

EFEITO DA TEMPERATURA DO AR DE SECAGEM SOBRE A CONTRAÇÃO VOLUMÉTRICA DOS FRUTOS DE AMENDOIM

ANDRÉ LUÍS DUARTE GONELI¹, WILLIAN DIAS ARAÚJO², CESAR PEDRO HARTMANN FILHO³, ELTON APARECIDO SIQUEIRA MARTINS⁴, LIDIANE DAUZACKER GOMES⁵

¹ Eng. Agrônomo, Prof. Adjunto, UFGD / Dourados-MS, andregoneli@ufgd.edu.br

² Eng. Agrônomo, Mestre em Agronomia, UFGD / Dourados-MS, williandias@casadalavoura.agr.br

³ Eng. Agrônomo, Mestrando em Agronomia, UFGD / Dourados-MS, cphartmann21@hotmail.com

⁴ Eng. Agrícola, Mestrando em Engenharia Agrícola, UFGD / Dourados-MS, elton_asm@yahoo.com.br

⁵ Graduanda em Engenharia Agrícola, UFGD / Dourados-MS, lidianedauzacker_93@hotmail.com

Apresentado no
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014
27 a 31 de julho de 2014- Campo Grande- MS, Brasil

RESUMO: O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito da variação do teor de água e da temperatura do ar de secagem sobre a contração volumétrica unitária dos frutos de amendoim e ajustar diferentes modelos matemáticos aos valores experimentais. Os frutos apresentaram um teor de água inicial de aproximadamente 0,63 decimal b.s.. A secagem do produto foi realizada para diferentes condições controladas de temperatura (40, 50, 60 e 70 °C) para as respectivas umidades relativas (19, 12, 7 e 6%). A contração volumétrica unitária dos frutos foi determinada pela relação entre o volume em cada teor de água e o volume inicial. Para a determinação do volume, os frutos de amendoim foram considerados como esferóides triaxiais, pela medida dos eixos ortogonais comprimento (a), largura (b) e espessura (c). Com base nos resultados encontrados conclui-se que a redução do teor de água influencia na contração volumétrica unitária dos frutos de amendoim. O modelo polinomial de segundo grau foi o que melhor se ajustou os dados experimentais. Além disso, a redução volumétrica dos frutos de amendoim não é influenciada de forma significativa pelo aumento da temperatura do ar de secagem.

PALAVRAS-CHAVE: *Arachis hypogaea* L., teor de água, modelo polinomial

DRYING AIR TEMPERATURE EFFECT ON PEANUT KERNELS SHRINKAGE

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the effect of the moisture content variation and the drying air temperature on the peanut fruits shrinkage and to adjust different mathematical model to the experimental data. Peanut fruits with initial moisture content of 0,63 d.b. were used and the drying process was conducted under controlled environmental conditions of temperature (40, 50, 60 e 70 °C) and Relative Humidity (19, 12, 7 e 6%). The unitary fruits shrinkage was determined by the relationship between its volume for each moisture content and the initial volume. To volume determination, peanut fruits were considered triaxial spheroids, by measuring the orthogonal axes - length (a), width (b) and thickness (c). Based on the obtained results, it can be concluded that the moisture content reduction influences on the peanut fruits shrinkage. The polynomial model represented better the peanut fruits shrinkage experimental data. Besides that, the peanut fruits volume reduction is not influenced significantly by increasing of the drying air temperature.

KEYWORDS: *Arachis hypogaea* L., moisture content, polynomial model

INTRODUÇÃO: Uma das mudanças físicas mais importantes que ocorrem nos produtos agrícolas durante a secagem é a redução do seu volume. Segundo Resende et al. (2005), a redução do teor de água dos produtos agrícolas influencia diretamente as propriedades físicas, provocando redução no volume do produto, fenômeno este conhecido como contração volumétrica. Na literatura muitos autores relataram que apesar da importância da contração volumétrica, este fenômeno é muitas vezes negligenciado durante o desenvolvimento de modelos de secagem (BENNAMOUN e BELHAMRI,

2006; RAMOS et al., 2005). Normalmente, a compreensão das bases teóricas do processo de contração volumétrica envolve o conhecimento de complexas leis mecânicas e deformação de materiais. Devido a esta complexidade, a maioria dos pesquisadores utilizam modelos empíricos ou aproximações, no intuito de melhorar este complicado fenômeno em produtos de natureza biológica (MAYOR e SERENO, 2004). O entendimento dos fenômenos que envolvem a contração volumétrica de grãos ou frutos, durante o processo de secagem, é importante para estimar os níveis de tensão, que o produto é submetido, em função do gradiente de temperatura e umidade (OLIVEIRA et al., 2011). Considerando o exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes temperaturas de secagem sobre a contração volumétrica dos grãos de amendoim durante a secagem, bem como ajustar diferentes modelos matemáticos aos dados experimentais, em função do teor de água.

MATERIAL E MÉTODOS: Foram utilizados frutos de amendoim da cultivar IAC 505, do grupo vegetativo e comercial Runner, com teor de água inicial de aproximadamente 0,63 decimal b.s.. O teor de água dos frutos foram determinados pelo método gravimétrico em estufa, a 105 ± 1 °C, durante 24 h, em duas repetições (BRASIL, 2009). A secagem dos frutos de amendoim em camada delgada foi realizada para diferentes condições controladas de temperatura (40, 50, 60 e 70 °C), e respectivas umidades relativas (19, 12, 7 e 6%), em uma estufa com ventilação forçada, até que o produto atingisse o teor de água de equilíbrio. A contração volumétrica unitária (ψ) foi determinada pela relação entre o volume para cada teor de água e o volume inicial. O volume (V_g) de cada fruto de amendoim, considerados como esferóides triaxiais, foi obtido por meio da medição dos três eixos ortogonais, comprimento (a), largura (b) e espessura (c), como proposto por Mohsenin (1986), em dez frutos ao longo do processo de secagem, com auxílio de um paquímetro digital com resolução de 0,01 mm, de acordo com a seguinte expressão:

$$V_g = \frac{\pi (a b c)}{6} \quad (1)$$

Aos dados experimentais de contração volumétrica unitária foram ajustados os modelos matemáticos expressos pelas seguintes expressões (Tabela 1):

TABELA 1. Modelos utilizados para modelar a contração volumétrica dos frutos de amendoim.

Designação do modelo	modelo	
Bala e Woods modificado (1984)	$\psi = 1 - a_1 \{1 - \exp[-a_2 (X_0 - X)]\}$	(2)
Linear	$\psi = a_1 + a_2 \cdot X$	(3)
Exponential	$\psi = a_1 \cdot \exp(b \cdot X)$	(4)
Corrêa et al. (2004)	$\psi = 1 / [a_1 + b \cdot \exp(X)]$	(5)
Polinomial	$\psi = a_1 + a_2 \cdot X + a_3 \cdot X^2$	(6)
Rahman	$\psi = 1 + a_1 (X - X_0)$	(7)

ψ - contração volumétrica unitária, decimal; a_1, a_2, a_3 - parâmetros dependentes do produto; X - teor de água, decimal b.s.; e X_0 - teor de água inicial, decimal b.s..

Para o ajuste dos modelos, utilizados no estudo da contração volumétrica unitária dos frutos de amendoim, foi realizada análise de regressão não linear, com o auxílio do programa computacional STATISTICA 7.0[®]. Para análise do grau de ajuste de cada modelo utilizado, foram consideradas as magnitudes do coeficiente de determinação (R^2), do erro médio relativo (P), desvio padrão da estimativa (SE), e verificação do comportamento da distribuição dos resíduos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na Tabela 2, são apresentados os valores dos parâmetros utilizados no estudo da contração volumétrica unitária dos frutos de amendoim:

TABELA 2. Parâmetros estatísticos para os modelos de contração volumétrica unitária dos frutos de amendoim

Modelos	40°C				50°C			
	SE (decimal)	P (%)	R ² (decimal)	Resíduo	SE (decimal)	P (%)	R ² (decimal)	Resíduo
(2)	0,0095	0,7396	0,9657	T	0,0050	0,3598	0,9937	A
(3)	0,0092	0,7715	0,9682	T	0,0047	0,3500	0,9945	A
(4)	0,0099	0,8397	0,9629	T	0,0057	0,4399	0,9916	A
(5)	0,0142	1,1675	0,9243	T	0,0120	0,9927	0,9911	T
(6)	0,0073	0,4912	0,9837	A	0,0042	0,3161	0,9962	A
(7)	0,0087	0,7395	0,9657	T	0,0046	0,3597	0,9937	T

Modelos	60°C				70°C			
	SE (decimal)	P (%)	R ² (decimal)	Resíduo	SE (decimal)	P (%)	R ² (decimal)	Resíduo
(2)	0,0043	0,3482	0,9947	A	0,0135	1,0682	0,9507	T
(3)	0,0035	0,2988	0,9965	A	0,0105	0,8225	0,9703	T
(4)	0,0048	0,3938	0,9934	A	0,0119	0,9537	0,9614	T
(5)	0,0114	0,9582	0,9629	T	0,0186	1,5562	0,9055	T
(6)	0,0019	0,1318	0,9991	A	0,0019	0,1300	0,9992	A
(7)	0,0040	0,3480	0,9947	T	0,0125	1,0681	0,9507	T

A= aleatório, T= tendencioso.

Podemos observar na Tabela 2 que apesar de todos os modelos recomendados apresentarem valores reduzidos do desvio padrão da estimativa, do erro médio relativo, e elevados valores do coeficiente de determinação, apenas o modelo Polinomial de segundo grau apresentou distribuição aleatória dos resíduos, em todas as condições do ar de secagem. Dessa forma, o modelo Polinomial de segundo grau pode representar satisfatoriamente o fenômeno da contração volumétrica unitária dos frutos de amendoim, uma vez que, foi este modelo o único atender a todas as exigências necessárias que favorecesse a sua indicação. O mesmo modelo matemático também foi indicado por Goneli et al. (2011), quando na ocasião avaliava o comportamento da contração volumétrica unitária dos frutos de mamona.

Encontram-se na Tabela 3 os valores dos parâmetros pertencentes ao modelo Polinomial de segundo grau, utilizados no ajuste dos dados observados da contração volumétrica unitárias dos frutos de amendoim, juntamente com as temperaturas do ar de secagem em estudo (40, 50, 60 e 70 °C).

TABELA 3. Parâmetros do modelo polinomial de segundo grau para diferentes temperaturas de secagem, na contração volumétrica unitária dos frutos de amendoim.

Temperatura (°C)	a ₁	a ₂	a ₃
40	0,8573	0,3177	-0,1552
50	0,8209	0,3070	-0,0611
60	0,8258	0,2946	-0,0674
70	0,8252	0,4194	-0,2369

De acordo com a Tabela 3, observa-se que o parâmetro a₁ do modelo Polinomial de segundo grau foi o único a sofrer tendência definida em seus valores, ocorrendo redução gradativa em suas magnitudes com o acréscimo da temperatura do ar se secagem. Quanto aos parâmetros a₂ e a₃ do modelo Polinomial de segundo grau, verificou-se que ambos não sofreram influência do aumento da temperatura em suas magnitudes. Siqueira et al. (2012), observaram resultados semelhantes aos do presente estudo, onde não observaram a influência do aumento da temperatura sobre a tendência dos valores dos parâmetros a₂ e a₃ do modelo Polinomial de segundo grau, quando avaliaram o comportamento da contração volumétrica das sementes de pinhão-manso.

Na Figura 1, são apresentados os valores observados e estimados, pelo modelo Polinomial de segundo grau, da contração volumétrica unitária dos frutos de amendoim em função do teor de água.

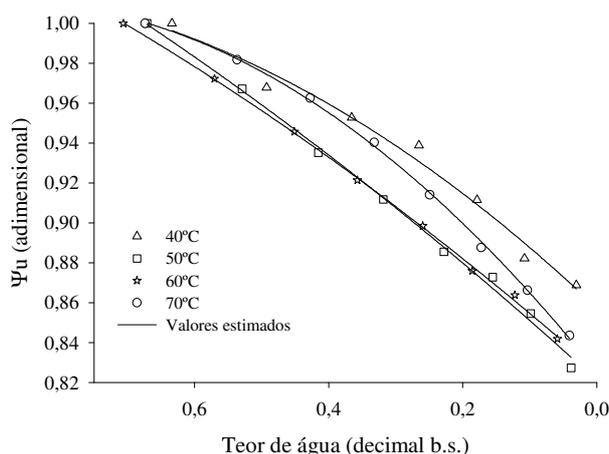


FIGURA 1. Valores observados e estimados, pelo modelo polinomial de segundo grau, da contração volumétrica unitária dos frutos de amendoim.

O aumento da temperatura do ar de secagem não influenciou de forma significativa a redução volumétrica dos frutos de amendoim, evidenciando que o encolhimento unitário do produto é influenciado praticamente pela variação do teor de água durante o processo de secagem (Figura 1). Comportamento semelhante também foi observado por Goneli et al. (2011) e Siqueira et al. (2012) avaliando a contração volumétrica unitária de frutos de mamona e pinhão manso, respectivamente.

CONCLUSÕES: Com base nos resultados obtidos, conclui-se que a redução do teor de água influencia na contração volumétrica unitária dos frutos de amendoim. O modelo Polinomial de segundo grau foi o que melhor representou a contração volumétrica dos frutos de amendoim, e a redução volumétrica dos frutos de amendoim não é influenciada de forma significativa pelo aumento da temperatura do ar de secagem.

AGRADECIMENTOS: À Capes e à Fundect, pelo apoio financeiro à pesquisa.

REFERÊNCIAS

- BENAMOUN, L.; BELHAMRI, A. Numerical simulation of drying under variable external conditions: Application to solar drying of seedless grapes. **Journal of Food Engineering**, v. 76, n. 2, p. 179-187, 2006.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, p. 395, 2009.
- GONELI, A. L. D.; CORRÊA, P. C.; MAGALHÃES, F. E. A.; BAPTESTINI, F. M. Contração volumétrica e forma dos frutos de mamona durante a secagem. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.33, p.1-8, 2011.
- MAYOR, L.; SERENO, A. M. Modelling shrinkage during convective drying of food materials: a review. **Journal of Food Engineering**, v. 61, n. 3, p. 373-386, 2004.
- MOSHENIN, N. N. **Physical properties of plant and animal materials**. New York: Gordon and Breach Publishers, p. 841, 1986
- OLIVEIRA, G. H. H.; CORRÊA, P. C.; BOTELHO, F. M.; GONELI, A. L. D.; JÚNIOR, P. C. A.; CAMPOS, S. C. Modeling of the shrinkage kinetics of coffee berries during drying. **Acta Scientiarum**. v. 33, n. 3, p. 423-428, 2011.
- RAMOS, I. N.; BRANDÃO, T. R. S.; SILVA, C. L. M. Integrated approach on solar drying, pilot convective drying and microstructural changes. **Journal of Food Engineering**, v. 67, n. 1-2, p. 195-203, 2005.
- RESENDE, O.; CORRÊA, P. C.; GONELI, A. L. D.; CECON, P. R. Forma, tamanho e contração volumétrica do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) durante a secagem. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 7, n. 1, p. 15-24, 2005.
- SIQUEIRA, V. C.; RESENDE, O.; CHAVES, T. H. Determination of the volumetric shrinkage in jatropha seeds during drying. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 34, p. 231-238, 2012.