

Determinação do ângulo de repouso, volume unitário, eixos ortogonais e esfericidade de trigo

João Angelo Silva Nunes¹, Antônio Tássio Ormond¹, Carlos Caneppele², Samara Lorãine Soares da Silva¹, Marcel Thomas Job¹

¹Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT. Mestrados em Engenharia Agrícola. Rod. Rondonópolis-Guiratinga km 6 - Bairro Sagrada Família. Rondonópolis, MT. 78735-901

²Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT. FAMEVZ. Av. Fernando Corrêa da Costa, nº 2367 - Bairro Boa Esperança. Cuiabá, MT. 78060-900

joaoangelo_jaciara@hotmail.com, a-tassio@hotmail.com, caneppele@ufmt.br, samara.loraine@hotmail.com, marcel-job@hotmail.com

Resumo: O conhecimento das propriedades físicas de cereais é necessário para o dimensionamento de máquinas e equipamentos. O objetivo do presente estudo foi determinar o ângulo de repouso, tamanho e esfericidade das sementes de trigo. O experimento foi realizado no Laboratório do Núcleo de Tecnologia em Armazenagem, da Faculdade de Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia do Campus Universitário de Cuiabá da Universidade Federal de Mato Grosso, em delineamento experimental inteiramente casualizado com sete variedades de trigo: (BRS 18; BRS 254; EP 011210; IAC 24; IAC 350; SUPERA; VI 98053) e três repetições. De acordo com o trabalho houve diferença nas propriedades físicas das diferentes cultivares de trigo. Havendo variação de 5,5 a 6,64 mm; 55,93 a 63,04 %; 17,75 a 20,86° para comprimento de sementes, esfericidade e ângulo de repouso respectivamente.

Palavras-chave: armazenamento de grãos, dimensionamento, *Triticum aestivum*.

Determination of angle of restroom, and size of wheat sphericity

Abstract: The knowledge of the physical properties of grain is needed for the dimensioning of machinery and equipment. The objective of this study was to determine the angle of repose, size and sphericity of wheat seeds. The experiment was conducted at the Laboratory the Nucleus of Technology in Storage, Faculty of Agronomy, Veterinary Medicine and Zootechny of the University Campus of Cuiabá, Federal University of Mato Grosso, in a randomized experimental design with seven varieties of wheat: (BRS 18, BRS 254, EP 011210; IAC 24, IAC 350, SUPERA, VI 98053) and three replications. According to the study, there were differences in the physical properties of different wheat cultivars. With a variation from 5.5 to 6.64 mm, 55.93 to 63.04%, from 17.75 to 20.86 ° for seed length, roundness and angle of repose respectively.

Keyword: grain storage, roundness, *Triticum aestivum*.

Introdução

O trigo (*Triticum aestivum* L.) cereal da família das poáceas (gramíneas) é uma cultura de ciclo anual, e vem sendo cultivado no Brasil no inverno e na primavera, esse cereal é base da alimentação de pessoas em todo o mundo, o cereal é matéria prima utilizada na

elaboração de vários produtos alimentícios, colas, bebidas e uma pequena parcela é destinada á produção de ração animal, e sua demanda vem crescendo no mundo todo devido ao crescimento populacional (Acevedo et al., 2002), ocupando em torno de 20% da área agrícola mundial, fazendo com que seja uma importante commodity (Almeida et al., 2009).

O trigo é um importante cereal principalmente para o Rio Grande do Sul e o Paraná, pela necessidade de ocupação das áreas no período de inverno, pelo fato da cultura ser adaptada ao clima frio (Ormond et al., 2013), porém a cultura do trigo esta em processo de expansão na região central brasileira, devido ao desenvolvimento de cultivares específicas para as condições edafoclimáticas para a região.

Segundo Battisti et al. (2011) o grão após a colheita pode ser destinado para a indústria e parte é usado como semente na safra seguinte, por ser a produção de sementes própria muito comum, como uma alternativa de redução de custos de produção.

As características físicas tais como forma e tamanho são de grande interesse para o controle e automação de equipamentos visando melhorar a qualidade do produto, agregando valor econômico e conseqüentemente reduzindo custos com mão de obra e tempo na operação de processamento e de pós-colheita. Variações dessas propriedades em função do teor de água e de outros fatores durante a secagem de vários produtos, têm sido investigadas por diversos autores (Mcminn e Magee, 1997; Ruffato et al., 1999).

Costa et al. (2010), afirmam que o armazenamento de grãos se reveste de fundamental importância na cadeia produtiva, uma vez que, afeta a qualidade do produto final. As operações de pós-colheita constituem etapas indispensáveis ao sistema de produção, pois propiciam a preservação das características naturais do produto final, manipulando os mesmos para uma armazenagem segura.

Segundo Goneli et al. (2011), informações sobre o tamanho, volume, porosidade e massa específica dos produtos agrícolas, são consideradas de grande importância para estudos que envolvem transferência de calor e massa e movimentação de ar em massas granulares.

O efeito da variabilidade no tamanho, na qualidade genética, física, fisiológica e sanitária tem sido relatado em alguns trabalhos, considerando os mais diferentes componentes do desempenho, tanto da semente quanto da planta dela resultante (Pádua et al., 2008).

A utilização de sementes classificados por tamanho facilita a operação das semeadoras na distribuição das sementes, possibilitando a obtenção de populações adequadas no campo. Além disso, a classificação confere melhor aspecto ao lote (Peske et al., 2003). Segundo Santos et al. (2006) relataram que a classificação por tamanho aprimoraram a sua qualidade sanitária.

De acordo com Gomes (2001), o ângulo de repouso difere do ângulo de atrito interno em função das pressões impostas, referentes às condições internas, dependendo do nível de pressões médias aplicadas a todos os grãos. Já Gaylord e Gaylord (1984), mencionam que o ângulo de repouso equivale ao ângulo de atrito interno. Segundo Elias (2008) o ângulo de repouso é aquele formado entre a superfície da massa de grãos e o plano horizontal, quando descarregados numa superfície plana. Alguns grãos tendem a ocupar a maior área possível, formando um ângulo de repouso pequeno, enquanto que outros não.

Assim, torna-se justificável a proposta desta pesquisa para a avaliação das propriedades físicas de sete variedades de trigo (BRS 18; BRS 254; EP 011210; IAC 24; IAC 350; SUPERA; VI 98053). Objetivando-se avaliar as seguintes características físicas de sementes de trigo: ângulo de repouso, volume unitário, eixos ortogonais e esfericidade.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado no Laboratório do Núcleo de Tecnologia em Armazenagem, da Faculdade de Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia do Campus Universitário de Cuiabá da Universidade Federal de Mato Grosso. O experimento foi realizado em delineamento experimental inteiramente casualizado com sete variedades de trigo (BRS 18; BRS 254; EP 011210; IAC 24; IAC 350; SUPERA; VI 98053) em três repetições. As análises foram realizadas com uma umidade em torno de 12%.

As variáveis analisadas foram: ângulo de repouso, volume unitário e formato dos grãos (comprimento, largura, espessura e esfericidade). Os parâmetros avaliados seguiram as Regras de Análises de Sementes determinadas pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2009).

A determinação do ângulo de repouso foi realizada a partir de um protótipo desenvolvido no laboratório para se medir o máximo talude formado pelos grãos em queda. O equipamento era constituído de uma caixa retangular construída em vidro e madeira. Para determinar o ângulo de repouso, as sementes de trigo foram derramadas através de uma moega com velocidade constante formando um amontoado suficiente para determinar o ângulo de repouso. O método de determinação do ângulo de repouso consiste na utilização de equações trigonométricas expressas abaixo:

$$\text{arc } tg = \frac{\text{base}}{\text{altura}} \quad \text{Equação 1}$$

No entanto foram calculadas as tangentes e arco tangente para obter o ângulo de repouso de cada variedade de trigo a partir de medições diretas no aparelho, realizadas com

uma régua graduada em milímetros. Esses dados de altura e base dos amontoados utilizados nas equações foram valores médios para cada variedade, obtidos pela repetição do ensaio, que para nosso estudo foram realizadas três repetições por variedade estudada.

As dimensões das sementes foram determinadas com o auxílio de um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm, onde foram medidos o comprimento, a largura e a espessura das sementes, utilizando-se 10 repetições para cada variedade de trigo observada (Brasil, 2009).

A esfericidade das sementes de trigo, em porcentagem (%), foi calculada através dos valores observados nos eixos ortogonais, onde foi utilizada a expressão a seguir:

$$E = \left[\frac{(abc)^{1/3}}{a} \right] 100 \quad \text{Equação 2}$$

em que:

a: comprimento ou maior eixo, mm;

b: largura ou eixo médio, mm;

c: espessura ou menor eixo, mm

E: esfericidade, %;

Para a análise dos dados foi utilizado o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2008). Os efeitos dos tratamentos foram verificados pelo teste F até 5% de probabilidade. Para a comparação das médias, foi utilizado o teste Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

A análise de variância mostrou diferença significativa para as variáveis: comprimento, esfericidade e ângulo de repouso de sementes, todos a 1% de significância. Não havendo diferença significativa para os demais parâmetros dos eixos ortogonais, assim como para o volume unitário de semente (Tabelas 1 e 2).

Entre as variedades de trigo analisadas pode se observar uma variação de 5,50 a 6,64 mm para o comprimento do grão, sendo a única variável com diferença estatística entre os eixos ortogonais. Sendo assim, observou-se que as variedades BR 18 e VI 98053 possuem maior comprimento (Tabela 2), mesmo não diferindo estatisticamente das variedades BR 254, EP 011210 e IAC 350. Sendo observados os comprimentos 6,64 e 6,52 mm para as variedades BR 18 e VI 98053, respectivamente (Figura 1), em contrapartida o menor comprimento foi observado na variedade IAC 24 (5,50 mm), mesmo esta não sendo estatisticamente diferente da variedade Supera (5,95 mm). Segundo Alvarenga et al. (2009) de acordo com as cultivares

de trigo analisadas, houve destaque para a cultivar Embrapa 42, cujo grão foi o de maior tamanho.

Tabela 1. Análises das características físicas de sementes de trigo.

Cultivares	Análises Físicas		
	Esfericidade (%)	Vol.Unitário (mm ³)	Angulo de Repouso (°)
Supera	60,50 ab	24,62 ^{ns}	18,82 b
BRS 254	57,25 bc	26,48 ^{ns}	19,54 b
IAC 350	59,68 abc	26,48 ^{ns}	18,73 b
IAC 24	63,04 a	22,10 ^{ns}	20,56 a
VI 98053	55,93 c	25,63 ^{ns}	17,75 c
BR 18	57,39 bc	29,06 ^{ns}	20,84 a
EP 011210	56,94 bc	25,64 ^{ns}	20,86 a

Letras minúsculas iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

^{ns} - Não há diferença significativa.

Tabela 2. Análises dos eixos ortogonais de sementes de trigo.

Cultivares	Análises Físicas		
	Eixos Ortogonais (mm)		
	A	B	C
Supera	5,95 bc	3,09 ^{ns}	2,54 ^{ns}
BRS 254	6,44 ab	2,89 ^{ns}	2,70 ^{ns}
IAC 350	6,21 ab	3,10 ^{ns}	2,62 ^{ns}
IAC 24	5,50 c	2,94 ^{ns}	2,59 ^{ns}
VI 98053	6,52 a	2,97 ^{ns}	2,51 ^{ns}
BR 18	6,64 a	3,14 ^{ns}	2,66 ^{ns}
EP 011210	6,40 ab	3,03 ^{ns}	2,50 ^{ns}

Letras minúsculas iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade,

^{ns} - Não há diferença significativa.

O tamanho e a forma são características específicas de cada produto, definidas geneticamente, que podem também ser influenciadas pelo ambiente durante e após o período de sua formação. Esses dados podem ser utilizados para o dimensionamento do tamanho e da forma das sementes e das peneiras em equipamentos destinados à separação e classificação

(Silva e Corrêa, 2000). Sendo assim, conhecer as dimensões com relação à variedade a ser utilizada pode viabilizar a redução e custos operacionais.

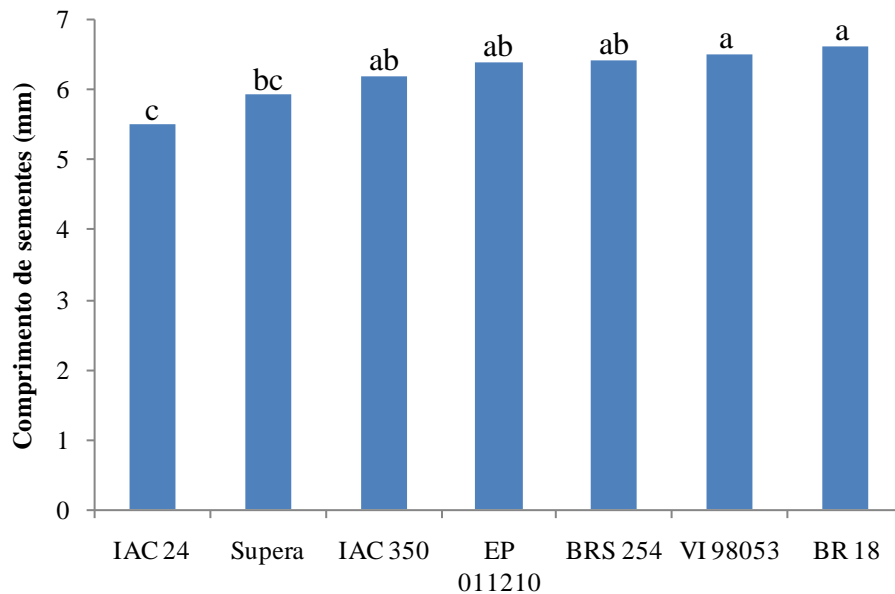


Figura 1. Comprimento das sementes de trigo.

Letras minúsculas iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Corrêa et al. (2006) ao analisarem as propriedades físicas de trigo cv. Aliança durante a secagem observaram que não houve variação de valores dos eixos ortogonais, sendo que na umidade de 12,3% encontraram os seguintes valores para as dimensões a, b e c: 6,36; 3,26 e 2,93, respectivamente, que resultou em uma esfericidade de 61,82%. Sendo esta esfericidade superior que as das variedades avaliadas no presente estudo, com exceção da variedade IAC 24 que teve uma esfericidade de 63,04%.

Quanto à esfericidade a variedade IAC 24 demonstrou maiores valores com relação às demais variedades, mesmo não diferindo estatisticamente das variedades Supera e IAC 350. Sendo 63,04; 60,50 e 59,68 % as esfericidades encontradas para as variedades IAC 24, Supera e IAC 350, respectivamente (Figura 2). A variedade IAC 350 teve esfericidade que além de ser estatisticamente igual à variedade IAC 24, também não se distinguiu estatisticamente da variedade com menor esfericidade, no caso a variedade VI 98053 (55,93%). Sendo que a variedade VI 98053 também não se diferiu estatisticamente das variedades EP 011210, BRS 254 e BR 18. Nota-se, ainda, que a esfericidade está distante do valor 1,0 que indica uma esfera, onde essa distância evidencia que as variedades de trigo avaliadas não se aproximam de uma esfera.

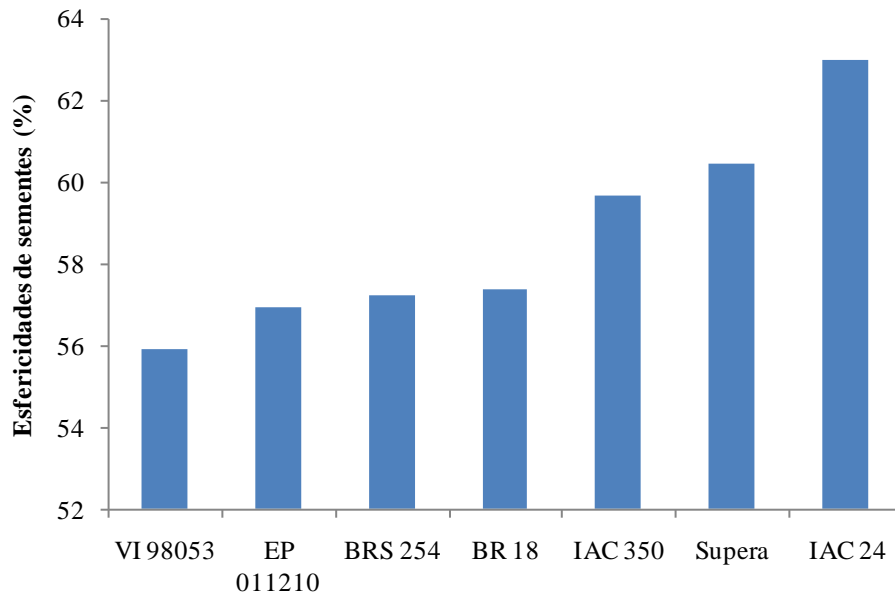


Figura 2. Esfericidade de sementes das diferentes cultivares de trigo.

Letras minúsculas iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Para a esfericidade das sementes de trigo pode ser observado que há uma correlação entre os resultados encontrados para os valores dos eixos ortogonais, devido ao fato de cultivares obterem resultados inversamente proporcionais com relação ao comprimento de semente e esfericidade da mesma. Fato que pode ter ocorrido devido não haver diferença significativa para a largura e espessura da semente.

Corrêa et al. (2006) não observaram diferenças significativas na esfericidade de grãos de trigo submetidos à secagem de acordo com que se variou a umidade do mesmo. Dias (2007) ao estudar propriedades físicas de grãos de café analisou que pode haver variação dos valores de esfericidade em função do método utilizado.

O ângulo de repouso das sementes de trigo variou entre 17,75 e 20,86° de acordo com as cultivares avaliadas, sendo que as cultivares EP 011210, BR 18 e IAC 24 obtiveram maiores ângulos de repouso e a variedade VI 98053 o menor ângulo de repouso (Figura 3). Os menores ângulos de talude ocorrem em grãos esféricos, grandes, lisos, sadios, íntegros, limpos e secos (Elias, 2008).

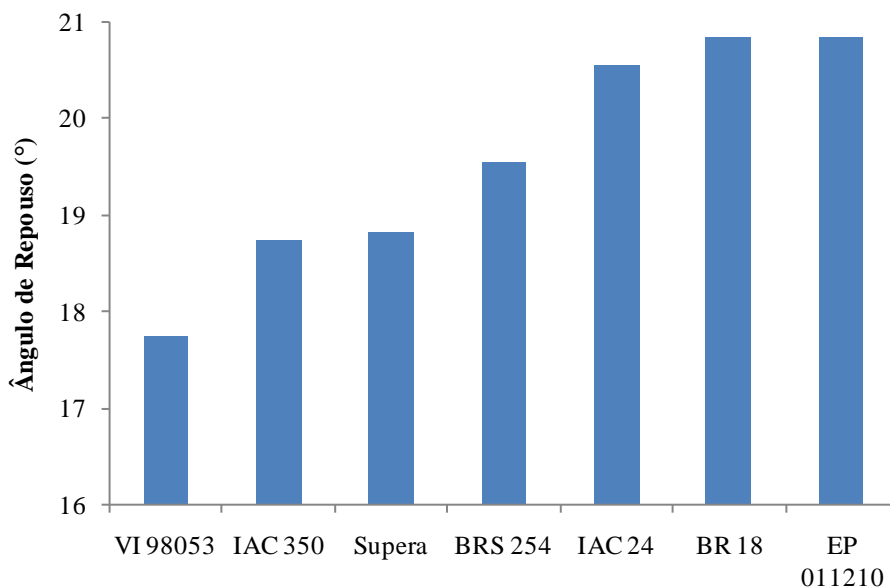


Figura 3. Ângulo de repouso de semente das diferentes cultivares de trigo.

Letras minúsculas iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A capacidade de carga a granel é diretamente proporcional ao ângulo de repouso dos grãos com que é carregada. Dessa forma, a prática de espalhar os grãos diminui o ângulo de repouso, diminuindo também o volume útil do silo. O ângulo de repouso interfere no preenchimento do volume de um silo. Assim, quanto menor o ângulo de repouso maior será o volume de grãos de soja que poderão ser armazenados em um silo, com acomodação natural do produto (Pohndorf et al., 2011).

Conclusões

Há diferença nas propriedades físicas das diferentes cultivares de trigo avaliadas;

A variedade VI 98053 foi a que apresentou menor ângulo de repouso e menor percentagem de esfericidade;

A variedade IAC 24 que apresentou maior percentagem de esfericidade e menor comprimento de sementes;

Houve variação de 5,5 a 6,64 mm; 55,93 a 63,04 %; 17,75 a 20,86° para comprimento de sementes, esfericidade e ângulo de repouso respectivamente.

Referências

- ACEVEDO, E.; SILVA, P.; SILVA, H. Wheat growth and physiology. In: Curtis, B. C.; Rajara, S.; Macpherson, H. G. (eds.). **BredWheat – improvement and production**. Rome: FAO. p. 39-70, 2002.
- ALMEIDA, F. M.; SILVA, O.M.; CAMPOS A.C.; Potencial de comércio e o mercado internacional de trigo. In: CONGRESSO SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 47, 2009, Porto Alegre. **Anais**. Porto Alegre: 20p.
- ALVARENGA, C. B.; SOARES SOBRINHO, J.; SANTOS, E. M. Comportamento de cultivares de trigo em diferentes densidades de semeadura sob irrigação indicadas para a região do Brasil Central. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 25, n. 5, p. 98-107, 2009.
- BATTISTI, R.; SOMAVILLA, L.; BUSANELLO, C.; SCHWERZ, L. Eficiência do uso da massa hectolitro como teste rápido de vigor de semente de trigo (*Triticum aestivum*). **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v.18, n. 1, p. 125-135, 2011.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 395p.
- CORRÊA, P. C.; RIBEIRO, D. M.; RESENDE, O.; BOTELHO, F. M. Determinação e modelagem das propriedades físicas e da contração volumétrica do trigo, durante a secagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.3, p.665–670, 2006.
- COSTA, A. R. da; FARONI, L. R. D’A.; ALENCAR, E. R. DE; CARVALHO, M. C. S.; FERREIRA, L. G. Qualidade de grãos de milho armazenados em silos bolsa. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 41, n. 2, p. 200-207, 2010.
- DIAS, L. F. L. **Avaliação de algumas propriedades físicas de grãos de café (*coffea arabica*) orgânico e convencional**. 2007. 44p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2007.
- ELIAS, M. C. **Manejo tecnológico da secagem e do armazenamento de grãos**. 1. ed. Pelotas: Editora Cópias Santa Cruz, 2008. v. 1. 368p.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium** (Lavras), v. 6, p. 36-41, 2008.
- GAYLORD, E. H.; GAYLORD, C. N. **Design of stellbins for storage of bulk solids**. New Jersey: Prentice-Hall, 1984. 359p.
- GOMES, F.C. **Estruturas de armazenamento – Avanços tecnológicos na construção**. Lavras, UFLA. 70p. 2001.
- 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**, Maringá, v.33, n.1, p.1-8, 2011.

MCMINN, W. A. M.; MAGEE, T. R. A. Physical characteristics of dehydrated potatoes – part I. **Journal of Food Engineering**, London, v.33, n.1-2, p.37-48, 1997.

PÁDUA, G. P.; ZITO, R. K.; ARANTES, N. E.; FRANÇA-NETO, J.B.. Tamanho da semente de soja: efeito sobre o desenvolvimento e produtividade. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 30, 2008, Rio Verde. **Anais**. Londrina: Embrapa, 51 p.

PESKE, S. T.; ROSENTHAL, M. A.; ROTA, G. R. M. **Sementes: Fundamentos Científicos e Tecnológicos**. Pelotas - RS. 1ª Edição 2003.

ORMOND, A. T. S.; NUNES, J. A. S.; CANEPPELE, C.; SILVA, S. L. S. da; PEREIRA, M. T. J. Análise das características físicas de sementes de trigo. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n.17, p.108-114, 2013.

POHNDORF, R. S.; KLEIN, B.; NASCIMENTO, B. C.; RUTZ, D.; FOGUESATTO, R. J.; ELIAS, M. C. Influência da umidade e do percentual de grãos quebrados e inteiros no ângulo de repouso de soja. In: ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO - UFPel, 13, 2011, Pelotas. **Anais**. Pelotas: UFPel, 4p.

RUFFATO, S.; CORRÊA, P. C.; MARTINS, J. H.; MANTOVANI, B. H. M.; SILVA, J. N. Influência do processo de secagem sobre a massa específica aparente, massa específica unitária e porosidade de milho-pipoca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.3, n.1, p.45-48, 1999.

SANTOS, P. M. dos; REIS, M. S.; SEDIYAMA, T.; ARAÚJO, E. F.; CECON, P. R.; SANTOS, M. R dos. Influência do tamanho de sementes de soja na qualidade fisiológica e sanitária durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 08-16, 2006.

SILVA, J. S. & CORRÊA, P. C., Estrutura, composição e propriedades dos grãos In: SILVA, J. S., **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**, Viçosa, MG, p.21-37, 2000.

Recebido para publicação em: 14/12/2013

Aceito para publicação em: 18/07/2014