

## QUALIDADE ENERGÉTICA DE BRIQUETES DE RESÍDUOS PRODUZIDOS COM O MALTE GERADO NA PRODUÇÃO DE CERVEJA

Kamilla Crysllayne Alves da Silva<sup>1</sup>; Nayane da Silva Lima<sup>2 \*</sup>; Gabriel Siqueira Andrade<sup>2</sup>; Elias Costa de Souza<sup>1</sup>; Alexandre Santos Pimenta<sup>2</sup>; Ananias Francisco Dias Júnior<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Ciências Florestais, Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (USP/ESALQ), Piracicaba, SP, Brasil.

<sup>2</sup> Departamento de Engenharia Florestal, Escola Agrícola de Jundiaí - EAJ, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Macaíba/RN, Brasil.

<sup>3</sup> Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Jerônimo Monteiro/ES, Brasil.

\* e-mail do autor correspondente: kamilla.alves@usp.br

**Resumo:** A procura por novas fontes renováveis para a produção de energia vem crescendo a cada dia e com a grande quantidade de resíduos gerados das indústrias, o malte, decorrente da produção de cerveja, surge como uma possível alternativa. Assim, objetivou-se neste estudo analisar as características energéticas dos briquetes produzidos a partir do malte. Os briquetes foram confeccionados com 20 g do material onde foram compactados em uma prensa hidráulica por 5 min a 90 °C e 5 min de resfriamento. As propriedades analisadas foram umidade, densidade aparente, poder calorífico e densidade energética. Como resultado, apresentou um poder calorífico superior de (20,68 MJ.Kg<sup>-1</sup>), o poder calorífico inferior (17,44 MJ.Kg<sup>-1</sup>), o poder calorífico útil (15,28 MJ.Kg<sup>-1</sup>) e a densidade energética (15,04 GJ.m<sup>3</sup>). Desta forma o malte, resíduo da indústria cervejeira, demonstrou potencial para o aproveitamento energético na forma de briquetes, de acordo com os resultados obtidos.

**Palavras-chave:** Reaproveitamento; Energia; Biomassa

## CHARACTERIZATION OF BRIQUETS FROM MALT WASTE GENERATED IN BEER PRODUCTION

**Abstract:** The possibility of energy demand from the increasing amount of production from new sources, with alternative sources, which increases the amount of production from alternative sources, which increases the amount of production from renewable sources, which increases the amount of production from renewable sources, which increases the amount of energy production, increasing as an alternative source. Thus, the objective this research work was to analyze the energetic characteristics of briquettes produced from malt. The briquettes were made with 20 g of the material where they were compacted in a hydraulic press for 5 min at 90°C and 5 min of cooling. The properties analyzed were moisture content, apparent density, heating value and energy density. As a result, it presented a higher calorific value (20,68 MJ.Kg<sup>-1</sup>), the lower calorific power (17,44 MJ.Kg<sup>-1</sup>), the useful calorific value (15,28 MJ.Kg<sup>-1</sup>), and the energy density (15,04 GJ.m<sup>3</sup>). In this way, the wastes from the brewing industries showed potential for energy use according to the results obtained.

**Keywords:** Reuse; Energy, Biomass

## 1. INTRODUÇÃO

A utilização de fontes renováveis para a produção de energia vem crescendo a cada dia devido a grande quantidade de efeitos nocivos provenientes das matérias-primas utilizadas [1]. No cenário atual, existem várias fontes alternativas para a produção de energia renovável, onde destacam-se: eólica, solar, carvão, gás natural e biomassa dos mais diversos tipos. A crescente necessidade para a diversificação da matriz energética e atendimento das demandas de produção, abre um leque para a criação de novas tecnologias para a obtenção de energia renovável [2].

A indústria cervejeira no Brasil passou por aumentos expressivos em sua produção, tornando-se reconhecida no cenário mundial e com rendimento superior a 14 bilhões de litros anualmente [3]. No decorrer do processo produtivo da cerveja, são gerados alguns subprodutos, como: o malte, o *trub* e a levedura residual cervejeira [4]. À medida que a demanda aumentou, a destinação dos resíduos gerados passou a ser um fator preocupante, principalmente pelo descarte indevido em locais sem estrutura e tratamento adequado para acomodá-los, podendo acarretar contaminações por meio dos efluentes, impactando o ambiente.[5].

O malte tem sido bastante explorado em diversos âmbitos por apresentar em sua composição características fibrosas e proteicas, além da presença de lipídeos, minerais, vitaminas, aminoácidos e compostos fenólicos. Tendo como base essas características, o malte vem sendo introduzido na produção de alimentos e rações para animais, na produção de carvão, produção de energia de forma direta ou por meio do biogás, através da fermentação aeróbica e produção de bioprodutos [6], [7], [8], [9].

Desta forma, como alternativa para impulsionar a diminuição dos resíduos cervejeiros gerados, objetivou-se avaliar a qualidade de briquetes produzidos a partir do resíduo do malte visando o seu uso energético.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Os resíduos de malte utilizados neste trabalho, foram disponibilizados por uma empresa de produção artesanal de cerveja na cidade de Parnamirim, no estado do Rio Grande do Norte. O material coletado foi levado à estufa com temperatura de 60 °C durante 24 h no Laboratório de Tecnologia da Madeira - UFRN e após o período de secagem foi armazenado em sacos plásticos. Os resíduos foram encaminhados para o Laboratório de Energia da Biomassa - LEB, na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), para a realização das análises e briquetagem.

Para cada briquete produzido foram utilizados uma quantidade de 20 g do malte, no qual não foi adicionado nenhum material aglutinante. A confecção dos briquetes ocorreu em temperatura de 90 °C, o tempo de compactação foi de 5 minutos e o tempo de resfriamento também foi de 5 minutos. Foram produzidos 20 briquetes, no total.

A densidade aparente foi determinada através do método estequiométrico, no qual se obtém o volume a partir de medições (altura e diâmetro) e massa, utilizando um paquímetro digital e uma balança analítica de precisão, respectivamente. O volume é definido com a média dos valores de altura e diâmetro de cada briquete.

Para a determinação do poder calorífico superior (PCS), foi adotada a metodologia EM 14918 [10], com algumas adaptações, em uma bomba calorimétrica modelo IKA C200. Posteriormente foi calculado o poder calorífico inferior (PCI), adotando a Equação 1 e o poder calorífico útil (PCU) de acordo com a Equação 2 abaixo.

(1)

Em que:

PCI = Poder Calorífico Inferior ( $\text{MJ.Kg}^{-1}$ )

PCS = Poder Calorífico Superior ( $\text{MJ.Kg}^{-1}$ )

H% = Teor de Hidrogênio

(2)

Em que:

PCU = Poder Calorífico Útil ( $\text{MJ.Kg}^{-1}$ )

PCI = Poder Calorífico Inferior ( $\text{MJ.Kg}^{-1}$ )

U% = Teor de Umidade (%)

A densidade energética (DE) foi calculada multiplicando o valor do poder calorífico útil pelo valor da densidade aparente dos briquetes produzidos.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A densidade aparente média obtida para o malte foi igual a 984,97  $\text{kg/m}^3$ , conforme pode ser visto na Tabela 1. Resultado similar foi encontrado por [11], onde a densidade aparente dos briquetes produzidos a partir do bagaço de cana-de-açúcar foi de 850  $\text{kg/cm}^3$ . A densidade aparente expressa a quantidade de massa de um volume de material e é de grande relevância para a

caracterização de uma biomassa [12].

Tabela 1: Densidade aparente e umidade do malte

	Densidade (Kg/m <sup>3</sup> )	Umidade (%)
Média	984,97	0,35
Valor máximo	1030,79	0,38
Valor mínimo	902,32	0,31
Desvio padrão	27,73	0,05

A umidade média do malte foi igual a 0,35% (Tabela 1). De acordo com [13], elevados teores de umidade pode ocasionar em um baixo poder calorífico. Desta forma, valores superiores ou inferiores podem acarretar problemas com o produto final, como fragmentação do briquete e a geração de finos no manuseio [14].

Tabela 2: Poder calorífico e densidade energética do malte

	PCS (MJ.Kg <sup>-1</sup> )	PCI (MJ.Kg <sup>-1</sup> )	PCU (MJ.Kg <sup>-1</sup> )	DE (GJ.m <sup>-3</sup> )
Média	20,68	17,44	15,28	15,04
Valor máximo	21,00	17,76	15,60	15,75
Valor mínimo	20,19	17,61	14,79	13,78
Desvio padrão	0,43	0,43	0,43	0,42

Onde: PCS: poder calorífico superior; PCI: poder calorífico inferior; PCU: poder calorífico útil; DE: densidade energética.

O PCS médio foi de 20,68 MJ.Kg<sup>-1</sup>, sendo o valor máximo encontrado de 21,00 MJ.Kg<sup>-1</sup> e o mínimo de 20,19 MJ.Kg<sup>-1</sup>, valores esses semelhantes ao encontrado por [15], de 19,1 MJ.Kg<sup>-1</sup>. Quanto maior o poder calorífico superior de uma biomassa, mais energia ela contém e melhor será sua combustão [16]. O PCI médio encontrado foi de 17,44 MJ.Kg<sup>-1</sup>, seguido do valor máximo 17,76 MJ.Kg<sup>-1</sup> e mínimo de 20,19 MJ.Kg<sup>-1</sup>. De forma divergente [17] apresentou valor médio de 43,07 MJ.Kg<sup>-1</sup> usando biomassa de coco verde.

O PCU médio foi de 15,28 MJ.Kg<sup>-1</sup>, onde o valor máximo de 15,60 MJ.Kg<sup>-1</sup> e mínimo de 14,79 MJ.Kg<sup>-1</sup>. Para a densidade energética o valor médio encontrado foi de 15,04 GJ.m<sup>-3</sup>, com máximo de 15,75 GJ.m<sup>-3</sup> e mínimo de 13,78 GJ.m<sup>-3</sup>.

## 4. CONCLUSÕES

Pode-se concluir que a utilização do malte, para a confecção de combustíveis sólidos compactados tem grande potencial para o aproveitamento energético de acordo com os resultados obtidos. O material apresentou propriedades como o poder colorílico considerado satisfatório para a geração de energia.

## 5. REFERÊNCIAS

- [1] Lopes, K.; Martins, E. M.; Miranda, R. L. A Potencialidade Energética da Biomassa no Brasil. Revista Desenvolvimento Socioeconômico em Debate, 2019; (1): 5, 94-106.
- [2] Bondarik, R.; Pilatti, Luiz A.; Horst, Diogo J. Uma visão geral sobre o potencial de geração de energias renováveis no Brasil. Interciencia, 2018; (1) 43.
- [3] CERVBRASIL. Anuário, 2017.
- [4] Priest, F. G.; Stewart, G. G. Handbook of Brewing. 2 ed. Flórida: CRC Press and Taylor & Francis Group, 829p, 2006.
- [5] Stefanello, F. S.; Fruet, A. P. B.; Simeoni, C. P.; et al. Resíduo de cervejaria: bioatividade dos compostos fenólicos; aplicabilidade na nutrição animal e em alimentos funcionais. REGET – Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental. Santa Maria, v. 18. p. 01- 10, Ed. Especial, Mai. 2014.
- [6] Aliyu, S.; Bala, M. Brewer's spent grain: A review of its potentials and applications. African Journal of Biotechnology, 2011; (1):103, 324-331.
- [7] Lima, U. A. Matérias-primas dos Alimentos. São Paulo: Ed Blucher, 402p, 2010.
- [8] Robertson, J. A.; I'anson, K. J. A.; TREIMO, J.; FAULDS, C. B.; BROCKLEHURST, T. F.; EIJSINK, V. G. H.; WALDRON, K. W. Profiling brewers' spent grain for composition and microbial ecology at the site of production. Food Sci. Technol., 2010, (1): 43, 890-896.
- [9] Mussato, S. I.; Dragone, G.; Roberto, I. C. Brewers' spent grain: generation, characteristics and potential applications. J. Cereal Sci., 2006; (1): 43; 1-14.
- [10] Deutsches Institut für Normung. DIN EN 14918: Determination of calorific value. Be-Lim: CEN, 2010.
- [11] Fernandez, B. O. et al. Características mecânicas e energéticas de briquetes produzidos a partir de diferentes tipos de biomassa. Revista Virtual de Química, 2017, (1): 9, 29-38.
- [12] Silva, D. Avaliação da eficiência energética em uma indústria de painéis compensados. 182f. Tese de Doutorado em Ciências Florestais, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2001.
- [13] GARCIA, D. P. Caracterização química, física e térmica de pellets de madeira produzidos no Brasil. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá. Universidade Estadual Paulista. Guaratinguetá, 2010.
- [14] Gonçalves, J. E.; Sartori, M. M. P.; Leão, A. L. Energia de briquetes produzidos com rejeitos sólidos urbanos e madeira de *Eucalyptus grandis*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, 2009, (1):13; 657-661.

[15] Fiebig, Matheus Sbruzzi. Potencial capacidade energética do bagaço de malte para caldeiras de pequeno porte. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

[16] Cortez, L. A. B.; LORA, E. E. S.; GÓMEZ, E. O. Biomassa para energia. Campinas: Editora Unicamp, 2008. 732 p.

[17] SILVA, Renata Guilherme Cândido da et al. Produção e caracterização de briquetes de biomassas lignocelulósicas em diferentes granulometrias. 2020.