

BIOCOMBUSTÍVEL SÓLIDO: UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS PARA OBTER ENERGIA TÉRMICA

SOLID BIOFUEL: USE OF AGRICULTURAL WASTE TO OBTAIN THERMAL ENERGY

Data de aceite: 02/09/2022 | Data de submissão: 26/08/2022

EZIRIO, Maria Júlia, Acadêmica de Engenharia Ambiental e Sanitária.

Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, Brasil, E-mail: Mariaeziro@gmail.com.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1910-0805>.

BARCELOS, Ms. Ricardo Luis

Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, Brasil,

E-mail: Ricardo.barcelos@animaeducacao.com.br.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4536-1585>.

MAGNAGO, Dr. Rachel Faverzani

Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, Brasil,

E-mail: rachel.magnago@animaeducacao.com.br.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7306-7984>.

RESUMO:

A procura por fontes de energia que possam substituir os combustíveis fósseis é de extrema importância, tanto no aspecto econômico, como socioambiental. O objetivo deste trabalho foi confeccionar briquetes com borra de café, casca de arroz, casca de laranja e caracterizar o teor de umidade, teor de cinzas e poder calorífico inferior e superior comparando com os valores para lenha e teste de compressão, para caracterizar a resistência mecânica dos briquetes, estudar e apresentar a análise de viabilidade técnica e econômica. Deste modo, os materiais apresentaram resistência mecânica à compressão adequada para ser manipulado e armazenado, caracterizado para uso doméstico. A composição que obteve o melhor resultado do teor energético foi a Amostra 2 (10g de casca de arroz, 75g de casca de batata e 50g de casca de laranja) que apresentou o valor do poder calorífico superior e inferior de 17,22 MJ/Kg e 15,85 MJ/kg, respectivamente. A fumaça liberada durante queima ficou na faixa de 2-3 na escala Ringelmann. Além disso, os valores encontrados para todos os biocombustíveis sólidos foram superiores aos conhecidos para lenha.

PALAVRAS-CHAVE:

Viabilidade econômica. Biocombustível sólido. Casca de laranja. Casca de arroz. Borra de café.

ABSTRACT:

The search for energy sources that can replace fossil fuels is extremely important, both in the economic and socio-environmental aspects. The objective of this work was to make briquettes with coffee grounds, rice husk, orange peel and to characterize the moisture content, ash content and lower and higher calorific value comparing with the values for firewood and compression test, to characterize the resistance briquette mechanics, study and present the technical and economic feasibility analysis. In this way, the materials presented adequate mechanical resistance to compression to be manipulated and stored, characterized for domestic use. The composition that obtained the best result of energy content was Sample 2 (10g of rice husk, 75g of potato peel and 50g of orange peel) which presented the value of superior and inferior calorific value of 17.22 MJ/Kg and 15.85 MJ/kg, respectively. The smoke released during burning was in the range of 2-3 on the Ringelmann scale. In addition, the values found for all solid biofuels were higher than those known for firewood.

KEYWORDS:

Economic viability. Solid biofuel. Orange skin. Rice husk. Coffee grounds.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores agrícolas e florestais do mundo, e apresenta grande potencial na produção de briquetes, pois os resíduos dessas biomassas são encontrados em abundância nas propriedades rurais do país. Alguns materiais provenientes de fontes renováveis como os resíduos vegetais estão se tornando uma alternativa para a geração de bioenergia, com o intuito de reduzir a utilização de combustíveis de origem fóssil e não renovável (SOARES et. al., 2015). A utilização de combustíveis não renováveis gera grande preocupação ambiental devido ao fato de serem potencialmente poluentes e na maioria dos casos apresentam maior custo (SILVA et. al., 2007). A busca por alternativas para a produção de energia também auxilia reaproveitamento de resíduos de produção agrícola e/ou agroindustriais (SOARES et. al., 2015).

Estima-se que a cultura do arroz produza cerca de 200 t de biomassa para cada 1 mil t de grãos colhidos (ABIB, 2011). Considerando que o processamento do arroz gera cerca de 20% de resíduos de casca. No Brasil, no ano de 2019 foi produzido 10.368.611 t de arroz, gerando 2.073.722 t de resíduos (IBGE, 2020).

De acordo com Schneider et al. (2012), é produzido uma tonelada de cascas e palha para cada tonelada de café torrado e moído. Para Schneider, et al. 2012, de 45 a 55% do grão maduro do café é resíduo. Sendo assim, pode-se considerar uma porcentagem de geração de 50% de resíduos sobre a parcela total de café processado. Segundo o IBGE (2020) no ano de 2019, foi produzido 30.009.402 t de café e gerado um total de 1.504.701 t de resíduos.

Segundo Alexandrino et. al. (2007), em média 96% da produção de laranja é transformada em suco, o que gera grande quantidade de resíduos. Esse problema também foi relatado por Rezzadori e Benedetti (2009), sendo que indústrias processadoras de suco de laranja produzem resíduos sólidos e líquidos que equivalem a 50% do peso da fruta. De acordo com o IBGE (2020) foi gerado 8.195.325 t de resíduos de casca de laranja no Brasil em 2019.

Diante disso, o aproveitamento da biomassa florestal e industrial tem grande importância no processo de gestão sustentável e da cadeia de responsabilidade, nas questões econômicas, sociais e ambientais. As populações locais devem ser cada vez mais sensibilizadas acerca das vantagens de utilizar as biomassas como fontes de energia renováveis, principalmente por não produzirem gases tóxicos como SO₂, o CO₂, evita a proliferação de animais peçonhentos quando acumulados no ambiente. Especialmente na forma de combustível sólido, por exemplo, briquetes. Os briquetes são feitos de materiais sólidos, geralmente na forma de partículas finas ou pó, que são prensados em equipamentos hidráulicos ou prensas mecânicas para obter um material compactado, geralmente na forma de pequenos cilindros ou discos, para uso como combustível. (FILIPPETO, 2008).

A utilização de combustíveis não-renováveis gera grande preocupação ambiental devido ao fato de serem potencialmente poluentes e na maioria dos casos apresentam maiores custos. A busca por alternativas para a produção de energia também auxilia reaproveitamento de resíduos de produção agrícola e/ou agroindustriais e a economia (ALMEIDA, 2017). A contabilidade de custos é uma área muito importante que gera informações para tomar decisões em empresas de qualquer setor, auxilia os gestores sobre os valores associados à produção e compras de serviço ou produto. É um elemento essencial de uma gestão eficaz.

De acordo com Martins (2010, p. 22) “o conhecimento dos custos é vital para saber se, dado o preço, o produto é rentável; ou, se não rentável, se é possível reduzi-los (os custos)”. Ele considera ainda que “com o significativo aumento de competitividade que vem ocorrendo na maioria dos mercados, seja industrial, comerciais ou de serviços, os custos tornam-se altamente relevantes quando da tomada de decisões em uma empresa”. O Custeio é a apropriação dos custos, e dentre os métodos de custeio podem ser destacados: custeio baseado em atividades (ABC), custeio por absorção e o custeio variável.

Neste estudo foi utilizado o método do custeio por Absorção, para Martins (2010) “custeio por absorção consiste na apropriação de todos os custos de produção aos bens elaborados, e só os de produção; todos os gastos relativos ao esforço de produção são distribuídos para todos os produtos ou serviços feitos”. O desenvolvimento de vias sustentáveis de bioenergia deve estar baseado na procura pela alta eficiência, ou seja, no melhor desempenho energético aliado ao menor custo de produção. Nesse contexto será realizado o estudo do desempenho energético de briquetes obtidos a partir de descartes de resíduos dos processos de beneficiamento da laranja, borra de café e casca de arroz para uso como combustível sólido versus a composição de custos de produção.

Existe uma grande variedade de biomassa sólida combustível utilizada como fonte de geração termelétrica, nesse contexto, foi avaliar propriedades de poder calorífico para a geração de energia térmica de briquetes com diferentes composições de casca de arroz, laranja e borra de café e comparado com a literatura.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os insumos foram preparados previamente sendo que as cascas de laranja Pêra foram secas em estufa a 30° C e trituradas, a borra de café foi doado pelo Restaurante Universitário Vó João, também foi seco em estufa. As cascas de batatas-inglesas foram congeladas até seu uso. A casca de arroz foi usada como recebido, sendo uma doação de Arroz Ligeyrinho.

Para confeccionar os briquetes foram utilizados os resíduos de casca de arroz, laranja e borra de café em diferentes composições, descritos na Tabela 1.

Tabela 1: Composições dos elementos utilizados para confecção dos briquetes.

Amostras	Água destilada (ml)	Bora de café (g)	Cascas (g)		
			Laranja	Arroz	Batata
1	100	-	50	10	100
2	100	-	50	10	75
3	70	70	-	-	100
4	70	60	-	10	100

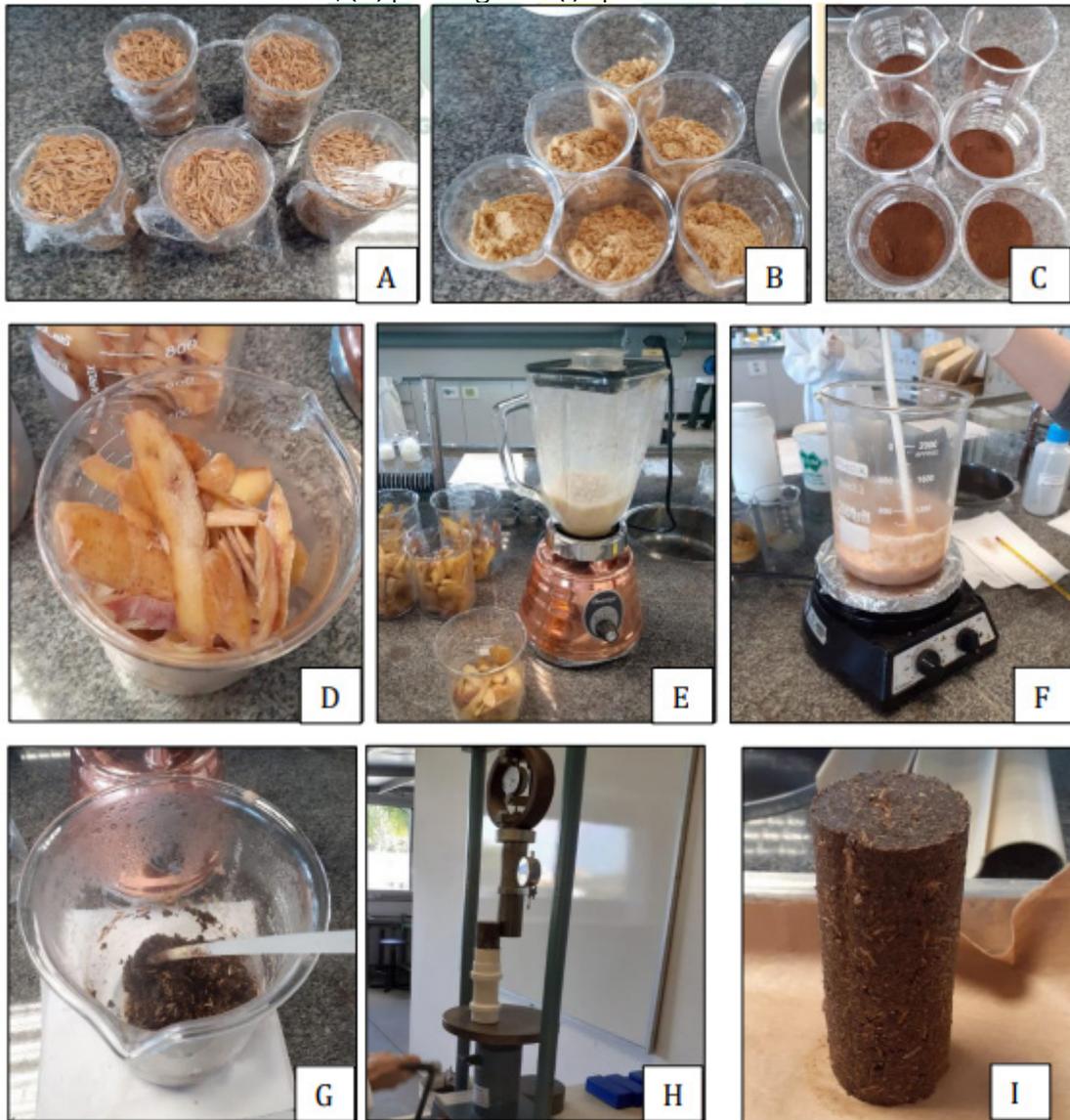
Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

2.1. Preparação dos briquetes

Para a confecção dos briquetes foi utilizado casca de arroz (Figura 1A), casca de laranja (Figura 1B), borra de café (Figura 1C) e casca de batata-inglesa como aglutinante (Figura 1D). Inicialmente foram liquidificadas as cascas de batatas-inglesas com a água destilada (Figura 1E), após, foi vertida para um béquer, aquecida 95 °C

e misturada por aproximadamente 10 min (Figura 1F) até apresentar um aspecto semelhante a gel. Os demais componentes foram adicionados (Figura 1G) conforme quantidades apresentadas na Tabela 1. A mistura foi colocada em moldes PVC de 10 cm de altura e 5 cm de diâmetro, e compactado por uma pressão de 5 kg por cerca de 1 min (Figura 1H). Então, foram desmoldadas e secas a 50 °C em estufa (DeLEO®) por 48 h. Todas as composições foram confeccionadas em triplicatas e apresentaram as mesmas características do briquete mostrado na Figura 1I.

Figura 1: Preparação dos briquetes, sendo (A) casca de arroz, (B) casca de laranja, (C) borra de café, (D) casca de batata, (E) moagem da casca de batata, (F) aquecimento e mistura, (G) mistura final, (H) prensagem e (I) após o desmolde.



Fonte: BIANCHET (2020).

2.2 Teor de umidade

Todos os corpos de prova foram pesados com a balança de precisão Shimadzu® previamente tarada, e levados à estufa a uma temperatura de 105 ± 2 °C. Estes foram retirados da estufa e resfriados em dessecador com cloreto de cálcio anidro e pesados. A operação de aquecimento e resfriamento foi repetida até peso constante (DIAS et al., 2012; ABNT NBR 8112, 1986).

2.3. Teor de Cinzas

As amostras foram colocadas em cápsulas de porcelana para queima. Cada amostra foi transferida para um cadinho isento de umidade, pesada e levado à mufla (700 +/-10 °C) por 3 h. Após este processo, o material foi resfriado em dessecador com cloreto de cálcio anidro até massa constante (DIAS at al., 2012; ABNT, 1986).

2.4. Valores de Poder Calorífero Superior e Inferior

Para calcular os valores de aquecimento mais altos e mais baixos, que foram comparados com os da Food and Agriculture Organization, o Poder Calorífico Superior (PCS) foi medido em MJ/kg, de acordo com a equação (1):

$$20,0 (1 - A - M) \quad (1)$$

Onde:

PCS: Poder Calorífero Superior; A: Teor de Cinzas; M: Teor de Umidade.

Para calcular o Poder Calorífico Inferior (PCI) em MJ / kg, considerou-se conforme a equação (2).

$$18,7 (1 - A) - 21,2 \times M \quad (2)$$

Onde:

PCI: Poder Calorífero Inferior; A: Teor de Cinzas; M: Teor de Umidade.

2.5. Resistência Mecânica a Compressão

Os testes mecânicos foram realizados com método de compressão com célula de carga de 30 kN em equipamento de teste universal (EMIC DL-30000). Nestes testes, todos os briquetes foram submetidos à pressão até que a deformação plástica ocorresse à temperatura ambiente (ISO 17831-2: 2015).

2.6. Monitoramento de Fumaça

Os espécimes foram colocados dentro de um recipiente de porcelana onde foram queimados. A avaliação da fumaça foi realizada usando a escala de Ringelmann.

O experimento foi conduzido por cerca de 5 min em um exaustor; as imagens de fumaça foram capturadas e comparadas à escala, usando o software VirtualRingelmann® (<http://virtualringelmann.com/>).

2.7. Viabilidade Econômica

Foram utilizados para cálculo dos custos de produção dados de dois espécimes (1 e 4) confeccionados em diferentes proporções e materiais, que estão descritos na Tabela 1.

2.8. Cálculo do custo de produção

Utilizou-se a condição FOB (Free On Board) onde não tem valores de frete incluso no produto, ou seja, o comprador deve se responsabilizar pelo transporte da mercadoria.

2.8.1. Custos Fixos

Foram considerados como custo fixo aqueles que não variam em função da quantidade produzida pela empresa (MARTINS, 2003).

2.8.2. Depreciação dos bens

Os ativos da empresa são constantemente desvalorizados, principalmente devido ao desgaste, envelhecimento e progresso tecnológico. A depreciação é, portanto, a diferença entre o preço de compra de um bem e seu valor de troca (valor residual) após um determinado período de uso. Normalmente, as empresas adotam o método linear para lançamentos contábeis. Mesmo utilizando o método linear na contabilidade, uma empresa pode utilizar um método diferente para determinar o custo de produção de seus produtos, uma vez que a depreciação é um custo para a empresa (KUHNNEN, 2001).

Foi utilizado o cálculo de depreciação linear (Equação 3), este, é o método mais simples e mais utilizado. Consiste em dividir o total a depreciar pelo número de anos de vida útil do bem.

$$DL = (V - R) / n \quad (3)$$

Onde:

PV: valor inicial do bem, ou seja, valor pelo qual o bem foi adquirido; R: valor final ou valor de sucata do bem; n: número de períodos de vida útil do bem.

Os valores dos equipamentos (liquidificador, chapa de aquecimento, estufa e a prensa) foram utilizados para calcular a depreciação. Foi atribuído um valor período de 10 anos de vida útil dos bens.

2.8.3. Mão-de-obra, salários e encargos sociais

A determinação da mão-de-obra foi realizada com base na divisão de setores, sendo, cada funcionário responsável por um setor.

- 1º. Setor: Separação, pesagem e mistura dos componentes;
- 2º. Setor: Compactação e inserção dos briquetes na estufa;
- 3º. Setor: Retirar os briquetes da estufa e embalar.

A remuneração da mão de obra foi realizada de acordo com uma pesquisa salarial, com base no Salário de Operador de Processo de Produção na Cidade de Palhoça SC (2021), foi considerado a média salarial de R\$ 1.479,56.

2.8.4. Custos variáveis

Foram considerados custos variáveis aqueles que variam de acordo com a quantidade de briquetes produzida pela empresa (MARTINS, 2003).

2.8.5. Matéria prima e embalagem

O custo foi considerado de acordo com o material necessário para a produção de cada briquete. Obteve-se os valores de cada produto a partir de uma pesquisa de mercado, após, foi calculado o que seria gasto de matéria prima para produzir cada briquete. Para obter valores em demanda, foi considerado uma produção por lote, onde cada lote equivale a 1.000 (mil) briquetes. Foi inserido o gasto necessário para embalar o produto final.

2.8.6. Energia elétrica e água

O custo da energia foi calculado de forma separada, sendo o primeiro de acordo com o gasto médio dos equipamentos para confecção de cada briquetes, o segundo custo de energia foi com base nos demais gastos (ar condicionado, lâmpada e geladeira). Utilizando a Equação 4.

$$\text{Kwh} = W \cdot h / 1000 \quad (4)$$

Onde:

Kwh: Energia consumida (Consumo); W: Potência do equipamento; H: Número de horas utilizadas.

Para efetuar o cálculo do valor consumido de água, foi estimado um valor de consumo (m³), inserido em uma planilha de Excel disponibilizado no site da Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN, 2020).

3 RESULTADOS

3.1. Teor de umidade, Teor de Cinzas e Poder Calorífero Superior e Inferior

Na Tabela 2, constam os valores médios de TU: Teor de Umidade, TC: Teor de Cinzas, PCS: Poder Calorífico Superior e PCI: Poder Calorífico Inferior.

Tabela 2. Valores médios de TU (%), TC (%), PCS (MJ/Kg) e PCI (MJ/Kg).

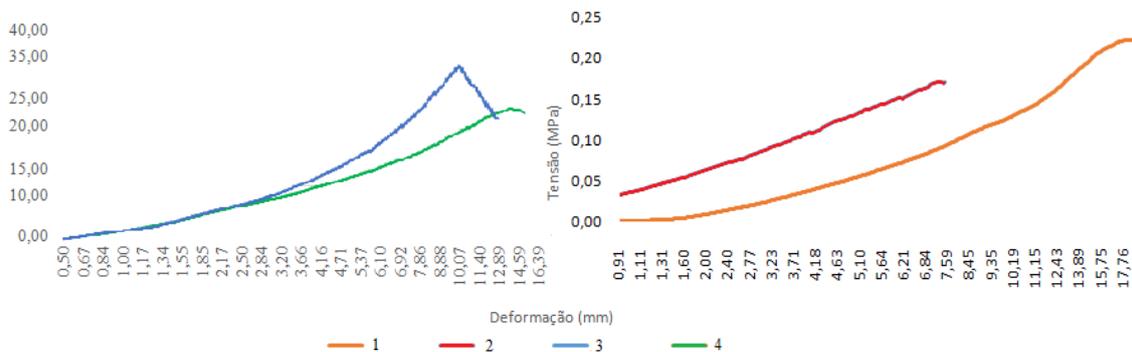
Amostras	TU (%)	TC (%)	PCS (MJ/Kg)	PCI (MJ/Kg)
1	10,60	4,35	17,01	15,64
2	10,28	3,61	17,22	15,85
3	9,79	7,86	16,44	15,12
4	9,40	5,52	17,02	15,67

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

3.2. Resistência mecânica a compressão

Na Figura 2 pode ser observada a resistência mecânica a compressão para os 4 espécimes.

Figura 2: Resistência mecânica a compressão.

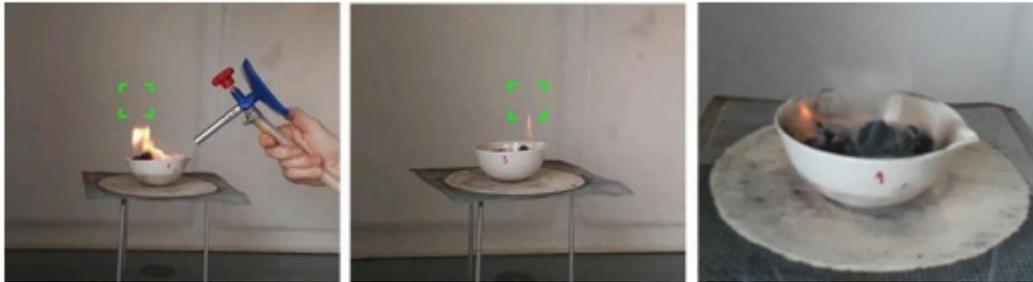


Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

3.3. Monitoramento de Fumaça

Para avaliar o grau da cor da fumaça, que aponta com cores pré-definidas que representa a escala de avaliação, foi utilizado o software VirtualRingelmann. A Figura 3 mostra o momento do teste, durante a queima a fumaça emitida pelas amostras foram conferidos na escala Ringelmann.

Figura 3: Queima de biocombustíveis sólidos, Amostra 3 confeccionados com biomassa de 100 g de casca de batata inglesa e 70 g borra de café.



Fonte: MAGNAGO, 2019.

3.4. Cálculo do custo de produção

Para início dos cálculos foi considerado uma média de preço de mercado pela matéria prima, a partir daí foi calculado a quantidade consumida de matéria prima para confeccionar um briquete. Obteve-se assim, o custo variável unitário e multiplicando pela quantidade de briquetes produzidos por lote (considerado 1.500 espécimes) encontrou-se o valor total do custo variável, Tabela 3.

Tabela 3: valor total do custo variável dos briquetes.

Custo Variável						
Briquete	Matéria-Prima	Quantidade Consumida (Kg)	Preço de Compra da Matéria-Prima (Kg)	Custo Variável Unitário (R\$)	Custo Variável (R\$)	Custo Variável Total (R\$)
1	Casca de arroz	0,010	0,04	0,00	0,28	420,53
	Casca de laranja	0,050	5,00	0,25		
	Água destilada	0,100	0,30	0,03		
4	Casca de arroz	0,010	0,04	0,00	0,03	49,58
	Borra de café	0,060	0,30	0,02		
	Água destilada	0,070	0,21	0,01		
Total					470,10	

Fonte: Autores (2021).

Analisando a Tabela 3 observou-se que o briquete 2 tem o valor de custo bem reduzido quando comparado com o briquete 1, isso ocorre pois a matéria prima da casca da laranja tem o valor (R\$) mais elevado quando comparado com a borra do café.

3.4.1. Custos fixos e variáveis

Utilizando os cálculos dos custos de produção foi possível obter os custos variáveis e fixos, demonstrados na Tabela 4, sendo descritos os custos para os espécimes 1 e 4, respectivamente.

Tabela 4: Custos variáveis e fixos dos briquetes.

Briquete 1				
Custos Variáveis	Unidade	Valor unitário	Quantidade	Valor real R\$
Matéria prima	Kg	0,28035	1.500	280,35
Embalagem	Saco	0,8	1.500	1.200,00
Energia Elétrica (maq.)	KWh/mês	350,93	1.500	17.994,15
Energia Elétrica (Illum.)	KWh/mês	373,07	-	373,07
Água	m³/mês	70	-	2.428,30
Sub total				22.275,87
Custos Fixos	Unidade	Valor unitário	Quantidade	Valor real R\$
Depreciação	Ano	637,00	1	637,00
Mão-de-obra	Mês	1.479,56	3	4.438,68
Sub total				5.075,68
Total				27.351,55
Briquete 4				
Custos Variáveis	Unidade	Valor unitário	Quantidade	Valor real R\$
Matéria prima	Kg	0,033	1.500	49,50
Embalagem	Saco	0,8	1.500	1.200,00
Energia Elétrica (maq.)	KWh/mês	346,43	1.500	11.259,15
Energia Elétrica (Illum.)	KWh/mês	373,07	-	373,07
Água	m³/mês	49	-	1.669,00
Sub total				14.550,72
Custos Fixos	Unidade	Valor unitário	Quantidade	Valor real R\$
Depreciação	Ano	637,00	1	637,00
Mão-de-obra	Mês	1.479,56	3	4.438,68
Sub total				5.075,68
Total				19.626,40

Fonte: Autores (2021).

Pode-se constatar que o briquete 1 tem o custo total superior ao briquete 4, isso ocorre principalmente pelo maior consumo de energia do maquinário e de água e para a produção.

3.4.2. Custo por absorção

Considerando o tempo de produção unitário dos briquetes pode-se obter o valor absorvido total de cada espécime, Tabela 5.

Tabela 5: Valor absorvido total de cada espécime.

Briquete	Tempo de Produção Unitário (min.)	Tempo de Produção Total (min.)	Valor Unitário Absorvido (R\$)	Valor Absorvido Total (R\$)
1	50,00	2.930,00	2,54	2.544,35
4	35,00	2.915,00	2,53	2.531,33
Total		5.845,00		5.075,68

Fonte: Autores (2021).

3.4.3. Margem de contribuição

A Tabela 6 demonstra a margem de contribuição unitária de cada briquete e o

total, tendo em conta um faturamento de R\$ 5.250,00 por lote, o cálculo foi feito livre de impostos.

Tabela 6: Margem de Contribuição dos briquetes.

Briquete 1		
(+) Faturamento	R\$	5.250,00
(-) Impostos		
(-) Custos Variáveis	R\$	22.275,87
(=) Margem de Contribuição Bruta	-R\$	17.025,87
(-) Custos por Absorção	R\$	2.544,35
(=) Margem de Contribuição Líquida	-R\$	19.570,22
Briquete 4		
(+) Faturamento	R\$	5.250,00
(-) Impostos		
(-) Custos Variáveis	R\$	14.550,72
(=) Margem de Contribuição Bruta	-R\$	9.300,72
(-) Custos por Absorção	R\$	2.531,33
(=) Margem de Contribuição Líquida	-R\$	11.832,05

Fonte: Autores (2021).

4 ANÁLISES DOS RESULTADOS

4.1. Teor de umidade, Teor de Cinzas e Poder Calorífero Superior e Inferior

Os resultados das médias de teor de umidade (Tabela 2) foram entre 9,40%-10,60%, valores bem inferiores quando comparados a lenha (25%-30%), validando a utilização dos espécimes para uso como fonte de calor (GONÇALVES et. al., 2006).

Os Teores de cinzas são índices importantes para briquetes, pois estão relacionados com o seu potencial energético. Quanto maior o teor de cinzas, maior a quantidade de matérias inerte, ou seja, que não produz calor, a Amostra 2 foi a que obteve melhor resultado apresentando um valor de 3,61%. Os valores encontrados foram entre 3,61%-7,86% (Tabela 2), resultados próximos aos encontrados por (MAGNAGO et. al., 2019) 4,95%-8,06%.

De acordo com DIAS et. al. (2012), os briquetes com resíduos de casca de arroz apresentam geralmente PCS de 15,90 MJ/Kg e para os valores de referência da Food and Agriculture Organization (FAO) são de 17-18 MJ/Kg. Comparando com os resultados da Tabela 2, os valores foram próximos ou superiores, sendo que o maior valor foi para a Amostra 2 - 17,22 MJ/Kg. O PCI dos espécimes foi na faixa de 15,12-15,67 MJ/kg (Tabela 2), sendo superiores ao da lenha 7,12-10,47 MJ/kg e dentro da faixa de 15,4-16,5 MJ/kg, indicados pela FAO (ERIKSSON et. al., 1990).

4.2. Resistência mecânica a compressão

Briquetes para uso como combustível industriais (0,375 MPa) devem apresentar maior resistência mecânica que briquetes para uso doméstico (0,006 MPa) (Richards, 1990; ISO 17831-2). Na Figura 2, pode-se observar que o espécime 3 apresentou maior resistência a compressão, sendo que foi com a composição sem adição de casca de arroz e casca de laranja, apenas com a borra de café.

Nenhum dos briquetes atingiram a resistência mecânica de 0,375 MPa, uso industrial, mas todos ultrapassaram o valor de 0,006 MPa, podendo ser usado para uso doméstico.

4.3. Monitoramento de Fumaça

Todas as amostras ficaram na faixa de densidade entre 40-50% de fumaça, sendo que mostra características de combustão completa. E pode-se observar que a fumaça emitida durante a queima foi branca para todos os espécimes.

4.4. Cálculo do custo de produção

Analisando a Tabela 3 observou-se que o briquete 2 tem o valor de custo bem reduzido quando comparado com o briquete 1, isso ocorre pois a matéria prima da casca da laranja tem o valor (R\$) mais elevado quando comparado com a borra do café.

Pode-se constatar que o briquete 1 tem o custo total superior ao briquete 4, isso ocorre principalmente pelo maior consumo de energia do maquinário e de água e para a produção.

Apesar dos briquetes não serem feitos do mesmo material, foi considerado o mesmo faturamento, com base no valor do poder calorífero semelhante entre os briquetes. Sendo assim, a margem do briquete 4 compensa o briquete 1, gerando mais lucros. Entretanto, de acordo com a Tabela 6, a margem de contribuição bruta do briquete 1 foi negativa de -R\$ 17.025,87, e do briquete 4 foi de -R\$ 9.300,72. Considerando o método de custos por absorção, subtraímos desses valores o custo por absorção e tivemos a Margem de Contribuição Líquida (negativa) de -R\$ 19.570,22 e -R\$ 11.832,05 respectivamente. Deste modo, levando em consideração a forma que os briquetes foram produzidos e o volume produzido, o resultado não foi viável economicamente.

Nesses termos, para abater os custos é necessário que o faturamento seja em torno de R\$ 42.000, nesse caso, seria necessário uma produção de no mínimo 6.000 briquetes por Lote. Porém, não foram considerados esses valores com o intuito de manter o processo de produção mais próximo com o descrito neste estudo.

Essa seção será dedicada a análises dos resultados ou as discussões causadas pelos estudos com o detalhamento das especificidades dos estudos, sendo apresentados de modo conciso.

5 CONCLUSÃO

A produção de briquetes é uma alternativa econômica e ambiental viável, pois ajuda a maximizar o aproveitamento dos mais diversos resíduos e a reduzir o impacto do uso de lenha. Através dos experimentos realizados pode-se afirmar a possibilidade de utilizar os briquetes que foram feitos com as biomassas (casca de arroz, casca de laranja, borra de café e a casca de batata) como biocombustível sólido.

Foi observado que as amostras obtiveram valores próximos para Teor de Umidade e Teor de Cinzas, sendo entre 9,40-10,60 (%) e 3,61-7,86 (%) respectivamente. Os valores de Poder calorífero superior e inferior ficaram entre 16,44-17,22 (MJ/Kg) e 15,12-15,85 (MJ/Kg) respectivamente. Ao analisar os resultados obtidos para PCS e PCI percebe-se que foram valores bem próximos apesar das amostras terem

mercado. Dissertação M.Sc. Faculdade de Engenharia Mecânica, UNICAMP, Campinas, SP, Brasil, 2008.

FAO. Agricultural Commodities: Profiles And Relevant Wto Negotiating Issues: Horticultural products: Citrus. Acesso em: 2 fev. 2022.

REZZADORI, K.; BENEDETTI, S. Proposições para valorização de resíduos do processamento do suco de laranja. 2009. Disponível em: <http://www.advancesincleanerproduction.net/second/files/sessoes/6a/4/K.%20Rezzadori%20-%20Resumo%20Exp%20-%206A-4.pdf> Acesso em: 10 de agos. de 2021.

SILVA, Claudinei Augusto. Estudo Técnico-Econômico da Compactação de Resíduos Madeireiros para Fins Energéticos, Dissertação M.Sc. Faculdade de Engenharia Mecânica, UNICAMP, Campinas, SP, Brasil, 2007.

SOARES, Larissa de Souza; MORIS, Virgínia Aparecida da Silva; YAMAJI, Fábio Minoru; PAIVA, Jane Maria Faulstich de. Utilização de Resíduos de Borra de Café e Serragem na Moldagem de Briquetes e Avaliação de Propriedades. **Revista Matéria**, [S. l.], v. 20, n. 2, p. 550-560, 4 maio 2015. DOI 1517-7076. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rmat/a/3crnHzYmkjFNVHwXzSyLxGf/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 1 fev. 2022.

SCHNEIDER, Vania Elisabete; PERESIN, Denise; TRENTIN, Andréia Cristina; BORTOLIN, Taison Anderson; SAMBUICHI, Regina Helena Rosa. Diagnóstico dos Resíduos Orgânicos do Setor Agrossilvopastoril e Agroindústrias Associadas. **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - ipea**, [s. l.], 2012.

_____.ISO 17831: 2015 - Solid biofuels - Determination of mechanical durability of pellets – part 1. Brussels, 2015.

KUHNEN, O. Leonardo. **Matemática Financeira aplicada e Análise de Investimentos**. 3. Ed. São Paulo: Atlas, 2001. Disponível em: <http://docplayer.com.br/3728559-Osmar-leonardo-kuhnen-osmar-kuhnen-gmail-com.html> Acesso em: 02 fev. 2021.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Arroz Ligeyrinho que doou a casca de arroz. A bolsa de pesquisador Instituto Anima/UNISUL.



01. Tecnologia do ambiente construído e inovação