

CINÉTICA DE SECAGEM DE FOLHAS DE ABACATEIRO TIPO “QUINTAL”

SANDRIANE ARAÚJO BORGES¹, OSVALDO RESENDE², JAQUELINE FERREIRA VIEIRA BESSA³, DANIEL EMANUEL CABRAL DE OLIVEIRA⁴, JÁLISTON JÚLIO LOPES ALVES⁵

¹ Eng^a Agrícola, Mestranda, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Campus Rio Verde -GO, (0XX61) 99637-9567, sandrianearaujo@hotmail.com

² Eng^o Agrícola, Prof. Doutor, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Campus Rio Verde -GO

³ Eng^a Agrícola, Doutoranda, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Campus Rio Verde -GO

⁴ Eng^o Agrícola, Prof. Ph, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Campus Iporá- GO

⁵ Eng^o Agrônomo, Mestrando, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Campus Rio Verde -GO

Apresentado no
XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017
30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

RESUMO: Objetivou-se com o presente trabalho analisar a cinética de secagem das folhas do abacateiro tipo “Quintal” para diferentes temperaturas do ar de secagem e ajustar diferentes modelos matemáticos aos valores experimentais. Foram utilizadas as folhas de abacate coletadas com teor de água inicial de $2,31 \pm 0,05$ (decimal b.s) e submetidas a secagem em estufa de circulação forçada em diferentes temperaturas (40, 50, 60 e 70 °C) até atingirem o teor de água de $0,12 \pm 1,00$ (decimal b.s). Aos dados experimentais foram ajustados 11 modelos matemáticos, sendo o coeficiente de determinação (R^2), o erro médio relativo (P), o erro médio estimado e o teste do qui-quadrado (Xi^2) utilizados para escolha do modelo mais adequado para a representação das curvas de secagem. Dentre os modelos matemáticos analisados, Midilli foi o que melhor se ajustou aos dados das temperaturas de 40, 60 e 70 °C e o modelo Logarítmico foi selecionado para a temperatura de 50 °C.

PALAVRAS-CHAVE: Cinética de secagem, Logarítmico, Midilli.

MATHEMATICAL MODELS OF DRYING CURVES OF “QUINTAL” AVOCADO LEAVES

ABSTRACT: The objective of this work was to analyze the drying kinetics of the "Quintal" avocado leaves for different drying air temperatures and to adjust different mathematical models to the experimental values. The avocado leaves collected with an initial moisture content of 2.31 ± 0.05 (decimal b.s) were used in a forced circulation oven at four different temperatures (40, 50, 60 and 70 °C) until reaching the moisture content of 0.12 ± 1.00 (decimal b.s). To the experimental data were adjusted twelve mathematical models, where the coefficient of determination (R^2), the relative mean error (P), the estimated mean error and the chi-square test (Xi^2) were used to choose the most suitable model for the drying curves of the four temperatures. Among the mathematical models analyzed, Midilli was the one that best adjusted to the data of the temperatures of 40, 60 and 70 °C and the Logarithmic model was the one that better adjusted to the temperature of 50 °C.

KEYWORDS: Kinetics of drying, Logarithmic, Midilli.

INTRODUÇÃO: As folhas do abacateiro são utilizadas como uso medicinal popular na forma de chá tendo caráter diurético, auxiliando nos tratamentos caseiros para cálculo renal, infecção de urina, cólica de rim, pedra no rim ou vesícula (ALCANTARA et al., 2015), já o fruto serve como fonte de alimento, matéria-prima na indústria farmacêutica e produção de cosméticos (DUARTE, 2016). Para manter a qualidade das folhas e conservar as propriedades medicinais é necessário que seja promovida a secagem em condições adequadas e, posteriormente, o produto seja armazenado em local apropriado (GONELI et al. 2014). Cada produto possui as condições de secagem adequada às suas características, sendo necessário obter informações teóricas sobre o comportamento da saída da água por meio da secagem utilizando modelos matemáticos para descrever o processo (MARTINAZZO et al., 2010; REZENDE et al., 2008). Os modelos matemáticos fornecem informações e estimativas do tempo necessário para a redução do teor de água do produto em diferentes pontos da curva de secagem (ANDRADE et al., 2003; BERBERT et al., 1995). Desta maneira, o objetivo neste trabalho foi analisar a cinética de secagem das folhas do abacateiro tipo “Quintal” para diferentes temperaturas do ar de secagem e ajustar diferentes modelos matemáticos.

MATERIAL E MÉTODOS: O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Pós-colheita de Produtos Vegetais do Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde. As folhas avaliadas foram colhidas da variedade “Quintal”, por ser destaque no consumo *in natura* e facilmente encontrada em quintais de residências. As folhas foram colhidas durante o período matutino, levadas para secagem em bandejas, em quatro diferentes temperaturas: 40, 50, 60 e 70 °C em estufa de circulação de ar forçada e pesadas periodicamente. O teor de água inicial das folhas de abacateiro foi em média $2,31 \pm 0,05$ (decimal b.s), sendo que a secagem prosseguiu até que as folhas alcançassem o teor de água de $0,12 \pm 1,00$ (decimal b.s) em cada temperatura de secagem. Antes e após a secagem, foi determinado o teor de água pelo método da estufa recomendado pela Asae (2000), para forragens e folhas. Para determinar a razão de teor de água das folhas de abacateiro durante o processo de secagem, foi calculado o RX, utilizando-se a seguinte equação (MORAIS, 2013):

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

em que,

RX - razão de teor de água (adimensional);
X - teor de água médio no tempo, decimal bs;
Xe - teor de água de equilíbrio, decimal bs; e
Xi: teor de água inicial, decimal bs.

Aos dados experimentais de razão de teor de água, durante a secagem das folhas de abacateiro foram ajustados os modelos matemáticos, conforme utilizado por SILVA (2015). Para o ajuste foi utilizada análise de regressão não linear, pelo método Gaus-Newton, por meio do *software* STATISTICA 7.0. Os modelos foram selecionados considerando a magnitude do desvio padrão da estimativa (SE), coeficiente de determinação (R^2), do erro médio relativo (P) e do teste de qui-quadrado (χ^2).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: O tempo para as folhas de abacateiro tipo “Quintal” atingir o teor de água de equilíbrio foi de 25,25; 15,25; 8,75 e 4,5 h para as temperaturas de

40, 50, 60 e 70 °C, respectivamente. Conforme o aumento da temperatura de secagem o tempo para se alcançar o equilíbrio higroscópico decresceu. Nas Tabelas 1 e 2 são apresentados os parâmetros estatísticos usados para comparar os modelos testados para descrever a cinética de secagem das folhas de abacate tipo “Quintal”. O Modelo de Midilli foi o que melhor representou as curvas de secagem das temperaturas de 40, 60 e 70 °C, com coeficientes de determinação acima de 99,44%, qui-quadrado significativo (Tabela 2) e valor de erro médio relativo inferior a 10%. Para a temperatura de 50 °C o modelo de Logarítmico representou satisfatoriamente a curva de secagem, com coeficientes de determinação acima dos 98%, qui-quadrado significativo e erro médio relativo inferior a 10%. No processo de secagem de folhas ocorre rápida perda de água nas fases iniciais, sendo observada uma inclinação da curva mais acentuada, por isso o ajuste de modelo de Midilli é justificado aos dados experimentais obtidos nas temperaturas de 40, 60 e 70 °C (SILVA, 2015).

TABELA 1. Erro médio estimado (SE decimal), erro médio relativo (P %) e coeficientes de determinação (R² %) para os onze modelos analisados, durante a secagem de folhas de abacateiro em quatro condições de temperatura (°C)

	40 °C			50 °C		
	R ²	P	SE	R ²	P	SE
Exponencial Dois termos	90,42	25,89	0,10	97,65	19,47	0,05
Aproximação da difusão	98,80	6,83	0,03	98,38	10,86	0,04
Henderson & Pabis	93,32	20,89	0,08	97,67	24,04	0,05
Logarítmico	97,75	12,26	0,04	98,87	8,41	0,03
Newton	90,42	25,89	0,09	97,44	23,19	0,05
Wang e Singh	97,28	13,71	0,05	95,00	31,31	0,07
Thompson	95,16	15,88	0,07	97,63	19,23	0,05
Page	99,43	5,94	0,02	97,45	23,78	0,05
Dois termos	93,32	20,89	0,08	98,96	8,71	0,03
Midilli	99,75	2,67	0,01	99,38	10,88	0,03
Verma	98,80	6,83	0,18	98,38	10,86	0,04
	60 °C			70 °C		
	R ²	P	SE	R ²	P	SE
Exponencial Dois termos	89,73	35,25	0,11	91,46	35,04	0,11
Aproximação da difusão	94,47	27,99	0,09	97,66	18,80	0,06
Henderson & Pabis	92,28	28,94	0,10	93,24	31,00	0,10
Logarítmico	95,34	25,80	0,08	97,97	17,50	0,06
Newton	89,73	35,25	0,11	91,46	35,04	0,10
Wang e Singh	94,69	25,88	0,08	97,67	18,55	0,05
Thompson	89,73	35,25	0,11	91,46	35,05	0,11
Page	98,70	16,01	0,04	99,57	7,11	0,02
Dois termos	92,28	28,94	0,11	93,24	31,00	0,12
Midilli	99,44	5,47	0,03	99,65	5,36	0,02
Verma	94,47	27,99	0,09	97,66	18,80	0,06

TABELA 2. Valores para o teste de qui-quadrado (χ^2 , decimal) para os onze modelos analisados durante a secagem de folhas de abacateiro em quatro condições de temperatura (°C)

	Qui-quadrado (χ^2)			
	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C
Exponencial Dois termos	0,0101	0,0024	0,0135	0,0126
Aproximação da difusão	0,0013	0,0017	0,0081	0,0041
Henderson & Pabis	0,0070	0,0024	0,0102	0,0099
Logarítmico	0,0024	0,0012	0,0068	0,0036
Newton	0,0098	0,0025	0,0123	0,0108
Wang e Singh	0,0029	0,0051	0,0070	0,0034
Thompson	0,0051	0,0024	0,0135	0,0126
Page	0,0006	0,0026	0,0017	0,0006
Dois termos	0,0074	0,0012	0,0127	0,0149
Midilli	0,0024	0,0007	0,0009	0,0053
Verma	0,0335	0,0017	0,0081	0,0041

Significativo a 5% de significância.

CONCLUSÕES: Para os modelos matemáticos analisados, Midilli foi o que melhor se ajustou aos dados das temperaturas de 40, 60 e 70 °C e o modelo Logarítmico foi selecionado para representar a secagem das folhas do abacateiro na temperatura de 50 °C.

AGRADECIMENTOS: À Cooperativa Planta & Vida, ao IF Goiano, à CAPES, a FINEP e ao CNPq pelo apoio.

REFERÊNCIAS

- ALCANTARA, R.G.L.; JOAQUIM, R.H.V.T.; SAMPAIO, S.F. Plantas medicinais: o conhecimento e uso popular. **Revista de Atenção Primária à Saúde**, v.18, n.4, p.470-482, 2015.
- ANDRADE, E.T. et al. Cinética de secagem do café cereja, bóia e cereja desmucilado, em quatro diferentes tipos de terreiros. **Revista Brasileira de Armazenamento – Especial Café**, v.1, n.7, p.37-43, 2003.
- BERBERT, P.A. et al. Simulation of coffee drying in a fixed bed with periodic airflow reversal. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.60, n.3, p.167-173, 1995.
- DUARTE, P. F et al. Avocado: characteristics, health benefits and uses. **Ciência Rural**, v. 46, n. 4, p. 747-754, 2016.
- GONELI, A.L.D. et al. Modelagem matemática e difusividade efetiva de folhas de aroeira durante a secagem. **Pesquisa agropecuária tropical**, v.44, n.1, p.56-64, 2014.
- MARTINAZZO, A.P. et al. Modelagem matemática e parâmetros qualitativos da secagem de folhas de capim- limão *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf]. **Revista Brasileira de Plantas medicinais**, v.12, n.4, p.488-498, 2010.
- MORAIS, S.J.S. et al. Modelagem matemática das curvas de secagem e coeficiente de difusão de grãos de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). **Revista Ciência Agronômica**, v.44, n.3, p.455-463, 2013.
- REZENDE, O. et al. Modelagem matemática do processo de secagem de duas variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 17-26, 2008.
- SILVA, L.A. et al. Cinética de secagem e difusividade efetiva em folhas de jenipapo (*Genipa americana* L.). **Revista Brasileira de Plantas Medicinales**, v. 17, n. 4, p.953-963, 2015.