

ARTIGO TÉCNICO

TECNOLOGIAS DE SECAGEM EM GRÃOS E SEUS IMPACTOS NA QUALIDADE DOS ALIMENTOS

Karine Silva Amorim, Fernando Silva Chagas, Celso Martins Belisário,
Marco Antônio Pereira da Silva

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano-Campus Rio Verde

Contato/email: kamorim25@hotmail.com



DESTAQUE

Secagem com biomassa e método intermitente preservam a qualidade da soja e reduzem custos energéticos, sendo alternativas viáveis e complementares para a indústria brasileira.

1. INTRODUÇÃO

Na cadeia do pós-colheita, a secagem é a operação com maior impacto sobre o grão não só pela conservação, mas pelo que representa em qualidade nutricional, rendimento industrial e consumo energético. Grãos colhidos com umidade elevada precisam ser processados rapidamente: cada hora sem secagem adequada representa risco concreto de perdas por fungos, fermentação ou germinação. Métodos alternativos ao ar quente convencional — liofilização, spray drying, infravermelho, micro-ondas, desidratação osmótica — respondem a demandas específicas, mas impõem trade-offs distintos entre eficiência energética, custo de implantação e manutenção das propriedades organolépticas e nutricionais (Guiné, 2018).

No contexto brasileiro, arroz, milho e feijão chegam da lavoura com teor de umidade em torno de 20%, mas cada espécie tolera uma faixa distinta durante o armazenamento: 8,5 a 13% para o arroz, 8 a 15% para o milho e 4,5 a 7% para o feijão. Fora dessas faixas, proliferação fúngica, mofo e

germinação comprometem tanto a segurança alimentar quanto o valor comercial do lote (Beigi; Tohidi; Torki-Harchegani, 2017). A soja, líder do agronegócio brasileiro em valor de exportação, é especialmente sensível às condições de secagem. A umidade residual acima do recomendado pode degradar a qualidade proteica e a aptidão industrial do grão, atributos que o mercado externo considera importante.

2. DESENVOLVIMENTO E DISCUSSÃO

2.1. Consumo energético e ineficiências na secagem da soja

A secagem responde por 27 a 70% do consumo total de energia no processamento industrial da soja, o que revela o quanto as condições de operação variam entre plantas (Jimoh *et al.*, 2023). Grãos colhidos entre 18 e 22% de umidade precisam ser reduzidos a 12–13% em base úmida; desvio por excesso favorece fungos, por insuficiência degrada proteínas e lipídios, gerando rejeição comercial. Boa parte das ineficiências não está no método, mas no equipamento. Ou seja, secadores mal dimensionados ou com isolamento desgastado dissipam energia antes que ela chegue ao grão, ocasionando desperdício, raramente discriminado nos relatórios. Qualquer decisão sobre combustível que ignore esse diagnóstico prévio opera sobre premissas erradas.

O secador de leito fixo com fornalha a cavacos de eucalipto destaca-se para operações de médio e grande porte. Quequeto *et al.* (2021) registraram eficiência média de 75,61% e consumo específico de 11.871,80 kJ/kg de água removida, sem prejuízo à qualidade da soja. Esse resultado é competitivo frente a secadores a gás onde há resíduos florestais disponíveis. O limite está na uniformidade da biomassa: cavacos com umidade acima de 30% reduzem o poder calorífico e introduzem risco de subdessecação em parte do lote. Somam-se os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs), formados em combustão incompleta, com potencial toxicológico capaz de inviabilizar exportações para União Europeia e Japão.

2.2 Secagem intermitente, exergia e aplicabilidade industrial

Na secagem intermitente, ciclos de exposição ao ar aquecido alternam com períodos de repouso, nos quais a umidade interna redistribui-se por difusão antes da próxima remoção (Defendi *et al.*, 2017). O efeito é a redução do gradiente núcleo-superfície do grão que, quando elevado, esse gradiente favorece fissuras e superaquecimento que degrada proteínas e lipídios. A intermitência reduz o tempo em plena carga sem substituir o sistema de geração de calor; otimiza-o, sendo compatível com fornalhas a biomassa e queimadores convencionais. A análise exérgica confere maior rigor a esse cenário. Enquanto a termodinâmica clássica contabiliza os fluxos de energia, a exergia identifica os pontos em que ocorre destruição de trabalho útil, seja na combustão, na troca

térmica com o leito ou na exaustão (Beigi; Tohidi; Toriki-Harchegani, 2017), possibilitando intervenções diretamente nos locais de maior perda.

A implantação combinada não exige infraestrutura nova. Secadoras de leito fixo entre 30 e 120 t/batelada, comuns em cooperativas do Centro-Oeste e Sul, são compatíveis sem reformas estruturais. Requer-se fornalha com controle de alimentação de cavacos, sensores de temperatura e umidade ao longo do leito e protocolo com ciclos definidos de secagem e repouso. A exigência central é a padronização da biomassa: cavacos com umidade abaixo de 25% e granulometria uniforme garantem estabilidade de combustão e reduzem HPAs. A Figura 1 mostra o sistema de alimentação de fornalhas com cavaco de eucalipto; o Quadro 2 sintetiza os dois métodos de secagem de biomassa e secagem intermitente da soja.

Figura 1 – Sistemas de Alimentação de Cavaco de Eucalipto para fornalhas.



Fonte: Autores, 2026.

Quadro 2 - Secagem com biomassa e secagem intermitente para soja.

Aspecto	Secagem com Biomassa	Secagem Intermitente
Princípio	Fornalha alimentada por resíduos florestais/agrícolas (ex: cavacos de eucalipto)	Alternância entre períodos de secagem ativa e repouso do grão
Eficiência energética	75,61% de eficiência média	Redução do consumo por redistribuição interna da umidade
Consumo específico	11.871,80 kJ/kg de água removida	Menor que secagem contínua convencional
Qualidade do grão	Mantida; risco de HPAs em combustão direta exige monitoramento	Menor risco de superaquecimento e danos ao grão
Custo operacional	Baixo, com acesso a resíduos de biomassa	Menor gasto com combustível ou energia elétrica
Impacto ambiental	Menor emissão de gases poluentes	Redução indireta por menor consumo energético
Aplicabilidade	Indústrias com acesso a resíduos florestais ou agrícolas	Operações de médio e grande porte
Referência	Quequeto <i>et al.</i> (2021)	Defendi <i>et al.</i> (2017)

Fonte: Quequeto *et al.* (2021); Defendi *et al.* (2017).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados indicam que secagem com biomassa e secagem intermitente são alternativas tecnicamente sólidas para a soja em escala industrial brasileira, com eficiências e perfis de custo que competem com os sistemas convencionais. A implantação nas estruturas existentes é viável, desde que haja controle efetivo da qualidade da biomassa e instrumentação básica de monitoramento de processo. O principal diferencial da análise exérgica consiste em transformar dados de consumo em informações acionáveis, algo que a contabilidade energética clássica não é capaz de fornecer. A limitação mais relevante continua sendo a variabilidade da biomassa e o risco de formação de HPAs na combustão direta, aspecto que requer investigação específica em condições tropicais, nas quais

temperaturas e umidades elevadas afetam simultaneamente o desempenho do secador e a qualidade do combustível utilizado.

REFERÊNCIAS

BEIGI, M.; TOHIDI, M.; TORKI-HARCHEGANI, M. Exergetic analysis of deep-bed drying of rough rice in a convective dryer. **Energy**, v. 140, p. 374-382, dez. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.08.100>

DEFENDI, R. O.; PARAÍSO, P. R.; JORGE, L. M. de M. Optimization study of soybean intermittent drying in fixed-bed drying technology. **Drying Technology**, v. 35, n. 1, p. 125-137, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/07373937.2016.1162171>

GUINÉ, R. P. F. The drying of foods and its effect on the physical-chemical, sensorial and nutritional properties. **International Journal of Food Engineering**, v. 4, n. 2, jun. 2018. Disponível em: <http://www.ijfe.org/uploadfile/2018/0525/20180525042720542.pdf>

JIMOH, K. A. *et al.* Recent advances in the drying process of grains. **Food Engineering Reviews**, v. 15, p. 548-576, fev. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12393-023-09333-7>

QUEQUETO, W. D. *et al.* Drying of soybean grains with direct-fired furnace using wood chips: performance, quality and polycyclic aromatic hydrocarbons. **Drying Technology**, v. 40, n. 1, p. 1-11, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/07373937.2021.1929293>.