

ESFERICIDADE E CIRCULARIDADE DE GRÃOS DE FEIJÃO-CAUPI EM DIFERENTES TEORES DE ÁGUA

F. H. F. Gomes¹, L. C. Lopes Filho², D. E. C. Oliveira³, O. Resende⁴, F. R. Cabral Filho⁵,
G. S. Vieira⁶

RESUMO: Objetivou-se, com este trabalho determinar a esfericidade e circularidade de grãos de duas cultivares de feijão-caupi em diferentes teores de água. O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Pós-colheita de Produtos Vegetais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde (IF Goiano – Campus Rio Verde). Foram utilizados grãos de feijão-caupi de duas cultivares (Novaera e Tumucumaque). O teor de água inicial dos grãos foi determinado em estufa com ventilação de ar forçada mantida a 105 ± 1 °C até massa constante, em três repetições. A partir do teor de água inicial os grãos foram umidificados para obtenção de outros quatro níveis de teor de água (0,15; 0,18; 0,20 e 0,23 decimal b.s.). O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema fatorial 2 x 5, com quinze repetições, os fatores analisados foram duas cultivares (Novaera e Tumucumaque) com cinco teores de água (0,12; 0,15; 0,18; 0,20 e 0,23 decimal b.s.). Para a determinação da esfericidade e circularidade os grãos foram considerados como esferoides triaxiais escalenos, sendo medidas as dimensões características de 15 grãos por meio de um paquímetro digital com resolução de 0,01 mm. Foi observado diferença estatística entre as cultivares e teores de água para os parâmetros analisados em feijão-caupi. As cultivares de feijão-caupi Novaera e Tumucumaque possuem tamanhos diferentes, sendo que a cultivar Novaera possui valores superiores para os eixos ortogonais, circularidade e esfericidade. O teor de água influencia a dimensão maior eixo dos grãos de feijão-caupi.

PALAVRAS-CHAVE: Novaera, Tumucumaque, dimensões.

SPHERICITY AND ROUNDNESS OF COWPEA BEANS AT DIFFERENT WATER LEVELS

¹ Mestrando em Ciências Agrárias - Agronomia, Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, Rodovia Sul Goiana, Km 01, CEP: 75.901-170, Rio Verde – GO, e-mail: flaviohenriquefg@hotmail.com

² Mestrando em Ciências Agrárias - Agronomia, Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, e-mail: lopesfilholuizcesar@gmail.com

³ Eng. Agrícola, Prof. Dr. em Ciências Agrárias - Agronomia, IFGoiano – Campus Iporá, e-mail: oliveira.d.e.c@gmail.com

⁴ Eng. Agrícola, Prof. Dr. em Engenharia Agrícola, IFGoiano – Campus Rio Verde, e-mail: osvresende@yahoo.com.br

⁵ Graduando em Agronomia, IFGoiano – Campus Rio Verde, e-mail: fernandoecfilho10@gmail.com

⁶ Graduando em Agronomia, IFGoiano – Campus Rio Verde, e-mail: gustavovieira620@gmail.com

RESUMO: We aimed with this work to determine sphericity and roundness of two Cowpea cultivars at different water levels. The experiment was developed in the laboratory of post-harvested plant products of the Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde (IF Goiano – Campus Rio Verde). We used two cowpea cultivars (Novaera and Tumucumaque). The initial water content of the grains was determined in an oven with forced air ventilation kept at 105 ± 1 °c until constant mass in three replications. From the initial water content, the grains water level were increased for obtaining other four levels of water content (0.12; 0.15; 0.18; 0.20 and 0.23 decimal dry basis). We used the experimental design of random blocks, analysed into 2 x 5 factorial scheme, with fifteen replications, the factors analysed were two cultivars (Novaera and Tumucumaque) with five levels of water (0.12; 0.15; 0.18; 0.20 and 0.23 decimal dry basis). For the determination of sphericity and roundness of the grains, they were considered as scalene triaxial spheroids, being measured the dimensions of 15 grains with a digital calliper rule with a resolution of 0.01 mm. We observed statistical difference between the cultivars and water levels to the parameters analysed in cowpea beans. The Novaera and Tumucumaque cowpea cultivars have different sizes, and the Novaera cultivar has superior values for orthogonal axes, circularity and sphericity. The water content influences the larger axis dimension of the cowpea beans.

KEYWORDS: Novaera, Tumucumaque, dimensions.

INTRODUÇÃO

O feijão-caupi, feijão-de-corda ou feijão-fradinho (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma leguminosa cultivada no Brasil que possui relevante importância nas regiões Norte e Nordeste (ROCHA et al., 2009). Os alimentos vegetais mais ricos em proteínas são as leguminosas; quando cozidos, contêm 6% a 11% de proteína, carboidratos complexos (amido) e são ricos em fibra alimentar, vitaminas do complexo B, ferro, cálcio e outros minerais (BRASIL, 2008).

De acordo com levantamento realizado pela Conab (2017), a produção total para a safra 2015/2016 da cultura do feijão foi de 2.512,90 mil toneladas de grãos, sendo o feijão-caupi responsável por 362,50 mil toneladas de grãos, que representa 14,40% da produção total de feijão no Brasil.

Buscando a aceitação e preferência pelos consumidores, os produtores e comerciantes devem considerar os aspectos físicos dos grãos (CARBONELL, et al. 2010). O conhecimento

das propriedades físicas dos produtos agrícolas também é de extrema relevância para a adaptação de equipamentos já existentes visando obter maior rendimento nas operações de processamento (SILVA, 2008). Informações a respeito do tamanho (área superficial, área projetada e volume) e da forma (circularidade, esfericidade) de produtos vegetais, podem ser usados para determinar o limite inferior do tamanho dos transportadores, como esteira, elevador de canecas e transportador helicoidal (SIRISOMBOON et al., 2007).

O presente trabalho teve por objetivo determinar a forma e tamanho dos grãos de duas cultivares de feijão-caupi por meio da circularidade, esfericidade, área projetada, área superficial e volume em diferentes teores de água.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Pós-colheita de Produtos Vegetais do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde (IF Goiano – Campus Rio Verde). Foram utilizados grãos de feijão-caupi de duas cultivares (Novaera e Tumucumaque). O teor de água dos grãos foi determinado em estufa com ventilação de ar forçada mantida a 105 ± 3 °C por 24 horas, em três repetições (BRASIL, 2009).

A partir do teor de água inicial (0,12 decimal base seca, b.s.) os grãos foram umedecidos em câmara B.O.D. mantida na temperatura de 20 °C e umidade relativa de 70%. Os grãos adsorveram água sendo expostos a um ambiente com vapor d'água elevado, respeitando o princípio do equilíbrio higroscópico. Métodos de umedecimento foram utilizados por diversos pesquisadores para a determinação das propriedades físicas de produtos vegetais (ALTUNTAS; DEMIRTOLA, 2007; GARNAYAK et al., 2008; NIKOOBIN et al., 2009; DI LANARO et al., 2011). Para acompanhar o ganho de massa os grãos foram pesados em balança com resolução de 0,01 g até chegar ao teor de água desejado (0,15; 0,18; 0,20 e 0,23 decimal b.s.). A temperatura e umidade relativa do ar ambiente foram monitoradas por meio de um psicrômetro digital instalado no interior da B.O.D..

A forma e o tamanho dos grãos de feijão, considerados esferoides triaxiais escalenos, foram analisados pela esfericidade, circularidades, área superficial, área projetada e volume, a partir das medidas em quinze grãos das dimensões características, eixos ortogonais (Figura 1), obtidas por meio de um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm.

A esfericidade dos grãos de feijão foi determinada de acordo com a seguinte expressão descrita por Mohsenin (1986):

$$E_s = \left[\frac{(a \cdot b \cdot c)^{1/3}}{a} \right] \cdot 100 \quad (1)$$

Em que,

E_s : esfericidade, %;

a : maior eixo do grão, mm;

b : eixo médio do grão, mm;

c : menor eixo do grão, mm.

As circularidades do feijão foram determinadas para cada uma das três posições de projeção dos grãos apresentadas na Figura 2, e calculadas pela seguinte expressão:

$$C_r = \frac{d_i}{d_c} \cdot 100 \quad (2)$$

C_r : circularidade, %;

d_i : diâmetro do maior círculo inscrito, mm;

d_c : diâmetro do menor círculo circunscrito, mm.

O experimento foi montado em esquema fatorial, 2 x 5, tendo como fatores as diferentes cultivares (Novaera e Tumucumaque) e os teores de água (0,12; 0,15; 0,18; 0,20 e 0,23 decimal b.s.). Os dados foram submetidos à análise de variância, aplicando-se o teste F ao nível de 5% de significância. Foi realizada análise de regressão para os teores de água, enquanto que para às cultivares, as médias foram comparadas entre si pelo teste Tukey a 5% de significância, utilizando-se o programa estatístico SISVAR® (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferença em relação às cultivares (C) de feijão-caupi para todas as variáveis analisadas, exceto a circularidade segundo eixo médio (Cr_2). O teor de água influenciou a variável: maior eixo (a). Para a interação entre os fatores cultivar e teor de água não foi observado efeito para as variáveis analisadas (Tabela 1).

A cultivar Novaera obteve valores superiores para todas as variáveis analisadas em relação a cultivar Tumucumaque (Tabela 2). Para os eixos ortogonais (a , b e c) a cultivar Novaera foi superior 5,95; 10,68 e 7,83% do que a cultivar Tumucumaque, respectivamente

A cultivar Novaera obteve valores superiores para todas as variáveis analisadas em relação a cultivar Tumucumaque (Tabela 2). Para os eixos ortogonais (a , b e c) a cultivar

Novaera foi superior 5,95; 10,68 e 7,83% do que a cultivar Tumucumaque, respectivamente. Em estudos realizados por Araújo Neto et al. (2014), os grãos de feijão-caupi da cultivar Novaera foram classificados pela largura (eixo médio), sendo utilizadas peneiras número 17, 18, 19 e 20 com diâmetro de crivos de 6,74; 7,14; 7,54 e 7,94 mm, respectivamente. Carbonell et al. (2010), trabalhando com diferentes cultivares e linhagens de feijoeiro, classificaram os grãos em peneiras com furos oblongos número 10 (10/64" polegadas), 11 (11/64"), 12 (12/64"), 13 (13/64"), 14 (14/64") e 15 (15/64"), para a determinação da produção de grãos em cada peneira.

De acordo com a Tabela 3, as cultivares Novaera e Tumucumaque obtiveram os valores médios de 7,77 e 6,94 mm para o eixo médio (b), sendo os grãos classificados em peneiras circulares número 20 e 18, respectivamente, conforme também observado para o feijão-caupi por Araújo Neto et al. (2014).

Para a circularidade e a esfericidade, os valores da Cr_1 e Cr_3 e E_s da cultivar Novaera foram superiores 4,88; 2,71 e 2,32% em relação a cultivar Tumucumaque, respectivamente. Em estudos realizados por Davies e Zibokere (2011), houve diferença nos valores da área superficial, esfericidade e diâmetros geométricos para três cultivares de feijão-caupi.

Para o maior eixo (a) em função do teor de água houve um aumento linear de 5,12% com a variação de 0,12 a 0,23 decimal b.s. (Figura 3A). Di Lanaro et al. (2011), observaram variação das dimensões em função do teor de água em grãos de feijão fradinho, sendo que a maior variação ocorreu no maior eixo (comprimento). Davies e Zibokere (2011), estudando cultivares de feijão-caupi com diferentes teores de água, verificaram que as dimensões a, b e c dos grãos variaram em média, respectivamente, 28, 21 e 20%, para uma faixa de teor de água de 0,15 a 0,30 decimal b.s.

CONCLUSÕES

As cultivares de feijão-caupi Novaera e Tumucumaque possuem tamanhos diferentes, sendo que a cultivar Novaera possui valores superiores para os eixos ortogonais, circularidade e esfericidade.

O teor de água influencia a dimensão maior eixo dos grãos de feijão-caupi.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTUNTAS, E.; DEMIRTOLA, H. Effect of moisture content on physical properties of some grain legume seeds. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, v.35, n.4, p.423-433, 2007.

ARAÚJO NETO, A. C.; NUNES, E. T. C.; ROCJA, P. A.; AVILA, J. S.; MORAIS, O. M. Germinação e vigor de sementes de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) de diferentes tamanhos. *Revista Verde*, v.9, n.2, p.71 - 75, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Guia alimentar para a população brasileira: promovendo a alimentação saudável. Brasília, 2008. 210 p. Disponível em :<http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_alimentar_populacao_brasileira_2008.pdf> Acesso em: 07 de abril de 2017.

BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria de Defesa Agropecuária. Regras para Análise de Sementes. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 395p.

CARBONELL, S. A. M.; CHIRATO, A. F.; GONÇALVES, J. G. R.; PERINA, E. F.; CARVALHO, C. R. L. Tamanho de grão comercial em cultivares de feijoeiro. *Ciência Rural*, v.40, n.10, p.2067-2073, 2010.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Acompanhamento da safra brasileira de grãos, v. 4 Safra 2016/17 - Sexto levantamento, Brasília, p. 1-176 março 2017. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_03_14_15_28_33_boletim_graos_marco_2017bx.pdf> Acesso em: 07 de abril. 2017.

DAVIES, R.M.; ZIBOKERE, D.S. Effects of moisture content on some physical and mechanical properties of three varieties of cowpea (*vigna unguiculata* (L)walp). *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, v.13, n.1, p.1-8, 2011.

DI LANARO, N.; BRAJAY, L. G.; QUEIROZ, V. M. P.; PINTO, R. C. S.; LEITÃO, I. G. A.; LESSIO, B. C.; AUGUSTO, P. E. D. Determinação de propriedades físicas do feijão fradinho. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v.13, n.1, p.27-35, 2011.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

GARNAYAK, D. K.; PRADHAN, R. C.; NAIK, S. N.; BHATNAGAR, N. Moisture-dependent physical properties of *Jatropha* seed (*Jatropha curcas* L.). *Industrial Crops and Products*, v.27, n.1, p.123-129, 2008.

MOHSENIN, N.N. Physical properties of plant and animal materials. New York:

Gordon and Breach Publishers, 1986. 841p.

NIKOBIN, M.; MIRDAVARDOOST, F.; KASHANINEJAD, M.; SOLTANI, A. Moisture-dependent physical properties of chickpea seeds. Journal of Food Process Engineering, v.32, n.4, p.544-564, 2009.

ROCHA, M. M.; CARVALHO, K. J. M.; FREIRE FILHO, F. R.; LOPES, A. C. A.; GOMES, R. L. F.; SOUSA, I. S. Controle genético do comprimento do pedúnculo em feijão-caupi. Pesquisa agropecuária brasileira, v.44, n.3, p.270-275, 2009.

SILVA, J. S. Secagem e armazenagem de produtos agrícolas, Viçosa: Aprenda Fácil, 2008. 559p.

SIRISOMBOON, P.; KITCHAIYA, P.; PHOLPHO, T.; MAHUTTANYAVANITCH, W. Physical and mechanical properties of Jatropha curcas L. fruits, nuts and kernels. Biosystems Engineering, v.97, n.2, p.201-207, 2007.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para maior eixo (a), eixo médio (b), menor eixo (c), circularidades maior eixo (Cr₁), eixo médio (Cr₂), menor eixo (Cr₃) e esfericidade (E_s) de grãos de duas cultivares de feijão-caupi em diferentes teores de água

FV	GL	Quadrados Médios ¹						
		Eixos ortogonais			Cr ₁	Cr ₂	Cr ₃	E _s
		a	b	c				
Cultivares (C)	1	15,5204**	25,3874**	7,8386**	454,9407**	49,0547 ^{ns}	161,4298*	104,8845**
Teor de água (TA)	4	1,8900**	0,3222 ^{ns}	0,2728 ^{ns}	45,2564 ^{ns}	25,8800 ^{ns}	53,4083 ^{ns}	16,9127 ^{ns}
V x TA	4	0,3355 ^{ns}	0,2069 ^{ns}	0,1414 ^{ns}	8,2754 ^{ns}	8,1528 ^{ns}	40,5204 ^{ns}	1,7174 ^{ns}
Bloco	14	0,5705 ^{ns}	0,2533 ^{ns}	0,0804 ^{ns}	33,1807 ^{ns}	27,9480 ^{ns}	26,6145 ^{ns}	16,0079 ^{ns}
Resíduo(a)	126	0,4386	0,1950	0,1530	21,9056	19,7620	28,5738	10,4943
CV (a)		6,25	6,00	7,08	6,73	8,51	7,1	4,55
Média		10,60	7,35	5,52	69,51	52,26	75,31	71,14

¹Coefficiente de variação (CV). ** e * significativo a 1 e 5% de significância pelo teste de F, respectivamente. ^{ns} não significativo pelo teste de F.

Tabela 2. Valores médios dos eixos ortogonais (a, b e c), circularidades (Cr₁, Cr₂ e Cr₃), esfericidade (E_s), área projetada (A_p), áreas superficiais (S₁ e S₂) e volume (V_g) de grãos de duas cultivares de feijão-caupi

Cultivar	Eixos ortogonais			Cr ₁ (%)	Cr ₃ (%)	E _s (%)
	a (mm)	b (mm)	c (mm)			
Novaera	10,93a	7,77a	5,75a	71,25a	76,35a	71,97a
Tumucumaque	10,28b	6,94b	5,30b	67,77b	74,28b	70,30b

Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

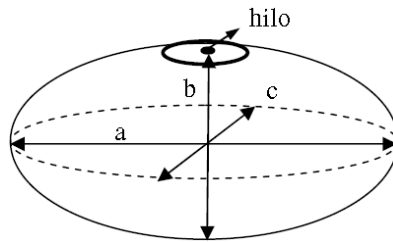
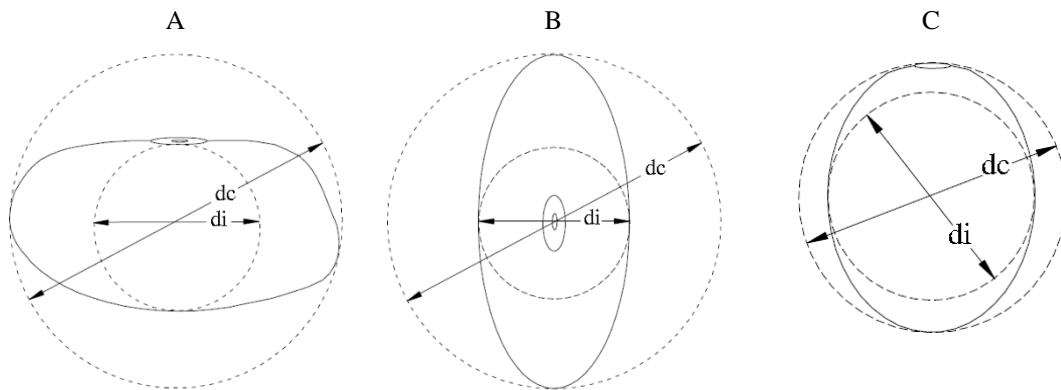


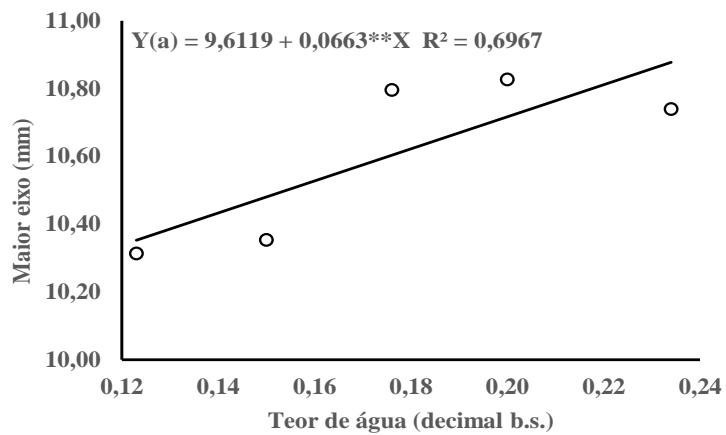
Figura 1. Desenho esquemático do grão de feijão, considerado esferoide, com suas dimensões características.

Fonte: Resende et al. (2005).



Fonte: Resende et al. (2005).

Figura 2. Representação dos grãos de feijão nas três posições de projeção, (A) maior eixo, Cr₁; (B) eixo médio, Cr₂; (C) menor eixo, Cr₃.



** e * significativo a 1 e a 5% de probabilidade pelo teste F a 5%.

Figura 3. Maior eixo dos grãos de feijão-caupi em função do teor de água.