

Aferição do pseudocaule dos resíduos da bananicultura para a produção de biocombustível



Caio Henrique Ungarato Fiorese^a, Rafael Almeida de Freitas^a, Renata Paulino Belone^a, Otoniel de Aquino Azevedo^a, Gabrielli Machado Bindeli^a, Gilson Silva-Filho^a

^aCentro Universitário São Camilo, Cachoeiro de Itapemirim - ES, Brasil.

RESUMO Dentre os resíduos provenientes da bananicultura, destaca-se o pseudocaule, que, quando não descartado ou aproveitado da maneira correta, contribui com impactos ambientais. O presente trabalho tem como objetivo verificar o potencial energético do pseudocaule e a viabilidade de sua utilização como biocombustível. Para o estudo da biomassa, realizou-se análises do poder calorífico superior (PCS), teor de cinzas (TC) e teor de umidade (TU) de três grupos de amostras do pseudocaule (T1, T2 e ST). T1 e T2 receberam tratamento químico, respectivamente, com HCl e NaOH 0,1M e ST não recebeu tratamento. Foram obtidos os seguintes resultados: ST = 3702 Kcal/Kg (PCS), 14,45% (TC) e 8,6% (TU); T1 = 4254 Kcal/Kg (PCS), 1,79% (TC) e 14,68% (TU); T2 = 4250 Kcal/Kg (PCS), 4,05% (TC) e 10,33% (TU). O pseudocaule apresentou valores que o assemelha a outras biomassas, como a casca de arroz e bagaço-de-cana, com potencial para substituí-las. O tratamento químico se mostrou efetivo para a utilização do pseudocaule como combustível por aumentar sua capacidade calorífica e reduzir o teor de cinzas. Conclui-se que tanto o pseudocaule *in natura* quanto o tratado com HCl e NaOH possuem características que viabilizam sua utilização como combustível sólido, em que os tratamentos conferiram à biomassa melhores características para fins energéticos.

PALAVRAS-CHAVE: cultura da banana, produção sustentável, resíduo.

Aceito 25 de fevereiro de 2020 Publicado online 17 de março de 2020

Cite este artigo: Fiorese et al. (2020) Aferição do pseudocaule dos resíduos da bananicultura para a produção de biocombustível. *Multidisciplinary Science Journal* 2: e2020001, doi: 10.29327/multiscience.2020001.

Assessment of the pseudostem of banana crop residues for the biofuel production

ABSTRACT From the banana crop, stands out the pseudostem, that when not discarded or used correctly, contributes with environmental impacts. The present work aims to verify the potential energy of the pseudostem and the viability of its use as biofuel. The upper calorific value (PCS), ash content (CT) and moisture content (TU) of three groups of pseudostem samples (T1, T2 and ST) were analyzed for the biomass study. T1 and T2 received chemical treatment, respectively, with HCl and 0.1 M NaOH and ST receiving no treatment. The following results were obtained: ST = 3702 Kcal/Kg (PCS), 14.45% (TC) and 8.6% (TU); T1 = 4254Kcal/Kg (PCS), 1.79% (TC) and 14.68% (TU); T2 = 4250 kcal/kg (PCS), 4.05% (TC) and 10.33% (TU). The pseudostem presented values that resemble other biomasses such as rice husk and sugarcane bagasse, with potential for substitution. The chemical treatment proved to be effective for the use of pseudostem as a fuel due to increase its heat capacity and reduce the ash content. It is concluded that both natural and chemically treated pseudostem with HCl and NaOH have characteristics that viable its use as a solid fuel, in which the treatments gave biomass better characteristics for energy purposes.

KEYWORDS: banana culture, sustainable production, residue.

Introdução

Um dos principais fatores de influência negativamente à qualidade ambiental é a utilização de combustíveis fósseis. Devido a isso, sua utilização deve ser controlada e condicionada de maneira que sejam evitados maiores prejuízos e perdas ambientais com a poluição gerada (Nunes et al 2014). Nas últimas décadas, os países em desenvolvimento vêm sofrendo com a crise energética, o que se tornou um problema à sustentabilidade devido a redução das reservas de combustíveis fósseis, atrelada ao impacto ambiental causados por sua utilização. Autoridades políticas e cientistas buscam fontes alternativas de energia renovável (Mekhilef et al 2011).

Segundo Felfli et al (2011), 330 milhões de toneladas de resíduos de biomassa são gerados no Brasil por ano. Porém, esta não é aproveitada na produção de energia devido seu elevador teor de umidade e baixa densidade. Uma alternativa para esse problema é a utilização de biomassas que possuem caráter renovável e apresentam características necessárias para suprir a necessidade energética dos países em desenvolvimento, assim como o Brasil (Couto et al 2004).

A biomassa é considerada uma fonte primária de energia e é dividida em dois tipos: fonte renovável e não renovável. A fonte não renovável se caracteriza pelo tempo de utilização ser inferior ao seu tempo de formação, tornando-a passível de esgotamento. Já a renovável é aquela em que a natureza é capaz de repô-la durante o tempo de sua utilização energética (Brand 2010). Para transformar a biomassa em energia, fazem-se necessárias tecnologias de conversão termoquímica, possibilitando a geração de combustíveis sólidos, líquidos e gasosos (Fernandes 2012).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE (2016), entre as safras dos anos de 2006 a 2015, o Brasil produziu 69.720,814 toneladas de banana. No ano de 2015, a região sudeste teve a segunda maior produção de bananas do país, atingindo 2.212,326 toneladas do fruto, sendo 277.512 toneladas produzidas no estado do Espírito Santo. Quanto maior a produção de banana, maior será o volume de resíduos resultantes dessa cultura. Esses resíduos se enquadram como fonte renovável de energia e, quando submetidos a determinados processos físicos e químicos, possibilitam a geração de combustíveis sólidos, líquidos ou gasosos.

Segundo Bakry et al (1997), uma prática comum na agricultura é de manter o pseudocaule da bananeira exposto ao solo após a retirada do fruto, contribuindo economicamente ao reduzir custos com adubação e controle da umidade e erosão do solo. No entanto, essa matéria orgânica contribui com problemas ambientais devido à geração de dióxido de carbono (CO_2) e gás metano (CH_4), por meio da ação de determinadas bactérias encontradas na natureza (Zhang et al 2005).

Considerando a necessidade de novas fontes renováveis de energia e a minimização de impactos ambientais, o volume elevado da biomassa residual da bananicultura associado a suas características, desperta o interesse quanto a estudos que visem seu aproveitamento. Portanto, esta pesquisa teve como objetivo verificar se o pseudocaule da bananeira possui potencial energético e uma possível viabilidade da sua utilização para tal fim.

Material e Métodos

Tratamento químico

Materiais utilizados: 2 béqueres de 1,5 L; 2 L de solução de HCl 0,1 mol/L; 2 L de solução de NaOH 0,1 mol/L; papel filme de PVC; bomba à vácuo; kitassato de 1,5 L; papel de filtro qualitativo 15 cm (Unifil) e espátula de metal. Os grupos T1 e T2 foram processados para aumentar sua superfície de contato com os reagentes e posteriormente receberam tratamento químico, respectivamente, com ácido clorídrico (HCl) 0,1 M e hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 M durante 48 horas. As amostras foram separadas das soluções por meio de filtração à vácuo, lavadas e colocadas para reagir em novas soluções de mesma concentração por mais 48 horas. A figura 1 retrata o material após o processamento e posteriormente submetido ao tratamento químico.

Filtração, neutralização, secagem e moagem

Materiais utilizados: fita indicadora de pH (mColorpHast™); bomba à vácuo; funil de buchner; kitassato de 1,5 L; papel de filtro qualitativo 15 cm (Unifil); 2 béqueres de 2 L e balança analítica de precisão (Bel). Após o tratamento

químico, as amostras T1 e T2 passaram por filtração à vácuo, lavagem e neutralização até atingirem pH próximo de 7. Os três grupos de amostras foram levados a estufa, onde a secagem ocorreu em três etapas de 24 horas/cada, totalizando 72 horas de secagem à temperatura de 100 °C. Após cada período de 24 horas, foi realizada a pesagem do material e verificação da perda de massa. Após atingir peso constante, as amostras foram pulverizadas até atingir a granulometria ideal e armazenadas em local seco, sem contato com o meio externo. A Figura 2 representa tais processos.



Figura 1 Amostras T1 e T2 processadas e submetidas ao tratamento químico.



Figura 2 Etapas de beneficiamento do material.

Poder calorífico superior

Materiais utilizados: calorímetro (IKA C 200); espátula de metal; balança analítica de precisão; cadinhos metálicos. A análise do poder calorífico foi realizada de acordo com as recomendações da NBR 8633 (Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT 1983). O material foi triturado e seco em estufa a uma temperatura de 105 °C até a obtenção de massa constante. Para a determinação do poder calorífico, foi utilizado um calorímetro adiabático IKA C 200.

Teor de cinzas

Materiais utilizados: forno; mufla; estufa elétrica de secagem; cadinhos de porcelana; dessecador; balança analítica de precisão; espátula de metal. O teor de cinzas foi determinado de acordo com a metodologia sugerida pela Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel - ABTCP M 11/77 (1974). A análise foi realizada em duplicatas, em que

foram colocados 5 g de massa seca em cadinhos de porcelana, que foram levados à mufla por um período de 6 h a uma temperatura de 575 °C. Após o término da carbonização, as amostras foram retiradas da mufla, resfriadas em um dessecador e pesadas em uma balança analítica para efetuar a pesagem e quantificação do teor de cinzas. O cálculo do teor de cinzas expresso em porcentagem foi feito pela seguinte equação.

$$TC (\%) = \frac{P_{\text{cinzas}}}{P_{\text{AS}}} \times 100$$

Legenda: TC (teor de cinzas); P_{cinzas} (peso das cinzas); P_{AS} (peso seco da amostra inicial).

Teor de umidade

Materiais utilizados: forno mufla; estufa elétrica de secagem; cadinhos de porcelana; dessecador; balança analítica de precisão e espátula de metal. A análise do teor de umidade foi realizada com base na metodologia sugerida por Brand (2010), sendo a relação entre a quantidade de água presente na biomassa e seu peso total. A autora ressalta que na utilização da biomassa para produção de energia, o ideal é utilizar o cálculo da umidade em base úmida, expressa pela seguinte equação:

$$TU (\%) = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

Legenda: TU (teor de umidade); P_i (peso da amostra úmida); P_f (peso da amostra seca).

Os resultados encontrados foram expressos em forma de tabela com o auxílio do software Microsoft Office Word 2010. Foi feita análise estatística por meio do cálculo da média das duplicatas, analisando-se as médias através do teste de Tukey, ao nível de significância de 5%. Para tal, utilizou-se o programa Assisat 7.7 (Agrobiociência 2013).

Resultados e Discussão

Os resultados encontrados na literatura com diferentes biomassas foram expressos para fins de comparação e validação do pseudocaulo como biocombustível.

Poder calorífico Superior

A quantidade de calor total (energia térmica) liberado durante o início e o fim da combustão de determinada unidade de massa ou de volume de combustível, recebe o nome de poder calorífico (Brand 2010). Os valores de poder calorífico encontrados foram dispostos na tabela 1. Os demais valores de poder calorífico superior de diferentes biomassas (sem tratamento químico) foram encontrados na literatura e expressos na tabela 2.

Tabela 1 Resultado do poder calorífico superior (PCS).

Tratamento	PCS (Kcal/kg)*
HCl ¹	4254 ^a
NaOH ²	4250 ^a
Sem tratamento ³	3702 ^b

*Valores expressos em média das duplicatas. ¹T1; ²T2; ³ST

Tabela 2 Valores de poder calorífico superior para diferentes biomassas.

Biomassa	PCS (Kcal/kg)	Referências
Bagaço de cana-de-açúcar	3700	Quirino 2002
Casca de arroz	3730	Quirino 2002
Casca de <i>Eucalyptus</i>	4432	Brand 2007
Pseudocaulo da bananeira	3732	Ferreira e Proença 2011

De acordo com Brand (2010), de maneira geral, no Balanço Energético Nacional, a média de poder calorífico adotado para lenha é de 3300 Kcal/kg, enquanto para a cana-de-açúcar o valor é de 2257 Kcal/kg. O ST apresentou potencial energético de 3702 Kcal/kg, valor superior à média nacional de poder calorífico para lenhas e próximo ao das

biomassas citadas na tabela 2. Com exceção da casca de *Eucalyptus*, o tratamento ST demonstrou potencial energético para substituição das biomassas devido aos valores semelhantes.

Os tratamentos T1 e T2 aumentaram a capacidade energética do pseudocaule em média de 4,85%, tendo vantagem sobre a utilização desse resíduo *in natura*. Com os tratamentos químicos, o pseudocaule demonstra considerável potencial para substituição das biomassas citadas, exceto ainda da casca de *Eucalyptus* que, apesar da proximidade de valores, ainda teve valor superior. T1 e T2 não diferiram estatisticamente entre si, mas diferiram de ST, apresentando melhor capacidade calorífica do pseudocaule como biocombustível após o tratamento químico.

Teor de cinzas

O teor de cinzas encontrado para ST (14,45%) demonstrou vantagem apenas sobre a casca de arroz (18,34%), em que as duas biomassas apresentaram valores elevados de cinzas. Para essa análise, quanto menor o valor encontrado, mais vantajosa se faz a utilização da biomassa devido o pouco volume de resíduos ao fim de sua queima. Os resultados obtidos para o teor de cinzas encontram-se na tabela 3.

Tabela 3 Resultado do teor de cinzas (TC). *Valores expressos em média das duplicatas. ¹T1; ²T2; ³ST.

Identificação	TC (%)*
HCl ¹	1,79 ^c
NaOH ²	4,05 ^b
Sem tratamento ³	14,45 ^a

*Valores expressos em média das duplicatas. ¹T1; ²T2; ³ST

Na avaliação do TC, os tratamentos T1 e T2 apresentaram grande diminuição do volume de cinzas ao término da combustão. Houve redução de aproximadamente 80% das cinzas na biomassa tratada quando comparada à sem tratamento. Dentre os três tratamentos (T1, T2 e ST) todos diferiram estatisticamente e T1 apresentou melhores características no pseudocaule, para a utilização energética. A tabela 4 mostra outros teores de umidade vistos na literatura.

Tabela 4 Teores de cinzas para diferentes biomassas (sem tratamento químico).

Biomassa	TC (%)	Referências
Bagaço de cana-de-açúcar	9,79	Quirino 2002
Casca de arroz	18,34	Quirino 2002
Casca de <i>Eucalyptus</i>	3,0	Brand 2007
Pseudocaule da bananeira	12,72	Ferreira e Proença 2011

Teor de umidade

O tratamento ST apresentou valor de 8,6% e se assemelhou ao valor encontrado por Oliveira et al (2013), ao avaliarem o teor de umidade de uma amostra de pseudocaule da banana, obtendo o valor de 10,89%. Os valores obtidos para o teor de umidade estão representados na tabela 5.

Tabela 5 Resultado do teor de umidade (TU).

Tratamento	TU (%)*
HCl ¹	14,68 ^a
NaOH ²	10,33 ^a
Sem tratamento ³	8,60 ^a

*Valores expressos em média das duplicatas. ¹T1; ²T2; ³ST

Outros valores foram encontrados na literatura, mas não foi possível compará-los devido o procedimento adotado pelos demais autores não corresponder ao utilizado nesse estudo. Para o teor de umidade, os tratamentos T1 e T2 não se mostraram eficientes em virtude do aumento da umidade da biomassa, que contribui de forma negativa para sua utilização como combustível sólido. Devido à falta de detalhamento da metodologia utilizada para o cálculo do teor de umidade anteriormente citadas nas tabelas 2 e 4, não foi possível estabelecer comparações com os valores encontrados na literatura.

Considerações finais

O pseudocaule *in natura* da bananeira apresentou características que o permitem ser utilizado como biocombustível, se assemelhando a outras biomassas, como a casca de arroz e o bagaço-de-cana e apresentando potencial para substituí-las. Após o tratamento químico, observou-se o aumento da capacidade calorífica das amostras e a redução significativa do teor de cinzas, o que representa um material com maior potencial energético e baixo volume de resíduos ao término do processo.

As soluções de HCl e NaOH 0,1 M se mostraram efetivas no tratamento do pseudocaule visando sua utilização como biocombustível, conferindo ao material aspectos positivos e eficientes quando comparados à amostra *in natura* e às demais biomassas vistas na literatura. Considerando a produção em grande escala da banana e o volume elevado de seus resíduos no país, a utilização do pseudocaule é uma alternativa sustentável e válida quando comparada a outros combustíveis encontrados em menor disponibilidade na natureza e que provocam impactos ambientais problemáticos ao serem utilizados.

Referências

- Agrobiociência (2013) Programas grátis para análises estatísticas. Disponível em: <https://jmouram.blogspot.com/2013/03/programas-graticas-para-analises.html>. Acesso em: 31 de janeiro de 2020.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (1983) NBR 8633: Carvão vegetal - determinação do poder calorífico. ABNT, Rio de Janeiro.
- Bakry F, Carreel F, Iskra-Caruana ML, Côte FX, Jenny C, Montcel HT (1997) Amelioration des Plantes Tropicales. CIRAD, Montpellier.
- Brand MA (2007) Qualidade da biomassa florestal para o uso na geração de energia em função da estocagem. Tese, Universidade Federal do Paraná.
- Brand MA (2010) Energia da biomassa florestal. Interciência, Rio de Janeiro.
- Couto LC, Couto L, Watzlawick LF, Câmara D (2004) Vias de valorização energética da biomassa. Biomassa e Energia 1:71-92.
- Felfli FF, Mesa JM, Rocha JD, Filippetto D, Luengo CA, Pippo WA (2011) Biomass briquetting and its perspectives in Brazil. Biomass and Bioenergy 35:236-242.
- Ferreira P, Proença MB (2011) Estudo sobre o uso de casca da banana, folha e tronco de bananeira como biomassa para substituição de lenha em caldeiras flamotubulares. 5º Foro Científico Estudantil do Instituto Superior Tupy, SOCIESC.
- Fernandes ERK, Afuso RKS, Schmitt CC, Sellin N, Souza O, Medeiros SHW (2011) Avaliação do potencial para reaproveitamento de resíduos da bananicultura por pirólise. Disponível em: <http://www.sbera.org.br/2sigera/obras/t145.pdf>. Acesso em: 21 de novembro de 2019.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2016) Levantamento sistemático da produção agrícola. IBGE, Rio de Janeiro.
- Mekhilef S, Saidur R, Safari A, Mustaffa WESB (2011) Biomass energy in Malaysia: Current state and prospects. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15.
- Nunes RM, Guarda EA, Serra JCV, Martins AA (2013) Resíduos agroindustriais: potencial de produção do etanol de segunda geração no Brasil. Revista Liberato, 14:135-149.
- Oliveira BG, Marangoni C, Souza O, Oliveira TMN, Sellin N (2013) Preparação e caracterização de resíduos da bananicultura para uso em processo de briquetagem. Disponível em: http://www.sbera.org.br/3sigera/obras/ag_pro_06_OzairSouza.PDF. Acesso em: 20 de outubro de 2019.
- Quirino WF (2002) Utilização energética de resíduos vegetais. Disponível em: <http://www.mundoflorestal.com.br/arquivos/aproveitamento.pdf>. Acesso em: 29 de novembro de 2019.
- Zhang P, Whistler RL, Bemiller JN, Hamaker BR (2005) Banana starch: production, physicochemical properties, and digestibility – a review. Carbohydrate Polymers, 59:443-458.