

INFLUENCIA DO PERCENTUAL DE QUEBRADOS NO ÂNGULO DE REPOUSO, PRESSÃO ESTÁTICA NA AERAÇÃO, NA MASSA ESPECÍFICA E NA POROSIDADE DE GRÃOS DE MILHO

WAGNER SCHELLIN VIEIRA DA SILVA¹; GABRIEL ALMEIDA²; JORGE TIAGO SCHWANZ GOEBEL²; RAFAEL DE ALMEIDA SCHIAVON³; WILNER BROD PERES⁴; MOACIR CARDOSO ELIAS⁵.

¹Eng° Agr°, Mestrando-FAEM-DCTA. ²Ac. de Engenharia Agrícola-CENG-DER, IC, ³Eng°. Agr°, Doutorando FAEM-DCTA; ⁴Eng° Agrícola, PRODOC-FAEM-DCTA; ⁵Eng° Agr° Dr. Professor FAEM-DCTA, Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos, UFPel-FAEM-DCTA Campus Universitário – Caixa Postal 354 – CEP 96.010-900, Pelotas, RS, Brasil. Contato: wagnersvsilva@yahoo.com ou eliasmc@ufpel.tche.br, home page: www.labgraos.com.br

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é caracterizado pelas diversas formas de utilização, principalmente na alimentação animal e na humana, por isso a qualidade dos grãos é tão importante. O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, com produção anual superior a 56 milhões de toneladas (FAO, 2010).

Segundo Reed et al. (2007) entre os fatores relacionados com a qualidade de armazenamento estão a quantidade de grãos quebrados e danificados, o teor de impurezas, a disponibilidade de oxigênio, a aeração do ambiente, a duração e as condições do armazenamento.

O manejo inadequado dos grãos após a colheita pode resultar em rápida deterioração do produto, acarretando em perdas qualitativas e quantitativas para comercialização do produto (RADUNZ et al, 2006). A escolha do manejo adequado depende do conhecimento das propriedades dos grãos, como ângulo de repouso ou ângulo de talude, porosidade, pressão estática e massa específica ou peso volumétrico (CORRÊA et al., 2001).

Ângulo de repouso é o ângulo formado na acomodação dos grãos em relação a um plano horizontal ou vertical, utilizado como referência. Dentre os fatores que afetam o ângulo de repouso aparecem tamanho e forma dos grãos, a orientação das partículas e, principalmente, a rugosidade da superfície do grão (MOHSENIN, 1974). Sua determinação é de suma importância, pois ele afeta a capacidade estática e a descarga nos silos e armazéns de fundo plano, entre outros (PUZZI, 2000).

A porosidade intergranular de um produto é entendida como os espaços aleatórios formados pelo agrupamento desse produto em um volume pré-determinado, constituindo-se em uma característica física do material. O conhecimento dessa característica física é importante em processos como a secagem e a aeração de grãos (MATA, 2002). A aeração é o processo mais utilizado para evitar a deterioração resultante da atividade biológica no armazenamento de produtos agrícolas durante longos períodos. A determinação da resistência ao fluxo de ar de uma camada de grãos (pressão estática) é fundamental em projetos de sistemas de secagem e aeração (SOKHANSANJ et al., 1990).

Objetivou-se, com o trabalho, estudar efeitos do teor de quebrados sobre propriedades físicas de interesse no armazenamento, como ângulo de repouso, pressão estática, porosidade e massa específica ou peso volumétrico formados pela massa de grãos de milho.

2. MATERIAL E MÉTODOS

As determinações foram efetuadas no Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos (LABGRÃOS) do Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, na UFPEL.

No experimento foram utilizados grãos de milho com umidade próxima a 13%, produzidos na região sul do Rio Grande do Sul. O produto foi separado por peneiras, sendo considerados grãos inteiros aqueles da fração retida na peneira de orifícios circulares com diâmetro 4,76 mm e quebrados os componentes da fração retida entre as peneiras de 4,76 mm e de 2,20 mm. Para o experimento foram constituídas amostras sem grãos quebrados (0%) e com 4, 8 e 12% de quebrados, obtidas por misturas de quebrados nesses teores com grãos inteiros.

Na determinação do ângulo de repouso, alíquotas contendo 4 Kg, obtidas de amostras de 50 Kg foram descarregadas com fluxo contínuo, determinado pelo equipamento, e o ângulo de repouso foi medido experimentalmente em relação ao plano horizontal. As mesmas amostras foram utilizadas para as demais análises.

A massa específica foi determinada com balança de peso hectolitro Dalle Molle, com capacidade de $\frac{1}{4}$ de litro, sendo necessária transformação para kg.m^{-3} e balança eletrônica digital com precisão de 0,01g, seguindo a metodologia descrita por Regras de Análises de Sementes (BRASIL, 2009).

A porosidade dos grãos foi determinada pelo método do deslocamento de líquido (óleo vegetal) utilizando-se uma proveta graduada de 250 mL, enquanto a pressão estática foi avaliada num protótipo que consiste de um conjunto motor de 0,75cv e ventilador centrífugo, dotado de diafragma para a obtenção dos fluxos de ar, sendo a pressão estática medida com uso de um manômetro de tubo em "U".

Todas as análises foram realizadas em triplicata. A comparação de médias foi realizada através do teste de Tukey ao nível de 5% de significância, utilizando análise de variância (ANOVA).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 1 são apresentados os resultados das avaliações dos efeitos do teor de quebrados sobre o ângulo de repouso e a massa específica. Na Tabela 2 são apresentados efeitos sobre a porosidade e a pressão estática na aeração de grãos de milho com diferentes percentuais de grãos quebrados.

Tabela 1. Efeitos do percentual de quebrados sobre o ângulo de repouso e a massa específica de grãos de milho*

Grãos quebrados (%)	Ângulo de repouso (°)	Massa específica (kg.m^{-3})
0	29,50 a	716,16 b
4	29,50 a	721,12 b
8	31,00 a	728,12 a
12	31,17 a	731,80 a

*Teste de Tukey com nível de significância $p < 0,05$. Letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente.

Com os resultados apresentados na Tabela 1 é possível verificar que o ângulo de repouso não varia com o aumento da percentagem de grãos quebrados em nenhuma das percentagens estudadas. Isso significa que não há alterações no coeficiente de atrito interno da massa, o que não altera sua capacidade de

escorrimento. Com variação da umidade, contudo, Seifi et al. (2010) relatam que o ângulo de repouso aumenta com o aumento da umidade dos grãos de milho.

Observa-se, também, na Tabela 1, que há aumento da massa específica conforme aumenta a percentagem de quebrados. Isso pode ser atribuído ao tamanho dos pedaços de grãos que ocupam os espaços intergranulares, os quais podem ser maiores que os espaços existentes. Não houve diferença entre os teores de 0 e 4%, havendo aumento significativo destes dois para 8 e 12% que também não se diferenciaram entre si.

Tabela 2. Efeitos do percentual de quebrados sobre o ângulo de porosidade e pressão estática na aeração de grãos de milho*

Grãos quebrados (%)	Porosidade (%)	Pressão estática na aeração (mmCA)
0	36,60 a	123,67 c
4	36,27 a	131,33 b
8	35,40 b	132,67 ab
12	34,87 b	136,67 a

*Teste de Tukey com nível de significância $p < 0,05$. Letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente.

A porosidade mostrou ser afetada pelos teores de quebrados, a qual diminui com seu aumento na amostra, como pode ser observado na Tabela 2. Amostras sem grãos quebrados e com 4% deles apresentaram a maior percentagem de porosidade, não havendo diferenças estatísticas entre si. Porém estas se diferenciaram das amostras com 8 e 12% de grãos quebrados. Resultados semelhantes foram relatados por Mata et al. (2002) para a porosidade em grãos de feijão com adições de impurezas finas.

A pressão estática na aeração aumentou na medida em que aumentou o percentual de grãos quebrados nas amostras, onde o tratamento sem quebrados apresentou a menor pressão estática e com 12% foi o maior valor. Dentre os tratamentos não houve diferença significativa entre 8 e 12%, nem entre 4 e 8%.

Os dados das análises de efeitos dos teores de grãos quebrados sobre massa específica (Tab. 1) e porosidade (Tab. 2) estão de acordo com o sugerido por Corrêa et al. (2001) para comportamento das variáveis massa específica e porosidade da massa granular. Os dados de pressão estática (Tab. 2) mostram que essa aumenta com o aumento do teor de quebrados na massa, o que está em acordo com relatos de Friesen et al. (1986).

Os resultados apresentados nas Tabelas 1 e 2 são importantes e tratam de uma situação atual, uma vez que a Portaria nº 4, de 6 de janeiro de 2010, alterou parâmetros de qualidade dos grãos de milho para comercialização, considerando quebrados os pedaços de grãos sadios que vazam por peneira de crivos circulares de 4,76 mm e ficam retidos na peneira de crivos circulares de 2,20 mm de diâmetro. Conforme a Portaria, os novos teores permitidos de grãos quebrados são 2% para Tipo 1, 2,5% para Tipo 2, 3,0% para Tipo 3 e 4,0% para Fora de Tipo (4%). Na normatização anterior os grãos quebrados eram classificados junto com os teores de matérias estranhas e impurezas (BRASIL, 2010). Com as alterações nos padrões de classificação, que aumentam a quantidade de grãos quebrados permitidos para comercialização, os produtores tendem a armazenar os grãos com teores de quebrados maiores, e podem ter problemas, conforme os resultados obtidos no presente trabalho.

4. CONCLUSÕES

O aumento no percentual de quebrados numa massa de grãos resulta em reduções na porosidade, não altera o ângulo de repouso e provoca aumentos na massa específica e na pressão estática do milho.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 4, de 6 de janeiro de 2010. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Defesa Agropecuária**, 2010.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: ACS, 2009. 399p.

CORRÊA, P. C.; GUIMARÃES, W. T.; JÚNIOR, P. C. A. Efeito do nível e do tamanho de impurezas nas propriedades físicas da massa granular de feijão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. vol.5 no.1 Campina Grande 2001.

FAO. **FAOSTAT**. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Acesso em 1º de jul. 2012. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>.

FRIESEN, O.H., D. N. HUMINICKI. Evaluation of grain airflow resistance characteristics and air delivery systems. **Can. Agric. Eng.** 28: 107-115. 1986.

MATA, M. E. R. C.; DUARTE, M. E. M. Porosidade intergranular de produtos agrícolas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.4, n.1, p.79-93, 2002.

MOHSENIN, N.N. **Physical properties of plant and animal materials**. New York: Gordon and Breach, 1974.

PUZZI, D. **Abastecimento e armazenamento de grãos**. Campinas : ICEA, 604p. 2000.

RADUNZ, L.L.R.; DIONELLO, R.G.; ELIAS, M.C.; BARBOSA, F.F. Influência do método de armazenamento na qualidade física e biológica de grãos de milho. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v. 31, n. 02, p. 136-143, 2006.

REED, C.; DOYUNGAN, S.; IORGER, B.; GETCHELL, A.; Response of storage molds to different initial moisture contents of maize (corn) stored at 25°C, and effect on respiration rate and nutrient composition; **Journal of Stored Products Research**, v.43, p. 443 – 458, 2007.

SEIFI, M. R.; ALIMARDANI, R. The Moisture Content Effect on Some Physical and Mechanical Properties of Corn (Sc 704) **Journal of Agricultural Science**, Canadian Center of Science and Education, V.2, N.4, p.125-134, 2010.

SILVA, SOKHANSANJ, S.; FALACINSKI, A.A.; SOSULSKI, F.W.; JAYAS, D.S.; TANG, J. Resistance of bulk lentils to airflow. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 33, n. 4, p. 1281-1285. 1990.

6. AGRADECIMENTOS

CNPQ, CAPES, FAPERGS, SCT-RS, COREDE-SUL, Pólo de Inovação Tecnológica em Alimentos da Região Sul.