

# Comparação de dois métodos de secagem em frutos de nectarina

## Comparison of two drying methods in fruit nectarines

Analha Dyalla Feitosa LINS [1](#); Josenara Daiane de Souza COSTA [2](#); Inácia dos Santos MOREIRA [3](#); Ernane Nogueira NUNES [4](#); Jorge Jacó Alves MARTINS [5](#); Josivanda Palmeira GOMES [6](#); Hofsky Vieira ALEXANDRE [7](#)

Recibido: 10/10/16 • Aprobado: 16/11/2016

### Conteúdo

[1. Introdução](#)

[2 Material e métodos](#)

[3 Resultados e discussão](#)

[4 Considerações finais](#)

[Referências bibliográficas](#)

#### RESUMO:

A nectarina é uma fruta de clima temperado, bastante saborosa, muito produzida nas regiões Sul e Sudeste do Brasil e apreciada pelas demais regiões do país.

Objetivou-se com este trabalho estudar a cinética de secagem da nectarina (*Prunus persica* var. *Nucipersica*) em dois equipamentos distintos, nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C e ajustar diferentes modelos matemáticos para descrição do processo de secagem.

Foi verificado que dentre os dois equipamentos utilizados para secar, foi o secador de leito fixo que proporcionou à nectarina alcançar o teor de água de equilíbrio em menor intervalo de tempo. Todos os quatro modelos matemáticos ajustados aos dados experimentais apresentaram excelente ajuste (Coeficientes de determinação superiores a 0,998 e desvios quadráticos médios inferiores a 0,01825).

**Palavras-chave:** *Prunus persica*, frutas de clima temperado, desidratação.

#### ABSTRACT:

The Nectarine is a fruit of temperate climate, very tasty, very produced in southern and southeastern Brazil and appreciated by other regions of the country. The objective of this work to study the kinetics of drying of the Nectarine (*Prunus persica* var. *nucipersica*) in two separate equipment at temperatures of 60, 70 and 80° C and adjust different mathematical models for description of the drying process. It was verified that one of the two equipment used to dry, it was fixed bed dryer which provided the Nectarine reach the equilibrium water content in less time. All four mathematical models adjusted to the experimental data presented excellent adjustment (coefficients of determination over 0.998 and quadratic average deviations of less than 0.01825).

**Key words:** *Prunus persica*, temperate fruit, dehydration.

## 1. Introdução

A fruteira da espécie *Prunus persica* (L.) Batsch é considerada uma cultura típica de clima temperado, mas ultimamente é cultivada em regiões de baixo acúmulo de frio de inverno,

estimando-se temperatura abaixo de 7,2°C em menos de 100 horas (Assmann et al., 2010). Esta planta apresenta três variedades botânicas, uma delas é a nectarina (*Prunus persica* var. Nucipersica) (Matias et al., 2012), A nectarina é fruto de origem chinesa, é um tipo de pêssego com epiderme desprovida de pelos, tamanho pequeno, polpa firme, aroma e sabor bem acentuados, é resultante de uma mutação genética do pêssego (*Prunus persica* var. Vulgaris), surgida há muitos anos, que apresenta epiderme sem pelos e geralmente muito colorida (Leonel et al., 2014).

No Brasil, as condições climáticas das regiões produtoras são muito variáveis, principalmente em relação ao frio do inverno necessário para superação da endodormência da espécie (Wagner Júnior et al., 2009). Além disso, a disponibilidade de cultivares de *P. persica* var. Nucipersica adaptadas a condições de inverno ameno representa uma oportunidade de diversificação das atividades na propriedade rural e fonte alternativa de renda para o produtor rural (Matias et al., 2011).

No Brasil entre os fatores que colaboram para a insuficiente expressão dessa cultura podem ser mencionados o pouco conhecimento da fruta, pela maioria dos consumidores e exigência de maiores cuidados (Simonetto et al., 2008). Na fase de pós-colheita dos produtos vegetais, a secagem é um dos processos mais utilizados para assegurar a qualidade e estabilidade, pois a diminuição do teor de água do material provoca a redução da atividade biológica e das mudanças químicas e físicas que acontecem durante o armazenamento (Ullmann et al., 2010).

Neste contexto, objetivou-se neste trabalho, estudar a cinética de secagem da nectarina (*Prunus persica* var. Nucipersica) em secador de leito fixo e em estufa nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C e ajustar diferentes modelos matemáticos aos dados experimentais, a fim de verificar diferenças entre os processos de secagem.

## 2. Material e métodos

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande.

Utilizou-se como matéria-prima nectarina (*Prunus persica* (L.) Batsch.) var. Nucipersica, adquirida em mercado local. Os frutos foram selecionados, sanitizados e posteriormente foram caracterizados (Tabela 1), realizando-se as avaliações de: peso do fruto, através da pesagem individual com auxílio de balança eletrônica de precisão; diâmetro longitudinal (do ápice à base do fruto) e transversal (região equatorial do fruto), utilizando-se paquímetro digital e teor de água utilizando-se o método de estufa a 105 °C até peso constante de acordo com o método do Instituto Adolfo Lutz (2008).

Tabela 1. Caracterização física da nectarina (*Prunus persica* var. Nucipersica)

Amostras	Peso (g)	Dimensões mutuamente perpendiculares (cm)	
		A	B
1	103,8078	5,37	5,45
2	89,7017	4,85	5,38
3	97,7943	5,16	5,65
4	94,5644	5,17	5,79

5	92,3523	5,48	5,43
6	94,7933	5,52	5,54

A secagem das amostras foi realizada por dois métodos: em estufa com circulação de ar; e secagem convectiva por meio de secador de leito fixo (Figura 1) nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C e velocidade do ar de secagem de 1,5 m s<sup>-1</sup>.

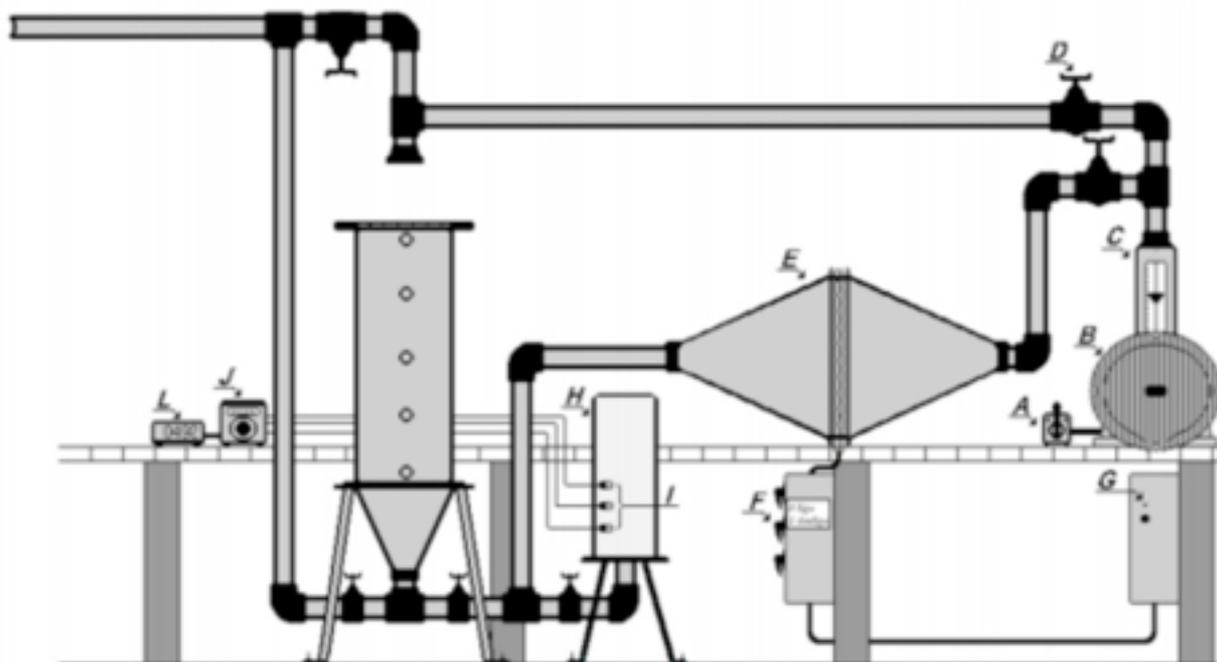


Figura 1. Esquema do secador de leito fixo utilizado na realização da secagem convectiva. Legenda: A. Chave do compressor; B. Ventilador radial; C. Medidor de vazão; D. Válvula reguladora; E. Aquecedor elétrico; F. Chave das resistências; G. Chave do sistema de controle; H. Câmara de secagem; I. Termopares; J. Controlador de temperatura; L. Milivoltímetro digital (Aragão, 2007)

O acompanhamento do conteúdo de umidade ao longo do processo de secagem foi realizado pesando as amostras no instante inicial, aos 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 75, 90, 105 min e de 30 em 30 min a partir de 120 min do processo, até peso constante, com auxílio de uma balança digital com precisão de  $\pm 0,001$  g.

As curvas de secagem foram obtidas pela conversão dos dados referentes à perda de água no parâmetro adimensional - razão de teor de água ( $RX$ ), para as diferentes condições de secagem da nectarina, mediante a seguinte equação:

$$RX = \frac{X_{bs} - X_e}{X_{bs(inicial)} - X_e} \quad (1)$$

onde:

- $RX$  = razão de teor de água (adimensional)
- $X_e$  = teor de água de equilíbrio em base seca
- $X_{bs}$  = teor de água em base seca
- $X_{bs(inicial)}$  = teor de água inicial em base seca

Os valores de  $RX$  observados para cada temperatura do ar de secagem foram analisados por cinco diferentes equações de regressão não-linear (Henderson e Pabis, Lewis, Logaritmo e Page), apresentados na Tabela 2. Para o ajuste das equações matemáticas aos dados experimentais, foi realizado a análise de regressão pelo método Quasi-Newton, empregando-se

Tabela 2. Equações matemáticas de regressão não-linear, avaliadas para predizer o fenômeno de secagem da nectarina

Designação do modelo	Modelo	
$RX = a.exp(-k.t)$	Henderson & Pabis (Henderson & Pabis, 1961)	(2)
$RX = exp(-k.t)$	Lewis (Akpinar et al., 2006)	(3)
$RX = a.exp(-k.t) + c$	Logaritmico (Yagcioglu et al., 1999)	(4)
$RX = exp(-k.t^n)$	Page (Page, 1949)	(5)

t - tempo de secagem (min); k, k<sub>0</sub>, k<sub>1</sub> - constantes de secagem; a, b, c, n - coeficientes dos modelos.

Os critérios usados para escolha do modelo que melhor se ajustou ao processo de secagem da nectarina foram o coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) e o desvio quadrático médio (DQM), calculado pela equação:

$$X^2 = \frac{\sum (RX_{exp} - RX_{pre})}{\eta - \rho} \quad (6)$$

onde:

$X^2$  = qui-quadrado reduzido

$RX_{pre}$  = razão de teor de água predito

$RX_{exp}$  = razão de teor de água experimental

$\eta$  = número de dados experimentais

$\rho$  = número de parâmetros do modelo

### 3. Resultados e discussão

Podem ser visualizados os modelos matemáticos empregados na secagem em secador de leito fixo (Tabela 3) e em estufa com circulação de ar (Tabela 4), com as temperaturas empregadas, seus respectivos parâmetros estimados e resultados obtidos, principalmente através do coeficiente de determinação R<sup>2</sup> e do desvio quadrático médio (DQM).

Tabela 3. Parâmetros obtidos para equações de Dois Termos, Henderson & Pabis, Lewis, Logaritmo e Page por regressão não linear da secagem de nectarina utilizando-se as temperaturas de 60, 70 e 80 °C em secador de leito fixo

Modelo	Temperatura (°C)	Parâmetros						R <sup>2</sup>	DQM
		A	B	C	K	k <sub>0</sub>	k <sub>1</sub>		
Dois Termos	60	0,51605	0,51605	-	-	0,02277	0,02277	0,99909	0,01452
	70	0,50126	0,50126	-	-	0,03385	0,03378	0,99962	0,00863
	80	0,51121	0,51121	-	-	0,04613	0,04613	0,99861	0,01641
Henderson & Pabis	60	1,03211	-	-	0,02277	-	-	0,99909	0,01452
	70	1,00255	-	-	0,03382	-	-	0,99962	0,00863
	80	1,02243	-	-	0,04613	-	-	0,99861	0,01641
Lewis	60	-	-	-	0,02187	-	-	0,99856	0,01825
	70	-	-	-	0,03371	-	-	0,99962	0,00866
	80	-	-	-	0,04502	-	-	0,99837	0,01774
Logarítmico	60	1,04035	-	-0,0121	0,0221	-	-	0,99929	0,01284
	70	1,00566	-	-0,0048	0,03339	-	-	0,99966	0,0081
	80	1,02956	-	-0,0101	0,04497	-	-	0,99883	0,01503

Tabela 4. Parâmetros obtidos para equações de Dois Termos, Henderson & Pabis, Lewis e Logaritmo por regressão não linear da secagem de nectarina utilizando-se as temperaturas de 60, 70 e 80 °C em estufa com circulação de ar

Modelo	Temperatura (°C)	Parâmetros							R <sup>2</sup>	DQM
		a	b	C	K	k <sub>0</sub>	k <sub>1</sub>	N		
Dois Termos	60	0,51605	0,51605	-	-	0,02277	0,02277	-	0,99909	0,01452
	70	0,50126	0,50126	-	-	0,03385	0,03378	-	0,99962	0,00863
	80	0,51121	0,51121	-	-	0,04613	0,04613	-	0,99861	0,01641
Henderson & Pabis	60	1,03211	-	-	0,02277	-	-	-	0,99909	0,01452
	70	1,00255	-	-	0,03382	-	-	-	0,99962	0,00863
	80	1,02243	-	-	0,04613	-	-	-	0,99861	0,01641
Lewis	60	-	-	-	0,02187	-	-	-	0,99856	0,01825
	70	-	-	-	0,03371	-	-	-	0,99962	0,00866
	80	-	-	-	0,04502	-	-	-	0,99837	0,01774
Logarítmico	60	1,04035	-	-0,0121	0,0221	-	-	-	0,99929	0,01284
	70	1,00566	-	-0,0048	0,03339	-	-	-	0,99966	0,0081
	80	1,02956	-	-0,0101	0,04497	-	-	-	0,99883	0,01503

Estes resultados indicam qual o modelo matemático melhor explicou o processo de secagem, onde, o coeficiente R<sup>2</sup> explica através do intervalo ( $0 \leq R^2 \leq 1$ ), sempre com valores positivos, como a proporção da variância total da variável dependente, que é explicada pelo modelo matemático utilizado, indicando se o modelo prediz ou não os valores observados no experimento. Os DQM indicam quanto os valores quadráticos se desviaram das médias, onde quanto menores os valores, melhor o modelo explicou os dados observados.

Ao analisarmos os parâmetros k<sub>0</sub> e k<sub>1</sub> do modelo de Dois Termos, K para os modelos de Henderson & Pabis, Lewis e Logarítmico para ambos os secadores, os valores vão crescendo de acordo com o aumento da temperatura, resultado semelhante aos de Reis et al., (2012), utilizando estufa de circulação de ar para secagem de folhas de manjeriço e Martins et al., (2014) que efetuou secagem de cascas de mulungu em estufa com circulação forçada de ar. Diferentemente de Silva et al., (2009) e André et al., (2014), que na secagem de produtos agrícolas, utilizando o modelo de Page verificaram que os valores de k decresceram, o que é uma característica deste modelo.

Ao analisarmos os valores de R<sup>2</sup> para o secador de leito fixo, verificamos que o modelo Logarítmico foi o que apresentou maiores valores para as temperaturas de 60 e 70°C e os modelos de Henderson & Pabis e Dois Termos, com resultados semelhantes, foram os maiores para a temperatura de 80°C. Para os DQM, ainda para este secador, o modelo Logarítmico foi o melhor para todas as temperaturas. Já para a estufa com circulação de ar o modelo que apresentou maior R<sup>2</sup> e DQM para todas as temperaturas foi o modelo Logarítmico.

Através das curvas de secagem (Figuras 2A, B, C, D, E, F, G e H) podemos observar a influência da temperatura na secagem da nectarina (*Prunus persica* var. Nucipersica), para ambos os métodos empregados. Quanto maior a temperatura utilizada (80°C), mais rápida foi a secagem até a umidade de equilíbrio, o que corrobora com inúmeros estudos com secagem de produtos agrícolas, utilizando secadores com aumento da temperatura (André et al., 2014; Souza et al., 2011; Ullmann et al., 2010; Silva et al., 2009).

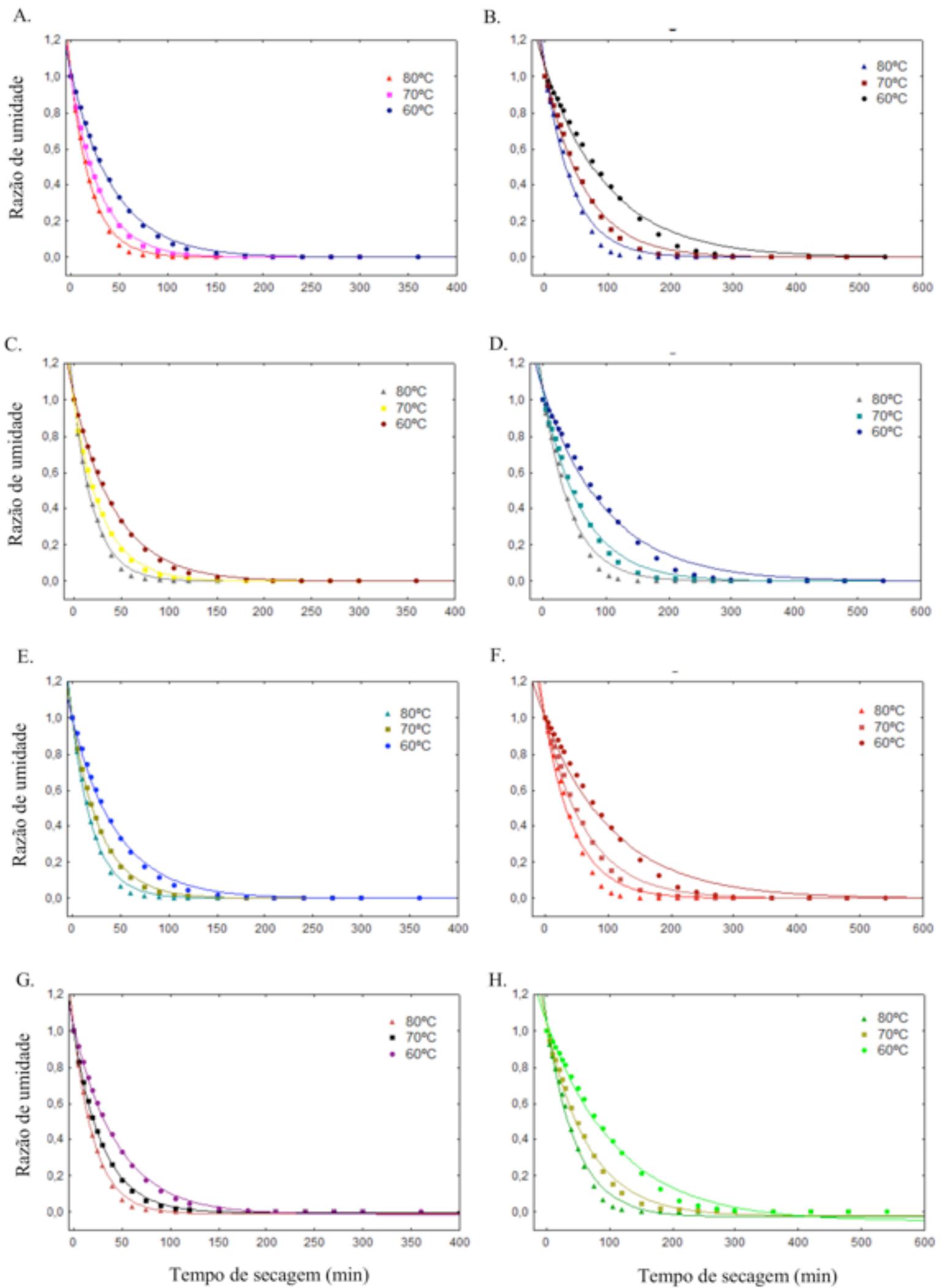


Figura 2. Modelo de Dois Termos (A, B), Henderson & Pabis (C, D), Lewis (E, F) e Logarítmico (G, H) aplicado para a secagem de nectarina em secador de leito fixo e estufa, respectivamente

Após analisarmos todos os parâmetros e as figuras acima apresentadas, podemos perceber que dentro das condições de operação preestabelecidas, o teor de água de equilíbrio da nectarina pode ser alcançado cerca de duas vezes mais rápido, quando comparado com a secagem na

mesma temperatura em estufa de circulação de ar. Evidentemente, do ponto de vista econômico e industrial, podemos adiantar que a secagem de nectarina pode ser feita de forma mais eficiente, se utilizado secador de leito fixo, comparado a estufa de circulação de ar.

As amostras de nectarina atingiram a umidade de equilíbrio em aproximadamente 200 min para 60 °C, 160 min para 70 °C e 130 min para 80 °C, no secador de leito fixo, e aproximadamente 330 min para 60 °C, 290 min para 70 °C e 250 min para 80 °C, na estufa com circulação forçada de ar, mostrando assim, uma secagem rápida, característica de materiais que possuem bastante água livre. Além disso, a umidade de equilíbrio é alcançada em menor tempo com o secador de leito fixo.

Do ponto de vista nutricional e apelando para a manutenção dos compostos químicos dos alimentos após o processamento, temos a certeza que o menor tempo de contato do produto com a temperatura de secagem, faz com que essas características sejam preservadas, o que faz com que o alimento mantenha o máximo de características após o processamento. Deste modo a secagem feita em secador de leito fixo pode ocorrer de forma mais rápida e assim preservar algumas características e compostos, como os flavonoides, que poderiam ser degradados, caso o tempo de secagem prolongasse.

---

## 4. Considerações finais

Os parâmetros  $K$ ,  $K_0$ ,  $K_1$ , que representam a taxa de secagem dos modelos utilizados aumentaram diretamente proporcional à elevação da temperatura.

Detectaram-se diferenças nos tempos de secagem das amostras de nectarina, sendo que os menores tempos foram obtidos pelas amostras secadas em secador de leito fixo.

Os três modelos estudados representaram satisfatoriamente os dados experimentais com coeficientes de determinação superiores a 0,99 e desvios quadráticos médios inferiores a 0,01825.

---

## Referências bibliográficas

- Akpinar, E. K.; Bicer, Y. & Cetinkaya, F. Modelling of thin layer drying of parsley leaves in a convective dryer and under open sun. *Journal of Food Engineering*, v.75, p.308-315, 2006.
- André, A. M. M. C. N. *et al.* Comparação de Modelos Matemáticos da Cinética de Secagem de cascas de Manga Espada. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 9, p.19-27, 2014.
- Aragão, R. F. Secagem de fatias de caju (*Anacardium occidentale* L.) em secador de bandejas. Campina Grande: UFCG, 2007. 126p. Tese de Doutorado.
- Assmann, A. P.; Citadin, I.; Santos, I. & Wagner Júnior, A. Reação de genótipos de pessegueiro à ferrugem-da-folha. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.45, p.32-40, 2010.
- Henderson, S. M. & Pabis, S. Grain drying theory I. Temperature effect on drying coefficient. *Journal of Agriculture Engineering*, v.6, p.169-174, 1961.
- IAL - Instituto Adolfo Lutz. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos Químicos e Físicos para Análise de Alimentos. 4.ed. São Paulo: IAL, 2008. 1020 p.
- Leonel, S.; Leonel, M. & Tecchio, M. A. Fruit quality in the peach and nectarine with application of hydrogenated cyanamide and mineral oil. *Revista Ciência Agronômica*, v.45, p.581-587, 2014.
- Martins, J. J. A. *et al.* Modelagem matemática da secagem de cascas de mulungu. *Bioscience Journal*, v.30, p.1652-1660, 2014.
- Matias, R. G. P. *et al.* Caracterização física e química de três cultivares de nectarina na zona da mata de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v.2, p.60-64, 2012.
- Matias, R. G. P. *et al.* Qualidade de pêssegos provenientes de plantas selecionadas para

capacidade de brotação. Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável, v.1, p.45-49, 2011.

Page, G. E. Factors influencing the maximum rates of air-drying shelled corn in thin layers. West Lafayette: Purdue University, 1949. Dissertação de Mestrado.

Reis, R. C. dos. *et al.* Cinética de secagem de folhas de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) via infravermelho. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.16, p.1346-1352, 2012.

Silva, A. S. *et al.* Cinética de secagem em camada fina da banana maçã em secador de leito fixo. Revista de Biologia e Ciências da Terra, v.9, p.107-115. 2009.

Simontto, P. R.; Fioravanço, J. C. & Paiva, M. C. Floração e maturação de oito cultivares de nectarineira em Veranópolis, RS. Revista da FZVA, v.15, p.81-89. 2008.

Souza, M. S. D. S. de. *et al.* Desenvolvimento e avaliação de passas de jaca obtidas por desidratação osmótica seguida de secagem convectiva. UNOPAR Científica Ciências Biológicas e da Saúde, v.13, p.89-94, 2011.

Ullmann, R. *et al.* Qualidade das sementes de pinhão manso submetidas à secagem Artificial. Revista Ciência Agronômica, v. 41, p. 442-447, 2010.

Wagner Júnior, A. *et al.* Avaliação da necessidade de frio de pessegueiro por meio de ramos enxertados. Revista Brasileira de Fruticultura, v.31, p.1054-1059, 2009.

Yagcioglu, A.; Degirmencioglu, A. & Cagatay, F. Drying characteristics of laurel leaves under different conditions. In: International Congress on Agricultural Mechanization And Energy, p.565-569, 1999, Adana: Faculty of Agriculture, Cukurova University.

- 
1. Doutorandos do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – UAEA/UFCG, Campina Grande, PB
  2. Doutorandos do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – UAEA/UFCG, Campina Grande, PB
  3. Doutorandos do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – UAEA/UFCG, Campina Grande, PB
  4. Doutorandos do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – UAEA/UFCG, Campina Grande, PB
  5. Doutorandos do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – UAEA/UFCG, Campina Grande, PB
  6. Profa. Titular da Universidade Federal de Campina Grande– UAEA/UFCG, Campina Grande, PB
  7. Pesquisadora PNPd/CAPES de Programa de Engenharia de Processos– UFCG, Campina Grande, PB.
- 

Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015  
Vol. 38 (Nº 16) Año 2017

[Índice]

[En caso de encontrar algún error en este website favor enviar email a [webmaster](#)]

©2017. revistaESPACIOS.com • Derechos Reservados