

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

WILLIAN DIAS ARAÚJO¹, ANDRÉ LUÍS DUARTE GONELI², ELTON APARECIDO SIQUEIRA MARTINS³, CESAR PEDRO HARTMANN FILHO⁴, LIDIANE DAUZACKER GOMES⁵

¹ Eng. Agrônomo, Mestre em Agronomia, UFGD / Dourados-MS, williandias@casadalavoura.agr.br

² Eng. Agrônomo, Prof. Adjunto, UFGD / Dourados-MS, andregoneli@ufgd.edu.br

³ Eng. Agrícola, Mestrando em Engenharia Agrícola, UFGD / Dourados-MS, elton_asm@yahoo.com.br

⁴ Eng. Agrônomo, Mestrando em Agronomia, UFGD / Dourados-MS, cphartmann21@hotmail.com

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 grãos de amendoim e ajustar diferentes modelos matemáticos aos valores experimentais. Os grãos apresentaram um teor de água inicial de aproximadamente 0,59 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 grãos foi determinada pela relação entre o volume em cada teor de água e o volume inicial. Para a determinação do volume, os grãos 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 grãos de amendoim. O modelo polinomial de segundo grau foi o que melhor se ajustou os dados experimentais. Além disso, a redução volumétrica dos grãos de amendoim não é influenciada de forma significativa pelo aumento da temperatura do ar de secagem.

PALAVRAS-CHAVE: *Arachis hypogaea* L., modelo polinomial, secagem

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 kernels shrinkage and to adjust different mathematical model to the experimental data. Peanut kernels with initial moisture content of 0,59 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 kernels shrinkage was determined by the relationship of this volume with each moisture content and its initial volume. To volume determination, peanut kernels 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 kernels shrinkage. The polynomial model represented better the peanut kernels shrinkage experimental data. Besides that, the peanut kernels volume reduction is not influenced significantly by increasing of the drying air temperature.

KEYWORDS: *Arachis hypogaea* L., polynomial model, drying

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 grãos de amendoim da cultivar IAC 505, do grupo vegetativo e comercial Runner, com teor de água inicial de aproximadamente 0,59 decimal b.s. O teor de água dos grãos foram determinados pelo método gravimétrico em estufa, a 105 ± 1 °C, durante 24 h, em duas repetições (BRASIL, 2009). A secagem dos grãos 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 grão 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 grãos 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 grãos de amendoim.

Designação do modelo	modelo
Bala e Woods modificado (1984)	$\psi = 1 - a_1 \left\{ 1 - \exp \left[-a_2 (X - X_0) \right] \right\}$ (2)
Linear	$\psi = a_1 + a_2 \cdot X$ (3)
Exponential	$\psi = a_1 \cdot \exp(b \cdot X)$ (4)
Corrêa et al. (2004)	$\psi = 1 / \left[a_1 + b \cdot \exp(X) \right]$ (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 grãos 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 grãos de amendoim:

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

Modelos	40°C				50°C			
	SE (decimal)	P (%)	R ² (decimal)	Resíduo	SE (decimal)	P (%)	R ² (decimal)	Resíduo
(2)	0,0050	0,4535	0,9971	A	0,0059	0,4680	0,9971	A
(3)	0,0127	1,0382	0,9864	T	0,0119	1,1511	0,9886	T
(4)	0,0083	0,6619	0,9941	T	0,0077	0,7322	0,9952	T
(5)	0,0075	0,6960	0,9952	T	0,0105	0,8275	0,9911	T
(6)	0,0062	0,5255	0,9973	A	0,0059	0,4551	0,9977	A
(7)	0,0153	1,3462	0,9763	T	0,0121	1,1969	0,9858	T

Modelos	60°C				70°C			
	SE (decimal)	P (%)	R ² (decimal)	Resíduo	SE (decimal)	P (%)	R ² (decimal)	Resíduo
(2)	0,0092	0,6881	0,9925	A	0,0032	0,2627	0,9992	A
(3)	0,0099	0,7785	0,9913	A	0,0088	0,7177	0,9943	T
(4)	0,0088	0,7259	0,9931	A	0,0039	0,3389	0,9988	A
(5)	0,0152	1,3730	0,9795	T	0,0125	1,1987	0,9885	T
(6)	0,0099	0,7298	0,9930	A	0,0036	0,2773	0,9992	A
(7)	0,0109	0,7515	0,9874	A	0,0097	0,8704	0,9917	T

A= aleatório, T= tendencioso.

Como pode ser observado na Tabela 2, todos os modelos analisados apresentaram valores reduzidos do desvio padrão da estimativa e do erro médio relativo, onde destaca-se os modelos de Bala e Woods modificado (1984) e o Polinomial de segundo grau por apresentarem os menores valores do erro médio relativo. De acordo com a Tabela 2, os modelos de Bala e Woods modificado (1984) e Polinomial de segundo grau apresentaram os maiores valores do coeficiente de determinação, além disso, somente estes modelos apresentaram distribuição aleatória dos seus resíduos em todas as temperaturas estudada. No presente estudo, somente os modelos de Bala e Woods modificado (1984) e o Polinomial atenderam aos parâmetros pré-estabelecidos para a escolha do modelo capaz de representar satisfatoriamente o fenômeno da contração volumétrica unitária dos grãos de amendoim, durante a secagem. Por ser um modelo relativamente simples, principalmente quando comparado ao modelo de Bala e Woods modificado (1984), o modelo Polinomial de segundo grau foi o escolhido para representação do fenômeno em questão. Siqueira et al. (2012), trabalhando com sementes de pinhão-manso também encontraram resultados semelhantes, onde o modelo Polinomial de segundo grau foi o que melhor se ajustou aos dados observados.

Apresenta-se na Tabela 3, os parâmetros do modelo Polinomial de segundo grau (Equação 6) ajustados aos dados observados durante a contração volumétrica unitária dos grãos de amendoim, em todas as temperaturas do ar de secagem.

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

Temperatura (°C)	a ₁	a ₂	a ₃
40	0,7111	0,3091	0,3631
50	0,7077	0,3255	0,3533
60	0,7004	0,4147	0,1329
70	0,6823	0,4164	0,2784

Nota-se na Tabela 3 que, o aumento da temperatura do ar de secagem, apresentou influência sobre valores dos parâmetros a₁ e a₂ do modelo Polinomial de segundo grau, onde o parâmetro a₁ apresentou redução em suas magnitudes, enquanto o parâmetro a₂ apresentou elevação dos seus valores proporcionalmente ao aumento da temperatura. Quanto ao parâmetro a₃ observa-se que a variação da temperatura não exerceu influência definida sobre seus valores.

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

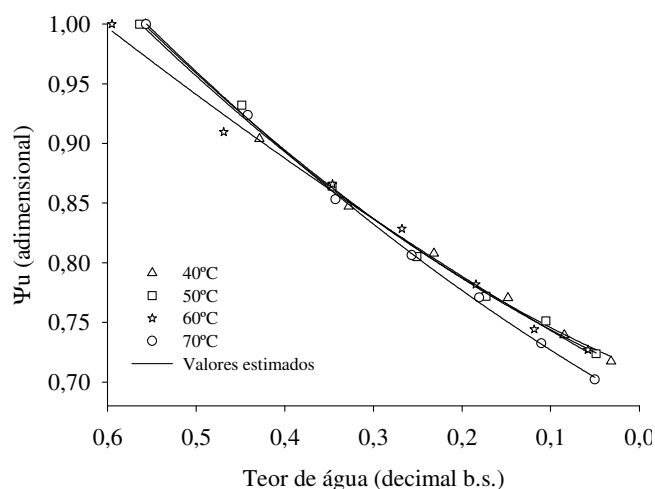


FIGURA 1. Valores observados e estimados, pelo modelo polinomial de segundo grau, da contração volumétrica unitária dos grãos de amendoim.

Observa-se na Figura 1 que os valores da contração volumétrica unitária dos grãos de amendoim decrescem com a redução do teor de água do produto, e o encolhimento volumétrico dos grãos é independente das condições da temperatura do ar de secagem. Comportamento semelhante foi observado por outros pesquisadores com diferentes produtos agrícolas (SIQUEIRA et al., 2012; e RESENDE et al., 2005).

CONCLUSÕES: Com base nos resultados obtidos, conclui-se que a redução do teor de água influencia na contração volumétrica unitária dos grãos de amendoim. O modelo Polinomial de segundo grau foi o que melhor representou a contração volumétrica dos grãos de amendoim, e a redução volumétrica dos grãos 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

- BALA, B. K.; WOODS, J. L. Simulation of deep bed malt drying. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 30, p. 235-244, 1984.
- 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.
- 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 jatropa seeds during drying. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 34, p. 231-238, 2012.