sua composição química, fatores esses que contribuem para uma formação mais coesa dos briquetes.

4. Discussão

Todos os briquetes, de todos os tratamentos, formaram-se satisfatoriamente, apresentando-se firmes e coesos conforme foi possível observar na Figura 1. Mostrando que a briquetagem da casca do fruto de licuri e da palha de cana-de-açúcar é viável.

4.1. Análise da expansão

A expansão, tanto longitudinal quanto em

diâmetro, apresentou comportamento assintótico, uma vez que a biomassa é higroscópica e absorve a água da atmosfera até atingir o equilíbrio com o meio. A estabilização ocorreu após 24h da confecção dos briquetes.

Os tratamentos T1 e T5 diferenciaram-se entre si tanto para a expansão longitudinal quanto em diâmetro, enquanto que os demais tratamentos não apresentaram diferença significativa entre si. Estes resultados mostram que os briquetes confeccionados com maior porcentagem de casca do fruto de licuri (100 e 75%) são mais estáveis quanto a expansão longitudinal e em diâmetro, característica de relevante importância no armazenamento e transporte do material.

A expansão longitudinal dos briquetes compostos integralmente pela casca do fruto de licuri apresentou valor médio inferior ao reportado por Chrisostomo (2011)² para briquetes de serragem de eucalipto (9,44%) e de serragem de pinus (10,76%), evidenciando a maior estabilidade dimensional de briquetes compostos pela casca do fruto de licuri quando comparado a briquetes formados a partir de outras biomassas, inclusive a palha de cana-de-açúcar.

Gonçalves *et al.* (2013)⁴ reportaram que a

expansão em diâmetro médio de briquetes formados por *Eucalyptus grandis*, foi de 1,41%, valor 2,5 vezes superior ao valor observado para a expansão dos briquetes formados integralmente pela casca do fruto de licuri, sendo, portanto, mais estáveis que os briquetes de eucalipto, um dos materiais mais comuns na fabricação de briquetes.

Assim, os briquetes formados pela casca do fruto de licuri mostram-se mais estáveis quanto a expansão, tanto longitudinal quanto diametral quando comparados a briquetes formados por outras biomassas, podendo ser justificado pelo elevado teor de extrativos contidos na casca do fruto de licuri¹⁶. Assim como os extrativos, a lignina presente na casca pode atuar como aglutinante, facilitando a coesão das partículas da biomassa¹⁷, já que possui elevado teor quando comparada a outras biomassas como a madeira de eucalipto e a palha de cana-de-açúcar.

4.2. Determinação da densidade

A densidade dos briquetes formados somente pela casca do fruto de licuri foi de $0,982 \pm 0,016 \text{ g.cm}^{-3}$ (Tabela 2), resultado próximo ao observado para briquetes de Angelim Vermelho ($0,98 \text{ g.cm}^{-2}$)³, espécie madeireira de alta densidade, além disso a densidade se mostra 2,5 vezes superior ao observado por Scalet *et al.* (2015)¹⁶ para casca do fruto de licuri não compactada ($0,387 \text{ g.cm}^{-3}$).

Essa elevação da densidade é inferior a reportada por Gonçalves *et al.* (2013)⁴ para briquetes formados de serragem de eucalipto, em que a densidade dos briquetes se apresentou cerca de seis vezes maior que a serragem do material; porém, a densidade da casca do fruto de licuri antes da compactação já era três vezes mais elevada do que a de serragem de eucalipto.

Apesar da casca do fruto de licuri apresentar alta densidade, o processo de briquetagem elevou-a ainda mais, o que está diretamente ligado com os custos de

transporte, aumentando, assim, a viabilidade do emprego da casca do fruto de licuri como biocombustível sólido⁵.

Já a densidade dos briquetes formados apenas por palha de cana-de-açúcar, além de inferior quando comparado aos briquetes de casca do fruto de licuri, foi próximo ao reportado por Fernandez *et al.* (2017)³ para bagaço de cana-de-açúcar ($0,85 \text{ g/cm}^2$).

4.3. Ensaio mecânico

Os briquetes formados com maior percentual de casca do fruto de licuri (100 e 75%) não se diferenciaram entre si, mas diferenciaram-se dos demais tratamentos (Tabela 2), apresentando a maior tensão média máxima (em torno de 0,31 MPa), chegando a ser 1,5 vez mais resistente que os briquetes formados apenas com a palha de cana-de-açúcar. Tal resultado pode ser justificado pela alta densidade da casca do fruto de licuri quando comparada à palha de cana-de-açúcar, uma vez que a densidade influencia diretamente a resistência mecânica dos briquetes³.

A força máxima dos briquetes formados apenas por palha de cana-de-açúcar apresentou valor um pouco abaixo do verificado por Padilla *et al.* (2016)¹⁸ de 31,5 kgf, o que pode ser justificado pela diferença no tamanho das partículas utilizadas nos dois estudos.

Esse resultado combinado ao da expansão, que se mostrou menor para os briquetes constituídos com maior percentual de casca do fruto de licuri, evidencia uma maior adesão das partículas nos briquetes de casca do fruto de licuri quando comparado aos briquetes de palha de cana-de-açúcar, uma vez que ao se agregarem de forma mais efetiva, a expansão se dará em menor intensidade, mantendo o material mais compacto e conseqüentemente mais resistente mecanicamente.

Pode-se observar que a adição da palha

de cana-de-açúcar nos briquetes não favoreceu a força máxima dos mesmos. Sendo assim, os briquetes com predominância da casca do fruto de licuri são os que apresentaram maior resistência a rupturas, garantindo, assim, integridade durante seu processo de transporte.

Os valores observados para os briquetes compostos apenas de casca do fruto de licuri apresentaram valores de força máxima até 2,5 vezes inferior aos observados por Gonçalves *et al.* (2013)³, em que briquetes com serragem de eucalipto obtiveram valores entre 66 a 90 Kgf. A parede celular das monocotiledôneas possui composição distinta em relação a parede celular das dicotiledôneas, podendo assim justificar a elevada diferença nos valores de força máxima exibido pelos diferentes materiais.

4.4. Ensaio de tamboramento

Os valores de perda de material dos briquetes, após o tamboramento, mostraram-se elevados se comparado aos briquetes formados a partir de serragem de eucalipto (perda de material variou de 8 a 32%)⁴. Assim, embora os tratamentos com maior porcentagem de casca do fruto de licuri tenham apresentado menores perdas de material em comparação aos briquetes com maior quantidade de palha de cana-de-açúcar, a perda de material significativa auferida indica que esta é uma característica a ser melhorada.

O valor de material perdido para os briquetes formados apenas por palha de cana-de-açúcar (89,9%) foi superior ao observado para o mesmo material por Padilla *et al.* (2016)¹⁷, tal diferença pode, mais uma vez, ser justificada pela diferença granulométrica das partículas utilizadas na confecção dos briquetes nos dois estudos.

5. Conclusões

A casca do fruto de licuri mostrou-se como uma biomassa passível de ser utilizada na fabricação de briquetes, com alta densidade e permitindo pouca expansão dos briquetes.

A adição de palha de cana-de-açúcar não trouxe benefício às características dos briquetes quanto à resistência ao impacto, à força máxima aplicada e à expansão, tornando o briquete mais frágil conforme se aumentou o teor de palha de cana-de-açúcar na confecção dos briquetes.

Agradecimentos

À CAPES (117/2012 e PNPd 02880/09-1) e CNPq (407044/2013-2) pela bolsa e financiamento concedidos.

Referências Bibliográficas

- ¹ BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Balanço energético nacional 2017. Rio de Janeiro, 2017. 288 p. [Link]
- ² Chrisostomo, W.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2011. [Link]
- ³ Fernandez, B. O.; Gonçalves, B. F.; Pereira, A. C. C.; Hansted, A. L. S.; Pádua, F. A.; Da Róz, A. L.; Yamaji, F. M. Características mecânicas e energéticas de briquetes produzidos a partir de diferentes tipos de biomassa. *Revista Virtual de Química* 2017, 9, 29. [CrossRef]
- ⁴ Gonçalves, B. F.; Yamaji, F. M.; Fernandez, B. O.; Da Roz, A. L.; Floriano, F. S. Caracterização e comparação entre diferentes granulometrias de serragem de *Eucalyptus grandis* para confecção de briquetes. *Revista Instituto Florestal* 2013, 25, 205. [Link]

- ⁵ Quirino, W. F.; Vale, A. T.; Andrade, A. P.; Abreu, V. L. S.; Azevedo, A. C. S. Poder calorífico da madeira e de resíduos lignocelulósicos. *Revista Biomassa & Bioenergia* **2004**, *1*, 173. [[Link](#)]
- ⁶ Crepaldi, I. C.; Almeida-Muradian, L. B.; Rios, M. D. G.; Penteado, M. V. C.; Salatino, A. Composição nutricional do fruto de licuri (*Syagrus coronata* (Martius) Beccari). *Revista Brasileira de Botânica* **2001**, *24*, 155. [[CrossRef](#)]
- ⁷ Rufino, M. U. L.; Costa, J. T. M.; Silva, V. A.; Andrade, L. H. C. Conhecimento e uso do ouricuri (*Syagrus coronata*) e do babaçu (*Orbignya phalerata*) em Buíque, PE, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* **2008**, *22*, 1141. [[CrossRef](#)]
- ⁸ Rissi, R. N.; Galdino Jr., R. F. Efeito de diferentes substratos para o crescimento inicial de Licuri (*Syagrus coronata* Mart. Becc. - Arecaceae). *Revista Ciências Biológicas FAFIBE* **2011** Ano I, n. 1. [[Link](#)]
- ⁹ Pavlack, M. C. M.; Zuniga, A. D.; Lima, T. L. A.; Arevalo-Pinedo, A.; Carreiro, S. C.; Fleury, C. S.; Silva, D. L. Aproveitamento da farinha do mesocarpo de babaçu (*Orbignya martiana*) para obtenção de etanol. *Evidência - Ciência e Biotecnologia* **2007**, *7*, 7. [[Link](#)]
- ¹⁰ Lima-Júnior, C.; Sampaio, E. V. S. B.; Lima, R. L. F. A.; Menezes, R. S. C. Potencial de aproveitamento energético de fontes de biomassa no nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física* **2014**, *7*, 207. [[Link](#)]
- ¹¹ Protásio, T. P.; Trugilho, P. F.; Napoli, A.; Silva, M. G.; Couto, A. M. Mass and energy balance of the carbonization of babassu nut shell as affected by temperature. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* **2014**, *49*, 189. [[CrossRef](#)]
- ¹² Paes, J. B.; Lima, C. R.; Oliveira, E.; Medeiros Neto, P. N. Características físico-química, energética e dimensões das fibras de três espécies florestais do semiárido brasileiro. *Floresta e Ambiente* **2013**, *20*, 550. [[CrossRef](#)]
- ¹³ Companhia Nacional do Abastecimento, CONAB. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_04_19_11_27_36_boletim_cana_portugues_-_4o_lev_-_16-17.pdf>. Acesso em: 22 outubro 2017.
- ¹⁴ Conab. Acompanhamento da safra brasileira cana-de-açúcar safra 2015/16; Relatório Técnico. Brasília, 2016. [[Link](#)]
- ¹⁵ Figueirôa, J. M.; Araujo, E. L.; Pareyn, F. G. C.; Cutler, D. F.; Gasson, P.; Lima, K. C.; Santos, V. F. Variações sazonais na sobrevivência e produção de biomassa de *Caesalpinia pyramidalis* Tul. após o corte raso e implicações para o manejo da espécie. *Revista Árvore* **2008**, *32*, 1041. [[CrossRef](#)]
- ¹⁶ IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Caldeirão Grande – BA. [[Link](#)]
- ¹⁷ Nakashima, G. T.; Adhmann, I. C.S.; Hansted, A. L. S.; Belini, G. B.; Waldman, W. R.; Yamaji, F. M. Materiais lignocelulósicos: Caracterização e produção de briquetes. *Revista Virtual de Química* **2017**, *9*, 150. [[CrossRef](#)]
- ¹⁸ Scalet, V.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2015. [[Link](#)]
- ¹⁹ Demirbas, A. Relationships between heating value and lignin, moisture, ash, and extractive contents of biomass fuels. *Energy Exploration & Exploitation* **2002**, *20*, 105. [[CrossRef](#)]
- ²⁰ Padilla, E. R. D.; Pires, I. C. S. A.; Yamaji, F. M.; Fandiño, J. M. M. Produção e caracterização físico-química de briquetes de fibra de coco e palha de cana de açúcar. *Revista Virtual de Química* **2016**, *8*, 1334. [[CrossRef](#)]