

## AVALIAÇÃO DO GRAU DE MATURAÇÃO E DO PRÉ-TRATAMENTO COM ETANOL NA SECAGEM DE FATIAS DE BANANA NANICA

**Isabelly L. da T. m. GOMES<sup>1</sup>; Beatriz F. LEAL<sup>2</sup>; Eduarda do C. ANDRADE<sup>3</sup>; Iasmim E. BORGES<sup>4</sup>;  
Isadora P. da SILVA<sup>5</sup>; Lariane A. MARIANO<sup>6</sup>; Lucas N. NISHIMORI<sup>7</sup>; Rodrigo de J. WAZ<sup>8</sup>;  
Samara L. F. da SILVA<sup>9</sup>; Yasmin V. C. PIZA<sup>10</sup>; Kamilla S. de MENDONÇA<sup>11</sup>.**

### RESUMO

Este trabalho apresenta a influência do estágio de maturação e do pré-tratamento com etanol 70% na secagem de bananas nanicas. Frutos verdes e maduros foram cortados em fatias padronizadas, submetidos à secagem em estufa a 70° C até massa constante e aplicados a diferentes modelos matemáticos. O tratamento com etanol acelerou a perda de umidade, principalmente em bananas maduras, enquanto as verdes apresentaram maior resistência à desidratação. Os modelos Two Terms e Henderson Modificado apresentaram os melhores ajustes, indicando que o pré-tratamento e a maturação são fatores-chave para otimizar a cinética de secagem.

**Palavras-chave:** Álcool; Desidratação; Maturação; Pré-tratamento.

### 1. INTRODUÇÃO

A secagem é uma técnica amplamente utilizada para a conservação de frutas, pois reduz a atividade de água ( $Aw$ ), inibe o crescimento microbiano e prolonga a vida útil dos produtos (Abd El-Wahhab et al., 2023). Além disso, facilita o armazenamento, o transporte e amplia as possibilidades de aplicação industrial das frutas desidratadas. No entanto, o processo pode provocar alterações indesejáveis, como encolhimento, perda de cor e alterações de textura, tornando necessária estratégias para otimizar a qualidade do produto final (Majerska et al., 2021).

No caso da banana nanica, o estágio de maturação influencia diretamente a desidratação: frutos verdes apresentam maior resistência à perda de água devido à firmeza do tecido, enquanto frutas maduras, mais macias, tendem a desidratar mais rapidamente. Assim, compreender o efeito da maturação é essencial para ajustar as condições de secagem e garantir produtos com características desejáveis (Silva, 2022).

Entre os pré-tratamentos investigados, soluções hidroalcoólicas, especialmente com etanol 50–70%, têm se destacado por reduzir o escurecimento enzimático, inibindo a atividade da polifenoloxidase (PPO) e preservando a textura do produto, além de favorecer a difusão de água e acelerar o processo de secagem (Zhang et al., 2022).

A modelagem matemática da cinética de secagem é outro recurso importante, pois permite descrever quantitativamente a perda de umidade ao longo do tempo, identificar o modelo que melhor representa o processo e auxiliar na otimização de parâmetros para aplicação em escala

<sup>1</sup>Bolsista PIBIC/CNPq, IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes. E-mail: endereco.eletronico@gmail.com.

<sup>2</sup>Discente do Técnico em Agropecuária Integrado, IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes. E-mail: endereco.eletronico2@ifsuldeminas.edu.br.

industrial (Kumar et al., 2020).

Dessa forma, o objetivo deste trabalho é analisar a influência do estágio de maturação e do pré-tratamento com etanol 70% na cinética de secagem de fatias de banana nanica, por meio de experimentos controlados e ajuste a diferentes modelos matemáticos.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Solos do Instituto Federal Sul de Minas Gerais – Campus Inconfidentes, no mês de maio de 2025. As bananas nanicas foram adquiridas em mercados da região sul de Minas Gerais, em dois estágios de maturação: verde (estágio II) e madura com coloração amarela (estágio V), definidos conforme classificação do United States Department of Agriculture (USDA, 2001). Para padronizar o diâmetro das fatias, utilizou-se um molde de referência com 2 cm de diâmetro, e o corte das bananas foi realizado em um mandolim (Hercules - UTP95) ajustado para espessura de 1 mm. A confirmação do diâmetro das rodelas foi feita utilizando um paquímetro digital (B-MAX de 150 mm / 0–6 IC ±0,2 mm).

No total foram quatro tratamentos com 3 repetições: F1- Banana verde em estágio II, F2- Banana madura em estágio V, F3- Banana verde em estágio II por imersão em álcool 70° durante 5 minutos e F4- Banana madura em estágio V por imersão em álcool 70° durante 5 minutos.

Os ensaios de secagem foram realizados em triplicatas, sendo três fatias de banana em cada placa de petri, utilizando o secador de circulação de ar com temperatura de secagem a 70°C e velocidade de 1 m/s. Para a realização das pesagens, foi utilizado a balança analítica (BEL Engineering, M503iH) com precisão de 0,0001 g, em intervalos de uma hora até chegar ao peso constante da massa.

A determinação de umidade das amostras foi calculada com os dados experimentais, conforme a equação 1, de acordo com as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz em estufa a 105° C.

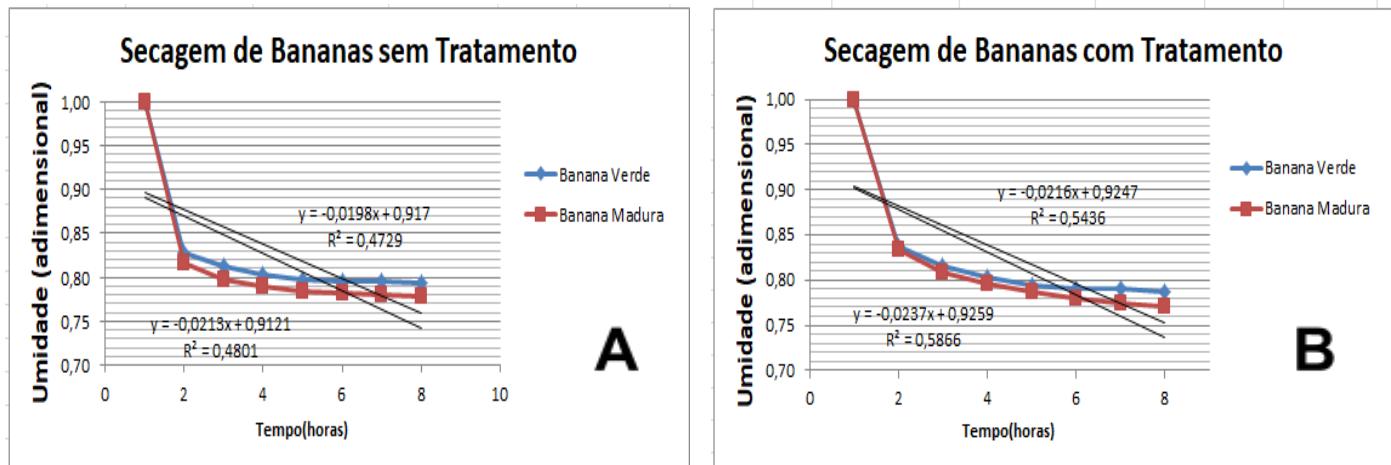
$$RX = \frac{X - X_e}{X_o - X_e} \quad \text{Equação 1}$$

No qual: RX: razão de água, adimensional; X: teor de água, base seca (%); X<sub>e</sub>: teor de água de equilíbrio, base seca (%); X<sub>o</sub>: teor de água inicial, base seca (%).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para avaliar a influência do estágio de maturação e do pré-tratamento com etanol 70% sobre a cinética de secagem, foram elaborados gráficos relacionando a variação da umidade adimensional em função do tempo de processo. A Figura 1 apresenta o comportamento das amostras de banana verde e madura, comparando a secagem sem tratamento (Imagem A) e com imersão em etanol 70% (Imagem B).

**Figura 1** - Taxa de secagem em função da variação de umidade de bananas sem tratamento (Imagen A) e bananas com tratamento de imersão em álcool 70° (Imagen B).



Fonte: *Autoral, 2025.*

As curvas de secagem evidenciaram que a perda de umidade em relação ao tempo em F4 foi constante e apresentou umidade final inferior à F2 no mesmo período de tempo, sendo o tratamento relevante para a secagem da banana madura. Já a umidade final em F3>F1, ou seja, o tratamento pode ter influenciado negativamente o resultado em F3.

**Tabela 1-** Modelos matemáticos ajustados para a secagem de bananas verdes e maduras sem tratamento e com imersão em álcool 70°.

modelo	variedade	k	n	a	b	c	k1	R <sup>2</sup>	RMQE	X <sup>2</sup>
Handerson Pabis	BV S/TRAT	0,0004		0,9020				0,4931	4,70E-02	2,97E-03
	BM S/TRAT	0,0006		0,8855				0,5321	5,55E-02	4,26E-03
	BV ALC	0,0005		0,9082				0,5663	4,42E-02	2,64E-03
	BM ALC	0,0005		0,9081				0,6119	4,44E-02	2,67E-03
Logarítmico	BV S/TRAT	0,0302		0,2019		0,7978		0,9961	4,06E-03	2,66E-05
	BM S/TRAT	0,0000		-59,4419		60,3195		0,5048	5,72E-02	5,42E-03
	BV ALC	0,0087		-71,4557		72,3948		0,7056	3,00E-02	1,95E-03
	BM ALC	-0,0001		-89,8751		90,7764		0,7013	4,58E-02	3,41E-03
Two terms	BV S/TRAT	0,0254		0,3900	0,6098		0,0124	0,9990	2,06E-03	8,56E-06
	BM S/TRAT	0,0133		0,6260	0,3739		0,0222	0,9984	2,78E-03	1,72E-05
	BV ALC	0,0112		0,5800	0,4140		0,0136	0,9790	7,32E-03	1,99E-04
	BM ALC	0,0231		0,4122	0,5878		0,0107	0,9996	1,53E-03	4,78E-06
Handerson modificado	BV S/TRAT	0,2112		0,2944	0,3399	0,3656		0,9995	1,43E-03	8,56E-06
	BM S/TRAT	0,0110		0,3279	0,1978	0,4740		0,9978	3,62E-03	5,26E-05
	BV ALC	0,0007		1,2915	-0,5609	0,2689		0,9759	3,66E-03	1,03E-04
	BM ALC	-0,0015		0,5133	0,6580	-0,1742		0,9900	4,13E-03	1,40E-04
Two terms exponential	BV S/TRAT	0,0120		0,0522				0,2180	5,83E-02	4,58E-03
	BM S/TRAT	0,0125		0,0645				0,3119	6,73E-02	6,24E-03
	BV ALC	0,0120		0,0531				0,4401	5,38E-02	3,91E-03
	BM ALC	0,0121		0,0559				0,5177	5,33E-02	3,84E-03
Wang-Singh	BV S/TRAT			-0,0017	0,000003			0,7012	3,61E-02	1,76E-03
	BM S/TRAT			-0,0020	0,000004			0,7288	4,25E-02	2,52E-03
	BV ALC			-0,0016	0,000003			0,7637	5,38E-02	1,44E-03
	BM ALC			-0,0017	0,000003			0,7788	5,33E-02	1,53E-03
Verma	BV S/TRAT	0,0256		0,3899				0,9990	2,07E-03	6,87E-06
	BM S/TRAT	1,9121		0,0256				0,9936	5,12E-03	5,27E-05
	BV ALC	0,0330		0,1815				0,9984	2,64E-03	1,11E-05
	BM ALC	0,0885		0,3895				0,9971	2,93E-03	1,90E-05
Parabolic	BV S/TRAT			0,9537	-0,0013	0,000002		0,7881	3,04E-02	1,50E-03
	BM S/TRAT			0,9455	-0,0015	0,000003		0,8075	3,58E-02	2,15E-03
	BV ALC			0,9581	-0,0013	-0,001310		0,8324	1,79E-02	1,23E-03
	BM ALC			0,9570	-0,0013	0,000002		0,8430	1,79E-02	1,30E-03

Fonte: *Autoral, 2025.*

Os modelos Two Terms e Henderson Modificado apresentaram os melhores ajustes para a secagem, principalmente da banana verde, com  $R^2 > 0,998$  e  $RMQE < 2,8 \times 10^{-3}$ . Para a banana madura, o modelo Logarítmico destacou-se, com  $R^2 = 0,9961$  e  $\chi^2 = 2,66 \times 10^{-5}$ , evidenciando alta precisão. Por outro lado, os modelos Henderson Pabis e Two Terms Exponential tiveram os piores desempenhos ( $R^2 < 0,55$  e  $\chi^2$  elevado), mostrando-se inadequados para descrever o processo de secagem.

Com os modelos Two Terms e Henderson Modificado apresentaram o melhor desempenho para a descrição da cinética de secagem das bananas tratadas com álcool 70°, com  $R^2$  superiores a 0,97 e os menores valores de  $RMQE$  e  $\chi^2$ , especialmente para a variedade verde (BV). O modelo Verma também se destacou, principalmente para BM ALC, com  $R^2 = 0,9971$  e  $\chi^2 = 1,19 \times 10^{-5}$ , indicando excelente ajuste. Por outro lado, modelos como Logarítmico e Wang-Singh mostraram desempenho inferior, com  $R^2$  abaixo de 0,78 e maior dispersão nos erros, sendo menos adequados para representar o processo.

#### 4. CONCLUSÃO

A secagem das bananas verdes e maduras, com e sem pré-tratamento em álcool 70°, mostrou-se eficiente, sendo influenciada pelo estágio de maturação e pela aplicação do tratamento. A amostra F4 apresentou a maior taxa de secagem, enquanto as bananas verdes (estágio II) demonstraram maior resistência à perda de umidade. Os resultados evidenciam a importância do estágio de maturação, do pré-tratamento e confirmam que os modelos Two Terms, Henderson Modificado e Verma foram os mais adequados para descrever a cinética de secagem.

#### REFERÊNCIAS

ABD EL-WAHHAB, G. G. et al. **Effect of pre-treatments on the qualities of banana dried by two different drying methods.** Sustainability, Basel, v. 15, n. 20, p. 15112, 2023. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/374867930\\_Effect\\_of\\_Pre-Treatments\\_on\\_the\\_Qualities\\_of\\_Banana\\_Dried\\_by\\_Two\\_Different\\_Drying\\_Methods](https://www.researchgate.net/publication/374867930_Effect_of_Pre-Treatments_on_the_Qualities_of_Banana_Dried_by_Two_Different_Drying_Methods). Acesso em: 20 Jul. 2025

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos.** 4 ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2004.

MAJERSKA, J. et al. **A review of new directions in managing fruit processing by-products.** Trends in Food Science & Technology, v. 108, p. 257-273, 2021.

SILVA, Karla Viviane da. Elaboração de queijo petit suisse funcional com adição de polpa de açaí e biomassa de banana verde. 2022. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/53304>. Acesso em: 27 jul. 2025.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Banana ripening guide. Washington, D.C.: Agricultural Marketing Service, 2001.

Zhang, Y. et al. (2021). **Ethanol vapor inhibits browning and maintains quality of fresh-cut apples.** Postharvest Biology and Technology, 176, 111502.