

MONITORAMENTO EM TEMPO REAL DA UMIDADE DE EQUILÍBRIO HIGROSCÓPICO DE GRÃOS DE MILHO ARMAZENADOS EM BOLSAS RÁFIA E POLIETILENO

ÉVERTON LUTZ¹, PAULO C. CORADI², VOLNEI L. MENEGHETTI³,
GUILHERME A. C. DE SOUZA⁴, JONATAS I. STEINHAUS⁴, LANES B. A. JAQUES¹

¹ Discentes de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (UFSM-PPGEA)

² Eng. Agrícola, Professor Associado, Universidade Federal de Santa Maria, Campus Cachoeira do Sul (UFSM-CS),
paulo.coradi@ufsm.br

³ Eng. Agrícola, Professor Doutor, Instituto Federal Farroupilha, Panambi-RS

⁴ Estudantes de Graduação em Engenharia Agrícola (UFSM-CS) e Bolsistas de Iniciação Científica (CNPq / FAPERGS)

Apresentado no
XLIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2020
23 a 25 de novembro de 2020 - Congresso On-line

RESUMO: Na etapa de armazenamento é fundamental o controle dos teores de água dos grãos para a manutenção da qualidade ao longo tempo. Ao longo dos anos vem se utilizando embalagens de ráfia e de polietileno para o armazenamento de grãos, entretanto, os resultados de qualidade não tem sido muitos satisfatórios. Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo monitorar em tempo real, com auxílio de sensores, a umidade de equilíbrio higroscópico de grãos de milho armazenados em bolsas de ráfia e de polietileno. O experimento foi realizado em escala laboratorial, onde foram testados dois teores de água iniciais nos grãos de milho (13% b.u. e 18% b.u.) em duas embalagens (ráfia e polietileno) submetidos à temperatura ambiente de armazenamento, em um delineamento experimental inteiramente casualizado. De acordo com os resultados obtidos foi possível observar que a maior variação da umidade de equilíbrio higroscópico ocorreu em sacos de ráfia e em grãos com maiores teores de água armazenados em embalagens de polietileno. Concluiu-se que, o uso de sensores e a técnica de monitoramento permitiu observar adequadamente a variação da umidade de equilíbrio higroscópico durante o período de armazenamento dos grãos de milho.

PALAVRAS-CHAVE: : sensores, teor de água, temperatura.

REAL-TIME MONITORING OF THE EQUILIBRIUM MOISTURE HYGROSCOPIC OF MAIZE GRAINS STORED IN RAFFIA AND POLYETHYLENE BAGS

ABSTRACT: In the storage stage, it is essential to control the water content of the grains to maintain quality over time. Over the years, raffia and polyethylene packaging has been used for grain storage, however, the quality results have not been very satisfactory. Thus, the present study aimed to monitor in real time, with the aid of sensors, the hygroscopic equilibrium moisture of corn grains stored in raffia and polyethylene bags. The experiment was carried out on a laboratory scale, where two initial water contents were tested in the corn kernels (13% w.b. and 18% w.b.) in two packages (raffia and polyethylene) submitted to the ambient temperature of storage, in a completely randomized experimental design. According

to the results obtained, it was possible to observe that the greatest variation in hygroscopic equilibrium humidity occurred in raffia bags and grains with higher water contents stored in polyethylene packages. It was concluded that, the use of sensors and the monitoring technique allowed observing the hygroscopic equilibrium humidity variation during the corn grain storage period.

KEYWORDS: sensors, water content, temperature

INTRODUÇÃO: Os produtos agrícolas apresentam características higroscópicas, podendo ganhar e perder água, em fenômenos conhecidos como adsorção e dessorção. A higroscopicidade dos grãos está relacionada às características do produto e do ar que o circunda, a qual varia conforme a pressão de vapor d'água presente no ar, influenciadas pela temperatura e umidade relativa do ar intergranular (BROOKER et al., 1992). Assim, sempre que os teores de água dos grãos entrarem em equilíbrio com o ar intergranular para uma dada temperatura tem-se o equilíbrio higroscópico dos grãos, também é conhecido como umidade de equilíbrio higroscópica, que se dá pelo fato do teor de água do grão estar com a tensão de vapor d'água igual à do ar intergranular (BORDIGNON, 2009). Em função das variações da umidade de equilíbrio higroscópico do ar intergranular durante o armazenamento, os grãos estão sujeitos às transformações, deteriorações e perdas devido às interações entre os fenômenos físicos, químicos e biológicos. As perdas de qualidade dos grãos ocorrem principalmente devido a infestações de insetos e fungos, que aceleram a respiração da massa de grãos aumentando o processo de deterioração (ELIAS et al., 2010). Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo monitorar em tempo real a umidade de equilíbrio higroscópico com a utilização de sensores em bolsas de ráfia e polietileno, para identificar possíveis mudanças do teor de água do produto armazenado.

MATERIAL E MÉTODOS: A pesquisa foi desenvolvida na Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, no Laboratório de Pós-Colheita de Produtos Agrícolas (LAPOS)-Campus Cachoeira do Sul, em parceria com o Laboratório de Grãos e Sementes do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia Farroupilha – Campus Panambi. Instalou-se o experimento em temperatura ambiente de armazenamento, com milho (tipo grão) com dois teores de água 13% e 18% e em duas embalagens (ráfia e polietileno) para avaliação quinzenal, ao longo de noventa dias. Todas as embalagens foram monitoradas com uso de sensores de temperatura e umidade relativa intergranular (DHT22). Os dados foram coletados a cada cinco minutos por meio de plataforma de prototipagem tipo Arduino e armazenados em banco de dados MySQL, instalado em um servidor Raspberry PI local. Os resultados experimentais de umidade de equilíbrio higroscópico foram ajustados através de modelos matemáticos a partir dos parâmetros conhecidos de cada produto. Enquanto que, a determinação do teor de água dos grãos foi realizada de acordo com BRASIL (2009). Os resultados foram analisados pelos testes de médias Tukey a 1 e 5% de probabilidade, através do programa de estatística SISVAR.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: De acordo com os resultados obtidos na Tabela 1 e Figura 1, observou-se que houve interação significativa entre o tempo de armazenamento, as embalagens e os teores de água iniciais dos grãos. Os grãos armazenados com teor de água mais alto (18% b.u) e em embalagens de ráfia tiveram o menor teor de água ao final do tempo de armazenamento, entretanto, os grãos armazenados em embalagens de polietileno mantiveram os maiores teores de água. Segundo SANTOS et al. (2016), isto provavelmente ocorreu devido os grãos estarem armazenadas em embalagens semi permeáveis (ráfia) que

permitem a troca de vapor de água com o ambiente, ocasionando variações da umidade de equilíbrio higroscópico dos grãos com o ar intergranular.

TABELA 1. Avaliação da qualidade de grãos de milho armazenados em diferentes tempos, teor de água inicial e embalagens

Fator	Tempo de armazenamento (dias)	13% (b.u.)		18% (b.u.)	
		Bolsa de rafia	Bolsa de polietileno	Bolsa de rafia	Bolsa de polietileno
Teor de água dos grãos (% b.u.)	0	13,00 Ab	13,00 Ab	18,00 Aa	18,00 Aa
	15	11,30 Bc	11,37 Bc	14,17 Bb	15,60 Ba
	30	11,49 Bb	12,41 Ab	11,73 Cb	15,98 Ba
	45	10,09 Cc	11,73 Bb	11,65 Cb	16,58 Ba
	60	10,30 Cc	12,74 Ab	10,15 Dc	17,60 Aa
	75	9,83 Cc	12,40 Ab	9,96 Dc	17,18 Aa
	90	9,60 Cb	11,88 Ba	8,69 Eb	16,30 Ba

Médias seguidas pela letra maiúscula para comparação dos resultados nas colunas e letras minúsculas para comparação dos resultados na linha, a 1 e 5% de probabilidade.

Os teores de água dos grãos armazenados nas bolsas de rafia tiveram uma redução ao longo do tempo, independente do teor inicial de água, diferentemente do armazenamento em bolsas de polietileno, quando houve uma redução, porém, mantiveram-se os grãos com teores de água próximos as condições iniciais. Resultados similares foram observados por Paraginski et al. (2015), com milho armazenado em sistema semi-hermético, cuja, variação no teor de água dos grãos armazenados nas temperaturas de 15 e 25 °C ao longo dos 12 meses de armazenamento não foi significativa.

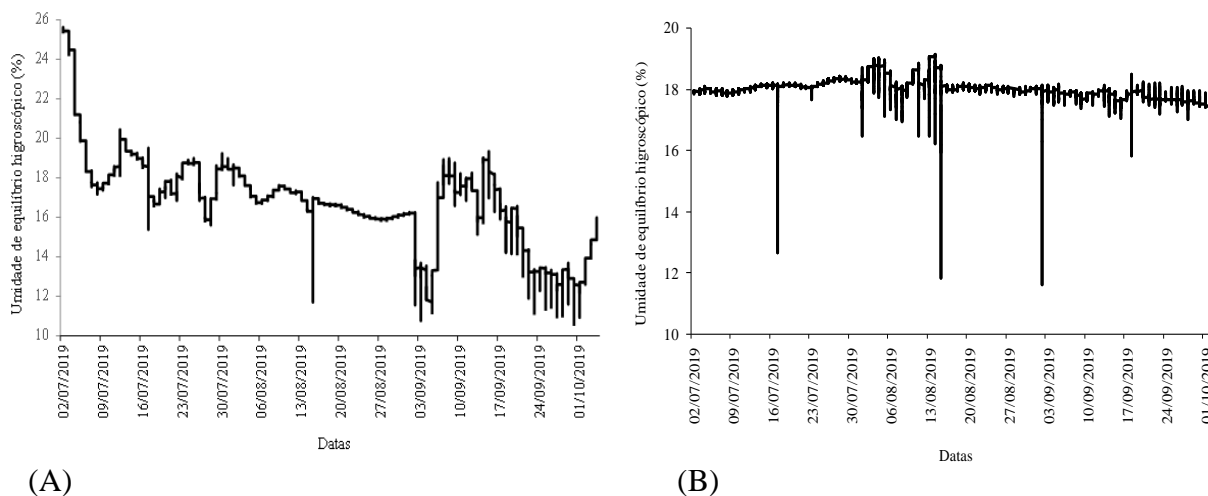


FIGURA 1. Umidade de equilíbrio higroscópico do ar intergranular com 18% de teor de água dos grãos, armazenados em bolsas de rafia, na temperatura ambiente (A). Umidade de equilíbrio higroscópico do ar intergranular com 13% de teor de água dos grãos, armazenados em bolsas de polietileno, na temperatura ambiente (B).

CONCLUSÕES: O uso de sensores para monitoramento dos grãos de milho armazenados com diferentes teores de água iniciais e em diferentes embalagens permitiu observar variações da umidade de equilíbrio higroscópico durante o tempo de armazenamento dos grãos, em tempo real, sendo possível verificar redução dos teores de água dos grãos armazenados em bolsas de rafia e uma menor variação da umidade de equilíbrio higroscópico em embalagens de polietileno com grãos de milho com teor de água inicial de 13% b.u. Enquanto que, os

grãos de milho com alto teor de água inicial (18% b.u.) tiveram maior variação da umidade de equilíbrio higroscópico nas bolsas de polietileno.

AGRADECIMENTOS: CAPES, CNPq, FAFERGS-RS, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)-Laboratório de Pós-Colheita (LAPOS) e o Laboratório de Grãos e Sementes do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia Farroupilha – Campus Panambi pelo apoio financeiro e disponibilidade para realização dos experimentos

REFERÊNCIAS: BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras Para Análise de Sementes.** Brasília: MAPA/ACS, 399 p. 2009. BROOKER, D.B.; BAKKER-ARKEMA, F.W.; HALL, C.W. **Drying and storage of grains and oilseeds.** Westport: The AVI Publishing Company, 1992. BORDIGNON, B. C. S. **Relação das condições de armazenamento com a qualidade fisiológica de sementes e composição do óleo extraído de cultivares de soja.** 2009. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009. ELIAS, M. C. et al. Tecnologias e Inovações nas Operações de Pré-armazenamento, Armazenamento e Conservação de Grãos. In: ELIAS, M. C.; OLIVEIRA, M. de; SCHIAVON, R. de A. (Org.). **Sistema Qualidade de Arroz na Pós-Colheita: Ciência, Tecnologia e Normas.** Pelotas, Santa Cruz, v. 1, p. 213-266, 2010. PARAGINSKI, R. T. et al. Qualidade de grãos de milho armazenados em diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** v.19, n.4, p.358-363, 2015. SANTOS, J.; MUHL, F. R.; MOREIRA, A.; RITTER, F. S.; FELDMANN, N. A.; RHODEN, A.; BALBINOT, M.. Avaliação da qualidade fisiológica e sanitária de sementes de soja produzidas no município de Frederico Westphalen/RS. **Revista Ciências Agroveterinárias e Alimentos,** p. 1-14, 2016.