

Potencial energético da casca do arroz para produção de bioenergia

Luiza Catarina Lobo de Godoi^{1,2}; Arthur Pedro Alves Fernandes¹; Carlos Eduardo Barbosa da Silva¹; Jhonatan Willian Moreira¹; Macksuel Fernandes da Silva¹; Carlos Roberto Sette Junior¹

¹ Departamento de Engenharia Florestal, Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia/GO, Brasil; ² Comissão de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (CMARH), Assembleia Legislativa do Estado de Goiás, Goiânia/GO, Brasil – luiza.godoi@discente.ufg.br

Resumo: A valorização da biomassa residual casca de arroz, considerando sua elevada disponibilidade associada ao seu potencial energético, suscita a investigação de suas características visando seu aproveitamento energético. O objetivo deste estudo foi determinar as características energéticas da casca de arroz para uso na geração de bioenergia. Foram determinados os teores de materiais voláteis, cinzas e carbono fixo; teor de umidade; poder calorífico superior (PCS); densidade a granel e densidade energética. Os resultados indicaram que o resíduo apresentou densidade a granel de 99,13 kg.m⁻³, umidade de 10,07%; teores de materiais voláteis, cinzas e carbono fixo foram de 70,12%, 13,81% e 16,07%, respectivamente. O valor do PCS foi 18,89 MJ.kg⁻¹ e densidade energética 1.492,35 MJ.m⁻³. A biomassa residual casca de arroz apresenta potencial para aplicações energéticas.

Palavras-chave: Caracterização, Biomassa residual, Bioenergia.

The energy potential of rice husks for bioenergy production

Abstract: The valorization of residual rice husk biomass, considering its high availability associated with its energy potential, prompts the investigation of its characteristics with a view to its energy use. The aim of this study was to determine the energy characteristics of rice husks for use in bioenergy generation. The volatile material, ash and fixed carbon contents were determined, as well as the moisture content, higher calorific value (HCV), bulk density and energy density. The results showed that the residue had a bulk density of 99.13 kg.m⁻³, a moisture content of 10.07%, and volatile material, ash and fixed carbon contents of 70.12%, 13.81% and 16.07%, respectively. The PCS value was 18.89 MJ.kg⁻¹ and the energy density was 1,492.35 MJ.m⁻³. Residual rice husk biomass has potential for energy applications.

Keywords: Characterization, Residual biomass, Bioenergy.

1. INTRODUÇÃO



Engenharia
Industrial
Madeireira



SOCIEDADE BRASILEIRA
DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DA MADEIRA

A casca de arroz é um subproduto da moagem do arroz, obtida na etapa do

descascamento, quando ocorre o rompimento da casca dos grãos para separação do grão integral (Saidelles *et al.*, 2012). Descrita como uma biomassa residual abundante e com baixo custo, pode ser convertida em biocombustíveis, bio-óleo, vapores e *biochars*, por meio de processos termoquímicos como pirólise e gaseificação (Shen, 2017), tornando-se uma opção para a produção de energia (Casau, 2022). A participação dos resíduos agroindustriais na matriz energética e elétrica brasileira é significativa (ANEEL, 2023), mas ainda pode aumentar, face a grande quantidade gerada nos processos agroindustriais. Por exemplo, a cada 1 milhão de toneladas de arroz colhidas, estima-se que cerca de 200 mil toneladas de casca sejam geradas (Abaide *et al.*, 2019; Pode, 2016). Sendo assim, considerando que a produção nacional relativa ao ano agrícola 2022/2023 de 10.015,2 mil toneladas (CONAB 2023) o volume de casca de arroz gerado fica em torno de 2.003,04 mil toneladas.

Atualmente esses resíduos de casca de arroz têm sido utilizados de forma bastante variada, tais como para cama de animais, na produção de alimentos, na agricultura (Fonseca *et al.* 2017) e na construção civil (Rodrigues, 2024). Assim, a destinação correta da casca de arroz representa um desafio para a indústria de beneficiamento devido ao grande volume gerado durante o descasque e ao seu baixo valor agregado.

No entanto, ela é uma biomassa que pode ser aproveitada como fonte de energia (Fagundes, 2023). A casca de arroz se apresenta como uma ótima opção, pois possui características adequadas para geração de energia, como granulometria, baixo teor de umidade e alto teor de voláteis (Lima *et al.*, 2019). Além de tornar a indústria do arroz mais rentável, a energia elétrica gerada a partir da casca do arroz apresenta diversas vantagens ambientais, como descarte adequado e redução de emissões de poluentes atmosféricos (Silva *et al.*, 2021).

Dentro deste contexto, o objetivo deste estudo foi determinar as características energéticas do resíduo casca de arroz visando sua qualificação para aplicações energéticas.

2. MATERIAL E MÉTODOS



Engenharia
Industrial
Madeireira



SOCIEDADE BRASILEIRA
DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DA MADEIRA

2.1 Coleta e preparação do material

A biomassa da casca do arroz foi obtida diretamente do processamento industrial do arroz (*Oriva sativa*) e transportada para o Laboratório de Qualidade da Madeira e Bioenergia do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil, para análise.

Inicialmente, o teor de umidade foi calculado de acordo com a ABNT NBR 14929 (2003), assim que os resíduos chegaram ao laboratório, de forma a estimar os valores originais no momento da coleta. Na sequência, classificou-se a granulometria do resíduo, que foi separado mecanicamente em peneiras de 7, 20, 40, 60 e 100 *mesh*, utilizando-se um agitador de peneiras com batidas intermitentes.

2.2 Análise imediata

A partir da biomassa na malha de 60 *mesh*, foram determinados os teores de matéria volátil, cinzas e carbono fixo, em triplicata, de acordo com as normas da *American Society for Testing and Materials* - ASTM E872-82 (2013) e ASTM D1102-84.34 (2013). O teor de carbono fixo foi calculado pela diferença entre a massa inicial da amostra e a soma dos teores de matéria volátil e cinzas, conforme descrito na Equação 1.

$$CF = 100 - (CZ + MV) \quad \text{Eq. 1}$$

Onde: CF= Teor de Carbono Fixo (%); CZ = Teor de Cinzas (%); MV = Teor de Material Volátil (%).

A densidade a granel foi determinada de acordo com a norma ASTM D5057-10 (2019), que foi calculada através da relação entre a massa de biomassa e o volume conhecido de um recipiente, na Equação 2.

$$DG = Ma / Vc \quad \text{Eq. 2}$$

Onde: DG = Densidade a granel (Kg.m³); Ma = Massa da amostra (kg); Vc = Volume do contentor (m³).

O Poder Calorífico Superior (PCS) foi determinado utilizando-se um calorímetro IKA WORKS C-200 conforme a norma ASTM D5865 (2013).

O Poder Calorífico Útil (PCU) foi determinado conforme a Equação 3 (Brito, 1993).

$$PCU = PCS \{(100 - u) / 100\} - 6u \quad \text{Eq. 3}$$

Onde: PCU=poder calorífico útil (Kcal/Kg); PCS = poder calorífico superior (MJ.kg⁻¹); u= umidade em base úmida (%).

A densidade energética (DE) foi calculada pelo produto do poder calorífico útil

(PCU) e a densidade a granel (DG) do resíduo, conforme a Equação 4

$$DE = PCU * DG \quad \text{Eq. 4}$$

Onde: DE = densidade energética; PCU = poder calorífico útil (Kcal/Kg);

DG = Densidade a granel (Kg.m³)

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Perfil granulométrico

O perfil granulométrico do resíduo é mostrado na Figura 2.

Figura 2. Perfil granulométrico do resíduo casca de arroz.

Podemos observar que 97% do resíduo ficou retido na peneira de 20 *mesh* e, portanto, considerado como material “fino”, devido ao seu tamanho inferior a 1 mm (Quirino *et al.*, 2012). O restante das partículas ficou retida nas peneiras de 7, 40, 60 e 100 *mesh*, nas porcentagens de 0,46%; 2,01%; 0,32% e 0,20%, respectivamente.

3.2 Teor de materiais voláteis, cinzas e Carbono fixo

Os valores obtidos para materiais voláteis, carbono fixo e cinzas, são mostrados na Figura 3.

Figura. 3 - Teores de materiais voláteis, carbono fixo e cinzas do resíduo de casca de arroz.



Foi encontrado o valor de 70,12% para materiais voláteis, que sugere um potencial de produção de energia por meio de processos de combustão ou gaseificação (Figura 3). Este valor ficou próximo ao valor de 71,01% encontrado por Belini (2022) e ao valor de 71,50% encontrado por Calais (2022) para a casca de arroz. A quantidade de materiais voláteis está diretamente relacionada com a queima no processo de carbonização, pois quanto maior o teor de materiais voláteis, mais rápido é a queima (Oliveira, 2019). Beline (2022) avaliando diferentes

tipos de biomassa de resíduos agroindústrias e florestais obteve valores médios de materiais voláteis no valor de 71,01% para casca de arroz.

Quanto ao teor de cinzas, o resultado obtido foi de 13,81% (Figura 3). Belini (2022) encontrou que, as biomassas compostas por cascas resultaram nos maiores teores de cinzas, 2,30% para a casca de eucalipto, 7,58% para a casca de café e 14,44% para a casca de arroz, que teve o maior teor de cinzas. Calais (2022), encontrou um valor de 12,68% para o teor de cinzas de casca de arroz. Segundo Mande (2009), recomenda-se que teor de cinzas das biomassas para utilização energética seja menor que 4% para minimizar a corrosão, desgaste ou incrustações nos equipamentos e sua manutenção. De acordo com Sette Junior *et al.* (2018) o teor de cinzas é um parâmetro de grande importância para o projeto da caldeira e para e para sua limpeza, pois a combustão de biomassa com altos teores de cinza exigirá processos de remoção mais frequentes.

O teor de carbono fixo encontrado foi de 16,07% (Figura 3). Calais (2022) e Belini (2022) encontraram valores aproximados de 15,82% e 14,55%, respectivamente, para casca de arroz. Os teores de carbono fixo, juntamente com os teores de materiais voláteis, desempenham um papel fundamental na determinação do potencial energético e na otimização da eficiência de tecnologias de conversão de energia utilizando casca de arroz como matéria-prima (Kamruzzaman *et al.*, 2024)

3.3 Umidade, densidade e poder calorífico

Os valores de teor de umidade, densidade a granel e energética, e poder calorífico superior e útil, do material são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Densidade a granel, teor de umidade, poder calorífico superior, poder calorífico útil e densidade energética do resíduo casca de arroz.

Densidade a Granel (kg.m ⁻³)	Umidade (%)	PCS (MJ.kg ⁻¹)	PCU (MJ.kg ⁻¹)	Densidade Energética (MJ.m ⁻³)
99,13	10,07	18,89	17,02	1.492,35

A densidade a granel encontrada foi de 99,13 kg.m⁻³, com um teor de umidade de 10,07% (Tabela 1). Calais (2022) avaliando casca de arroz encontrou um valor superior com 120,59 kg.m⁻³, enquanto Olupot *et al.* (2016) encontrou

valores entre de 88,8 – 124,3 kg.m⁻³, com teores de umidade entre 9,2 –11,2%, semelhantes aos valores ora encontrados. Sugere-se a densificação da casca do arroz, especialmente pela baixa densidade a granel observada, possibilitando melhorias nas propriedades energéticas e redução dos custos associados ao seu transporte.

O valor do poder calorífico superior encontrado foi de 18,89 MJ.kg⁻¹. Esse valor foi superior aos encontrados por Belini (2022) e Calais (2022), de 16,25 MJ.kg⁻¹ e 14,22 MJ.kg⁻¹, respectivamente e supera também os valores que variaram de 13,69 MJ.kg⁻¹ a 14,42 MJ.kg⁻¹ encontrados por Kamruzzaman *et al.* (2024) para o resíduo casca de arroz. Geralmente, o PCS de variedades de casca de arroz mostra uma boa perspectiva para converter combustível de casca de arroz em energia renovável (Olupot *et al.*, 2016).

O poder calorífico útil alcançou valor médio 17,02 Kcal/Kg e o valor da densidade energética encontrado foi de 1.492,35 MJ.m⁻³. A densidade energética está diretamente relacionada com o poder calorífico da biomassa e a densidade a granel.

4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos demonstram que a biomassa residual casca de arroz possui potencial para seu aproveitamento energético e, portanto, se apresenta como uma alternativa factível de uso para geração de bioenergia.

5. REFERÊNCIAS

ABAIDE, E. R. et al. Reasons for processing of rice coproducts: Reality and expectations. **Biomass & bioenergy**, v. 120, p. 240–256, 2019.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS **ASTM D1102-84**: Standard Test Method for Ash in Wood, ASTM Standards, West Conshohocken.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D5057-10**: standard test method for gross calorific value of coal and coke. West Conshohocken; 2019.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D5865-13**: standard test method for gross calorific value of coal and coke. West Conshohocken; 2013.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E872-82**: Standard

test method for volatile matter in the analysis of particulate wood fuels. ASTM Standards, Phyladelphi.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Expansão da Matriz Elétrica Brasileira: Março / 2023. In: MME. ANEEL. **Expansão da Matriz Elétrica Brasileira**. [S. l.], 6 abr. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2023/novas-usinas-em-operacao-comercial-no-primeiro-trimestre-de-2023-somam-2-7-gw>. Acesso em: 2 mai. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14929**. Madeira - Determinação do teor de umidade de cavacos - Método por secagem em estufa. 2003.

BELINI, Gabriela. **Cinzas de caldeira de biomassa: caracterização, diagnóstico e alternativa para aplicação**. 2022. Tese (Doutorado em Planejamento e Uso de Recursos Renováveis) - Universidade Federal de São Carlos, SP, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/16375>. Acesso em: 9 ago. 2024.

BRITO, J. O. Expressão da produção florestal em unidades energéticas. In Congresso Florestal Panamericano, 1, Congresso Florestal Brasileiro, 7, 1993, Curitiba, **Anais...**Curitiba: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1993, p. 280-282.

CALAIS, Sarah Cristinne Soares. **Potencial energético de briquetes de casca de arroz em mistura com serragem de pinus**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal) — Universidade de Brasília, Brasília, 2022.

CASAU, M.; DIAS, M.F.; MATIAS, J.C.O.; NUNES, L.J.R. Residual biomass: A comprehensive review on the importance, uses and potential in a circular bioeconomy approach. **Resources**, v. 11, n. 4, p. 35, 2022.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, Brasília, DF, v. 10, safra 2022/23, n. 9, nono levantamento, junho 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em 8 nov. 23.

FAGUNDES, M.; OLIVEIRA, R.; SCHRÖDER, N. **Uso de casca de arroz como fonte energética no processo de secagem de grãos em uma cooperativa: estudo de viabilidade**. Anais - 6º Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade. **Anais...**Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais e de Saneamento, 2023.

FORTES, Myla Medeiros. **Recuperação energética de resíduos agrofloretais por meio de peletização e torrefação**. 2022. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) — Universidade de Brasília, Brasília, 2022.

KAMRUZZAMAN, M. **et al.** Energy potential of biomass from rice husks in bangladesh: An experimental study to thermochemical and physical characterization. **Energy reports**, v. 11, p. 3450–3460, 2024.

LIMA, A. M. et al. A casca de arroz como fonte de energia em empresas

beneficiadoras do grão. **Exacta**, v. 17, n. 4, p. 375–382, 2019.

MANDE, S. P. Thermo chemical conversion of biomass. In: KISHORE, V. V. N. (Ed.). **Renewable energy engineering and technology**. New Delhi: The Energy and Resources Institute, 2009. p. 705-728.

OLIVEIRA, Lucas *et al.* Aproveitamento de resíduos madeireiros de Pinus sp. com diferentes granulometrias para a produção de briquetes. **Revista de Ciências Agrárias**, [s. l.], v. 40, ed. 3, p. 68-691, 2019. DOI <http://dx.doi.org/10.19084/RCA17010>.

OLUPOT, P. W. et al. Characterization of rice husk varieties in Uganda for biofuels and their techno-economic feasibility in gasification. **Chemical engineering research & design: transactions of the Institution of Chemical Engineers**, v. 107, p. 63–72, 2016.

PODE, Ramchandra. Potential applications of rice husk ash waste from rice husk biomass power plant. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 53, p. 1468-1485, 2016. DOI: 10.1016/j.rser.2015.09.051. Acesso em: 15 jul. 2024.

QUIRINO, W.F.; Pinha, I.V.O.; Moreira, A.C.O.M.; Souza, F. & Tomazello Filho, M. (2012) – Densitometria de raios X na análise da qualidade de briquetes de resíduos de madeira. **Scientia Forestalis**, v. 40, n. 96, p. 525-536. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr96/cap11.pdf>. Acesso em: 23 jul. 2024.

RODRIGUES, V. T. et al. Estudo preliminar sobre o uso da casca de arroz na construção civil: Preliminary study on the use of rice hunk in civil construction. **Brazilian Journal of Business**, v. 6, n. 1, p. 390–399, 2024.

SAIDELLES, A. *et al.* GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA INDÚSTRIA DE BENEFICIAMENTO DE ARROZ. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, [s. l.], v. 5, n. 5, p. 904-916, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/4314/2820>. Acesso em: 30 nov. 2023.

SETTE JUNIOR, C. R., Hansted, A. L. S., Novaes, E., Lima. *et al.* Energy enhancement of the eucalyptus bark by briquette production. **Industrial Crops and Products**, v.122, p. 209-213, 2018. Doi: 10.1016/j.indcrop.2018.05.057. Acesso em: 30 jul. 2024.

SHEN, Yafei. Rice husk silica derived nanomaterials for sustainable applications. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 80, p. 453-466, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.115>. Acesso em: 07 jul. 2024.

SILVA, L. A. *et al.* Rice husk energy production in Brazil: An economic and energy extensive analysis. **Journal of cleaner production**, v. 290, n. 125188, p. 125188, 2021.