

## Artigo

**Briquetes de Carvão Elaborados a Partir dos Frutos da Bananeira****de Souza, P. G.;**\* **de Queiroz, T. M.;** **Carvalho, J. W. P.***Rev. Virtual Quim.*, 2018, 10 (4), 989-998. Data de publicação na Web: 10 de julho de 2018<http://rvq.sbq.org.br>**Carbon Briquettes Prepared From the Fruits of Banana Plantain**

**Abstract:** The objective of this work was to develop and determine the physical characteristics of charcoal briquettes for adsorbent purposes from green and ripe bananas, acquired in two annual periods, using peel, pulp and peel with pulp in the composition. The parameters volume, volume yield, apparent and relative density, and total porosity were evaluated. It was observed that only the carbon briquette prepared with the green banana pulp did not maintain the shape during the making process. The volume yield of the briquettes prepared with mature bananas was lower than the others. The briquettes elaborated with mature bananas presented higher density, relative, and total porosity. It is concluded that the manual compaction of the precursor briquettes made with bananas allows the preparation of charcoal briquettes, except those elaborated with the green banana pulp. The green banana pulp proved to be an excellent binding agent. Bananas purchased in the rainy season promoted the best combination of results for carbon briquettes with adsorbent purpose, as well as briquettes made from ripe banana pulp or containing bark only in composition.

**Keywords:** Adsorbents; briquetting; reuse; banana crop.

**Resumo**

Neste trabalho objetivou-se desenvolver e determinar as características físicas de briquetes de carvões para fins adsorventes a partir de bananas verdes e maduras, adquiridas em dois períodos anuais, utilizando-se de cascas, polpa e cascas com polpa na composição. Foram avaliados os parâmetros volume, rendimento em volume, densidade aparente e relativa e porosidade total. Observou-se que apenas o briquete de carvão elaborado com a polpa de banana verde não manteve o formato no decorrer do processo de confecção. O rendimento em volume dos briquetes elaborados com bananas maduras foi inferior aos demais. Os briquetes elaborados com bananas maduras apresentaram maior densidade aparente, relativa e porosidade total. Conclui-se que a compactação manual dos briquetes precursores feitos com bananas permite a elaboração de briquetes de carvão, com exceção dos elaborados com a polpa de banana verde. A polpa de banana verde apresentou características de excelente agente ligante. Bananas adquiridas no período chuvoso promoveram a melhor combinação de resultados para briquetes de carvão com finalidade adsorvente, assim como os briquetes feitos com polpa de bananas maduras ou contendo apenas cascas em sua composição.

**Palavras-chave:** Adsorventes; briquetagem; reaproveitamento; bananicultura.

\* Universidade do Estado de Mato Grosso, Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola, *Campus* Universitário de Tangará da Serra, Rod. MT 358 Km 07, Jardim Aeroporto, CEP 78300-000, Tangará da Serra-MT, Brasil.

✉ [graczykpercia@gmail.com](mailto:graczykpercia@gmail.com)

DOI: [10.21577/1984-6835.20180070](https://doi.org/10.21577/1984-6835.20180070)

## Briquetes de Carvão Elaborados a Partir dos Frutos da Bananeira

Pércia G. de Souza,<sup>a,\*</sup> Tadeu M. de Queiroz,<sup>b</sup> José Wilson P. Carvalho<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Universidade do Estado de Mato Grosso, Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola, *Campus* Universitário de Tangará da Serra, Rod. MT 358 Km 07, Jardim Aeroporto, CEP 78300-000, Tangará da Serra-MT, Brasil.

<sup>b</sup> Universidade do Estado de Mato Grosso, Rua A, S/N - Bairro São Raimundo - CEP 78390-000, Barra do Bugres-MT, Brasil.

\* [graczykpercia@gmail.com](mailto:graczykpercia@gmail.com)

*Recebido em 2 de fevereiro de 2018. Aceito para publicação em 3 de julho de 2018*

### 1. Introdução

### 2. Material e Métodos

#### 2.1. Elaboração dos briquetes de carvão

#### 2.2. Caracterização física dos briquetes de carvão

### 3. Resultados e Discussão

### 4. Conclusões

## 1. Introdução

O significativo crescimento das atividades agroindustriais se dá em virtude do aumento da demanda dos consumidores e também da aptidão agrícola brasileira. Mas em decorrência disso há produção de grande quantidade de resíduos, e quando descartado inadequadamente é capaz de acarretar impactos negativos ao meio ambiente.<sup>1</sup> Soma-se a isto a produção de rejeitos provenientes das etapas de produção dos alimentos e consumo, em que, segundo dados da FAO<sup>2</sup> de 2013, cerca de 1,3 milhões de toneladas são descartadas no mundo.

Na bananicultura as perdas se relacionam aos fatores fitotécnicos, patogênicos e,

principalmente, na comercialização, haja vista os problemas no armazenamento, condições de transporte, além das injúrias provocadas pela excessiva manipulação dos frutos pelos consumidores.<sup>3</sup>

O problema com o acúmulo de resíduos orgânicos gerado após o processamento de matérias primas da agroindústria ou pelo consumo doméstico pode ser minimizado com o aproveitamento dos mesmos na elaboração de diversos produtos.

Entre esses produtos, o desenvolvimento de briquetes a partir de biomassas residuais da produção agrícola vem sendo estudado, pois a opção pode ser utilizada como fonte de energia renovável em processos de gaseificação e combustão, associado à diminuição de custos das empresas.<sup>4</sup>

Além disso, os briquetes podem possuir características adsorventes, embora sua área superficial seja inferior aos adsorventes pulverizados, de acordo com Deiana et al.<sup>5</sup> para algumas finalidades são requisitados maior resistência mecânica, e comumente adquire-se com a briquetagem.

A metodologia de confecção de briquetes consiste na compactação utilizando prensa e temperaturas elevadas combinadas a um material ligante ou não, que transforma massas residuais homogeneizadas em blocos sólidos, e estes podem se apresentar *in natura* ou carbonizados.<sup>6</sup>

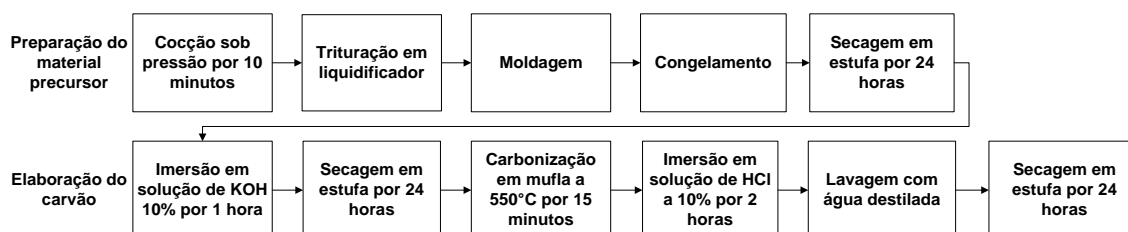
Este estudo buscou desenvolver e caracterizar fisicamente briquetes de carvões confeccionados com compactação manual sem adição de agentes ligantes, a partir de massas de bananas verdes e maduras, empregando-se cascas, polpa, e cascas com polpa (integral), sendo os frutos adquiridos nos períodos de seca e chuva, uma vez que

diferentes regimes hídricos podem interferir nas características fisiológicas dos frutos e promover diferenças nos materiais precursores utilizados.

## 2. Material e Métodos

### 2.1. Elaboração dos briquetes de carvão

O estudo foi realizado na cidade de Barra do Bugres – MT, onde bananas verdes e maduras, da variedade Terra, foram adquiridas na época de seca (agosto a outubro) e de chuva (dezembro a fevereiro), totalizando 5 coletas em cada período. As etapas de elaboração dos briquetes de carvão, desenvolvidos neste trabalho, estão apresentadas na Figura 1.



**Figura 1.** Etapas do processo de elaboração dos briquetes de carvão

As bananas foram higienizadas e submetidas à cocção sob pressão durante 10 minutos. Precedendo a etapa de trituração em liquidificador industrial, as bananas foram separadas em porções que continham apenas cascas, polpa ou cascas com polpa (integral), dando origem a massas com três diferentes composições, tanto para os frutos verdes quanto para os maduros.

Após a obtenção das massas foram elaborados blocos utilizando moldes cilíndricos de diâmetro interno igual a 42,80 mm e aproximadamente 22 mm de altura, que foram congelados, retirados dos moldes e secos em estufa a 105 °C por 24 horas, dando origem aos briquetes precursores.

Então, os briquetes precursores passaram por imersão em solução de KOH 10%, onde permaneceram por 1 hora e, posterior, secagem em estufa a 105 °C por 24 horas. Depois foram carbonizados em mufla (550 °C) durante 15 minutos; imersos em solução de HCl 10%, permanecendo por 2 horas; lavados com água destilada para retirar o residual ácido; e por fim secos em estufa a 105 °C por 24 horas, sendo este procedimento adaptado de Sugumaran et al.<sup>7</sup>

### 2.2. Caracterização física dos briquetes de carvão

Quanto à caracterização física dos briquetes de carvão, foi determinado o volume, medindo a altura e o diâmetro dos blocos com paquímetro e o rendimento em volume foi calculado pela Equação 1:

$$R = \frac{V}{V_o} \times 100 \quad \text{Eq. 1}$$

Onde:  $V$  é o volume final do briquete de carvão;  $V_o$  é o volume inicial estimado do molde.

A densidade aparente, relativa e a porosidade total dos briquetes foram determinadas conforme Embrapa.<sup>8</sup> Para determinar a densidade aparente utilizou-se a metodologia do torrão parafinado. Já para a densidade relativa utilizou-se balão volumétrico, em que pesou-se cerca de 1 grama de amostra em balão volumétrico de 25 mL, previamente macerada e seca em estufa a 105 °C por 24 horas, e foi aferido o volume com álcool etílico 96%. Dessa forma, a porosidade total dos blocos foi calculada pela Equação 2:

$$P = \left(1 - \frac{Da}{Dr}\right) \times 100 \quad \text{Eq. 2}$$

Onde:  $P$  é a porosidade total, %;  $Da$  é a densidade aparente, g/cm<sup>3</sup>;  $Dr$  é a densidade relativa, g/cm<sup>3</sup>.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise estatística com auxílio do *Software Assistat 7.7 beta* versão livre. Aplicou-se o teste de Kolmogorov-Smirnov para verificação da normalidade. Quando os dados foram considerados não paramétricos aplicou-se o teste de Kruskal-Wallis, e para os demais ANOVA para verificar diferenças significativas.

Utilizou-se o experimento inteiramente ao acaso para as variáveis volume e rendimento em volume, a fim de comparar médias entre as composições dos briquetes elaborados. Para as variáveis densidade aparente, relativa e porosidade total, utilizou-se o experimento fatorial, considerando como fatores: o período de aquisição dos frutos (seca e chuva), estágio de maturação (verde e maduro) e composição (casca, polpa e integral).

Para comparação das médias foi aplicado o teste de Scott-Knott ( $P < 0,01$ ) e ( $P < 0,05$ ).

### 3. Resultados e Discussão

A metodologia aplicada para obtenção dos briquetes precursores fez os mesmos assumirem o formato ao qual foram moldados, no entanto, quando submetidos à secagem perderam umidade e na carbonização os demais compostos voláteis, e por consequência à redução do tamanho em volume. Com exceção dos briquetes elaborados com a polpa da banana verde, não houve desintegração dos blocos cilíndricos formados até o final do processamento (Figura 2).



**Figura 2.** Massa de polpa da banana madura em molde cilíndrico de PVC (A); Briquete precursor seco (B); Briquete de carvão (C)

Os briquetes elaborados com a polpa de bananas verdes se desfizeram na etapa de imersão em solução de KOH, mas suas partes quebradiças voltaram a se ligar durante a carbonização, assumindo nesta etapa formatos distintos ao material precursor. Por isso, não foi avaliado o volume final desse tipo de briquete.

De acordo com Ramos et al.<sup>9</sup> a polpa da banana verde possui grande quantidade de amido e, segundo Denardin e Silva,<sup>10</sup> esse componente é o responsável por promover características gelatinosas quando submetido ao tratamento hidrotérmico, que após o congelamento e descongelamento sofre retrogradação e sinérese, visto que as pontes de hidrogênio, fortemente estabelecidas entre as moléculas dos grânulos de amido, se reorganizam formando uma rede e expulsam grande parte da água absorvida pelos grânulos durante a cocção.

Com a secagem, os briquetes feitos com polpa de banana verde foram completamente desidratados, o que possivelmente enfraqueceu a formação dos mesmos e promoveu a desintegração ao serem submetidos novamente à imersão aquosa em solução alcalina.

A ação ligante no momento da carbonização, desempenhada pelo material precursor feito a partir de polpa de bananas verdes, pode ser explicada pelos estudos de Martins et al.<sup>11</sup> que relataram maior compactação e estabilidade para briquetes elaborados com o amido como o principal agente ligante.

Quanto ao volume, os briquetes de carvão apresentaram diferenças significativas para a maioria dos tipos avaliados, apenas os tipos elaborados com polpa e polpa com cascas (integral) de bananas maduras são similares devido à presença da polpa do fruto em suas composições (Tabela 1).

**Tabela 1.** Médias do volume final e do rendimento em volume dos briquetes de carvão

Carvões	Denominações	Volume final	Rendimento em volume
		(cm <sup>3</sup> )	(%)
Cascas de bananas verdes	VC	14,22b	44,93b
Polpa de bananas verdes	VP	-	-
Polpa com cascas de bananas verdes (integral)	VI	17,54a	54,53a
Cascas de bananas maduras	MC	11,44c	36,13c
Polpa de bananas maduras	MP	7,38d	23,33d
Polpa com cascas de bananas maduras (integral)	MI	7,65d	24,18d
CV%		16,87	16,01

Médias seguidas de letras diferentes na coluna possuem diferenças significativas pelo teste de Scott-Knot a 5% de probabilidade. CV: coeficiente de variação.

Foi possível perceber que os briquetes elaborados a partir de bananas maduras possuem maior quantidade de compostos

voláteis quando comparado aos demais, que se volatilizaram na carbonização. Em função do rendimento em volume obtido, observam-

se baixos percentuais e neste quesito, os carvões produzidos com polpa e cascas (integral) de bananas verdes se destacaram (Tabela 1).

No que se refere à densidade aparente houve diferenças significativas entre os briquetes produzidos com bananas verdes e maduras nas três composições (Tabela 2). Quantificou-se esta variável considerando os espaços vazios presentes no interior dos briquetes, e assim os carvões atribuídos com menor densidade aparente foram os elaborados com bananas verdes e aqueles com apenas cascas em sua composição,

possivelmente devido à maior quantidade de fibras destes materiais, que conferem baixa densidade por si só, e promovem maior abertura de espaços no interior dos briquetes compactados manualmente.

A partir do coeficiente de variação é possível observar que o volume e o rendimento em volume de cada um dos tipos de briquetes de carvão elaborados possuem características da matéria prima a qual foi empregada, uma vez que o valor do coeficiente se mostrou elevado, demonstrando a variabilidade dos dados obtidos.

**Tabela 2.** Médias das variáveis densidade aparente (DA), relativa (DR) e porosidade total (P) para cada fator avaliado

Variáveis	F1		F2		F3		
	Seca	Chuva	Verde	Madura	Casca	Polpa	Integral
DA <sup>1</sup> (g/cm <sup>3</sup> )	0,245a	0,253a	0,169b**	0,328a**	0,167c**	0,305a**	0,274b**
DR <sup>1</sup> (g/cm <sup>3</sup> )	0,462b**	0,552a**	0,326b**	0,688a**	0,379c**	0,603a**	0,539b**
P (%)	45,87b**	53,18a**	47,60b*	51,44a*	54,53a**	47,17b**	46,87b**

<sup>1</sup> variável não paramétrica submetida a análise de variância de Kruskal-Wallis. Médias seguidas de letras diferentes nas linhas para mesmo fator e variável possuem diferenças significativas pelo teste de Scott-Knot a 1% e 5% de probabilidade, \*\*, \* respectivamente.

Do mesmo modo, Maia et al.<sup>12</sup> produziram briquetes *in natura* a partir de folhas da bananeira, material precursor também rico em fibras e obtiveram baixa densidade aparente (1 g/cm<sup>3</sup>), demonstrando que independente da metodologia empregada para obtenção de briquetes, a densidade será baixa quando forem utilizadas matérias primas dessa origem.

Em contrapartida, Guimarães Junior et al.<sup>13</sup> afirmaram que quanto maior a densidade aparente, menor a porosidade e a absorção de água pelo material, por isso, e em função dos resultados obtidos (Tabela 2), ao serem empregados em processos de adsorção, é provável que os briquetes feitos a partir de

polpas de bananas desempenhem funções inferiores aos demais materiais avaliados.

Na Tabela 3 são mostradas as interações significativas entre os fatores avaliados, onde o fator período interfere na densidade aparente obtida para os briquetes elaborados com bananas maduras, demonstrando ser superior no período de chuva. As diferenças entre os briquetes de bananas maduras e verdes também são evidentes em cada tipo de composição utilizada na produção dos mesmos, entretanto, em um mesmo estágio de maturação a densidade foi igual ou semelhante quando se utilizou apenas polpa e integral, pois no último há porções representativas de polpa em sua composição.

**Tabela 3.** Interação entre os fatores período (F1), estágio de maturação (F2) e composição (F3) dos briquetes de carvão para a variável densidade aparente (g/cm<sup>3</sup>)

		Verde	Madura
F1 × F2*	Seca	0,178aB	0,311bA
	Chuva	0,160aB	0,345aA
F2 × F3**	Casca	0,128bB	0,206cA
	Polpa	0,188aB	0,422aA
	Integral	0,190aB	0,357bA

Médias seguidas por letras diferentes minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas indicam diferenças significativas pelo teste de Scott-Knot a 1% e 5% de probabilidade, \*\*, \* respectivamente.

As densidades relativas dos briquetes de carvão elaborados se diferenciaram entre todos os fatores avaliados, sendo que as bananas adquiridas no período chuvoso promoveram maior densidade aos briquetes, da mesma forma que os materiais feitos a partir de frutos maduros e apenas com polpa em sua composição (Tabela 2). Para determinação da densidade relativa não são considerados os espaços vazios presentes no interior dos briquetes, e por isso, observa-se maiores valores quando comparados à densidade aparente que foi obtida.

Em relação à interação dos fatores avaliados para a variável densidade relativa

(Tabela 4) ficam evidentes as diferenças significativas entre os briquetes feitos a partir de bananas nos estágios de maturação, verde e maduro, sejam eles combinados a qualquer período de aquisição dos frutos ou à composição em que foram produzidos. Mas, referente ao período de aquisição dos frutos, os carvões elaborados com bananas maduras no período de chuva apresentam maior densidade relativa que os demais. Soma-se a isso as diferenças obtidas somente entre as composições utilizadas de bananas maduras, demonstrando mais uma vez, que os briquetes produzidos a partir das polpas são mais densos.

**Tabela 4.** Interação entre os fatores período (F1), estágio de maturação (F2) e composição (F3) dos briquetes de carvão para a variável densidade relativa (g/cm<sup>3</sup>)

		Verde	Madura
F1 × F2**	Seca	0,316aB	0,608bA
	Chuva	0,336aB	0,767aA
F2 × F3**	Casca	0,303aB	0,456cA
	Polpa	0,343aB	0,862aA
	Integral	0,333aB	0,746bA

Médias seguidas por letras diferentes minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas indicam diferenças significativas pelo teste de Scott-Knot a 1% de probabilidade (\*\*).

A porosidade total dos briquetes desenvolvidos foi significativamente diferente em todos os fatores avaliados (Tabela 5). O período chuvoso, em que os frutos utilizados

foram adquiridos, favoreceu um maior desenvolvimento de poros no interior dos carvões, da mesma forma que as bananas maduras proporcionaram materiais mais

porosos, como o esperado, uma vez que os tipos de briquetes citados apresentaram maior densidade aparente.

**Tabela 5.** Interação entre os fatores período (F1), estágio de maturação (F2) e composição (F3) dos briquetes de carvão para a variável porosidade total (%)

		Casca	Polpa	Integral
F1 × F3**	Seca	50,85bA	43,54bB	43,21bB
	Chuva	58,20aA	50,79aB	50,53aB
F2 × F3**	Verde	56,58aA	44,02bB	42,21bB
	Madura	52,47aA	50,31aA	51,53aA

Médias seguidas por letras diferentes minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas indicam diferenças significativas pelo teste de Scott-Knot a 1% de probabilidade (\*\*).

Calcula-se a porosidade total pela diferença entre a densidade relativa e a aparente, portanto, quanto maior a diferença entre essas variáveis, maior será a porosidade total obtida. A determinação deste parâmetro estimou a quantidade de espaços ocupados por ar dos briquetes desenvolvidos, mas não determina o tamanho e organização dos poros que podem ser visualizados somente por meio de métodos microscópicos. Entretanto, pressupõe-se que essas aberturas favorecem processos adsorptivos.

Os briquetes elaborados a partir de cascas são ligeiramente menos densos, devido sua característica fibrosa, e por consequência, foram obtidos os materiais mais porosos (Tabela 2). Jaguaribe et al.<sup>14</sup> afirmaram que a quantidade de poros de um carvão é dependente da natureza da matéria prima e da metodologia de obtenção dos mesmos, mas quando bem desenvolvidos em sua estrutura podem promover excelentes capacidades adsorventes, por isso, os briquetes de carvão feitos com cascas podem ser mais adequados para este fim.

As interações significativas referentes ao parâmetro porosidade reforçam as diferenças entre as composições utilizadas para produzir os briquetes, sendo a casca responsável por

promover maior porosidade aos carvões quando comparado aos demais (Tabela 5).

Quanto à menor porosidade dos materiais produzidos com bananas adquiridas no período de seca, é possível que a insuficiente irrigação das plantas neste período tenha acarretado a baixa disponibilidade de compostos voláteis presentes no material precursor, que poderiam ser eliminados na carbonização, promovendo a abertura de espaços vazios no interior dos briquetes elaborados. Essa condição predispõe que os briquetes elaborados com bananas adquiridas no período da chuva possam ser atribuídos de melhores funções adsorptivas, visto que o potencial de adsorção está relacionado com a menor densidade do material, e conseqüentemente maior porosidade.

Os briquetes elaborados com bananas maduras, com polpas e integral, foram atribuídos de maior porosidade, pois sua densidade aparente foi superior àqueles elaborados com bananas verdes. E o briquete elaborado com cascas de bananas maduras apresentou porosidade superior aos demais.

Segundo opinião de Yan et al.<sup>15</sup>, a força mecânica do material pode ser atribuída às matérias primas densas ao mesmo tempo que promovam maior porosidade aos briquetes. A



partir do pressuposto, justifica-se a viabilidade do uso de bananas maduras na produção de briquetes adsorventes, podendo ser apropriados no interior de equipamentos com alto fluxo de determinados fluidos que ao entrar em contato com adsorventes pulverizados, faz com que se espalhem e provoquem problemas no interior equipamento.

#### 4. Conclusões

Foi possível desenvolver briquetes de carvão a partir de bananas pelo método proposto, com exceção da matéria prima de polpa de bananas verdes, que por sua vez, se mostrou um excelente agente ligante quando submetido à carbonização, requerendo novos estudos que caracterizem essa propriedade.

A combinação de resultados obtidos para os briquetes de carvão elaborados com bananas, adquiridas no período chuvoso e feitos com polpas de bananas maduras, se mostrou adequada para a produção de materiais adsorventes, assim como os briquetes elaborados com as cascas do fruto.

#### Agradecimentos

Aos Laboratórios de Qualidade de Água (LaQua), de Engenharia de Produção Agroindustrial (LEPA) e de Matérias Primas para a Produção de Biodiesel (LMPPB) da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT).

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso pela concessão de bolsa de estudos submetida através do Edital 002/2015, Processo nº 153788/2015.

#### Referências Bibliográficas

- <sup>1</sup> Sant'anna, M. C. S.; Lopes, D. F. C.; Carvalho, J. B. R.; Silva, G. F. Caracterização de briquetes obtidos com resíduos da agroindústria. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais* **2012**, *14*, 289. [\[Link\]](#)
- <sup>2</sup> FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Food wastage foot print: Impacts on natural resources, 2013. [\[Link\]](#)
- <sup>3</sup> Decolli, K. M.; Lenza, J. B.; Chauchar, A. P. P.; Almeida, S. F.; Bezerra, E. L. Comércio Cuiabano de *Musa SP.*: Origem, preferência, demanda e perdas. *UNICiências* **2010**, *14*, 47. [\[Link\]](#)
- <sup>4</sup> Sellin, N.; Oliveira, B. G.; Marangoni, C.; Souza, O.; Oliveira, A. P. N.; Oliveira, T. M. N. Use of banana culture waste to produce briquettes. *Chemical Engineering Transactions* **2013**, *32*, 349. [\[CrossRef\]](#)
- <sup>5</sup> Deiana, A. C.; Granados, D. L.; Petkovic, L. M.; Sardella, M. F.; Silva, H. S. Use of grape must as a binder to obtain activated carbon briquettes. *Brazilian Journal of Chemical Engineering* **2004**, *21*, 585. [\[CrossRef\]](#)
- <sup>6</sup> Furtado, T. S.; Valin, M.; Brand, M. A.; Bellote, A. F. J. Variáveis do processo de briquetagem e qualidade de briquetes de biomassa florestal. *Pesquisa Florestal Brasileira* **2010**, *30*, 101. [\[Link\]](#)
- <sup>7</sup> Sugumaran, P.; Priya Susan, V.; Ravichandran, P.; Seshadri, S. Production and Characterization of Activated Carbon from Banana Empty Fruit Bunch and *Delonix regia* Fruit Pod. *Journal of Sustainable Energy & Environment* **2012**, *3*, 125. [\[Link\]](#)
- <sup>8</sup> EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análise de solo. 2 ed. Rio de Janeiro, 2011. [\[Link\]](#)
- <sup>9</sup> Ramos, D. P.; Leonel, M.; Leonel, S. Amido resistente em farinhas de banana verde. *Alimentos e Nutrição* **2009**, *20*, 479. [\[Link\]](#)
- <sup>10</sup> Denardin, C. C.; Silva, L. P. Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. *Ciência Rural* **2009**, *39*, 945. [\[CrossRef\]](#)
- <sup>11</sup> Martins, M. P.; Benício, E. L.; Dias Júnior, A. F.; Almeida, R. B.; Carvalho, A. M.; Yamaji, F. M. Produção e avaliação de briquetes de finos de carvão vegetal compactados com resíduo

celulósico proveniente da indústria de papel e celulose. *Revista Árvore* **2016**, *40*, 173. [\[CrossRef\]](#)

<sup>12</sup> Maia, B. G. O.; Souza, O.; Marangoni, C.; Hotza, D.; Oliveira, A. P. N.; Sellin, N. Production and Characterization of Fuel Briquettes from Banana Leaves Waste. *Chemical Engineering Transactions* **2014**, *37*, 439. [\[CrossRef\]](#)

<sup>13</sup> Guimarães Júnior, M.; Novack, K. M.; Botaro, V. R.; Protásio, T. P.; Couto, A. M. Caracterização físico-química de fibra e polpas de *Bambusa vulgaris* Schrad para utilização

em compósitos poliméricos. *Revista Latino Americana de Metalurgia y Materiales* **2013**, *33*, 33. [\[Link\]](#)

<sup>14</sup> Jaguaribe, E. F.; Medeiros, L. L.; Barreto, M. C. S.; Araujo, L. P. The performance of activated carbons from sugarcane bagasse, babassu, and coconut shells in removing residual chlorine. *Brazilian Journal of Chemical Engineering* **2005**, *22*, 41. [\[CrossRef\]](#)

<sup>15</sup> Yan, Z. Q.; Mc Cue, J. C.; Tolles, E. D. Preparation of high activity, high density activated carbon with activatable binder, **1996**. (US 5538932).