

CARACTERÍSTICAS PSICROMÉTRICAS DO AR NA SECAGEM INDUSTRIAL DE ARROZ: UM ESTUDO DE CASO

**Keila Ariane Holz Fonseca¹; Alice Buchweitz Muller²; Amanda Manske Plamer³;
Ricardo Scherer Pohndorf⁴.**

¹ Estudante de Engenharia Agrícola – Universidade Federal de Pelotas. Pelotas – RS. E-mail: keilaholz2024@gmail.com

^{2,3} Estudante de Engenharia Agrícola – Universidade Federal de Pelotas. Pelotas – RS.

⁴ Professor de Engenharia Agrícola – Universidade Federal de Pelotas. Pelotas – RS. E-mail: ricardoscherer.eng@gmail.com

RESUMO

O estudo analisou o comportamento do arroz durante o processo de secagem industrial, com foco nos parâmetros psicrométricos do ar e suas influências na qualidade do produto. O experimento foi conduzido em unidade de beneficiamento no sul do Rio Grande do Sul, utilizando a variedade IRGA 417. Foram monitoradas variáveis como umidade dos grãos, temperatura da massa, ar de secagem, umidade relativa, razão de mistura e entalpia específica. Os resultados mostraram que a secagem reduziu o teor de água de ~20 para 12 g·100g⁻¹ em 5h30min, com elevação da temperatura dos grãos até cerca de 39 °C. A taxa de secagem foi maior nos estágios iniciais, reduzindo gradualmente à medida que a umidade diminuiu. O ar de exaustão apresentou elevada umidade relativa no início, confirmando intensa transferência de água, enquanto as análises psicrométricas evidenciaram comportamento isoentalpico do processo. O rendimento de grãos inteiros ao final foi de 60%, valor adequado para a industrialização. Conclui-se que o sistema de secagem adotado demonstrou eficiência na remoção de umidade, preservando características relevantes à qualidade do arroz e fornecendo subsídios para melhorias em eficiência energética e equipamentos.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil, país em desenvolvimento com grande potencial agrícola, destaca-se na produção de grãos, fundamentais para a economia e a segurança alimentar. Entre eles, o arroz se sobressai por sua relevância histórica, cultural e nutricional, sendo responsável por cerca de 20% da energia alimentar mundial (FAO, 2008) e podendo representar até 70% das calorias ingeridas em países asiáticos.

A secagem é uma técnica essencial para garantir o armazenamento seguro e reduzir perdas produtivas, permitindo maior flexibilidade na colheita (PORTELLA; EICHELBERGER, 2001; GARCIA et al., 2004). Contudo, além da eficiência na remoção de água, a qualidade dos parâmetros de secagem, como temperatura do ar de secagem, umidade relativa do ar e temperatura da massa de grãos, são determinantes para preservar as características físicas, químicas e tecnológicas do grão. Condições inadequadas podem comprometer nutrientes, viabilidade de sementes e qualidade industrial, reforçando a importância de processos que conciliam eficiência e conservação. Diante desse contexto, o presente trabalho tem como objetivo analisar o comportamento do arroz durante o processo de secagem, avaliando parâmetros do ar de secagem e do produto, de modo a compreender sua influência na eficiência do processo e na qualidade final dos grãos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizado um monitoramento de uma secagem industrial de arroz realizada em uma unidade de beneficiamento de grãos, localizada no sul do estado do Rio Grande do Sul. A variedade de arroz secada foi a IRGA 417. O secador monitorado neste estudo funciona com recirculação da massa de arroz através de uma câmara de equalização, localizada na parte superior do equipamento, e logo abaixo duas colunas contendo cavaletes perfurados onde os grãos entram em contato com o ar aquecido proveniente da fornalha. Os grãos se movimentam dentro do secador por gravidade, sendo descarregados no pé do elevador por um sistema de descarga, que abre e fecha com tempo programado automaticamente.

Amostras de grãos foram coletadas na saída do secador para a realização da umidade dos grãos ao longo do período de secagem. O grau de umidade foi realizado em estufa, seguindo o método padrão descrito nas Regras de Análises de Sementes (BRASIL, 2009), utilizando a temperatura de $105 \pm 3^\circ\text{C}$ por 24 h. A temperatura da massa de grãos ao longo da secagem foi obtida a partir de um medidor de temperatura digital por infravermelho. A temperatura do ar ambiente no início da secagem e a umidade relativa do ar foram obtidas com um termohigrômetro digital. Demais dados psicrométricos foram calculados com o programa *Engineering Equation Solver*.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1A apresenta a curva de secagem dos grãos de arroz e a temperatura dos grãos ao longo do tempo de secagem. Observa-se uma redução gradual do teor de água, de aproximadamente 20 para 12 g·100g⁻¹ em 5 h e 30 min, enquanto a temperatura dos grãos aumentou até estabilizar em torno de 38–39 °C, comportamento típico da transferência de calor e massa descrita na literatura. Goneli et al. (2007) encontraram valores semelhantes estudando a temperatura de secagem de grãos de trigo. Na Figura 1B verificou-se que a taxa de secagem foi mais elevada em teores de água maiores, alcançando cerca de 2,8 p.p.h⁻¹, e diminuiu gradativamente com a redução da umidade. Ao atingir teores de água próximos de 16 g·100g⁻¹ a taxa de secagem foi inferior a 1,4 pontos percentuais de água por hora.

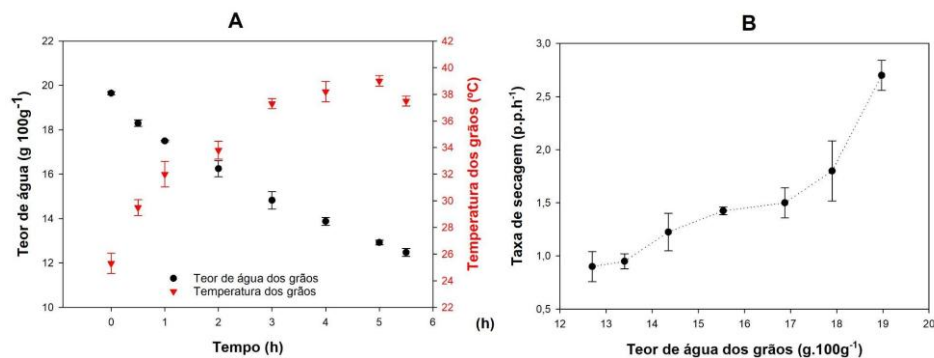


Figura 1. (a) Variação do teor de água (g·100g⁻¹) e da temperatura dos grãos (°C) em função do tempo de secagem (h), e (b) da taxa de secagem (p.p.h⁻¹) em função do teor de água dos grãos (g·100g⁻¹).

Fonte: Autor.

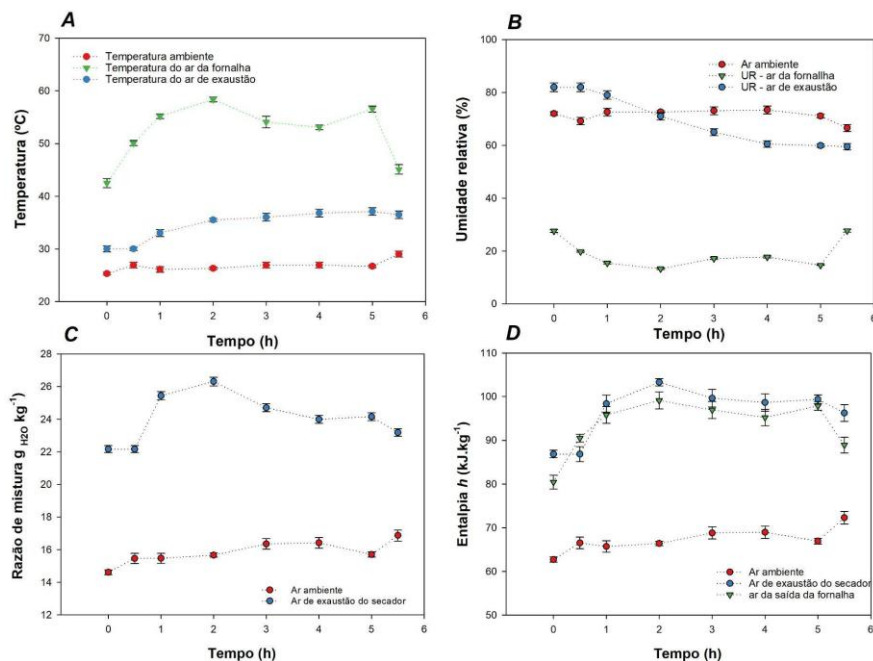


Figura 2. Variação da (A) temperatura do ar (°C), (B) umidade relativa (%), (C) razão de mistura (g H₂O·kg⁻¹) e (D) entalpia específica (kJ·kg⁻¹) em função do tempo de secagem (h).

Fonte: Autor.

Na Figura 2A, a temperatura do ar da fornalha elevou-se nas primeiras 2h de secagem até ~65 °C e manteve-se estável, enquanto o ar de exaustão apresentou valores entre 30 e 40°C, refletindo a troca de calor com os grãos. Na Figura 2B, observou-se que a umidade relativa do ar da fornalha caiu para 10–15% com o aumento da temperatura do ar, enquanto a do ar de exaustão na primeira hora foi superior a 80% e posteriormente permaneceu entre 60–70%, indicando intensa remoção de água dos grãos. Esse comportamento é confirmado na Figura 2C, em que a razão de mistura do ar de exaustão alcançou 26 g H₂O·kg⁻¹, enquanto o ar antes de passar pela massa de grãos apresentou valores de ~15 g H₂O·kg⁻¹. Já na Figura 2D, a entalpia da fornalha e do ar de exaustão atingiram valores de ~100 kJ·kg⁻¹, enquanto o ar ambiente variou entre 60–70 kJ·kg⁻¹, demonstrando que o processo de secagem dos grãos é isoentalpico. Ao final da secagem o rendimento de grãos inteiros foi de 60%, valor adequado na industrialização do arroz.

4. CONCLUSÃO

A diminuição do teor de água nos grãos de arroz esteve associada ao aumento da temperatura e à queda gradual da taxa de secagem. Esse comportamento expressa a maior remoção de água na etapa inicial da secagem, seguida pela predominância da difusão interna como fator limitante. As mudanças nas condições psicrométricas do ar como temperatura, umidade relativa, razão da mistura e entalpia específica do ar evidenciaram a eficácia do sistema de secagem em fornecer energia e eliminar a umidade do produto. Os resultados levantados neste estudo podem servir de subsídio para cálculos de eficiência energética de secagem e melhoria de equipamentos, mantendo uma boa qualidade industrial do arroz.

5. REFERÊNCIAS

- FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. *Rice Market Monitor*. Rome: FAO, 2008. Disponível em: <http://fao.org>. Acesso em: 16 set. 2025.
- PORTELLA, J. A.; EICHELBERGER, L. *Secagem e armazenagem de arroz*. Pelotas: UFPel, 2001. 152 p.
- GARCIA, D. C.; OLIVEIRA, A. C.; PESKE, S. T.; CARGNELUTTI FILHO, A. Conservação de sementes de arroz submetidas a diferentes métodos de secagem. *Revista Brasileira de Sementes*, Londrina, v. 26, n. 2, p. 105–113, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222004000200015>.
- GONELI, A. L. D.; CORRÊA, P. C.; RESENDE, O.; REIS NETO, S. A. Estudo da difusão de água em grãos de trigo durante a secagem. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 30, n. 1, p. 162–169, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-2061201000010>