

## PROPRIEDADES FÍSICAS DE GRÃOS DE MILHO ARMAZENADOS EM DIFERENTES CONDIÇÕES

LUCAS J. CAMILO<sup>1</sup>, PAULO C. CORADI<sup>2</sup>, LUCAS O. BRENTAN<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Estudante de Graduação em Agronomia, UFMS/CPCS-MG

<sup>2</sup> Eng<sup>o</sup> Agrícola, Professor Adjunto II, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus Chapadão do Sul, UFMS - MS, Fone: (0XX67) 3562-6300, [paulo.coradi@ufms.br](mailto:paulo.coradi@ufms.br)

Apresentado no  
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014  
27 a 31 de julho de 2014 - Campo Grande - MS, Brasil

**RESUMO:** As propriedades físicas dos produtos agrícolas têm seu uso irrestrito, podendo ser utilizado em estudos de aerodinâmica, na otimização dos processos industriais, projeto e dimensionamento de equipamentos empregados nas operações de colheita e pós-colheita. Este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos dos sistemas de armazenamento em silos horizontais com e sem aplicação do sistema de aeração, em ambiente hermético e em sacaria nas propriedades físicas de grãos de milho. Nos tempos zero e três meses de armazenamento foram coletadas amostras para avaliar os teores de água, a porosidade e a massa específica aparente dos grãos de milho. Foram verificadas diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) com o aumento do tempo de armazenamento, aumentando os teores de água, diminuindo a massa específica aparente e aumentando a porosidade da massa de grãos. Não foram observadas diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) da porosidade e dos teores de água em função do sistema de armazenamento. No entanto, houve uma diminuição significativa da massa específica aparente dos grãos para o armazenamento em silos sem aeração. Concluiu-se que, entre os tratamentos avaliados, os sistemas de armazenamento com a aplicação do sistema de aeração e hermético foram a que interferiram menos nas propriedades físicas dos grãos armazenados.

**PALAVRAS-CHAVE:** dimensionamento, equipamentos, qualidade.

### PHYSICAL PROPERTIES OF CORN GRAIN STORED UNDER DIFFERENT CONDITIONS

**ABSTRACT:** The physical properties of agricultural products have their unrestricted use, may be used in studies of aerodynamics, optimization of industrial, design and sizing of equipment used in harvesting operations and post-harvest processes. This study aimed to evaluate the effects of storage systems in horizontal silos with and without application of the aeration system, hermetic environment and sacks in the physical properties of corn kernels. In the time zero and three months of storage the samples were collected to assess the levels of water, porosity and apparent specific gravity of corn. Significant differences ( $P < 0.05$ ) were observed with increasing storage time, increasing the water content, decreasing the bulk density and increasing the porosity of the grain mass. No significant differences ( $P < 0.05$ ) porosity and water content as a function of the storage system were observed. However, there was a significant decrease in the apparent density of the grains for storage in silos without aeration. It was concluded that, among the treatments, storage systems with the application of aeration system and airtight that were interfered less in physical properties of stored grain.

**KEYWORDS:** sizing, equipment, quality.

**INTRODUÇÃO:** O conhecimento das propriedades físicas e mecânicas dos produtos agrícolas é de fundamental importância para uma correta conservação e para o projeto, dimensionamento, construção e operação dos diversos equipamentos utilizados nas principais operações de pós-colheita destes produtos (PUZZI, 2010). No caso específico do milho, equipamentos e operações, quando mal

dimensionados e realizados, podem gerar a quebra dos grãos e, conseqüentemente, uma redução nos preços de comercialização. A fim de minimizar os custos de produção para maior competitividade e melhoria da qualidade do produto processado, a determinação e o conhecimento do comportamento das propriedades dos grãos de milho são os principais fatores a contribuir para o adequado desenvolvimento de processos e simulações, que visem aperfeiçoar o sistema produtivo dessa cultura. Informações referentes à porosidade e à massa específica, dentre outras características físicas dos produtos agrícolas, são consideradas de grande importância para estudos envolvendo transferência de calor e massa e movimentação de ar em massas granulares. Juntamente com o teor de umidade, o volume, a massa específica e a porosidade são parâmetros básicos para o estudo das condições de secagem e armazenagem de produtos agrícolas e, conseqüentemente, possibilitar a predição de perdas de qualidade do material até o momento de sua comercialização. A massa específica pode ser definida como a razão entre a massa e o volume ocupado por determinado produto (MOHSENIN, 1986). Já a porosidade de uma massa granular de acordo com MOHSENIN (1986), é definida como a relação entre o volume de espaços vazios ocupados pelo ar nos espaços intergranulares e o volume total da massa de grãos. A porosidade pode ser determinada por métodos diretos, volume de líquido acrescentado à massa de grãos, e por métodos indiretos, com o uso de picnômetro de comparação ar. Vários autores, ao longo dos anos, destacam que o conhecimento de outras propriedades físicas, como por exemplo, dos coeficientes de atrito externo, ou seja, dos grãos contra a superfície dos materiais de parede de equipamentos e silos, são necessários e fundamentais para o projeto racional e seguro de equipamentos de transporte, processamento e armazenamento (MOHSENIN, 1986), visto que esta propriedade desempenha um importante papel no comportamento de pressões e fluxo em silos. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos dos sistemas de armazenamento em silos horizontais com e sem aplicação do sistema de aeração, em ambiente hermético e sacaria nas propriedades físicas de grãos de milho.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Câmpus de Chapadão do Sul (CPCS), Laboratório de Pós-Colheita de Grãos. Foram feitas amostragens do milho com o auxílio de um calador manual e composto, em diferentes pontos do silo horizontal, da sacaria e do sistema hermético, aleatoriamente, nos tempos 0 e 3 meses de armazenamento. Foram retirados aproximadamente 200 g de produto, em cada ponto, formando uma amostra composta e representativa do lote, de acordo com o sistema de amostragem (BRASIL, 1996). Em seguida, o produto foi homogeneizado para retirada de uma amostra simples de trabalho. O teor de água foi determinado pelo método padrão da estufa, 105° C ± 5° C, por 24 h, com três repetições, conforme recomendações (AOAC, 2000). A massa específica aparente dos grãos foi determinada pela relação entre a massa de grãos e seu volume, equação (1).

$$\rho_{ap} = \frac{m}{V} \quad (1)$$

em que,

$\rho_{ap}$ : massa específica aparente do produto, (kg m<sup>-3</sup>)

m: massa do produto, (kg)

V: volume, (m<sup>3</sup>)

A porosidade foi determinada pelo método direto (MOHSENIN, 1986), acrescentando-se um volume líquido conhecido nos espaços da massa granular. Foi utilizado um becker de 30 mL e uma bureta de 50 mL e o líquido utilizado foi o óleo de soja. A porosidade foi calculada pela equação 1.

$$\varepsilon = \left[ 1 - \left( \frac{\rho_{Ap}}{\rho_{Um}} \right) \right] \quad (2)$$

em que,

$\xi$ : porosidade, decimal

$\rho_{ap}$ : massa específica aparente

$\rho_{um}$ : massa específica unitária

O experimento foi montado em um delineamento inteiramente casualizado (DIC) (4x2), sendo os tratamentos quatro sistemas de armazenagem (silos horizontais com aeração, silos horizontais sem aeração, sacaria, sistema hermético em garrafas PET) e dois tempos de avaliação (zero e três meses). Os dados foram analisados por meio de análise de variância, utilizando-se o teste “t” a 1 e 5% de probabilidade.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Verifica-se na Tabela 1, que os resultados das propriedades físicas de grãos milho, em função dos diferentes sistemas e do tempo de armazenamento apresentaram diferenças significativas a 5% de probabilidade. Observou-se que houve um aumento dos teores de água ao longo do tempo de armazenagem, independente do sistema utilizado de armazenamento, por outro lado, os sistemas de armazenamento não diferenciaram estatisticamente os efeitos em relação os teores de água. Avaliando-se os efeitos na porosidade da massa de grãos (Tabela 1), observou-se aumento dos espaços intergranulares ao longo do tempo de armazenamento dos grãos de milho, independente do sistema adotado para armazenagem. Entre os sistemas de armazenamento, não foi possível verificar diferença significativa para os valores de porosidade. De acordo com PUZZI (2010), tanto sementes como grãos armazenados em silos ou acondicionados em sacos nas pilhas, tem comportamento de uma massa porosa, formada por grãos e do espaço intersticial, chamado também de intergranular. Segundo o autor uma massa de grãos de trigo, arroz ou milho apresenta de 40 a 45% de espaço intergranular.

TABELA 1. Propriedades físicas de grãos de milho armazenados em diferentes sistemas

Sistema armazenamento	Tempo zero <sup>1</sup> Teor de água (% b.u.)	Tempo três meses <sup>1</sup> Teor de água (% b.u.)	Tempo zero <sup>2</sup> Massa específica (kg m <sup>-3</sup> )	Tempo três meses <sup>2</sup> Massa específica (kg m <sup>-3</sup> )	Tempo zero <sup>3</sup> Porosidade (%)	Tempo três meses <sup>3</sup> Porosidade (%)
Silo com aeração	9,83 aA	12,73 bA	771,40 aA	748,96 bA	45,31 aA	63,44 bA
Silo sem aeração	9,83 aA	11,08 bA	771,40 aA	744,79 bA	45,31 aA	64,29 bA
Sacaria	9,83 aA	11,02 bA	771,40 aA	771,31 bB	45,31 aA	66,83 bA
Hermético	9,83 aA	11,71 bA	771,40 aA	764,71 bB	45,31 aA	65,81 bA

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e letra minúscula na linha, não tem diferença significativa a 5% de probabilidade. <sup>1</sup>CV (%) = 1,25 <sup>2</sup>CV (%) = 3,27 <sup>3</sup>CV (%) = 4,31 <sup>4</sup>CV (%) = 5,15 CV = coeficiente de variação

Analisando os resultados da massa específica aparente (Tabela 1), verificou-se que o aumento do tempo de armazenamento diminuiu a massa específica de grãos para todos os sistemas de armazenamento avaliados. Enquanto que, o armazenamento hermético foi o que melhor conservou o peso inicial dos grãos ao longo do tempo, em seguida o sistema de armazenamento em sacaria e depois no armazenamento em silo com sistema de aeração. Os piores resultados de massa específica foram observados nos silos armazenadores sem sistema de aeração. Os resultados obtidos para variação da massa específica aparente, da porosidade e dos teores de água estão de acordo com o esperado, uma vez que apresentaram a mesma tendência da maioria dos grãos agrícolas. De acordo com SHIROMA et al. (2010) a massa específica é um parâmetro importante para se considerar no recebimento de grãos. Comumente utilizada pela agroindústria, à determinação da massa específica é um dos critérios de avaliação da qualidade do produto, auxiliando o estabelecimento de preços de mercado. A massa específica corresponde ao peso da massa de grãos contida em um determinado volume, apresentado em quilos por metro cúbico (kg m<sup>-3</sup>) (KRABBE, 1995). Determinada em balança específica, a massa específica correlaciona a quantidade de avarias e o peso da massa de grãos. Percentuais de grãos ardidos, quebrados, chochos, impurezas/fragmentos e material estranho aumentam à medida que a densidade dos grãos diminuiu (SILVA et al., 2008). Vários fatores podem interferir na massa específica dos grãos de milho, desde fatores associados à lavoura, como época de plantio, incidência de luz solar ou sombreamento excessivo, temperatura, densidade de plantio, época de colheita (MAZZUCO et al., 2002), transporte, secagem e armazenamento (MALLMANN et al., 2007), além de tipo de híbrido e maturação fisiológica. Uma das formas de se avaliar a perda de peso ao longo do tempo de armazenamento é determinando a massa específica (KRABBE, 1995). DALE (1994) avaliou

o conteúdo de proteína bruta e EM de 26 amostras de milho com massas específicas distintas e obteve um mínimo de 541 kg m<sup>-3</sup> e máximo de 773 kg m<sup>-3</sup>. Segundo JOST (1996) o milho armazenado por 60 dias com umidade de 18% (b.u.), aliada à temperatura de 25 a 30 °C é o substrato ideal para o desenvolvimento fúngico, com perda de até 15,5% da massa específica dos grãos. KRABBE (1995) verificou em 62 dias de armazenamento que, com alto teor de água dos grãos e alta temperatura os fungos reduzem a massa específica dos grãos.

**CONCLUSÕES:** Concluiu-se que, entre os tratamentos avaliados, os sistemas de armazenamento com a aplicação do sistema de aeração e hermético foram a que interferiram menos nas propriedades físicas dos grãos armazenados.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem a FUNDECT - MS de apoio financeiro para o desenvolvimento da pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 17. ed. Gaithersburg, Maryland: AOAC, 2000, v.2. n.11, p.4.
- DALE, N.; JACKSON, D. True metabolizable energy of corn fractions. **Journal of Applied Poultry Research**, Athens, v.3, p.179-183, 1994.
- JOST, H.C. **Efeito de dietas à base de milho com desenvolvimento fúngico, com ou se inclusão de óleo de milho, sobre o desempenho de poedeiras leves**. 45, 98p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 1996.
- KRABBE, E.L. **Efeito do desenvolvimento fúngico em grãos de milho durante o armazenamento e do uso de ácido propiônico sobre as características nutricionais e o desempenho de frangos de corte**. 176p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS, 1995.
- MALLMANN, C.A.; DILKIN, P.; GIACOMINI, L.Z.; RAUBER, R.H.; PEREIRA, C.E. Micotoxinas em Ingredientes para Alimento Balanceado de Aves. In: XX CONGRESSO LATINOAMERICANO DE AVICULTURA, 2007, Porto Alegre. **Anais ...** Porto Alegre, 2007, p.191-204.
- MAZZUCO, H.; LORINI, I.; BRUM, P.A.R.; ZANOTTO, D.L.; JUNIOR, W.B.; AVILA, V.S. Composição Química e Energética do Milho com Diversos Níveis de Umidade na Colheita e Diferentes Temperaturas de Secagem para Frangos de Corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.6, p.2216-2220, 2002.
- MOSHENIN, N.N. **Physical properties of plant and animal materials**. New York: Gordon and Breach Publishers, 1986, 841p.
- PUZZI, D. Abastecimento e armazenamento de grãos. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 2000.
- SHIROMA, N.N.; DARI, R.; PENZ JUNIOR, A.M. Milho: um importante ingrediente para a avicultura. **Revista Nutrition for tomorrow**, v.4, p.50-55, 2010.
- SILVA, C.S.; COUTO, H.P.; FERREIRA, R.A.; FONSECA, J.B.; GOMES, A.V.C.; SOARES, R.T.R.N. Valores nutricionais de milhos de diferentes qualidades para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.5, p.883-889, 2008.