



## EDIÇÃO 2022 – RESUMO EXPANDIDO

### O USO DE CAVACOS DE MADEIRA NA INDÚSTRIA CERÂMICA E A CONSEQUENTE GERAÇÃO DE CINZAS *WOODCHIPS USE IN CERAMIC INDUSTRY AND THE CONSEQUENTIAL ASH GENERATION*

Vanessa Amaro Vieira<sup>I</sup>  
Nádia Figueiredo de Paula<sup>II</sup>  
Júlio César Souza<sup>III</sup>

#### RESUMO

A sinterização ou “queima” é a etapa onde o calor transforma argila em cerâmica. Uma indústria cerâmica do município de Jaboticabal, SP utiliza cavacos de madeira para aquecimento dos fornos. A combustão dos cavacos produz energia e calor de maneira eficiente e sustentável, entretanto, resulta na produção de cinzas. O conhecimento das particularidades da biomassa queimada auxilia na definição de uma aplicação para as cinzas e no estabelecimento de estratégias para sua redução. O objetivo do trabalho foi caracterizar lotes de cavacos utilizados pela empresa e relacionar com a quantidade de cinzas produzidas. Foram avaliados três lotes, dos quais nove amostras foram coletadas. Analisou-se densidade, umidade, porcentagem de casca, granulometria e cinzas produzidas nos fornos. A densidade variou de 246 a 271 kg/m<sup>3</sup>. Lotes 2 e 3 apresentaram umidade de 7% e Lote 1 de 24%. A proporção de cascas variou de 10,8 a 19,7%. A produção de cinzas foi de 2%. Cavacos livres de cascas, produzem 0,6% de cinzas enquanto as cascas produzem 2,15%. Cerca de 50kg de cinzas são produzidos em cada forno por queima. A cinza apresenta granulometria predominantemente fina. Há uma variação considerável entre os lotes de cavacos, principalmente quanto à umidade e porcentagem de casca. Cavacos com mais casca tendem a produzir mais cinzas e cavacos mais úmidos resultam em maior consumo, pois haverá gasto de energia para evaporação de água. Os dados evidenciam que é possível reduzir as cinzas utilizando cavacos com menos cascas e reduzir o consumo de energia utilizando cavacos mais secos.

**Palavras-chave:** Sinterização. Queima. Eucalipto. Argila

#### ABSTRACT

Sintering or “firing” is the stage where heat turns clay into ceramic. A ceramic industry in municipality Jaboticabal, SP uses woodchips to heat the ovens. Combustion of woodchips produces energy and heat efficiently and sustainably, however, it results in ash production. Knowledge of particularities of burned biomass helps to define an application for ash and in establishing strategies for its reduction. The objective of work was to characterize woodchips used by the company and relate them to the amount ash produced. Three lots were evaluated, from which nine samples were collected. Density, moisture, bark percentage, granulometry and ash produced in the ovens were analyzed. The density ranged from 246 to 271 kg/m<sup>3</sup>. Lots 2

<sup>I</sup> Graduanda de Tecnologia em Biocombustíveis, FATEC-JB, vanessa.vieira2@fatec.sp.gov.br

<sup>II</sup> Professora Doutora. FATEC-JB, nadia.paula@fatec.sp.gov.br

<sup>III</sup> Professor Especialista FATEC-JB, juliosouza@fatecjaboticabal.edu.br



## EDIÇÃO 2022 – RESUMO EXPANDIDO

and 3 presented humidity of 7% and Lot 1 of 24%. The proportion of husks varied from 10.8 to 19.7%. The ash production was 2%. Woodchips free of bark produce 0.6% ash while only bark produce 2.15%. About 50kg of ash is produced in each kiln per firing. The ash presents predominantly fine granulometry. There is considerable variation between woodchip batches, mainly in terms of moisture and bark percentage. Woodchips with more bark tend to produce more ash and more humid chips result in higher consumption, as there will be energy expenditure for water evaporation. The data show that it is possible to reduce ash using woodchips with less bark and reduce energy consumption using drier woodchips

**Keywords:** Sintering. Burn. Eucalyptus. Clay

**Área:** Ciências Ambientais, Biológicas e Agrárias

Data de submissão: 15/08/2022.

Data de aprovação: 21/09/2022.

DOI:

### 1 INTRODUÇÃO

Na produção de cerâmica, a sinterização, popularmente denominada *queima* é uma etapa fundamental pois é onde o calor transforma a argila em cerâmica, alterando a porosidade, a dureza, a resistência e a cor influenciando diretamente na qualidade do produto. A energia térmica consumida no processo pode ser derivada de diversas fontes. Até o início dos anos 2000 o uso de lenha em toras era generalizado, porém, atualmente o mais comum é a utilização de cavacos de madeira (chips) ou de resíduos como serragem ou maravalha (IPT, 2018). De acordo com o anuário MME (2021), embora haja deficiência de dados estatísticos do setor, o levantamento de 2018 mostra que 48% da indústria da cerâmica vermelha usa lenha como combustível e 40%, resíduos de madeira (cavacos, serragem, briquetes e outros). Sendo assim, o uso de biomassa na etapa de queima ainda prevalece.

No município de Jaboticabal, SP uma indústria cerâmica fabricante de filtros e reservatórios de água, atualmente usa cavacos de madeira de eucalipto em sistema automatizado para alimentação dos fornos de queima da cerâmica.

O uso da biomassa é uma alternativa de fonte energética renovável, considerada técnica, econômica, e ambientalmente viável. Devido à dificuldade de manusear, transportar, armazenar e utilizar a biomassa lenhosa em sua forma original, cavacos de madeira (chips) estão entre os principais combustíveis renováveis usados para substituir combustíveis fósseis, em várias regiões do mundo (PICCHIO *et al.*, 2012). Os chips são lascas provenientes do processo de picagem da madeira de tamanhos variando de 3 a 120mm, dependendo da finalidade. Os chips apresentam ampla variação de poder calorífico, umidade, densidade, conteúdo de casca e impurezas (LIEKOVSKY *et al.*, 2017).

A combustão de biomassa tem um grande potencial para produzir energia e calor de maneira sustentável. No entanto, a biomassa possui alto teor de elementos formadores de cinzas, que podem levar a diferentes problemas operacionais (JAMES *et al.*, 2012; WANG *et al.*, 2018). A queima dos cavacos, como de qualquer biomassa, resulta na produção de cinzas como resíduo. A cinza é a parte inorgânica não combustível restante após combustão completa e contém a maior parte da fração mineral do combustível original (JAMES *et al.*, 2012). O teor



## EDIÇÃO 2022 – RESUMO EXPANDIDO

de cinzas muda de acordo com o tipo de biomassa, e pode chegar a 0,5% em algumas espécies de madeira ou até 20% em alguns resíduos florestais e agrícolas (NUNES *et al.*, 2016).

Segundo Wang *et al.* (2018), o conteúdo dos elementos formadores de cinzas nos combustíveis de biomassa varia muito, tanto de combustível para combustível quanto dentro de um determinado tipo de combustível. Se as propriedades da cinza são conhecidas, é possível definir uma possível aplicação para esse material. À medida que a demanda pelo uso da biomassa aumenta, aumentam também os volumes de cinzas produzidos. Daí grandes desafios surgirão em relação à eficiência no gerenciamento desse subproduto (JAMES *et al.*, 2012). O objetivo desse trabalho foi caracterizar cavacos de madeira usados em fornos da indústria cerâmica e as cinzas resultantes da sua combustão. Espera-se que os resultados sirvam de subsídios para, posteriormente, indicar possíveis aplicações para as cinzas.

## 2 METODOLOGIA DA PESQUISA: materiais

Foram coletadas amostras de lotes de cavacos de madeira utilizados pela Cerâmica Stéfani e cinzas produzidas nos fornos de queima da cerâmica. A amostragem foi realizada por funcionários da empresa em cada lote recebido entre março e outubro de 2021. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e analisadas nos laboratórios da FATEC.

### 2.1 Métodos

Nos cavacos de madeira foram avaliados:

- a - Umidade – método gravimétrico, estufa a 105 C até peso constante.
- b - Densidade a granel – Norma ABNT NBR 6922. Em função do tamanho das amostras, foi utilizado um recipiente menor que o estabelecido na norma.
- c - Porcentagem de casca – por separação manual (peso total/Peso de casca) x 100
- d - Teor de cinzas – Subamostras de cavacos, cavacos livres de cascas (separados manualmente) e somente de cascas foram fragmentadas e incineradas em forno mufla, seguindo a Norma TAPPI 211 om-02 (1993) - incineração em mufla a 525 C por 6 horas.

Nas amostras de cinzas provenientes dos fornos foram avaliados:

- a - Porcentagem de cinza produzida, em relação à quantidade de cavacos queimados.
- b - Umidade – método gravimétrico em estufa a 105 C até peso constante.
- c - Granulometria - método de peneiramento usando um conjunto de peneiras granulométricas

Todas as avaliações foram feitas em nove repetições por lote amostrado. Para a análise dos dados utilizou-se a estatística descritiva.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Há uma variação considerável nas características dos cavacos de cada lote recebido pela empresa (Tabela 1). Em média, os lotes avaliados apresentaram densidade a granel de 262g/m<sup>3</sup>. A proporção de casca variou de 10,8 a 19,7%. A umidade média geral foi de 12,6%. Também nesse caso, observa-se grande variação, sendo que em um lote a umidade foi de 24%, enquanto nos outros dois 6,9%. A umidade de 24% é considerada elevada e deve ser evitada, pois prejudica o balanço de energia no forno.



## EDIÇÃO 2022 – RESUMO EXPANDIDO

**Tabela 1 - Densidade granel, umidade e porcentagem de casca de três lotes de cavacos utilizados na indústria cerâmica**

| Lote   | Densidade Granel<br>(Kg/m <sup>3</sup> ) | Umidade<br>(%) | Casca<br>(%) |
|--------|--|----------------|--------------|
| Lote 1 | 271 ± 16,9                               | 24,2 ± 1,07    | 19,7 ± 2,90  |
| Lote 2 | 246 ± 7,14                               | 6,9 ± 0,57     | 13,9 ± 3,13  |
| Lote 3 | 270 ± 9,19                               | 6,9 ± 0,52     | 10,8 ± 1,15  |
| Média  | 262,67 ± 9,19                            | 12,66 ± 0,52   | 14,84 ± 1,15 |

Fonte: autoria própria (2022)

A porcentagem média de casca misturada aos cavacos foi de 14,8%. O lote 1 continha quase 20% de casca, evidenciando que é inferior aos demais, não só pela proporção de casca mas também pela alta umidade. Para geração de energia, esses fatores são indesejáveis, pois a alta umidade representa perda de energia térmica para evaporação da água e a presença de casca resulta em maior formação de cinzas. Quando analisados separadamente (Tabela 2), os cavacos livres de cascas produzem em média 0,6% de cinzas e as cascas 2,15%. Isso ocorre porque a maior parte dos componentes minerais da madeira ficam concentrados nas cascas.

**Tabela 2 - Porcentagem de cinzas produzidas: amostras dos três lotes avaliados, somente de cascas e de cavacos livres de cascas**

| Material         | Cinzas (%)  |
|------------------|-------------|
| Lote 1           | 2,98 ± 0,65 |
| Lote 2           | 1,18 ± 0,19 |
| Lote 3           | 1,93 ± 0,84 |
| Média            | 2,03 ± 0,84 |
| Casca            | 2,15 ± 0,63 |
| Cavaco sem casca | 0,62 ± 0,21 |

Fonte: autoria própria (2022)

As cinzas coletadas diretamente dos fornos apresentaram granulometria predominantemente fina (58% passam pela peneira de 500 µm e 16% ficam retidos na de 2mm. Cada forno produz cerca de 50kg de cinzas por queima.

## 4 CONCLUSÃO

Há uma variação considerável entre os lotes de cavacos, principalmente quanto à umidade e porcentagem de casca. Lotes com maior presença de casca tendem a produzir mais cinzas e lotes com maior umidade resultam em maior consumo, pois haverá gasto de energia adicional para evaporar a água. Os dados evidenciam que é possível reduzir as cinzas utilizando cavacos com menos cascas e reduzir o consumo de energia utilizando cavacos mais secos.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 8112. **Carvão vegetal: análise imediata**. Rio de Janeiro, 1986.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT). **Relatório Técnico N° 153900-205**. 2018. 123 p.



### EDIÇÃO 2022 – RESUMO EXPANDIDO

JAMES, A. K.; THRING, R. W.; HELLE, S.; GHUMAN, H. S. Ash Management Review - Applications of Biomass Bottom Ash. **Energies**, 5, 3856-3873. 2012.

LIESKOVSKY, M., JANKOVSKY, M., TRENCIANSKY, M.; MERGANIC, J., DVORAK, J. Ash content vs. The economics of using wood chips for energy: model based on data from central Europe. **BioResources**, 12 (1), 1579-1592. 2017.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Anuário Estatístico do Setor de Transformação de Não Metálicos**. 2021. 154p.

NUNES, L. J. R.; MATIAS, J. C. O.; CATALÃO, J. P. S. Biomass combustion systems: a review on the physical and chemical properties of the ashes. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. V. 53. 235- 242, 2016.

PICCHIO, R.; SPINA, R.; SIRNA, A.; LO MONACO, A.; CIVITARESE, V.; DEL GIUDICE, A.; SUARDI, A.; PARI, L. Characterization of Woodchips for Energy from Forestry and Agroforestry Production. **Energies**, 5, 3803-3816. 2012.

TAPPI. T 211 om-02. **Ash in wood, pulp, paper and paperboard: combustion at 525°C**. 2002, 5 p.

WANG, L.; HUSTADA, J. E.; SKREIBERGB, Ø.; SKJEVRAKA, G.; GRØNLIA, M. A critical review on additives to reduce ash related operation problems in biomass combustion applications. **Energy Procedia**, 20. p. 20-29, 2012.