

MODELAGEM MATEMÁTICA DA SECAGEM DAS SEMENTES DE MAMÃO

VINICIUS SOARES COSTA¹, DANIEL EMANUEL CABRAL DE OLIVEIRA²,
BRUNNO MACIEL COSTA SILVA³, VALDENICE BATISTA FERREIRA⁴

¹Graduando em Agronomia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, IF Goiano, *Campus* Iporá, GO, Brasil. (055 64) 98431-2126 E-mail: vinicius0409@hotmail.com

²Engenheiro Agrícola, Prof., Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, IF Goiano, *Campus* Iporá, GO, Brasil. (055 64) 99225-6136 E-mail: oliveira.d.e.c@gmail.com

³Graduando em Agronomia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, IF Goiano, *Campus* Iporá, GO, Brasil. (055 64) 99280-2515 E-mail: brunnocpa123@hotmail.com

⁴Graduanda em Agronomia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, IF Goiano, *Campus* Iporá, GO, Brasil. (055 77) 99871-8047 E-mail: valdenicebatista2015@gmail.com

Apresentado no
XLIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2020
23 a 25 de novembro de 2020 - Congresso On-line

RESUMO: O mamão (*Carica papaya* L.) é uma planta amplamente difundida em regiões de clima tropical, encontrando, no Brasil, condições favoráveis para a sua produção e exploração econômica. O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Fitotecnia do IF Goiano - *Campus* Iporá. As sementes foram submetidas à secagem em estufa com ventilação de ar forçada em três condições de temperatura: 50, 60 e 70 °C. A secagem prosseguiu até que as sementes atingiram teor de água de 0,12 (b.s.). A redução do teor de água ao longo da secagem foi acompanhada pelo método gravimétrico (perda de massa), conhecendo-se o teor de água inicial do produto até atingir o teor de água desejado. Os modelos matemáticos frequentemente utilizados para representação da secagem de produtos vegetais foram ajustados aos dados experimentais da secagem das sementes de mamão. Os modelos matemáticos foram ajustados por meio de análise de regressão não linear pelo método Gauss-Newton e para o grau de ajuste considerando a magnitude do coeficiente de determinação (R^2), do teste de qui-quadrado (χ^2), do erro médio estimado (SE). Dentre os testes testados o Midilli foi o teste que mais respondeu satisfatoriamente.

PALAVRAS-CHAVE: *Carica papaya* L.; Curva de secagem; modelo de secagem

MODELING THE DRYING OF PAPAYA SEEDS

ABSTRACT: Papaya (*Carica papaya* L.) is a plant that is widespread in tropical regions, finding favorable conditions in Brazil for its production and economic exploitation. The experiment was developed at the Fitotechnics Laboratory of the Federal Institute of Education, Science and Technology of Goiás - *Campus* Iporá. The seeds will be dried in an oven with forced air ventilation under three temperature conditions: 50, 60 and 70 °C. Drying will continue until the seeds reach a moisture content of 0.12 (db). The reduction of the moisture content during drying will be accompanied by the gravimetric method (loss of mass), knowing the initial moisture content of the product until reaching the desired moisture content. The mathematical models frequently used to represent the drying of plant products was adjusted to the experimental data of the drying of papaya seeds. The mathematical models was adjusted by means of non-linear regression analysis by the Gauss-Newton method and for the degree of adjustment considering the magnitude of the coefficient of determination (R^2), the chi-square test (χ^2), the relative mean error (P) and the standard

deviation of the estimate (SE). Among those tested, Midilli was the test that most responded satisfactorily.

KEYWORDS: *Carica papaya* L; Drying curve; Drying model

INTRODUÇÃO: A comercialização de sementes de mamão exige um conhecimento sobre o armazenamento e os processos de secagem. Visto que a secagem é o processo mais utilizado para reduzir os teores de água, ocorrendo a diminuição da atividade biológica, e as mudanças físicas, garantindo a qualidade e estabilidade final do produto (ARAÚJO et al. 2014).

O manejo incorreto no momento de secagem pode ocasionar perdas significativas no armazenamento ocasionando a deterioração das sementes, assim inviabilizando-as, a temperatura de secagem e logo a taxa de secagem tem efeito direto no tempo de armazenamento das mesmas (SILVA, VESPUCCI, DEVILLA, 2018).

Desta forma é necessário a obtenção e simulação de informações teóricas do comportamento das sementes durante a remoção de água. Para a simulação são utilizados modelos matemáticos que representem satisfatoriamente a perda de água durante a secagem. Os modelos matemáticos são aplicados de forma diferente. Na literatura, vários modelos foram propostos para analisar a secagem (CAMICIA et al., 2015).

Nesse contexto o presente projeto tem o objetivo a determinação e modelagem matemática das curvas de secagem das sementes de mamão.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Fitotecnia do If Goiano - Campus Iporá. Foram utilizadas sementes de mamão (*Carica papaya* L.) e os frutos adquiridos no comércio de Iporá, Goiás. As sementes foram extraídas e o teor de água inicial foi determinado em estufa a 105 ± 3 °C, durante 24 h (BRASIL, 2009). As sementes foram submetidas à secagem em estufa com ventilação de ar forçada em três condições de temperatura: 50, 60 e 70 °C. A secagem prosseguiu até que as sementes alcançaram o teor de água de 0,12 (b.s.).

A redução do teor de água ao longo da secagem foi acompanhada pelo método gravimétrico (perda de massa), conhecendo-se o teor de água inicial do produto até atingir o teor de água desejado. O acompanhamento da redução da massa durante a secagem foi realizado com auxílio de uma balança com resolução de 0,01 g. O teor de água de equilíbrio foi determinado colocando as amostras em estufas de circulação forçada para todas as temperaturas, realizando pesagens todos os dias no mesmo horário até que obteve pesos constantes (equilíbrio). Após obter o equilíbrio nas pesagens, realizou-se a determinação do teor de água, como foi descrito acima.

Para a determinação das razões de teor de água das sementes de mamão durante a secagem, foi utilizado a seguinte expressão:

$$RX = \frac{X - X_e}{X_i - X_e} \quad (1)$$

Em que: RX: razão de teor de água do produto, adimensional; X: teor de água do produto (b.s.); X_i : teor de água inicial do produto (b.s.); e X_e : teor de água de equilíbrio do produto (b.s.).

Os modelos matemáticos frequentemente utilizados para representação da secagem de produtos vegetais (Tabela 1) foram ajustados aos dados experimentais da secagem das sementes de mamão.

TABELA 1. Modelos matemáticos utilizados para prever a secagem de produtos vegetais.

Designação do modelo	Modelo	
$RX = 1 + a t + b t^2$	Wang e Sing	(2)
$RX = \exp(-k \cdot t^n)$	Page	(3)
$RX = \exp(-k \cdot t)$	Newton	(4)
$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t^n) + b \cdot t$	Midilli	(5)

Em que:

t: tempo de secagem, h;

k: constantes de secagem h^{-1} ; e

a, b, n: coeficientes dos modelos.

Os modelos matemáticos foram ajustados por meio de análise de regressão não linear pelo método Gauss-Newton e para o grau de ajuste considerando a magnitude do coeficiente de determinação (R^2), do teste de qui-quadrado (χ^2), do erro médio estimado (SE).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Para a comparação entre os modelos de secagem estão apresentados na Tabela 2, os valores de *Qui*-quadrado (χ^2), coeficiente de determinação (R^2 , %) e erro médio estimado (SE, decimal), dos modelos matemáticos analisados nas temperaturas de 50, 60, 70 °C.

Tabela 2. Teste de *Qui*-quadrado (χ^2), coeficiente de determinação (R^2 , %) e erro médio estimado (SE, decimal) para os modelos analisados, durante a secagem das sementes de de mamão (*Carica Papaya* L.).

Modelo	Temperatura (°C)					
	50 °C			60 °C		
	χ^2	R^2	SE	χ^2	R^2	SE
Wang e Singh	0,00021	99,81	0,0146	0,00097	99,14	0,0311
Page	0,00088	99,21	0,0296	0,00050	99,56	0,0223
Newton	0,00421	96,09	0,0649	0,00672	93,66	0,0820
Midilli	0,00017	99,86	0,0129	0,00012	99,91	0,0109
Modelo	Temperatura (°C)					
	70 °C					
	χ^2	R^2	SE			
Wang e Singh	0,00034	99,68	0,0185			
Page	0,00081	99,25	0,0284			
Newton	0,00663	93,43	0,0814			
Midilli	0,00009	99,93	0,0094			

Observando-se as diferentes temperaturas de secagem para as sementes de mamão, verificou-se nos modelos matemáticos ajustados aos dados experimentais, um valor de coeficientes de determinação (R^2) superior a 95% para os modelos Wang e Singh, Page e Midilli indicando, de acordo com Madamba et al. (1996), uma representação satisfatória do processo de secagem, onde o modelo Midilli foi ajustado, para as 3 temperaturas. Somente o modelo Newton para as temperaturas de 60 e 70 °C apresentou valor inferior aos 95%.

O coeficiente de determinação sozinho não constitui um bom parâmetro para a seleção de modelos não-lineares. Sendo assim utiliza-se os valores do erro médio estimado (SE) e *Qui*-quadrado. Analisando assim os valores obtidos, o modelo de Midilli apresentou os menores valores nos dois parâmetros. Obtendo os melhores ajustes aos dados experimentais

da secagem das sementes de mamão, indicando uma representação adequada da secagem. Sendo assim o teste de Midilli selecionado para representar a cinética da secagem (MADAMBA, et al., 1996).

A Figura 2 apresenta as curvas de secagem das sementes de mamão, experimentais e estimadas, pelo modelo de Midilli em função do tempo (Horas) de secagem para as temperaturas de, 50, 60 e 70 °C. Analisando os valores experimentais e estimados, verificou-se um ajuste satisfatório para a exposição da secagem das sementes de mamão.

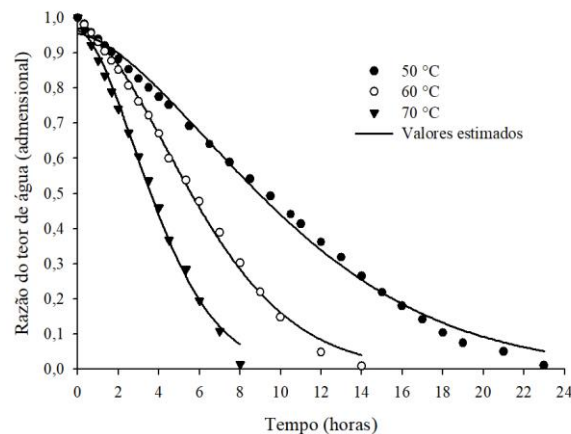


Figura 1. Razão de teor de água (RX, decimal) experimentais e estimados pelo modelo Midilli das sementes de mamão (*Carica papaya* L.) para diversas temperaturas de secagem ao longo do tempo.

CONCLUSÕES: O tempo necessário para a secagem das sementes de mamão para as temperaturas de 50, 60 e 70 °C foram de 23, 14, 8 h respectivamente.

O modelo matemático de Midilli foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais para representar a secagem das sementes de mamão.

REFERÊNCIAS:

ARAÚJO, W. D.; GONELI, A. L. D.; SOUZA, C. M. A.; GONÇALVES, A. A.; VILHASANTI, H. C. B. Propriedades físicas dos grãos de amendoim durante a secagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 3, p. 279–286, 2014.

BERBERT, P. A.; CARLESSO, V. de O.; SILVA, R. F. da.; ARAÚJO, E. F.; THIÉBAUT, J. T. L.; OLIVEIRA, M. T. R. de. Qualidade fisiológica de semente de mamão em função da Secagem e do armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 1, p. 40-48, 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNPV/CLAV p. 309, 315, 316. 2009.

CAMICIA, R. G. da M.; CHRIST, D.; COELHO, R. S. M.; CAMICIA, R. F. da M.; Modelagem do processo de secagem de sementes de Feijão-caupi. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 3, p. 206–214, 2015.

MADAMBA, P. S.; DRISCOLL, R. H.; BUCKLE, K. A. Thin layer drying characteristics of garlic slic-es. **Journal of Food Engineering**, v. 29, n.1, p. 75-97, 1996.

SILVA, D. D. A.; VESPUCCI, I. L.; DEVILLA, I. A. Modelagem matemática das curvas de secagem de sementes de maracujá 'BRS' pérola do cerrado. **Científic@ - Multidisciplinary Journal**, n. 2, v. 5, p. 99-107, 2018.