

ANÁLISE E DESCRIÇÃO MATEMÁTICA DA CINÉTICA DE SECAGEM DA RAIZ DA FLOR DE LÓTUS (NELUMBO NUCIFERA)

ANALYSIS AND MATHEMATICAL DESCRIPTION OF LOTUS FLOWER ROOT
KINETICS (NELUMBO NUCIFERA)

Ciências Agrárias, Engenharias • 24/09/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/790191377](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/790191377)

Thais de Freitas Brauna¹

Leandro Osmar Werle²

Raquel Manozzo Galante³

RESUMO

Nelumbo nucifera mais conhecida como Lótus, flor de lótus, loto índico ou lótus índico é um tubérculo aquático nativo e cultivado em toda Ásia. Seus atributos sensoriais e seu valor nutricional chamam a atenção devido aos altos níveis de potássio, ferro, cobre, tiamina, riboflavina, piridoxina, vitamina C, polifenóis e fibras dietéticas. O presente trabalho teve por objetivo avaliar a cinética de secagem da raiz da flor de lótus em diferentes temperaturas, e ajustar modelos matemáticos aos dados experimentais. O coeficiente de determinação (R^2) e o erro quadrático médio (MSE) foram aplicados como critério de avaliação para análises de ajustes dos modelos matemáticos. O tempo mínimo analisado para a secagem da raiz foi de 8 hs para a temperatura de 70° C, e a variação da difusividade efetiva foi de $1,65 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ a $2,01 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. Tendo em vista os resultados obtidos, o modelo mais preciso e que melhor condiz com os dados experimentais estudados foi o de Cavalcanti e Mata, seguido pelos modelos de Midilli e Page respectivamente.

Palavras-chave: Tubérculo; Difusividade efetiva; Planta Medicinal; Curvas de secagem.

ABSTRACT

Nelumbo nucifera better known as Lotus, lotus flower, or Indian lotus is a native and cultivated aquatic tuber throughout Asia. Its sensory attributes and nutritional value draw attention due the high levels of potassium, iron, copper, thiamine, riboflavin, pyridoxine, vitamin C, polyphenols and dietary fibers. The objective of the present work was to evaluate flower root drying kinetics at different temperatures, and to adjust mathematical models for experimental data. The coefficient of determination (R^2) and the mean square error (MSE) were the main methods used for these adjustments analyzes. The minimum time analyzed for root drying was 8 hours at

70 °C, and the effective diffusivity ranged from $1.65 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ to $2.01 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. In view of the results obtained, the most accurate model that best matches the experimental data studied was Cavalcanti and Mata, followed by the Midilli and Page models, respectively.

Keywords: Tuber; Effective diffusivity; Medicinal plant; Drying curves.

1. INTRODUÇÃO

Nelumbo nucifera mais conhecida como Lótus, flor de lótus, loto índico ou lótus índico é um tuberculo aquático nativo e cultivado em toda Ásia. Devido sua estética, valor religioso, fator industrial e econômico possui fortes associações com a cultura oriental. A planta produz raízes chamadas de Renkon que são muito populares por conta de seu frescor, cor branca atraente e abundância em nutrientes (PAN et al., 2011).

A natureza tuberosa da raiz de lótus sugere traços, características e composição semelhante a outros tipos de estruturas de plantas com grande capacidade para armazenar nutrientes, como a batata, batata doce e mandioca. No entanto, a grande diferença da raiz da flor de lotus para os demais tubérculos citados acima é o método de cultivo, onde a mesma é plantada em solos de lagoas ou submersos. Devido a esse tipo de cultivo, suas propriedades se assemelham também a outras plantas aquáticas e legumes. O rizoma de Lotus, é um alimento básico em muitos países asiáticos, frequentemente usado como ingrediente na preparação de importantes itens alimentares tradicionais, tais como vegetais e sopas, pratos frios, fritos e refogados (LI et al., 2017).

O tubérculo tem de 60 a 140 cm de comprimento, 0,5 a 2,5 cm de diâmetro, branco amarelado a castanho amarelado, liso, com estriações longitudinais, manchas marrons, e com nós e entrenós. Quando recém cortado o rizoma exala suco mucilaginoso e mostra algumas cavidades de tamanhos variados. O tubérculo é resistente e fibroso, e o aroma é característico (MUKHERJEE et al., 2009).

Seus atributos sensoriais e seu valor nutricional chamam a atenção devido aos altos níveis de potássio, ferro, cobre, tiamina, riboflavina, piridoxina, vitamina C, polifenóis e fibras dietéticas (GAO et al., 2017).

O rizoma fresco contém 83,80% de água, 0,11% de gordura, 1,56% de açúcares redutores, 0,41% de sacarose, 2,70% de proteína bruta, 9,25% amido, 0,80% de fibra, 10% de cinza e 0,06% de cálcio. Quanto às concentrações de vitaminas apresentam, tiamina (0,22 mg/ 100g), riboflavina (0,6 mg/100g), niacina (2,10 mg/100g) e ácido ascórbico (1,5mg/100g) e um aminoácido semelhante a asparagina (2%) também estão presentes no rizoma. (MUKHERJEE et al., 2009)

Tradicionalmente todas as partes de *Nelumbo nucifera* são usadas para fins medicinais. A planta como um todo é benéfica para desenterias, vômitos, possui ação diurética e é usada para tratar doenças de pele. O rizoma também é utilizado para tratamentos hemorrágicos de várias partes do corpo, melhora o apetite e tem grande poder anti-inflamatório (MUKHERJEE et al., 2009).

Por sua alta concentração de água, a raiz da flor de lótus tende à rápida degradação, podendo perder grande parte de seus compostos bioativos. Poucos processos e metodologias foram encontrados de maneira a conservar e aumentar a vida útil deste tubérculo, sendo uma das maneiras mais eficiente para esse fim, o

processo de secagem. A secagem é uma das técnicas mais antigas documentadas na literatura para reduzir a atividade de água do alimento. Dentre as diferentes técnicas de secagem, podem ser citados os processos de secagem por convecção (feita geralmente em estufas) e circulação forçada (em diferentes tipos de secadores), aplicados a uma grande variedade de frutas e hortaliças (BORGES et al., 2008).

As vantagens de se utilizar o processo de secagem são várias, dentre as quais tem-se: a facilidade na conservação do produto; estabilidade dos componentes aromáticos à temperatura ambiente por longos períodos de tempo; proteção contra degradação enzimática e oxidativa; redução do seu peso; economia de energia por não necessitar de refrigeração e a disponibilidade do produto durante qualquer época do ano. Para a escolha de um processo ideal de secagem deve-se analisar vários fatores como: propriedades organolépticas (sabor e aroma), tempo e energia gastos. O tempo de processo, ou seja, a velocidade de troca de calor entre a matéria-prima e o ar pode ser analisado através da difusividade efetiva nas diversas temperaturas de processo (PARK et al, 2001)

As características de secagem de alimentos, incluindo a avaliação dos modelos matemáticos que melhor descrevem o processo, são importantes na seleção e desenvolvimento de equipamentos e no cálculo dos custos operacionais (DIONELLO et al., 2009)

A determinação da difusividade efetiva de umidade de um alimento é muito importante para formulação dos modelos físico-matemáticos que explicam o comportamento do alimento durante a secagem. Geralmente se utiliza a lei de Fick da difusão, para a

estimativa do valor médio da difusividade efetiva de água em um sólido (MARTINS et al, 2004)

O coeficiente de difusão (Def) é uma estimativa da difusividade efetiva que engloba os efeitos de todos os fenômenos que podem intervir sobre a migração da água, e seu valor é sempre obtido pelo ajuste de valores experimentais. A solução da equação de difusão utilizada é uma das mais simples e parece ser a principal razão de seu emprego. Pode-se entender a difusividade como a facilidade com que a água é removida do material. Como a difusividade varia conforme mudam as condições de secagem (temperatura e velocidade do ar), ela não é intrínseca ao material. Assim, convencionou-se chamá-la de difusividade efetiva. (OLIVEIRA et al, 2006)

Sendo assim, o presente trabalho teve por objetivo realizar a cinética de secagem da raiz da Flor de Lotus (*Nelumbo nucifera*) em diferentes temperaturas (50, 60 e 70 °C), ajustar modelos matemáticos aos dados obtidos, de forma a determinar as melhores condições de secagem e o modelo mais adequado para a representação do processo desenvolvido e então calcular a difusividade efetiva em cada temperatura.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Obtenção e Preparação da Matéria Prima

As raízes da *Nelumbo nucifera* foram adquiridas no comércio da cidade de São Paulo – SP.

O presente estudo foi realizado no Laboratório de Análises Tecnológicas (LATEC), pertencente a Faculdade de Engenharia

(FAEN) localizado no campus II da Universidade Federal da Grande Dourados. As raízes foram lavadas manualmente com água corrente e em seguida retirado o excesso de água na superfície como auxílio de papel toalha. Logo a seguir, foram submetidas ao corte transversal, com espessura de aproximadamente 5,0 cm. As raízes foram pesadas e dispostas em vidros de relógios e em seguida distribuídas nas bandejas para o processo de secagem.

2.2. Umidade

Para a determinação da umidade inicial da raiz da flor de lotus empregou-se a metodologia de secagem direta em estufa a 105 °C conforme o método do Instituto Adolfo Lutz. Foram pesadas de 2 a 10 g das amostras em cápsula de porcelana, previamente tarada. As amostras foram aquecidas durante 3 horas e resfriadas em dessecador até temperatura ambiente, estas foram pesadas, conseqüentemente o processo de aquecimento e resfriamento foi repedito até o peso constante (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

2.3. Secagem

Para determinação das curvas de secagem empregou-se um secador convectivo de bandeja, com fluxo de ar vertical e entrada superior. O processo de secagem foi realizado com uma velocidade do ar constante de aproximadamente 2 m.s^{-1} , nas temperaturas de 50 °C, 60 °C e 70 °C ± 2 °C. Para quantificar o teor de água removido, e determinar os pontos das curvas de secagem as amostras foram pesadas em intervalos de 10 min. nas duas primeiras horas, de 20 min. na terceira hora, de 30 min. na quarta hora e, após, de hora em hora, até obter peso constante, atingindo-se a umidade de

equilíbrio. Posteriormente, deixou-se a amostra por 24 horas no secador para a obtenção do peso final da amostra seca.

2.4. Modelagem Matemática

Os modelos matemáticos ajustados aos dados experimentais estão dispostos na Tabela 1, onde estão relacionados o adimensional de umidade pelo tempo de secagem.

A difusividade efetiva (Def) da água no interior do produto foi determinada a partir da Segunda Lei de Fick (Equação 14), e solução analítica de Crank (1975) com aproximação para placa plana, sendo a equação truncada no primeiro termo, com valores constantes para a espessura, assim como para as temperaturas e para a umidade inicial e de equilíbrio, desconsiderando a contração volumétrica da amostra

Tabela 1. Modelos utilizados para descrever a cinética de secagem.

Modelos Matemáticos	Equações	Referências
1. (1) Page	$y = \exp(-kt^n)$	Page (1948)
1. (2) Midilli	$y = a \exp(-kt^n) + bt$	Midilli, et al. (2002)
1. (3) Newton	$y = \exp(kt)$	Ayensy (1997)
1. (4) Exponenciais dois termos	$y = a \exp(-kt) + b \exp(-k_1 t)$	Akpinar (2006)

1. (5) Verna	$y = a \exp(-kt) + (1 - a) \exp(-k_1 t)$	Verna et al. (1985)
1. (6) Henderson e Pabis Modificado	$y = a \exp(-kt) + b \exp(-k_0 t) + c \exp(-k_1 t)$	Reis et al. (2011)
1. (7) Logaritmo	$y = a \exp(-kt) + c$	Kaleta, Górnicki (2010)
1. (8) Dois termos	$y = a \exp(-kt) + b \exp(-qt)$	Toğrul, Pehlivan (2002)
1. (9) Aproximação da difusão	$y = a \exp(-kt) + (1 - a) \exp(kbt)$	Corrêa et al. (2010)
1. (10) Cavalcanti e Mata 2. (11) Henderson e Pabis 3. (12) Lewis 4. (13) Wang Singh	$y = a_1 \exp(-(bt)^{a_2}) + a_3 \exp(-(bt)^{a_4}) + a_5$ $y = a \exp(-kt)$ $y = \exp(-kt)$ $y = 1 + at + bt^2$	Pê et al. (2016) Akpinar (2006) Reis et al. (2011) Kaleta, Górnicki (2010)
1. (14) Segunda lei de Fick	$y = \frac{X - X_e}{X_0 - X_e} = \frac{8}{\pi^2} \exp(-Def(\frac{\pi}{L})^2 t)$	Geankoplis (1998)

Onde:

y - razão de umidade do produto, adimensional;

t - tempo de secagem, min;

k, k₀, k₁, - coeficientes de secagem, min⁻¹;

a, a₁, a₂, a₃, a₄, a₅, b, c, n - constantes dos modelos, adimensional;

L - espessura, mm;

Def - coeficiente de difusão efetivo, cm² min⁻¹;

X - teor de umidade do produto, gH₂O/g sólido seco;

X₀ - teor de umidade inicial do produto, gH₂O/g sólido seco;

X_e - teor de umidade de equilíbrio do produto, gH₂O/g sólido seco.

Como critério de seleção, para o modelo que melhor representou o processo de secagem utilizou-se, além do coeficiente de determinação (R²), o erro quadrático médio (MSE) (Wilks 2006). O MSE é uma medida estatística padrão, o qual pode ser utilizado para definir o modelo de previsão mais preciso, quanto mais próximo de zero, mais preciso será o modelo ajustado.

(15) Erro quadrático médio	$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t - F_t)^2$	Wilks (2006)
----------------------------	--	--------------

Onde:

Y_t = valores preditos pelo modelo matemático;

F_t = valores obtidos experimentalmente;

n = número de observações ao longo do experimento

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta as curvas de secagem da raiz da flor de lótus em diferentes temperaturas. Como esperado, o tempo de secagem decresceu com o aumento da temperatura, sendo que para as temperaturas de 50 e 60 °C o período de secagem foi de 540 minutos e para a temperatura de 70 °C esse tempo decresceu para 480 minutos. Tais resultados estão de acordo com os estudos realizados para a secagem de diversos produtos alimentícios (Madamba et al., 1996; Davidson et al., 2004; Mohapatra & Rao, 2005). Através da secagem em estufa conforme a metodologia do Instituto Adolfo Lutz a umidade inicial da raiz foi avaliada em 88,61 g.100g⁻¹. Pelo processo de desidratação a umidade inicial das amostras no processo de secagem variou entre 5,3 a 5,7 (g_{H2O}.g_{ss}⁻¹) onde as amostras secas obtiveram índices de umidade final de 0,02 (g_{H2O}.g_{ss}⁻¹).

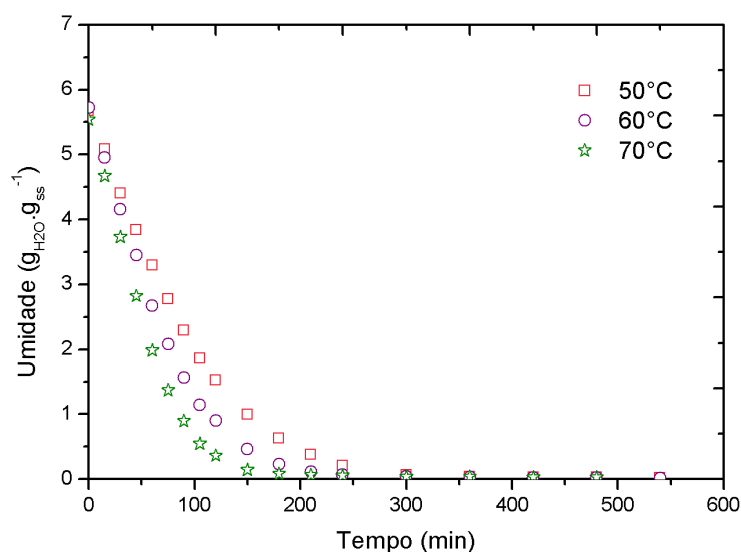
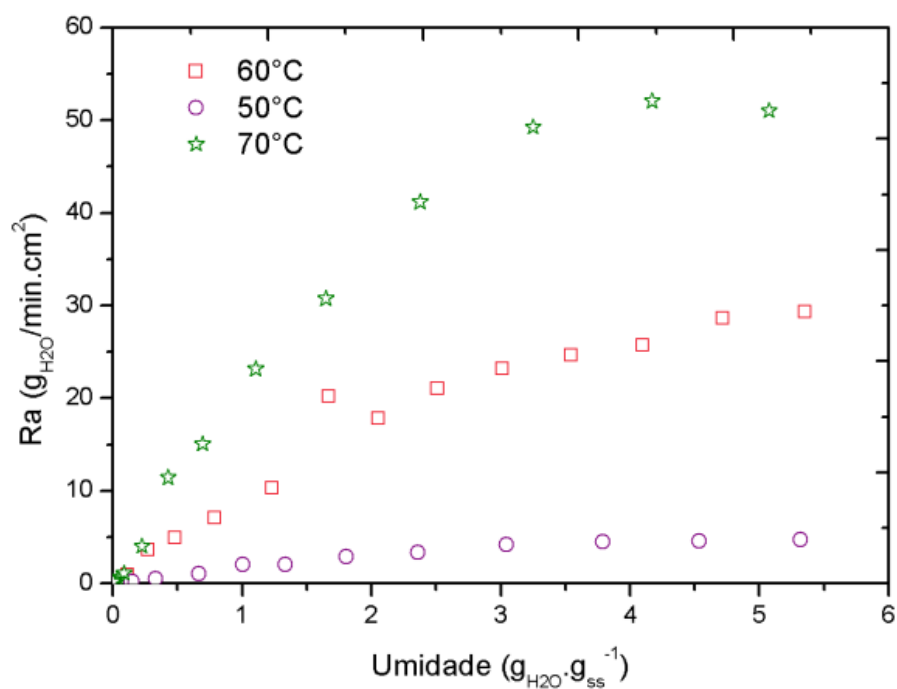


Figura 1 Curva de secagem da Raiz da Flor de Lótus

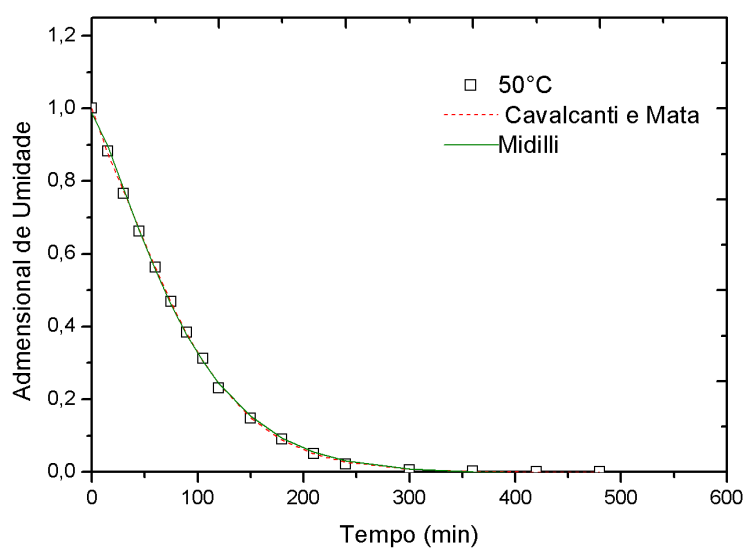
Para análise da influência de temperatura no processo onde podemos observar o perfil de velocidade de secagem em relação ao tempo, o qual é obtido através da derivação dos dados de umidade em relação ao tempo. Pode-se observar que no início do processo a extração de umidade foi consideravelmente mais elevada quando comparada a etapa final do processo, isso ocorre devido a temperatura elevada associada diretamente a transferência de massa, influenciando assim o processo de remoção de água.

A Figura 2 corresponde a taxa de secagem pela umidade, em que nota-se um período de taxa constante, característica de processo convectivo em que a quantidade de água disponível no interior do sólido é grande, fazendo com que o movimento de água em seu interior ocorra com velocidade suficiente para manter as condições de saturação na superfície. Dessa forma, a transferência de umidade ocorre como se fosse a evaporação de uma massa líquida, sem haver influência direta do sólido na taxa de secagem. O término deste período ocorre quando a migração de água do interior para a superfície não consegue compensar a taxa de evaporação da água superficial (Lopes, 2013).

As três temperaturas trabalhadas obtiveram uma pequena taxa convectiva seguida de uma taxa decrescente predominante, o qual é característico da difusão molecular interna, sendo então a difusão o mecanismo físico principal de remoção de umidade das amostras assemelhando-se aos estudos de Kaya, Aydim & Kolauli (2010) para secagem do kiwi.



As Figuras 3, 4, e 5 a seguir, representam os modelos matemáticos ajustados aos dados experimentais obtidos a partir da secagem da raiz da flor de lótus para as três temperaturas trabalhadas. A partir da análise estatística foram selecionados os modelos matemáticos Cavalcanti e Mata e Midilli como sendo os que apresentaram os melhores ajustes.



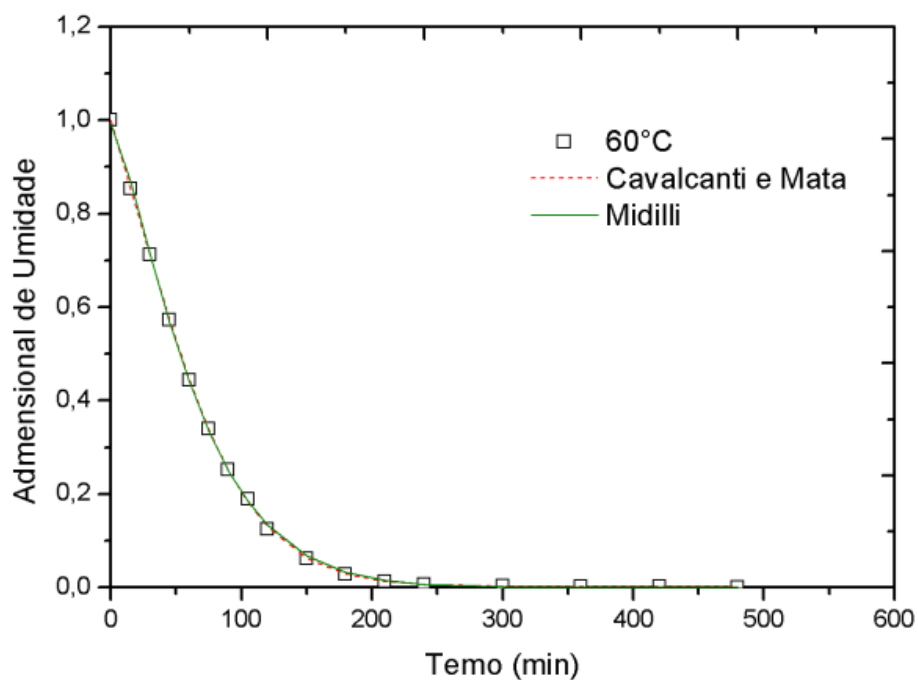


Figura 4. Modelo de Cavalcanti e Mata e Midilli ajustado aos dados experimentais da secagem da raiz da flor de lótus para a temperatura de 60 °C

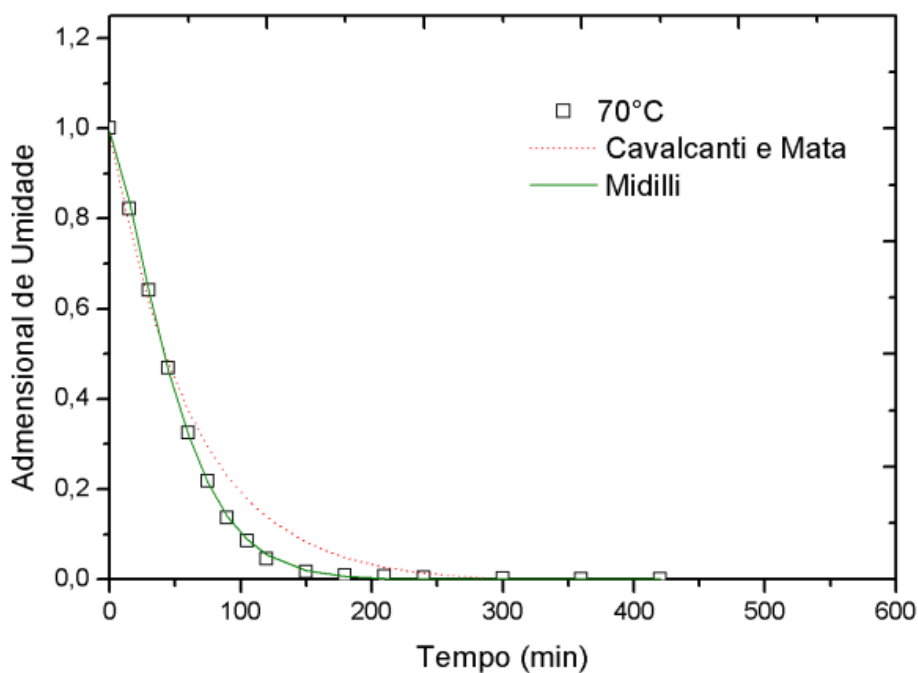


Figura 5. Modelo de Cavalcanti e Mata e Midilli ajustado aos dados experimentais da secagem da raiz da flor de lótus para a temperatura de 70 °C

Os parâmetros estatísticos utilizados para a escolha dos melhores modelos matemáticos para a cinética de secagem da raiz da flor de lótus estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Métodos de avaliação dos ajustes dos modelos aplicados aos dados experimentais.

Modelos matemáticos	R ² (decimal)			MSE (decimal)	
	50°C	60°C	70°C	50°C	60°C
Page	0,9991	0,9996	0,9996	0,00009	0,0000
Midilli	0,9992	0,9996	0,9996	0,00007	0,0000
Newton	0,9885	0,9884	0,9854	0,00124	0,0010
Logaritmo	0,9932	0,9919	0,9888	0,00064	0,0000
Verna	0,9939	0,9954	0,9952	0,00057	0,0000

⚠ Esta tabela possui muitas colunas e foi cortada para impressão. Para visualizá-la completa, acesse o artigo original em: <https://revistatopicos.com.br/artigos/analise-e-descricao-matematica-da-cinetica-de-secagem-da-raiz-da-flor-de-lotus-nelumbo-nucifera?noblockage>

Somente o coeficiente de determinação (R^2) não fornece parâmetro adequado para a escolha de modelos não lineares para representação do fenômeno de secagem, sendo necessário avaliar os valores obtidos pelo erro quadrático médio (MSE), os quais devem ser próximos a zero, isso para que o modelo seja preciso. Então, certificou-se que apenas os modelos de Cavalcanti e Mata, Page e Midilli melhor se englobaram nestes critérios e foram considerados modelos de alta precisão nas três temperaturas observadas.

Dentre os 14 modelos matemáticos avaliados, a equação de Cavalcanti e Mata (Pê et al. 2016) foi a que melhor se ajustou aos dados observados de razão de umidade, seguido pelo modelo de Midilli (Midilli, et al. 2002). Os valores do erro quadrático médio (MSE) avaliados para os 14 modelos estudados variaram de 0,000005 a

0,02085, este valor variou entre 0,000005 a 0,00003 para o modelo de Cavalcanti e Mata (Pê et al. 2016), nas diferentes condições experimentais. Em relação ao coeficiente de determinação (R^2), a equação apresentou valores elevados de maneira geral, estando para maioria dos tratamentos acima de 98%, o que segundo (Madamba et al. 1996) significa um bom ajuste dos modelos para secagem.

A Tabela 3 apresenta os valores dos parâmetros obtidos em cada modelo matemático para as três temperaturas avaliadas.

Tabela 3 Parâmetros dos modelos estabelecidos no presente trabalho.

Modelos Matemáticos		Parâmetros			
Cavalcanti e Mata	T (°C)	a1	a2	a3	a4
	50	0,09552	0,06799	0,93728	1,388
	60	0,07834	2,6E-08	0,94921	1,397
	70	-0,0245	2,51088	1,01706	1,376
HP	T (°C)	k	a	b	c

⚠ Esta tabela possui muitas colunas e foi cortada para impressão. Para visualizá-la completa, acesse o artigo original em: <https://revistatopicos.com.br/artigos/analise-e-descricao-matematica-da-cinetica-de-secagem-da-raiz-da-flor-de-lotus-nelumbo-nucifera?noblockage>

A Tabela 4 apresenta resultados referentes aos valores dos coeficientes difusivos ($Deff$) encontrados através da Segunda Lei de

Fick (Equação 14), estes então associada a solução simplificada de placa infinita.

Tabela 4. Coeficiente difusivo (Def)

Temperatura (°C)	Def (m ² .s ⁻¹)
50°C	0,1653.10 ⁻⁸
60°C	0,1877.10 ⁻⁸
70°C	0,2010.10 ⁻⁸

Constata-se que a constante de secagem é diretamente proporcional ao aumento da temperatura aplicados nas amostras e, assim, equivalentemente, o coeficiente de difusividade efetivo para a temperatura de 70 °C é maior quando comparado as temperaturas de 50 e 60 °C. A relação da difusividade mássica com a temperatura se assemelha aos valores obtidos por vários autores, tais concluem que a difusividade efetiva aumenta de acordo com aumento da temperatura (Silva et al, 2012; Reis et al, 2018; Munhoz et al, 2014; Almeida et al, 2009).

O modelo de Cavalcanti e Mata vem fornecendo resultados interessantes e com bom empenho em trabalhos publicados por (Silva, 2012) para secagem de grão de guandu e (Silva, 2014) para polpa de caqui.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desempenho das curvas do adimensional de umidade e da taxa de secagem encontradas no presente trabalho, foram similares com a maioria das matérias primas orgânicas alimentícias.

Para que a raiz da flor de lótus atingisse o teor de umidade de 0,02, 0,01 e 0,02 ($\text{g}_{\text{H}_2\text{O}}\cdot\text{g}_{\text{ss}}^{-1}$) o período de secagem para as respectivas umidades foram de 540 minutos para as temperaturas de 50 e 60 °C e 480 min para a temperatura de 70 °C. O modelo matemático mais preciso e que proveu os melhores ajustes aos dados experimentais nas três temperaturas estudadas foi o de Cavalcanti e Mata. Com relação a difusividade efetiva avaliada esta variou de $1,65\cdot 10^{-7} \text{ m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ a $2,01\cdot 10^{-7} \text{ m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ sendo a constante de secagem diretamente proporcional ao aumento da temperatura do ar de secagem.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao PROGRAMA DE APOIO À PESQUISA 2026, EDITAL N° 10/2026, pelo apoio financeiro destinado à publicação deste artigo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Akpınar EK. (2006) **Mathematical modelling of thin layer drying process under open sun of some aromatic plants.** J of Food Eng, v.77, n. 4, p. 864–870.

Almeida, D.P.; Resende, O.; Costa, L.M.; mendes, U.C.; Sales, J.F. (2009). **Cinética de secagem do feijão adzuki (*Vigna angularis*).** Global Science and Technology, v.2, n.1, p.72-83. v. 36, n. 1, p. 165-170.

Ayensy, A. (1997). **Dehydration of food crops using a solar dryer with convective heat flow.** Solar Energy, 59, 121-126.

Borges, S. V.; Corrêa, J. L. G.; Mancini, M. C; Nascimento, C. A. (2008) **Secagem de fatias de abóboras (*Cucurbita moschata*, L.) por**

convecção natural e forçada. Food Science and Technology, v. 28, p. 245–251.

Corrêa PC, Oliveira GHH, Botelho FM, Goneli, ALD, Carvalho, FM. **Modelagem matemática e determinação das propriedades termodinâmicas do café (*Coffea arabica* L.) durante o processo de secagem.** Rev. Ceres. 2010; v.57(5): 1-7.

Crank, J. (1975). **The mathematics of diffusion.** 2.ed. Oxford: Clarendon Pres. p. 414.

Davidson, V. J.; Li, X.; Brown, R. B. **Forced-air drying of ginseng root: 1. Effects of air temperature on quality.** Journal of Food Engineering, Davis, v.63, n.4, p.361-367, 2004.

Dionello, R. G.; Berbert, P. A.; Carlesso, V. A.; Molina, M. A. B.; Pereira, R. C.; Viana, A. P. **Assessment of convective drying models for fresh and osmo-dehydrated pineapple rings.** Food Science and Technology, v. 29, n. 1, p. 232–240, mar. 2009.

Gao, J.; Yongqing, Z.; Luo, Y.; Turner, E. **Mild concentration of ethanol in combination with ascorbic acid inhibits browning and maintains quality of fresh-cut lotus root.** Postharvest Biology and Technology, v. 128, p. 169–177, 1 jun. 2017.

Geankoplis C. J. (1998). **Procesos de Transporte y operaciones unitarias.** p.614-615, 3 Ed, México, CDMX: Editora Continental.

IAL (INSTITUTO ADOLFO LUTZ). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos.** 4Ed. São Paulo: IAL; 2008

Kaleta A, Górnicki K. **Evaluation of drying models of apple (var. McIntosh) dried in a convective dryer.** Int. J of Food Sci. & Tech. 2010; v.45(5): 891–898.

Kaya, A., Aydim, O., & Kolauli, S. (2010). **Effect of different drying conditions on the vitamin C (ascorbic acid) content of Hayward kiwifruits (Actinidia deliciosa planch).** Food and Bioproducts Processing, 88, 165-73.

Li, S.; Lamikanra, O.; Luo, A.; Liu, Z.; Yang, J.; Li, X. **Effect of cooking on physicochemical properties and volatile compounds in lotus root (Nelumbo nucifera Gaertn).** Food Chemistry, v. 216, p. 316–323, 1 fev. 2017.

Lopes, F. J. (2013) **Estudo do fenômeno de encolhimento na secagem convectiva de abacaxi com aplicação de micro-ondas.** Campos dos Goytacazes: UENF [citado em 05 de novembro de 2019]

Madamba, P. S.; Driscoll, R. H.; Buckle, K. A. **Thin layer drying characteristics of garlic slices.** Journal of Food Engineering, Davis, v.29, n.1, p. 75-97, 1996.

Martins, P. C.; Porto, P. S. da S.; Pinto, L. A. de A. **Study of the physical and transport properties in the onion (Allium cepa L.) drying in thin layer.** Food Science and Technology, v. 24, n. 3, p. 319–326, set. 2004.

Midilli, A., Kucuk, H., & Yapar, Z. A. (2002). **A new model for single layer drying. Drying Technology,** 20, 1503-1513.

Mohapatra, D.; Rao, P. S. **A thin layer drying model of parboiled wheat.** Journal of Food Engineering, Davis, v.66, n.4, p.513-518, 2005.

Mukherjee, P. K.; Mukherjee, D.; Maji, A. K.; Rai, S.; Heinrich, M. **The sacred lotus (*Nelumbo nucifera*) – phytochemical and therapeutic profile.** Journal of Pharmacy and Pharmacology, v. 61, n. 4, p. 407–422, 1 abr. 2009.

Munhoz, C. L., Sanjinez-Argandoña, E. J., Campagnolli, R., & Macedo, M. L. R. (2014). **Drying of the kernel and fresh and osmotically dehydrated bocaiuva pulps.** Acta Scientiarum. Technology.

Oliveira, R.; Oliveira, W.; Park, K.; (2006) **Determinação da difusividade efetiva da raiz de chicória.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.26(1) n.1, p.181-189

Page, G. E. (1948). **Factors influencing the maximum of air drying shelled corn in thin layer.** Indiana: Purdue University.

Pan, Y.; Mao, Z.; Han, G.; Huang, J.; Zhang, Y.; Qu, L. **The anatomy of lotus fibers found in petioles of *Nelumbo nucifera*.** Aquatic Botany, v. 95, n. 2, p. 167–171, 1 ago. 2011.

Park, K. J.; Yado, M. K. M.; Brod, F. P. R. **Estudo de Secagem de Pêra Bartlett (*Pyrus sp.*) em Fatias.** Food Science and Technology, v. 21, n. 3, p. 288–292, dez. 2001.

Pê, P.R., Carneiro G.G., Pê F.R., Castro DS, Silva DRS, Marques, LF. **Secagem de polpa de caqui pelo método de camada de espuma.** Rev. HOLOS. 2016; 4: 77-85.

Reis DR, Brum FB, Soares EJ, Magalhães JR, Silva FS, Porto AG. (2018). **Drying kinetics of baru flours as function of temperature.** Rev. Bras. de Eng. Agríc. e Amb. 22(10): 713-719.

Reis, R. C., Barbosa, L. B., Lima, M. L., Reis, J. S., Devilla, I. A., & Ascheri, D. P. R. (2011). **Modelagem matemática da secagem da pimenta Cumari do Pará**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v. 15, n. 4, p. 347–353.

Silva LA, Mata MERC, Duarte, MEM, Almeida RD, Paulo FF. **Cinética da secagem de grãos de algaroba**. Rev. Bras. de Prod Agro. 2012.14: 535-542.

Silva, L. M. M., Souza, F. C., Souza, E. P., Mata, M.E. R. M. C., & Duarte, M. E. M. (2014) **Modelos de predição da cinética de secagem dos grãos de guandu**. Braz. J of Food Tech. 17 (4), 310-318.

Toğrul İT, Pehlivan D. **Mathematical modelling of solar drying of apricots in thin layers**. J of Food Eng. 2002; 55(3): 209–216.

Verna, L. R., Bucklin, R. A., Endan, J. B., & Wratten, F. T. (1985). **Effects of drying air parameters on rice drying models**. Transactions of the ASAE, v.28, p.296–301.

Wilks, D. S. (2006). **Statistical Methods in the Atmospheric Sciences. International Geophysics Series**. 2th Ed., USA, Academic Press, v.91, p.627.

¹ Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil.

² Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil.

³ Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)