



ConBRepro

XIV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

I CIGELUBRA

Congresso Internacional de Gestão e Engenharia Luso-Brasileiro

04 a 06 de dezembro de 2024

Energias Limpas nas Engenharias

Avaliação do desempenho da substituição de um queimador de cavaco de eucalipto por um queimador de resíduo agrícola

Eduardo Augusto dos Santos Gonçalves do Valle

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – UTFPR

Diego Alexis Ramos Huarachi

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – UTFPR

Antonio Carlos de Francisco

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – UTFPR

Resumo: O aumento da demanda energética no agronegócio brasileiro tem impulsionado a busca por alternativas sustentáveis, especialmente na secagem de grãos. Tradicionalmente, o cavaco de eucalipto é utilizado como fonte de energia nesse processo, porém, limitações em sua disponibilidade e custo crescente levantam a necessidade de fontes alternativas. Este estudo avalia a substituição do cavaco de eucalipto por resíduos agrícolas como fonte de energia em secadores de grãos, focando na viabilidade energética e econômica dessa transição. O objetivo do artigo é analisar e comparar a eficiência energética, o poder calorífico e a viabilidade operacional entre as duas biomassas. A metodologia envolveu experimentos de campo na Cooperativa Frísia, onde foram coletados dados ao longo de três anos sobre o desempenho de secagem com ambas as fontes de biomassa. Os resultados mostraram que, embora o resíduo agrícola tenha um poder calorífico competitivo, seu consumo foi 42% maior em volume, e apresentou desafios operacionais devido à sua menor densidade e maior produção de cinzas. Apesar disso, a utilização de resíduos agrícolas se mostrou uma alternativa viável, desde que os ajustes necessários nos equipamentos sejam implementados.

Palavras-chave: Secagem de grãos, biomassa, resíduo agrícola, cavaco de eucalipto, eficiência energética.

Assessment of the performance of replacing a eucalyptus chip burner with an agricultural waste burner

Abstract: The increasing energy demand in the Brazilian agribusiness sector has driven the search for sustainable alternatives, especially in grain drying. Traditionally, eucalyptus wood chips have been used as an energy source in this process; however, limitations in their availability and rising costs have raised the need for alternative sources. This study evaluates the replacement of eucalyptus wood chips with agricultural residues as an energy source in grain dryers, focusing on the energy and economic viability of this transition. The aim of the paper is to analyze and compare the energy efficiency, heating value, and operational feasibility between the two biomass sources. The methodology involved field experiments at the Frísia Cooperative, where data were collected over three years on drying performance with both biomass sources. The results showed that, although agricultural residues have a competitive heating value, their consumption was 42% higher

in volume, and they presented operational challenges due to lower density and higher ash production. Nevertheless, the use of agricultural residues proved to be a viable alternative, provided that necessary adjustments to the equipment are implemented..

Keywords: Grain drying, biomass, agricultural residue, eucalyptus wood chips, energy efficiency.

1. Introdução

A produção agrícola mundial está em constante crescimento para atender à crescente demanda por alimentos impulsionada pelo aumento populacional. No Brasil, um dos maiores produtores de grãos do mundo, esse aumento é evidente. Em 2021, a produção nacional de grãos atingiu cerca de 260 milhões de toneladas, dos quais apenas 166 milhões puderam ser adequadamente armazenados (CONAB, 2020). Esse cenário coloca em evidência a importância de tecnologias que otimizem as etapas pós-colheita, em especial a secagem, que é essencial para garantir a qualidade e a conservação dos grãos ao longo do tempo.

No entanto, os desafios relacionados ao beneficiamento e armazenamento de grãos têm se intensificado com o aumento da produção. Tecnologias de secagem eficiente, que também sejam sustentáveis do ponto de vista energético, estão no centro desse debate. Globalmente, a utilização de fontes de energia renováveis tem sido uma das principais direções para promover a sustentabilidade agrícola. Em várias regiões do mundo, como nos Estados Unidos e na Europa, o uso de biomassa tem sido integrado como uma solução alternativa aos combustíveis fósseis, com vistas à redução de emissões de carbono e ao aproveitamento de resíduos agrícolas, que anteriormente eram subutilizados (DEMIRBAS, 2003).

No Brasil, em especial no estado do Paraná, o processo de secagem de grãos tem historicamente dependido da biomassa de eucalipto, seja na forma de lenha ou cavaco, como fonte primária de energia (GOULART *et al.*, 2015). O Paraná, responsável por cerca de 13% da produção nacional de grãos, enfrenta desafios relacionados ao suprimento de energia para as cooperativas agrícolas, uma vez que a demanda crescente por eucalipto não tem sido plenamente atendida, gerando um aumento nos custos operacionais das cooperativas. Ao mesmo tempo, as etapas de limpeza dos grãos geram um grande volume de resíduos agrícolas, compostos por palha, casca e outros restos vegetais, que têm baixo valor comercial e são considerados um passivo ambiental para as unidades armazenadoras.

Neste contexto, a pesquisa sobre o uso de resíduos agrícolas como fonte alternativa de energia para o processo de secagem direta de grãos ganha relevância. Estudos como o de Babalis e Belessiotis (2004) indicam que esses resíduos, que anteriormente eram descartados, podem ser reaproveitados como biomassa para gerar energia térmica. Essa abordagem não apenas resolve o problema do descarte, mas também pode reduzir os custos com a compra de biomassa de eucalipto e aumentar a eficiência energética do processo de secagem.

Apesar dos estudos que destacam as vantagens do uso de biomassa, como o de Goulart *et al.* (2015), há uma lacuna na análise comparativa entre queimadores de cavaco de eucalipto e queimadores de resíduos agrícolas no processo de secagem de grãos, especialmente em relação aos aspectos econômicos, ambientais e operacionais. A maioria dos trabalhos foca em análises pontuais sobre o uso de biomassa de eucalipto ou de resíduos agrícolas separadamente, sem uma comparação direta e detalhada entre essas duas fontes energéticas no contexto da secagem direta.

Portanto, este estudo tem como objetivo comparar as vantagens e desvantagens da substituição de um queimador de cavaco de eucalipto por um queimador de resíduo agrícola em termos de: eficiência energética; poder calorífico; impactos operacionais. Este

estudo pretende fornecer subsídios para a tomada de decisões por parte das cooperativas agrícolas e produtores rurais, além de contribuir para o desenvolvimento de políticas públicas que incentivem o uso de fontes de energia renováveis no setor agrícola.

As seções restantes do artigo são organizadas assim: a Seção 2 desenvolve o referencial teórico, abordando os temas que embasam este estudo. A Seção 3 descreve a metodologia, detalhando a avaliação da eficiência de secagem e o poder calorífico das biomassas. A Seção 4 apresenta os resultados do estudo. Enquanto a Seção 5 discute estes resultados. Por fim, a Seção 6 conclui o estudo com recomendações e sugestões para futuras pesquisas.

2. Referencial Teórico

Esta seção aborda os temas mais relevantes relacionados a este estudo como a sustentabilidade no agronegócio e o uso de resíduos como biomassa para secagem de grãos.

2.1. Sustentabilidade no agronegócio

O agronegócio representa um dos pilares mais importantes da economia brasileira, contribuindo significativamente para o Produto Interno Bruto (PIB) e para a balança comercial do país (NASSIF; BRESSER-PEREIRA; FEIJO, 2017). A especialização em commodities como soja e milho coloca o Brasil como um dos maiores exportadores agrícolas globais, mas também apresenta desafios relacionados à industrialização limitada e à inovação (CANO, 2014). Nesse sentido, o setor necessita de soluções tecnológicas e energéticas que promovam a sustentabilidade sem comprometer a produtividade.

A sustentabilidade no agronegócio envolve equilibrar a demanda por alimentos com a preservação ambiental. O uso intensivo de recursos naturais, a poluição de águas e a degradação do solo são problemas recorrentes (SANT'ANNA *et al.*, 2017). A adoção de energias renováveis, como a biomassa agrícola, surge como uma solução promissora para reduzir os impactos ambientais e promover práticas agrícolas mais resilientes e sustentáveis (ARRUDA *et al.*, 2022).

Considerando especialmente à energia renovável, a crescente preocupação com o esgotamento dos combustíveis fósseis e a poluição ambiental impulsionou a busca por fontes de energia renováveis em diversas indústrias, incluindo o agronegócio (SAMADI; GHOBADIAN; NOSRATI, 2019). No Brasil, a produção agrícola está fortemente associada ao uso de biomassa para gerar energia, sobretudo nos processos pós-colheita, e especialmente na secagem de grãos (CEPEA, 2020).

A secagem de grãos é um processo fundamental para manter a qualidade dos grãos e evitar perdas durante o armazenamento (WEBER, 2005). A secagem de grãos representa uma das etapas que mais consome energia, com impacto direto nos custos operacionais e na eficiência dos sistemas de armazenamento (RAGHAVAN; SOSLE, 2007). No Brasil, esse processo é realizado principalmente por meio da queima de cavaco de eucalipto, o que gera desafios energéticos e ambientais (BORTOLAIA, 2011). Esta dependência de fontes tradicionais, como o cavaco de eucalipto, e os desafios crescentes de custo e disponibilidade têm forçado aos produtores a buscarem alternativas mais sustentáveis e eficientes (GOULART *et al.*, 2015).

2.2. Resíduos como biomassa alternativa para secagem de grãos

A biomassa de resíduos agrícolas é uma alternativa importante para substituir a lenha e o cavaco de eucalipto na secagem de grãos, promovendo eficiência energética e

sustentabilidade (TAVARES, 2018). Ao utilizar resíduos como palha e cascas, os produtores podem reduzir custos operacionais e emissões de gases de efeito estufa, contribuindo para a economia circular e a sustentabilidade do setor (VILKE; RAUDONE, 2020).

Adicionalmente, os resíduos agrícolas, como palha de milho e bagaço de cana, apresentam alto poder calorífico, o que os torna uma fonte viável de energia renovável (SHENG; AZEVEDO, 2005). Estudos mostram que esses resíduos podem substituir eficientemente o cavaco de eucalipto, com um potencial energético semelhante e menor impacto ambiental (PROTÁSIO *et al.*, 2011). Isso abre novas oportunidades para o agronegócio brasileiro em termos de eficiência energética e sustentabilidade, representando também uma oportunidade para uma correta gestão dos resíduos agrícolas, que em caso de não serem aproveitados, podem se tornar passivos ambientais (NEVES; SILVA; DUARTE, 2010) e podendo gerar fontes de renda adicionais para os produtores agrícolas (COSTA FILHO, 2017).

Queimadores de biomassa agrícola, como os que utilizam resíduos de colheita, estão se tornando uma solução viável para substituir o cavaco de eucalipto (SCHMIDT, 2018). As fornalhas de queima direta têm mostrado uma eficiência de até 80%, mas a otimização de parâmetros como a altura da grelha e a quantidade de ar comburente é crucial para alcançar essa eficiência (MELO, 1987; GOMES, 1988). Queimadores de resíduos agrícolas podem aumentar essa eficiência, além de reduzir custos e impactos ambientais.

A substituição do cavaco de eucalipto por queimadores de resíduos agrícolas representa uma mudança significativa na forma como a energia é gerada no agronegócio (ARRUDA *et al.*, 2022). O desenvolvimento de tecnologias mais eficientes para a queima de resíduos pode ajudar o Brasil a consolidar-se como líder mundial na produção agrícola sustentável, ao mesmo tempo em que reduz custos e promove a diversificação das fontes energéticas.

3. Metodologia

Este estudo conduziu um caso de estudo em uma cooperativa no estado do Paraná, com foco em uma de suas filiais em Ponta Grossa, onde dois secadores de cavaco de eucalipto foram substituídos por queimadores de resíduos agrícolas. Esta filial foi selecionada por receber cerca de 30% do volume total de grãos da cooperativa e gerar uma quantidade proporcional de resíduos agrícolas. Foram coletados dados sobre a eficiência energética, custos operacionais e impacto ambiental da substituição ao longo de três anos (2022, 2023 e 2024), garantindo a consistência dos parâmetros de avaliação.

A avaliação dos equipamentos incluiu o uso de dois secadores de secagem direta, equipados com sistema de autorregulagem para otimizar o processo e manter a qualidade dos grãos. Durante a pesquisa, foram analisados os resultados dos secadores com a queima de cavaco e, posteriormente, com a queima de resíduos agrícolas. Esses dados foram fundamentais para comparar o desempenho das diferentes fontes de biomassa. Além disso, foi utilizado um simulador de secagem, fornecido pelo fabricante dos secadores, para testar e validar as condições experimentais de secagem.

Para medir a eficiência energética e o desempenho térmico dos queimadores, a pesquisa fez uso de um calorímetro digital, que permitiu a medição precisa do poder calorífico dos resíduos agrícolas utilizados. As amostras de biomassa foram secas, moídas e peneiradas para garantir a uniformidade da granulometria, sendo submetidas a testes de combustão controlada. Esse procedimento foi essencial para avaliar o potencial energético do resíduo agrícola em comparação ao cavaco de eucalipto.

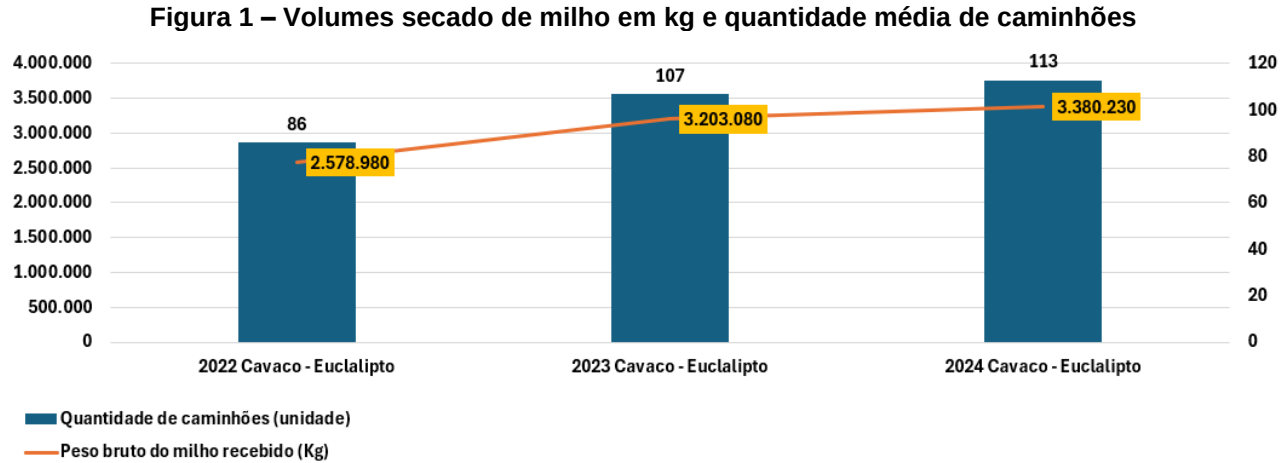
As etapas de coleta de dados incluíram medições da umidade dos grãos e do peso da biomassa utilizada em intervalos regulares durante os períodos de secagem. A temperatura de secagem foi mantida constante em 90°C, e uma carta de secagem foi preenchida a cada 30 minutos para garantir o controle rigoroso das variáveis operacionais. A substituição dos queimadores foi cuidadosamente dimensionada para garantir a compatibilidade com o sistema existente, e o projeto de instalação foi aprovado pelo departamento de engenharia da cooperativa.

Por fim, os resultados da pesquisa foram analisados de forma comparativa, considerando os parâmetros de eficiência energética, custo operacional e impacto ambiental. A combinação de dados experimentais do obtido com a queima do cavaco de eucalipto com os dados obtidos da simulações computacionais da queima de resíduo permitiu uma análise robusta do potencial de substituição do cavaco de eucalipto por resíduos agrícolas, proporcionando uma visão clara dos benefícios e desafios dessa transição energética no contexto da secagem de grãos.

4. Resultados

4.1. Volume do milho processado e eficiência da secagem

Durante os três anos de pesquisa (2022, 2023 e 2024), foram analisados os volumes de milho processados utilizando tanto cavaco de eucalipto quanto resíduos agrícolas como fontes de energia para a secagem de grãos (Figura 1).

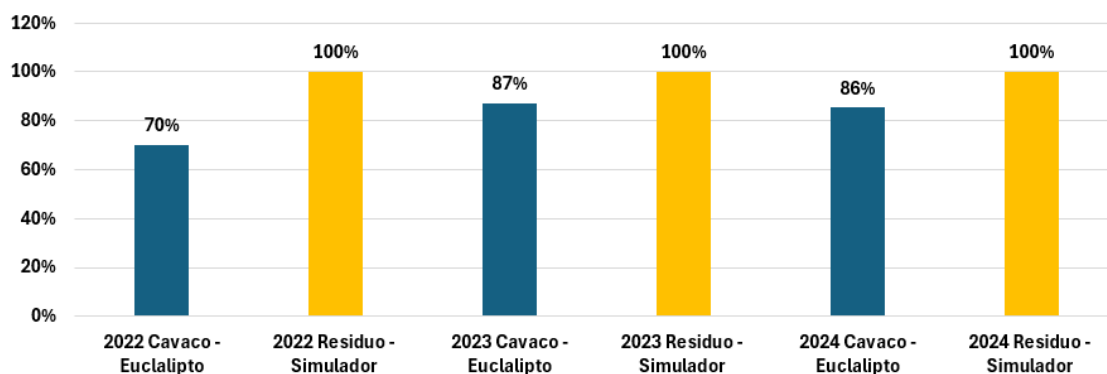


Fonte: Os autores (2024)

A Figura 1 apresenta a quantidade de milho processado e o número de caminhões utilizados para o transporte. Em 2022, a pesquisa indicou um volume total de 86 caminhões, transportando 2.578.980 kg de milho. Este valor foi menor devido a problemas estruturais na fornalha, comprometendo a eficiência da secagem (GOULART *et al.*, 2015). Após ajustes na fornalha, em 2023, a eficiência da secagem aumentou, resultando em 107 caminhões e 3.203.080 kg de milho. No ano de 2024, o volume continuou a crescer, totalizando 113 caminhões e 3.380.230 kg de milho, o que reforça a melhoria contínua na operação dos secadores (FRIEDL *et al.*, 2005).

Os ajustes feitos na fornalha entre 2022 e 2023 impactaram diretamente a eficiência energética dos secadores. A Figura 2 mostra as variações entre os rendimentos do secador comparado com a capacidade de secagem do simulador.

Figura 2 – % de rendimento do secador comparado com simulador



Fonte: Os autores (2024)

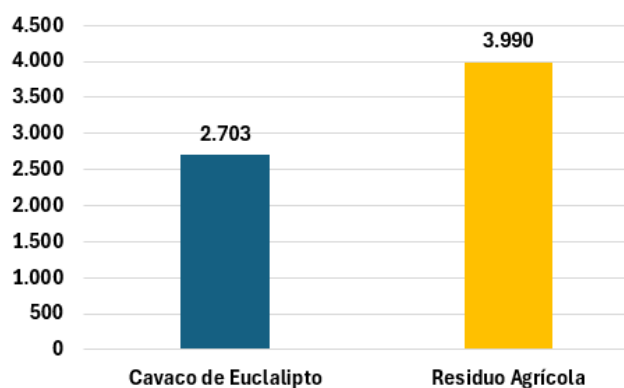
Conforme indicado na Figura 2, o rendimento do sistema aumentou em 24%, o que está em alinhado com estudos de Demirbas (2001), que associam a eficiência da queima e do controle de ar na fornalha ao melhor aproveitamento da energia térmica. Essa melhoria foi observada tanto para o cavaco de eucalipto quanto para o resíduo agrícola, comprovando que, após ajustes, ambos os combustíveis apresentaram um desempenho energético semelhante, tornando o resíduo agrícola uma alternativa viável, desde que as condições estruturais da fornalha estejam otimizadas.

4.2. Caracterização das biomassas

Esta seção pretende abordar o poder calorífico das biomassas, tanto do cavaco de eucalipto quanto dos resíduos agrícolas; o volume de consumo das biomassas; e a umidade das biomassas e os grãos.

A Figura 3 mostra o poder calorífico das biomassas utilizadas. Nesse sentido, foi avaliado e comparado o poder calorífico tanto do cavaco de eucalipto como dos resíduos agrícolas.

Figura 3 – Poder calorífico das biomassas (em kCal)



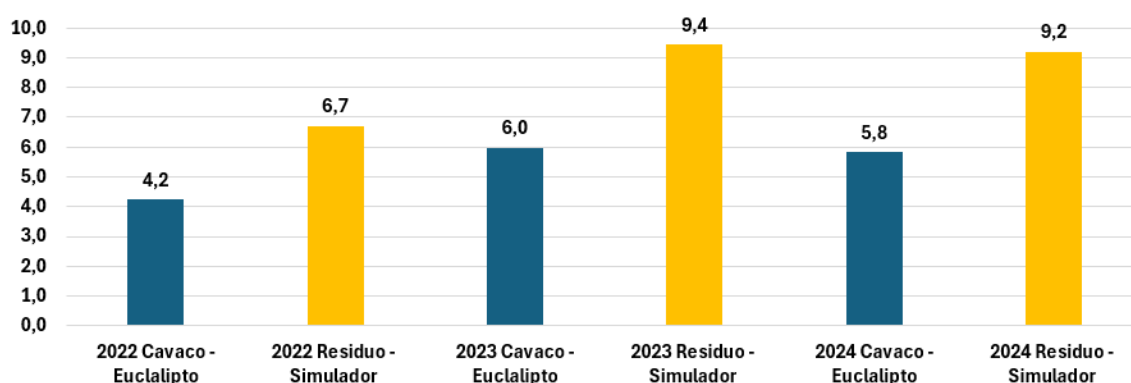
Fonte: Os autores (2024)

Conforme mostrado na Figura 3, o cavaco de eucalipto apresentou um poder calorífico médio de 2.703 kcal/kg, enquanto os resíduos agrícolas variaram entre 3.200 kcal/kg e 3.990 kcal/kg. Essa variação está de acordo com os estudos de Sheng e Azevedo (2005), que indicam que o poder calorífico dos resíduos depende de sua composição química, especialmente do teor de carbono. O teor de carbono elevado nos resíduos agrícolas contribuiu para um bom desempenho energético, apesar da densidade inferior em comparação ao cavaco de eucalipto (DEMIRBAS, 2001).

A Figura 4 ilustra o consumo de biomassa (em metros cúbicos) para cavaco de eucalipto e resíduo agrícola. Observou-se que, embora o resíduo agrícola tenha um poder calorífico

competitivo, foi necessária uma quantidade 42% maior de biomassa para atingir o mesmo desempenho energético do cavaco de eucalipto.

Figura 4 – Consumo de cavaco de eucalipto e resíduos (em m3)

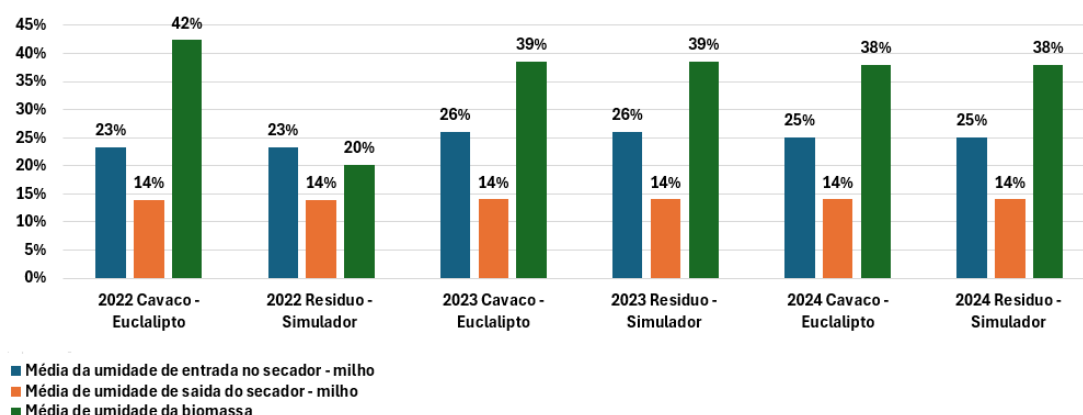


Fonte: Os autores (2024)

Este aumento no consumo de material está de acordo com os achados de Friedl *et al.* (2005), que indicam que a menor densidade e maior variabilidade dos resíduos agrícolas podem comprometer a eficiência operacional e aumentar os custos logísticos, principalmente relacionados ao armazenamento e transporte.

Finalmente, A umidade tanto da biomassa quanto dos grãos foi monitorada ao longo dos três anos de pesquisa. Conforme mostrado no Gráfico 5.

Figura 5 – % de umidade de entrada e saída do milho e biomassas



Fonte: Os autores (2024)

A umidade dos grãos na entrada variou entre 23% e 26%, sendo reduzida para 14% na saída, mantendo-se consistente ao longo dos anos de estudo. No entanto, a umidade do cavaco de eucalipto em 2022 foi significativamente maior (42%) em comparação com o resíduo agrícola (20%), o que afetou negativamente a eficiência da secagem naquele ano

(BORTOLAIA, 2011). Nos anos seguintes, tanto o cavaco de eucalipto quanto o resíduo agrícola apresentaram um melhor controle de umidade, o que melhorou o rendimento do processo de secagem.

5. Discussão

Embora o resíduo agrícola tenha mostrado um potencial energético considerável, como relatado por Goulart *et al.* (2015), sua menor densidade e maior produção de cinzas impõem desafios operacionais. A queima do resíduo agrícola resultou em maior necessidade de manutenção das fornalhas, o que também foi observado por Sheng e Azevedo (2005). Além disso, as adaptações necessárias nos equipamentos para lidar com a queima dos resíduos, como o ajuste na caixa de queima e sistemas de remoção de cinzas, indicam que, embora viável, o uso de resíduos agrícolas requer uma reestruturação cuidadosa dos processos para alcançar níveis de eficiência semelhantes ao do cavaco de eucalipto.

A comparação entre o cavaco de eucalipto e os resíduos agrícolas mostra que, apesar da menor eficiência energética dos resíduos agrícolas, eles ainda possuem um valor significativo como fonte de energia renovável. A substituição do cavaco de eucalipto por resíduos agrícolas pode oferecer vantagens econômicas e ambientais, especialmente em contextos em que o cavaco é escasso ou caro. No entanto, é necessário considerar a eficiência energética reduzida dos resíduos agrícolas e possíveis impactos na operação dos sistemas de secagem direta de grãos.

A análise dos dados sugere que a utilização de resíduos agrícolas como substituto do cavaco de eucalipto pode ser viável se forem realizadas adaptações no processo de combustão para compensar o menor poder calorífico superior. A combinação de diferentes tipos de resíduos agrícolas pode ser uma estratégia para melhorar o poder calorífico geral e otimizar o desempenho do queimador de resíduo agrícola.

A aplicação dos resíduos agrícolas na secagem direta de grãos deve levar em conta a eficiência energética dos materiais utilizados. A menor densidade energética dos resíduos agrícolas implica que mais material pode ser necessário para alcançar a mesma eficiência de secagem comparada ao uso de cavaco de eucalipto. Isso pode impactar o custo operacional e a eficiência do processo de secagem. Portanto, é fundamental realizar um estudo mais aprofundado sobre a relação custo-benefício e a adaptação dos equipamentos para otimizar o uso dos resíduos agrícolas.

Os resultados da análise demonstram que, embora os resíduos agrícolas apresentem um poder calorífico superior ao do cavaco de eucalipto, eles ainda são uma alternativa viável e sustentável. A correlação entre os componentes químicos das amostras e o poder calorífico destaca a importância do teor de carbono na determinação da eficiência energética. A integração de resíduos agrícolas no processo de secagem direta de grãos pode trazer benefícios econômicos e ambientais, desde que sejam consideradas as adequações necessárias para compensar a menor eficiência energética desses materiais.

6. Conclusões

Este estudo teve como objetivo comparar as vantagens e desvantagens da substituição de um queimador de cavaco de eucalipto por um queimador de resíduo agrícola.

As análises e resultados obtidos ao longo desta pesquisa demonstraram que a substituição do queimador de cavaco de eucalipto por um queimador de resíduo agrícola é uma alternativa viável, tanto do ponto de vista econômico pois diminui os custos para destinação de resíduo e redução de custo da compra do cavaco de eucalipto e quanto ambiental pelo fato de reduzir o descarte de resíduo bem como toda a logística para o descarte, para o

processo de secagem direta de grãos. O estudo comprovou que, apesar da menor densidade energética dos resíduos agrícolas em comparação ao cavaco de eucalipto, adaptações nos equipamentos e no manejo dos resíduos permitiram alcançar uma eficiência energética satisfatória, atendendo as demandas de produção. Com o aumento contínuo dos custos associados ao cavaco de eucalipto, a utilização de resíduos agrícolas, que geralmente são subprodutos descartados, configura-se como uma solução sustentável.

Referências

ARRUDA, E. V. B.; *et al.* Discussões sobre sustentabilidade no agronegócio: produção entre 2017 a 2021. **GeSec - Revista de Gestão e Secretariado**, v. 13, n. 3, p. 541-555, set./dez. 2022.

BABALIS, S. J.; BELESSIOTIS, V. G. Influence of the drying conditions on drying constants and moisture diffusivity during the thin-layer drying of figs. **Journal of Food Engineering**, v. 65, n. 3, p. 449-458, 2004

BORTOLAIA, L. A. **Modelagem matemática e simulação do processo de secagem artificial de grãos de soja em secadores de fluxo contínuo**. 2011. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

CANO, W. (Des)industrialização e (sub)desenvolvimento. **Cadernos do Desenvolvimento**, v. 9, n. 15, p. 139-174, jul./dez. 2014.

CEPEA (Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada). **PIB do agronegócio: dados de 1994 a 2019**. Piracicaba (SP): CEPEA, 2020. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegociobrasileiro.aspx>. Acesso em: 20 jan. 2022.

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). **Produção de grãos da safra 2020/21 segue como maior da história: 268,9 milhões de toneladas**. 2020. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/3691-producao-de-graos-da-safra-2020-21-segue-como-maior-da-historia-268-9-milhoes-de-toneladas>. Acesso em: 16 mar. 2024.

COSTA FILHO, D. V. Aproveitamento de resíduos agroindustriais na elaboração de subprodutos. *In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, (COINTER), 2., 2017, Anais [...], 2017. Disponível em: <https://cointer-pdvagro.com.br/>. Acesso em: 19 abr. 2022.*

DE MIRBAS, A. Relationships between lignocellulosic biomass properties and their combustion characteristics. **Energy Sources**, v. 23, n. 6, p. 553-564, 2001.

DEMIRBAS, A. Combustion characteristics of different biomass fuels. **Progress in Energy and Combustion Science**, v. 30, p. 219-230, 2003.

FRIEDL, A.; VARGA, S.; SCHMIDL, C. The influence of chemical composition on the heating value of biomass fuels. **Biomass and Bioenergy**, v. 29, n. 1, p. 40-47, 2005.

GOULART, I. C. G. R.; et al. **Demanda por energia em cooperativas do Paraná**. Curitiba: Embrapa, 2015. (Comunicado técnico, 353).

MUJUMDAR, A. S. **Handbook of industrial drying**. 3rd ed. London: CRC Press, 2006.

PROTÁSIO, T. T. de P., BUFALINO, L., TONOLI, G. H. D., COUTO, A. M., TRUGILHO, P. F., & JÚNIOR, M. G. (2011). Relação entre o poder calorífico superior e os componentes elementares e minerais da biomassa vegetal. **Ciência Florestal**, v. 31, n. 1, p. 113-126.

MELO, E.C. **Rendimento térmico de uma fornalha a lenha de fluxos descendentes**. 1987. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa (MG), 1987.

NASSIF, A.; BRESSER-PEREIRA, L. C.; FEIJO, C. The case for reindustrialisation in developing countries: towards the connection between the macroeconomic regime and the industrial policy in Brazil. **Cambridge Journal of Economics**, p. 355-381, Feb. 2017.

NEVES, J. M. G.; SILVA, H. P.; DUARTE, R. F. Uso de substratos alternativos para produção de mudas de moringas. **Revista Verde**, v. 5, p. 173-177, 2010.

RAGHAVAN, V.G.S.; SOSLE, V. Grain drying. *In: MUJUMDAR, A. S. (Ed.). Handbook of industrial drying*. Boca Raton (USA): CRC/Taylor & Francis, 2007. p. 563-573.

SAMADI, S. H.; GHOBADIAN, B.; NOSRATI, M. Prediction and estimation of biomass energy from agricultural residues using air gasification technology in Iran. **Renewable Energy**, v. 149, p. 1077-1091, April 2020.

SANT'ANNA, A. S.; *et al.* Liderança e sustentabilidade: contribuições de estudos sobre dinâmicas socioespaciais de reconversão e requalificação de funções econômicas. **RACE - Revista de Administração, Contabilidade e Economia**, v.16, n. 3, p. 1133-1160, 2017. Disponível em: <https://portalperiodicos.unoesc.edu.br/race/article/view/15239>. Acesso em: 19 Jan. 2023.

SHENG, C.; AZEVEDO, J. L. Estimating the higher heating value of biomass fuels. **Energy**, v. 30, n. 12, p. 2284-2291, 2005.

TAVARES, J. C. S.; *et al.* Sustentabilidade no semiárido: pesquisa nos perímetros Irrigados do baixo Jaguaribe - Ceará. **Desenvolvimento em Questão**, v. 16, n. 42, p. 238-268, 2018. Disponível em: <https://revistas.unijui.edu.br/index.php/desenvolvimentoemquestao/article/view/5846>. Acesso em: 19 jan. 2023.

VILKE, R.; RAUDONE, Z. G. Collaboration between government and agribusiness for biogas production: balanced development of rural sustainability. **Public Policy and Administration**, v. 19, p. 298-313. Disponível em: <https://doi.org/10.13165/VPA-20-19-2-11>. Acesso em: 19 jan. 2023.

WEBER, E. A. Excelência em beneficiamento e armazenamento de grãos. Canoas (RS): Salles, 2005.