

INFLUÊNCIA DO TEOR DE ÁGUA NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DOS GRÃOS DE GIRASSOL SUBMETIDOS À COMPRESSÃO

THAÍS A. DE SOUZA SMANIOTTO¹, OSVALDO RESENDE², KELLY A. SOUZA³

¹Eng. Agrônoma, Doutoranda, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano-Câmpus Rio Verde, IFGoiano, Rio Verde-GO, Fone: (0xx65) 99837488, thais.souza.smaniotto@gmail.com.

²Eng. Agrícola, Prof Doutor, Lab. de Pós-Colheita de Produtos Vegetais, IFGoiano, Rio Verde-GO.

³Doutoranda, Lab. de Pós-Colheita de Produtos Vegetais, IFGoiano, Rio Verde-GO.

Apresentado no

XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015

13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro – SP, Brasil

RESUMO: Objetivou-se com o presente trabalho verificar a influência do teor de água nos valores da força de ruptura, força máxima de compressão para deformações pré-fixadas e determinar o módulo proporcional de deformidade de grãos de girassol submetidos à compressão, à velocidade de 0,002 m s⁻¹. Foram utilizados grãos de girassol, com teores de água de 30,0; 26,0; 22,0; 18,0; 14,0; 10,0; 6,0 (% b.u.), submetidos a esforços de compressão uniaxial entre duas placas paralelas, aplicada em sua posição natural de repouso. A partir dos resultados obtidos, conclui-se que a força necessária para romper os grãos de girassol aumentou à medida que diminuiu o teor de água, com valores entre 15,86 a 46,29 N. A força de compressão necessária para deformar o girassol diminuiu com o aumento do teor de água. O módulo proporcional de deformidade aumenta com a redução do teor de água, obtendo-se valores, para faixa de teor de água estudada, entre 0,92 x 10⁷ à 3,10 x10⁷ Pa.

PALAVRAS-CHAVE: Deformidade. Secagem. *Helianthus annuus*.

INFLUENCE OF MOISTURE CONTENT ON MECHANICAL PROPERTIES OF SUNFLOWER SEEDS SUBJECTED TO COMPRESSION

ABSTRACT: The objective of this study to assess the influence of moisture content on the values of tensile strength, maximum compression force to prefixed deformation and determine the proportional deformity modulus of sunflower seeds subjected to compression, speed 0,002 m s⁻¹. Sunflower seeds were used, with moisture content of 42.90; 35.0; 28.0; 22.0; 16.0; 11.0 and 8.0 (% d.b.), subjected to uniaxial compressive forces between two parallel plates, applied in its natural resting position. From the results obtained it was concluded that the force required to break the sunflower seeds increased as the moisture content decreased, ranging from 15.86 to 46.29 N. The compressive force required to deform the sunflower decreases with increasing moisture content. The proportional deformity modulus increases with the reduction of moisture content to give value for the moisture content range studied, ranged from 0.92 x 10⁷ to 3.10 x10⁷ Pa.

KEYWORDS: Deformity. Drying. *Helianthus annuus*.

INTRODUÇÃO: O conhecimento de todo o processo de produção para a obtenção de grãos com alta qualidade torna-se indispensável, uma vez que rachaduras e quebras ocorrem nos grãos se os esforços, aos quais são submetidos, excedem a força de resistência do material. Dessa forma, algumas características mecânicas têm sido estudadas para predição do comportamento dos grãos, em função do teor de água e da temperatura, quando submetidos a diferentes tipos de tensões (LIU et al.,1990). Durante o processo de colheita e pós-colheita, os grãos são submetidos a uma série de pressões estáticas de várias magnitudes e dinâmicas, como impacto de alta velocidade, causando escoriações, esmagamentos e trincas, aumentando a sua exposição à deterioração, durante o armazenamento (Bargale-Praveen et al., 1995). Diversos fatores afetam as propriedades mecânicas dos produtos agrícolas destacando-se, entre eles, a temperatura de secagem, o teor de água, o tipo de força, entre outros (Mohsenin, 1986). Diante o exposto, objetivou-se com o presente trabalho verificar a influência

do teor de água nos valores da força de ruptura, força máxima de compressão para deformações pré-fixadas e determinar o módulo proporcional de deformidade de grãos de girassol submetidos à compressão.

MATERIAL E MÉTODOS: Foram utilizados grãos de girassol da cultivar Olisun 3, colhidos com teor de água 30,0 (% b.u.), para obtenção dos demais teores de água utilizou-se uma estufa com ventilação forçada, mantida à temperatura de 40 °C. 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 final de 6,0 (% b.u.). O teor de água do produto foi determinado pelo método de estufa, a 105 ± 3 °C, durante 24 horas, em três repetições (Brasil, 2009). Para cada teor de água obtido (30,0; 26,0; 22,0; 18,0; 14,0; 10,0; 6,0 % b.u.) as amostras foram homogeneizadas e encaminhadas para o teste de compressão, à temperatura controlada. Os ensaios experimentais de compressão dos grãos, testados individualmente, foram realizados com uma máquina de ensaio universal de teste modelo “TA Hdi Texture Analyser”, utilizando uma célula de carga de 500 N. Os grãos foram submetidos à compressão uniaxial, entre duas placas paralelas, aplicada em sua posição natural de repouso, a uma taxa de aplicação de força de $0,002 \text{ m s}^{-1}$, em dez grãos de girassol. Após a obtenção das curvas de força vs deformação dos grãos foram extraídas a força e a deformação na ruptura que forneceram o “bioyield point”. Este ponto é definido como sendo a posição na curva em que ocorre um aumento da deformação do produto associado a uma diminuição da força de compressão (ASAE, 1974). Os dados da força de ruptura, deformação na ruptura, força máxima de compressão e módulo proporcional de deformidade do girassol foram representados em função do teor de água dos grãos. O experimento foi montado segundo o esquema fatorial 7 x 5 (7 teores de água e 5 deformações), no delineamento inteiramente casualizado, com dez repetições. Os dados foram analisados por meio de análise de variância e regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na Figura 1 estão apresentados os valores experimentais e estimados da força de ruptura em função do teor de água. Observa-se que a força necessária para romper o grão de girassol aumentou com a redução do teor de água. O mesmo foi constatado por Altuntas e Yildiz (2007) e Resende et al. (2013) trabalhando com feijão guandu e arroz, respectivamente. A força de ruptura variou entre 15,86 a 46,29 N para os teores de água 42,9 e 6,4 (b.s.), respectivamente. Tavakoli et al. (2009) relataram que a força necessária para romper grãos de soja variou entre 270,66 a 191,09 N para teores de água de 6,92 a 21,19 (%b.s.). Esses resultados mostram que a força é altamente dependente do teor de água dos grãos.

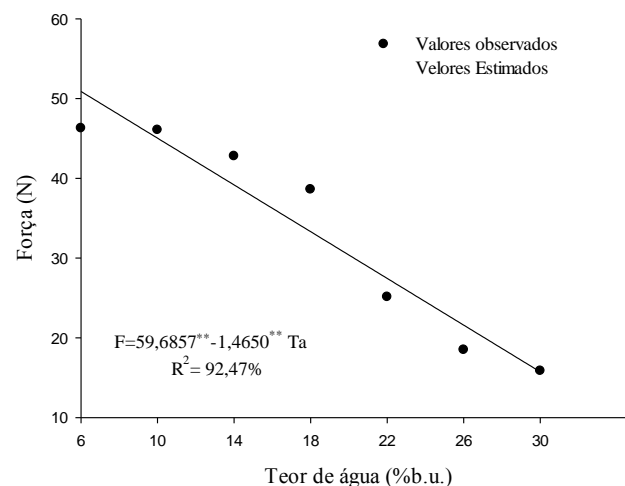


FIGURA 1. Valores experimentais e estimados da força de ruptura em função do teor de água dos grãos de girassol.

Na Figura 2 estão apresentados os valores experimentais da força máxima de ruptura e módulo proporcional de deformidade em função do teor de água para as deformações 0,0004; 0,0008; 0,0012; 0,0016 e 0,0020 m. Verifica-se que a força de compressão necessária para romper o grão de girassol diminui com o aumento do teor de água. Resultados semelhantes foram encontrados por Ribeiro et al.

(2007) e Resende et al. (2007) para grãos de soja e feijão, respectivamente. A força média necessária para as diversas deformações em função do teor de água variou entre 44,88 e 15,46 N. Fernandes et al. (2014) trabalhando com grãos de trigo, encontraram valores entre 139,8 a 21,4 N para os teores de água variando entre 0,14 a 0,26 (b.s.). Desta forma, para teores de água mais elevados, o grão oferece menor resistência à compressão, aumentando proporcionalmente com a redução do teor de água. Essa tendência deve-se, provavelmente, à mudança gradual na integridade da matriz celular com a redução do teor de água (GUPTA; DAS, 2000).

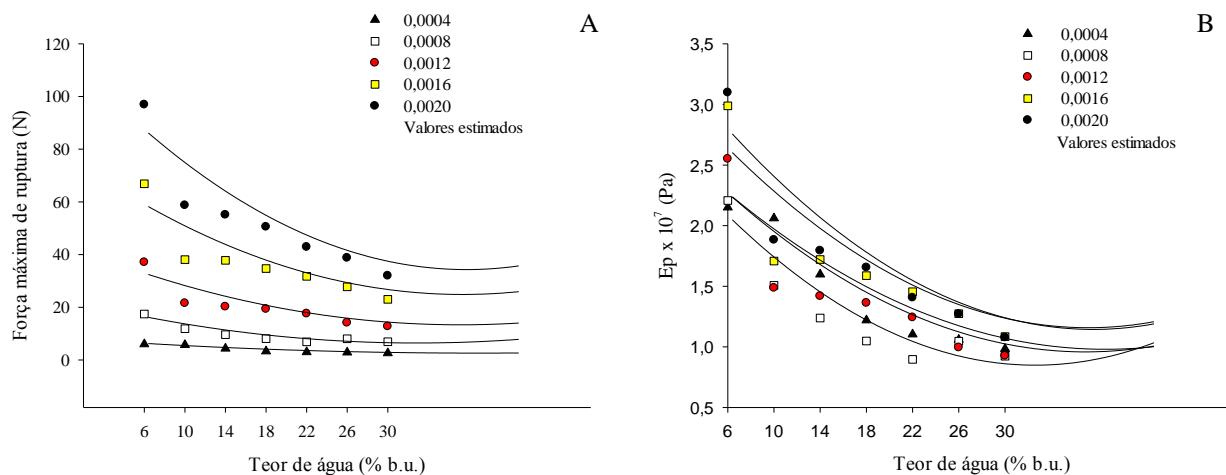


FIGURA 2. Valores experimentais da força máxima de ruptura e módulo proporcional de deformidade em função do teor de água para as deformações 0,0004; 0,0008; 0,0012; 0,0016 e 0,0020 m.

Ainda na Figura 2, nota-se que os valores do módulo proporcional de deformidade aumentam com a redução do teor de água. Os valores variam entre $0,92 \times 10^7$ à $3,10 \times 10^7$ Pa, resultados estes que corroboram com Ribeiro et al. (2007) para soja e Fernandes et al. (2014) para trigo que obtiveram os valores de $1,68 \times 10^7$ Pa a $5,2 \times 10^7$ e $8,9 \times 10^7$ a $51,2 \times 10^7$ Pa, respectivamente. Resende et al. (2007) verificaram que o módulo proporcional de deformidade para grãos de feijão para a faixa de teor de água 0,10 a 0,50 b.s. variou de $2,6 \times 10^7$ a $56,4 \times 10^7$ Pa. Segundo Batista et al. (2003), o valor elevado do módulo proporcional de deformidade significa que uma força maior deve ser aplicada ao produto para, então, se obter determinada deformação.

Na Tabela 1, estão apresentadas as equações quadráticas ajustadas para os valores da força máxima de ruptura em função do teor de água. Observa-se que as equações representaram satisfatoriamente o incremento da força máxima com a perda de água dos grãos de girassol em todas as deformações analisadas.

Tabela 1. Equações quadráticas ajustadas para os valores da força máxima de ruptura (Fmr) em função do teor de água.

Deformação m	Equação Quadrática	R ² (%)
0,0004	$Fmr=7,8148^{**}-0,2660^{**}Ta+0,0034^{*}Ta^2$	96,75
0,0008	$Fmr=21,4566^{**}-0,9112^{*}Ta+0,0138^{*}Ta^2$	91,78
0,0012	$Fmr=41,2605^{**}-1,5013^{ns}Ta+0,0202^{ns}Ta^2$	82,40
0,0016	$Fmr=73,4398^{**}-2,5986^{ns}Ta+0,0348^{ns}Ta^2$	80,43
0,0020	$Fmr=109,5037^{**}-3,9809^{*}Ta+0,0527^{ns}Ta^2$	86,61

**Significativo a 1% pelo teste t; *Significativo a 5% pelo teste t; ^{ns}não significativo.

Na Tabela 3, estão apresentadas as equações quadráticas ajustadas para os valores do módulo proporcional de deformidade em função do teor de água. Observa-se na que a regressão quadrática representou satisfatoriamente o módulo proporcional de deformidade em função do teor de água.

Tabela 3. Equações quadráticas ajustadas para os valores do módulo proporcional de deformidade em função do teor de água.

Deformação m	Equação Quadrática	R ² (%)
0,0004	Ep=2,7855**-0,0933**Ta+0,0012*Ta ²	96,80
0,0008	Ep=2,7058**-0,1139*Ta+0,0017*Ta ²	91,79
0,0012	Ep=2,8255**-0,1010 ^{ns} Ta+0,0014 ^{ns} Ta ²	81,55
0,0016	Ep=3,2656**-0,1133 ^{ns} Ta+0,0015 ^{ns} Ta ²	79,50
0,0020	Ep=3,4853**-0,1244*Ta+0,0017 ^{ns} Ta ²	86,06

**Significativo a 1% pelo teste t; *Significativo a 5% pelo teste t; ^{ns}não significativo.

CONCLUSÕES: A força necessária para romper os grãos de girassol aumentou à medida que diminuiu o teor de água, com valores entre 15,86 e 46,29 N e a deformação de ruptura variou entre 1,1 a 1,23 mm. A força de compressão necessária para deformar o girassol diminuiu com o aumento do teor de água, apresentando, para as diversas deformações, valores médios entre 44,88 e 15,46 N. O módulo proporcional de deformidade aumenta com a redução do teor de água, obtendo-se valores, para faixa de teor de água estudada, entre $0,92 \times 10^7$ e $3,10 \times 10^7$ Pa.

REFERÊNCIAS

- ALTUNTAS, E.; YILDIZ, M. Effect of moisture content on some physical and mechanical properties of faba bean (*Vicia faba* L.) grains. **Journal of Food Engineering**, v.78, n.1, pag.174-183, 2007.
- BARGALE-PRAVEEN, C.; IRUDAYARAJ, J.; MARQUIST, B. Studies on rheological behaviour of canola and wheat. **Journal Agricultural of Engineering Research**, v. 61, n. 2, p. 267-274, 1995.
- BATISTA, C. S.; COUTO, S. M.; CECON, P. R.; PEIXOTO, A. B. Efeito da temperatura do ar de secagem, do teor de umidade e do estágio de maturação no módulo de deformidade de frutos de café (*Coffea arabica* L.). **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa-MG, v. Especial café, n. 6, p. 42-53, 2003.
- FERNANDES, L.S.; CORRÊA, P.C.; DINIZ, M.D.M.S.; LEITE, D.M.; VASCONCELLOS, D.S.L. Influência do teor de água nas propriedades mecânicas dos grãos de trigo submetidos à compressão. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, supplement 1, p. 219-223, 2014.
- GUPTA, R. K.; DAS, S. K. Fracture resistance of sunflower seed and kernel to compressive loading. **Journal of Food Engineering**, Dublin, v. 46, n. 2, p. 1-8, 2000.
- LIU, M.; HAGHIGHI, K.; STROSHINE, R.L.; TING, E.C. Mechanical properties of soybean cotyledon and failure strength of soybean kernel. **Transactions of the ASAE**, St Joseph, v.33, n.2, p.559-65, 1990.
- MOHSENIN, N.N. **Physical properties of plant and animal materials**. New York: Gordon and Breach Publishers, 1986. 841p.
- RESENDE, O.; CORRÊA, P. C.; RIBEIRO, D. M.; NETO FIGUEIREDO, A. Comportamento mecânico dos grãos de feijão submetidos a compressão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande – PB, v. 11, n. 4, p. 404–409, 2007.
- RESENDE, O.; CORRÊA, P.C.; OLIVEIRA, G.H.H.; GONELI, A.L.D.; JARÉN, C. Mechanical properties of rough and dehulled rice during drying. **International Journal of Food Studies**. v.2, n.2 p.158-166.2013
- RIBEIRO, D.M.; CORRÊA, P.C.; FURTADO, B. F.; GONELI, A.L.D.; RESENDE, O. Propriedades mecânicas dos grãos de soja em função do teor de água. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 493-500, 2007.
- SEIFI, M.R.; ALIMARDANI, R. Comparison of moisture-dependent physical and mechanical properties of two varieties of corn (Sc 704 and Dc 370). **Australian Journal of agricultural Engineering**. v.1, n.5, p.170-178, 2010.
- TAVAKOLI H.; RAJABIPOUR A.; MOHTASEBI S.S. Moisture-Dependent Some Engineering Properties of Soybean Grains. **Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal**. Manuscript 1110. Vol. XI. 2009.