SILMARA BISPO DOS SANTOS

DETERMINAÇÃO DA PERDA DE MATÉRIA SECA E AVALIAÇÃO QUALITATIVA DE GRÃOS DE MILHO ARMAZENADOS EM BOLSAS HERMÉTICAS

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de Magister Scientiae.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2008

Livros Grátis

http://www.livrosgratis.com.br

Milhares de livros grátis para download.

SILMARA BISPO DOS SANTOS

DETERMINAÇÃO DA PERDA DE MATÉRIA SECA E AVALIAÇÃO QUALITATIVA DE GRÃOS DE MILHO ARMAZENADOS EM BOLSAS HERMÉTICAS

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de Magister Scientiae.

Aprovada em 28 de fevereiro de 2008

_____	_____
Profª Leda Rita D'Antonino Faroni (Co-orientadora)	Ph.D. Jamilton Pereira dos Santos
_____	_____
Prof° José Helvecio Martins	Prof° Daniel Marçal de Queiroz

_____
Prof° Marcio Arêdes Martins
(Orientador)

A Deus, pela minha existência, pois nada nos seria possível se não fosse de sua vontade.

Aos meus pais, Otaniel e Márcia, exemplos de amor e perseverança, pelo amor e dedicação incondicional.

Aos irmãos, Andréa, André, Marcio e Marcéia, pelo apoio, incentivo e amizade em todos os momentos.

Ao Rodrigo, pelo companheirismo, paciência, confiança e amor.

AGRADECIMENTOS

À Deus que renova minhas forças nos momentos em que não me sinto mais capaz de continuar minha caminhada.

Aos meus pais, pelo exemplo de força e perseverança, pela educação, pelo apoio e amor incondicional e pela presença constante na minha vida.

Aos irmãos, pela amizade, apoio, incentivo e carinho em todos os momentos.

Ao Rodrigo, companheiro de todas as horas, pela paciência, pelo carinho, confiança, dedicação e amor.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), em especial ao Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realização do curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela concessão da bolsa de estudos, tornando possível a realização de um sonho.

Ao professor Márcio Arêdes Martins, pela excelente orientação, pelos ensinamentos e confiança.

Aos professores conselheiros, Leda Rita D'Antonino Faroni, Paulo Roberto Cecon.

Aos professores, Daniel Marçal de Queiroz, Jamilton Pereira dos Santos e José Helvécio Martins, pela participação na banca examinadora.

Aos demais professores do DEA, aos colegas de trabalho e de estudo e aos estagiários, Valfrido, Marcel, Joseane, cacaio, Juliana, Marta, Ernandes, André, Tales, Nara.

Às companheiras de república, Maria Clara, Elaine e Maristela, a toda a minha família, aos amigos de longa data e aos novos amigos conquistados nesta empreitada.

Aos funcionários da UFV, Geraldinho, Catitu, Inhame, Edson, Edna, Marcos, Dona Maria, Sr. Galinário e a todos que direta ou indiretamente contribuíram na realização deste trabalho, o meu sincero agradecimento.

Muito Obrigada a Todos Vocês.

BIOGRAFIA

SILMARA BISPO DOS SANTOS, filha de Otaniel Bispo dos Santos e Márcia Gomes Lopes dos Santos, nasceu em Braganey, Estado do Paraná, em 25 de abril de 1981.

Em 2001, iniciou o Curso de Engenharia Agrícola na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), graduando-se em fevereiro de 2006.

Em maio de 2006, iniciou o curso de Mestrado em Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Viçosa, MG, concentrando seus estudos na área de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas.

SUMÁRIO

RESUMO vii
ABSTRACT x
INTRODUÇÃO GERAL 1
LITERATURA CITADA 5

ARTIGO 1 – Perda de matéria seca de grãos de milho armazenados em bolsas herméticas

RESUMO 7
ABSTRACT 8
INTRODUÇÃO 9
MATERIAL E MÉTODOS 11
Armazenamento dos grãos de milho 11
Teor de água dos grãos 12
Massa específica aparente da matéria seca 12
Potencial de germinação 12
Determinação das concentrações de CO_2 e O_2 12
Desenvolvimento do modelo para cálculo de perda de matéria seca 14
Delineamento Experimental 18
RESULTADOS 19
DISCUSSÃO 25
Teor de água dos grãos 25
Concentrações de CO_2 e O_2 25
Potencial de germinação 27
Massa específica aparente da matéria seca 27
Perda de matéria seca 27
LITERATURA CITADA 29

ARTIGO 2 – Avaliação qualitativa dos grãos de milho submetidos ao tratamento com isotilcianato de alilo e armazenados em bolsas herméticas

RESUMO 32
ABSTRACT 33

INTRODUÇÃO 34
MATERIAL E MÉTODOS 37
Tratamento com ITCA 37
Armazenamento dos grãos de milho 37
Classificação comercial 38
Teor de água dos grãos 38
Massa específica aparente 38
Potencial de germinação 39
Condutividade elétrica 39
Delineamento experimental 39
RESULTADOS 40
DISCUSSÃO 47
Teor de água dos grãos 47
Massa específica aparente 47
Potencial de germinação 47
Condutividade elétrica dos grãos 48
LITERATURA CITADA 49
CONCLUSÕES GERAIS 51
APÊNDICE 53

RESUMO

SANTOS, Silmara Bispo dos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2008. **Determinação da perda de matéria seca e avaliação qualitativa de grãos de milho armazenados em bolsas herméticas.** Orientador: Marcio Arêdes Martins. Co-orientdores: Lêda Rita D'Antonino Faroni e Paulo Roberto Cecon.

Nos últimos anos tem-se observado um expressivo crescimento no setor de grãos, contribuindo para a expansão da balança comercial. No entanto, em diversos estados, o sistema de armazenagem é constituído por estruturas antigas, sucateadas e em condições precárias de armazenagem, o que acaba por comprometer a qualidade do produto durante o armazenamento. Para que o setor aumente as exportações e ganhe espaço no mercado mundial, os sistemas de armazenagem devem ser adequados aos padrões internacionais de qualidade. Estas exigências têm provocado grande interesse pelo uso de controles efetivos de pragas com nível mínimo de contaminação, dentre os quais tem se destacado o armazenamento hermético em silos bolsa e a utilização de isotilcianato de alilo (ITCA). Na busca por informações que subsidiem a adoção do método de armazenamento em silos bolsa, desenvolveu-se o presente trabalho com o objetivo de estimar a perda de matéria seca e avaliar a utilização do ITCA e seu possível efeito sobre a preservação da qualidade de grãos de milho armazenados em bolsas herméticas. Para isto, grãos de milho com teores de água de 14,8 e 17,9% b.u. foram acondicionados em bolsas de material polietileno impermeável a gases e submetidos ao tratamento com ITCA na dosagem de 300 $\mu L\ L^{-1}$ em três repetições. O ITCA foi aplicado sobre papel filtro com dimensões de aproximadamente 5 cm^2, e este foi colocado dentro das bolsas contendo grãos. Após o tratamento, todo o ar em excesso contido nas bolsas foi retirado e as bolsas foram lacradas por meio de uma máquina seladora térmica. Para o tratamento controle, os grãos foram armazenados nas mesmas condições, porém, na ausência do ITCA. Depois do fechamento das bolsas com e sem ITCA, estas foram armazenadas em câmaras com temperaturas controladas de 15, 25, e 35 °C. Foram utilizadas no total 180 bolsas, sendo três bolsas (repetições) para cada teor de água dos grãos, temperatura, tratamento e período de armazenamento. Por um período de 150 dias, em intervalos de 30 dias, três bolsas contendo grãos, correspondente a cada teor de água, temperatura e tratamento, foram retiradas das câmaras para a medição das concentrações de O_2 e CO_2. Em seguida, os grãos foram submetidos às análises de classificação comercial, teor de água, massa específica aparente, potencial de germinação e condutividade elétrica sendo descartados após a

realização das análises. Para se estimar a perda de matéria seca, foi desenvolvido um modelo em função da taxa respiratória dos grãos, considerando-se a ocorrência de respiração aeróbica e anaeróbica. Dos resultados obtidos, foi possível concluir que o consumo de O_2, a produção de CO_2 e, conseqüentemente a massa de matéria seca foram afetados pelo teor de água dos grãos e pela temperatura.

Em temperaturas de 15, 25 e 35 °C, os grãos armazenados com teor de água de 14,8 e 17,9% mantiveram os níveis de perda de matéria seca abaixo de 0,5%, limite de perda de matéria seca comumente utilizada para o armazenamento em sistemas abertos. Devido à baixa atividade respiratória dos grãos e da microflora e à baixa produção de CO_2 ocorrida na fase de anaerobiose, o incremento de perda de matéria seca com o tempo passou a ser desconsiderado. A perda de matéria seca dos grãos de milho armazenados com teor de água de 17,9%, em temperatura de 35 °C foi inferior à perda verificada para os grãos armazenados em temperatura de 25 °C. No entanto, um monitoramento das concentrações de CO_2 em períodos inferiores a 30 dias, para estas condições, poderia vir a indicar resultados inversos.

Em relação aos parâmetros de qualidade avaliados, verificou-se que para as condições utilizadas neste estudo, a dosagem de 300 $\mu L\ L^{-1}$ de ITCA não afetou significativamente a qualidade fisiológica dos grãos de milho armazenados em bolsas herméticas, induzindo a idéia de não ter tido efeito no controle da microflora presente. O armazenamento em bolsas herméticas permitiu a estabilidade dos teores de água dos grãos de milho ao longo de 150 dias, independentemente da temperatura. É possível o armazenamento dos grãos de milho com teores de água de 14,8 e 17,9% em bolsas herméticas sob temperaturas de 15, 25 e 35 °C durante 150 dias, sem que haja redução no seu padrão de qualidade para fins de comercialização. O armazenamento de grãos de milho com teores de água de 14,8% permite manter suas características por períodos relativamente maiores e com menores perdas de matéria seca do que o armazenamento de grãos com teor de água de 17,9%. O limite usualmente aceitável de 0,5% de perda de matéria seca para o armazenamento de milho em sistemas abertos não pode ser aplicado a sistemas herméticos. Isto por que à medida que os grãos entram em anaerobiose, sua taxa respiratória passa a ser decrescente, e o incremento de matéria seca decresce com o tempo a ponto de se tornar desprezível. Assim, a perda de matéria seca pode ser considerada máxima antes que se atinjam níveis de 0,5%, enquanto os grãos continuam em processo de deterioração, podendo ter seu padrão de qualidade reduzido com o aumento do tempo de armazenamento.

Desta forma, se torna importante a realização de estudos mais detalhados, com monitoramentos mais freqüentes das concentrações de CO_2 para grãos armazenados com teores de água elevados e com períodos maiores de armazenamento, de forma a estabelecer limites de perda de matéria seca para o armazenamento de grãos de milho em sistemas herméticos.

ABSTRACT

SANTOS, Silmara Bispo dos, M.Sc., Federal University of Vicosa, February 2008. **Dry material losses and qualitative evaluation of corn grain stored in hermetic units.** Advisor: Marcio Arêdes Martins. Co-Advisors: Lêda Rita D'Antonino Faroni and Paulo Roberto Cecon

A significant increase in the grain sector has been observed over the last few years, leading to the expansion of the balance of trade. However, in various Brazilian States, storage systems are composed of old structures, precarious for storage which end up compromising the quality of the product during storage. In order for the sector to increase exports and gain credibility on the world market, storage systems should be adapted to international quality standards. These demands have heightened interest in the use of effective pest control techniques with minimal contamination, of which hermetic storage in silos was emphasized and utilization de allyl isothiocyanate (AITC). In the search for information which supports the method for storage in silos, the present work was developed with the objective of estimating the dry material losses and evaluating the utilization of AITC and its possible effect on the preservation of corn grain quality when stored in hermetic units. Corn grain with moisture contents of 14.8% and 17.9% w.b. was added to polyethylene bags, impermeable to gas and submitted to a 300 μL L^{-1} AITC treatment, each was done in triplicate. AITC was applied on filter paper measuring approximately 5 cm^2 and was placed inside the bags containing the grain. After AITC treatment, all excess air was removed and the bags were sealed with a thermal sealing machine. The control sample was processed and stored under the same conditions, however in the absence of AITC. After all bags were closed and sealed, they were stored in temperature controlled chambers at 15, 25, and 35 °C. A total of 180 bags were used, including three repetitions for each combination of moisture content, temperature, treatment and storage period. During a 150 day period, three bags corresponding to each moisture content, temperature and treatment were removed from the chambers at 30 day intervals for the measurement of O_2 and CO_2 concentrations. Afterwards, the corn was submitted to commercial classification, moisture content, apparent specific mass, germination potential and electrical conductivity analyses and later disposed of. To estimate the loss of dry material, a model was developed as a function of the respiratory rate of corn, considering the occurrence of aerobic and anaerobic respiration. From the obtained results, it could be concluded that the consumption of O_2, the production of CO_2,

and consequently the dry material mass were affected by the corn's moisture content and temperature.

At temperatures of 15, 25 and 35 °C, the stored corn with moisture contents of 14.8 and 17.9% maintained dry material losses at levels less than 0.5%, the limit of dry material loss generally used by open storage systems. Due to the low respiratory activity of the corn and the microflora, and the low production of CO_2 during the anaerobiosis phase, the increase in dry material loss with time was disregarded. The loss of dry material in stored corn with a moisture content of 17.9% and temperature of 35 °C was inferior to the loss verified for corn stored at 25 °C. However, by monitoring CO_2 concentrations at intervals before 30 days, the results may be inversed for the given conditions.

In relation to the quality parameters evaluated, it was verified that for the conditions utilized in this study, the dosage of 300 μL L^{-1} of AITC did not significantly affect the physiological quality of the corn stored in hermetic bags, inducing the idea that it did not have a controlling effect on the microflora present. Storage in hermetic bags permits the stability of moisture content in the corn during the complete 150 day period, independent of temperature. Storage of corn with moisture contents of 14.8 and 17.9% in hermetic bags at temperatures of 15, 25 and 35 °C for a period of 150 days can be achieved without reducing quality standards for commercial usage. Corn grain storage with moisture contents of 14.8% allow for the preservation of its characteristics for greater time periods and with fewer dry material losses than the storage of grains with moisture contents of 17.9%. The typical acceptable limit (0.5%) of dry material loss for corn storage in open systems cannot be applied to hermetic systems. This is because as the grain enters anaerobiosis, its respiration rate decreases and the increment in dry material losses decrease with time to the point where it becomes negligible. So, the dry material loss can be considered maximum before reaching levels of 0.5%, since while the grains continue to deteriorate, quality standards are also reduced as storage time increases.

For this reason, it is important for more detailed studies to be done, with more frequent measurements of CO_2 concentrations for grains stored with high moisture contents and for long time periods. Limits for dry material loss in hermetic grain storage units should also be established for corn grain.

INTRODUÇÃO GERAL

A produção de grãos é um dos principais segmentos do setor agrícola, não só no Brasil, mas em todo o mundo. A estimativa para a produção de grãos no país para o período 2007/08 é de 136,3 milhões de toneladas, o que representa um aumento de 3,5% em relação à produção obtida na safra anterior que foi de 131,8 milhões de toneladas (BRASIL, 2008). Nos últimos anos tem-se observado um expressivo crescimento no setor de grãos, contribuindo para a expansão da balança comercial. No entanto, enquanto a produção de grãos no Brasil cresceu 64% no período de 1994 a 2007, a capacidade de armazenagem cresceu apenas 22,5%. De acordo com Nogueira Junior e Tsunechiro (2003), não tem ocorrido no Brasil um desenvolvimento harmônico no setor agrícola, de forma a proporcionar estabilidade de preços e redução dos custos de comercialização, maior competitividade externa e menores preços aos consumidores. Este problema tem causado preocupação quanto à competitividade dos produtos brasileiros nos mercados interno e externo.

Existem problemas históricos de localização e adequação das estruturas de armazenagem no Brasil. Em diversos estados, o sistema de armazenagem é constituído por estruturas antigas, sucateadas e em condições precárias de armazenagem. A localização destas estruturas nem sempre acompanha a migração da agricultura. A capacidade de armazenagem em nível de fazenda ainda é pequena (15% do total) quando comparada aos grandes produtores de grãos, tais como Canadá (85%) e Estados Unidos (65%) (BRASIL, 2006).

A armazenagem em nível de fazenda, com estruturas projetadas adequadamente às condições climáticas locais e economicamente viáveis, contribui para aumentar a renda do produtor agrícola. Estas estruturas possibilitam ao produtor a comercialização da safra em períodos mais adequados e evita pressões naturais do mercado na época de safra, diminuindo os entraves na logística, tais como o congestionamento no transporte e no descarregamento nas unidades armazenadoras (AFONSO, 2004).

Outra preocupação crescente no Brasil, refere-se à qualidade da armazenagem de grãos. Para que o setor aumente as exportações e ganhe espaço no mercado mundial, os sistemas de armazenagem devem ser adequados aos padrões internacionais de qualidade. O armazenamento mal conduzido e sem o uso de técnicas eficientes no controle de pragas é responsável por perda de massa do produto, bem como pela desvalorização deste, diminuindo os lucros no momento da comercialização.

Estas exigências têm provocado grande interesse pelo uso de controles efetivos de pragas com nível mínimo de contaminação, dentre os quais, tem se destacado o armazenamento hermético em silos bolsa. O sistema de armazenamento em silo bolsa consiste no uso de bolsas seladas hermeticamente. Em um sistema hermético, os organismos vivos que compõem o ecossistema (grãos, insetos e microorganismos) consomem o oxigênio (O_2) por meio do processo respiratório, produzindo gás carbônico (CO_2) e água (H_2O). Dessa forma, a concentração de O_2 diminui até que os organismos aeróbicos parem de respirar (MUIR et al., 2001).

De acordo com Aguiar et al. (2004), esta mudança na atmosfera de armazenamento, além de causar a mortalidade de insetos, pode inibir o desenvolvimento de fungos anaeróbicos e a atividade respiratória dos grãos, reduzindo desta forma, a degradação oxidativa deles sem a necessidade do uso de produtos químicos.

Moreno et al. (2000) observaram que concentrações de O_2 mantidas em níveis inferiores a 3% são suficientes para causar a mortalidade total de insetos da espécie *Sitophilus zeamai,* e níveis inferiores a 1% são suficientes para impedir o desenvolvimento de fungos *Aspergillus chevalieri*.

O tempo necessário para a redução do O_2 em um ambiente hermético é dependente do teor de água e da temperatura dos produtos armazenados. O aumento da temperatura tem como conseqüência o aumento na taxa respiratória dos organismos presentes no produto, consumindo o O_2 mais rapidamente (AGUIAR et al., 2004).

Segundo Quezada et al. (2006), o teor de água dos grãos e a respiração dos insetos presentes na massa de grãos têm efeito significativo no consumo de O_2 em sistema hermético. Estes autores observaram que na armazenagem de grãos de milho em temperatura de 27 °C e teores de água de 14, 15, 16 e 17% b.u., os níveis de O_2 foram reduzidos de 21% para 0,8, 0,6, 0,4 e 0,0% respectivamente, em três dias. Estes níveis foram reduzidos a 0% em seis dias, causando 100% de mortalidade da espécie *Prostephanus truncatus* e significativa redução no desenvolvimento de fungos da espécie *Aspergillus ruber* para todos os teores de água. Em um ambiente hermético, os organismos aeróbicos decompõem os hidratos de carbono, tais como a glicose, em CO_2 e H_2O, conforme a equação 1:

$$C_6 H_{12} O_6 + 6\ O_2 \rightarrow 6\ CO_2 + 6\ H_2O + 677\ cal \qquad (1)$$

Em baixas concentrações de O_2, leveduras e bactérias anaeróbicas tendem a se desenvolver decompondo os hidratos de carbono de forma incompleta, formando CO_2 e etanol (C_2H_5OH) em um processo anaeróbico denominado fermentação. A fermentação é uma reação mais lenta e que libera menos calor quando comparada às reações aeróbicas (RODRIGUEZ et al., 2002). A decomposição anaeróbica da glicose em C_2H_5OH e CO_2 é definida de acordo com a equação 2:

$$C_6 H_{12} O_6 \rightarrow 2\ C_2 H_5 OH + 2\ CO_2 + 22\ cal \quad (2)$$

A deterioração dos produtos armazenados resulta da interação entre variáveis físicas, químicas e biológicas, das quais as mais importantes são: temperatura, teor de água, propriedades físicas e estrutura do grão, microorganismos, insetos, ácaros, atmosfera intergranular (quantidade de O_2 e CO_2) e condições de armazenamento (SINHA e MUIR, 1973).

O processo de respiração dos grãos e da microflora durante o armazenamento é um fator determinante para a deterioração do produto armazenado, pois parte da matéria seca comercializável dos grãos é consumida durante este processo (MUIR e WHITE, 2001). A perda de massa causada pela respiração dos grãos é pequena quando comparada à causada pela respiração de insetos, fungos e bactérias presentes na massa de grãos. No entanto, não deixam de ser de grande importância, principalmente para as unidades armazenadoras no momento da comercialização do produto (BROOKER et al., 1992).

Adhikarinayake et al. (2006) avaliaram a qualidade e a perda de matéria seca de arroz com casca com teor de água de 14% b.u., armazenado em sistema aberto e hermético em temperatura diurna variando de 27 a 32 °C. Estes autores verificaram que depois de seis meses, o arroz armazenado em sistema hermético perdeu 0,4% da sua matéria seca e em sistema aberto, nas mesmas condições de temperatura, a perda de matéria seca foi de 2,1%.

Faroni et al. (2005) avaliaram a qualidade de grãos de soja com teores de água iniciais de 13 e 17% b.u., utilizando o método de armazenamento hermético em silo bolsa na região de Guarapuava, PR. Estes autores concluíram que nas condições em que o trabalho foi realizado, o silo bolsa é uma opção viável do ponto de vista qualitativo. Este fato tem levado pesquisadores a avaliar o sistema de armazenamento hermético, especialmente em se tratando de fazenda, já incluindo no contexto da agricultura familiar

por meio da avaliação quanti-qualitativa de milho e soja para diversas condições climáticas brasileiras.

De acordo com Baptista et al. (2004), a microbiota característica em grãos armazenados em sistemas herméticos onde existem altas concentrações de CO_2 e baixas concentrações de O_2 é composta por leveduras. Peterson e Schnürer (1995) verificaram que as espécies de leveduras predominantes nestes ambientes são: *Hansenula anomala, Candida krusei, Hipopichia burtonii* e *Candida glabrata* (Torulopsis). O desenvolvimento de leveduras dentro de um sistema hermético ocorre por serem espécies de fungos facultativos, ou seja, podem se desenvolver tanto na presença, ausência, ou mesmo em baixas concentrações de O_2.

O isotilcianato de alilo é um composto volátil presente na espécie de mostarda (*Brassica rapa*). Alguns trabalhos têm demonstrado a importância do ITCA na conservação de alimentos (MARI et al. 2002 e ISSHIKI et al. 1992) e confirmado que este composto apresenta atividade inseticida (SHAAYA et al., 1997), bactericida (PARK et al., 2000), microbicida (TSUNODA, 2002) e fungicida (SUHR e NIELSEN, 2003, e DHINGRA *et a*l., 2004).

Da literatura consultada, não foi encontrado até o presente momento estudos que avaliem o efeito do ITCA sobre a qualidade dos grãos de milho armazenados em sistemas herméticos e, sobretudo sobre a ação dos fungos de armazenamento.

Diante do crescente interesse por parte dos produtores agrícolas pelo uso dos sistemas de armazenamento hermético em silos bolsa, se torna importante a realização de estudos que forneçam maiores informações sobre o processo de deterioração dos grãos e as perdas ocorridas no sistema de armazenamento em bolsas herméticas. Estas informações podem vir a contribuir na tomada de decisão de produtores rurais que buscam métodos de baixo custo para o armazenamento seguro da safra.

Desta forma, com o presente trabalho objetivou-se determinar a perda de matéria seca dos grãos de milho armazenados em bolsas herméticas e avaliar a utilização do ITCA e seu possível efeito sobre a preservação da qualidade de grãos de milho armazenados em bolsas herméticas.

LITERATURA CITADA

ADHIKARINAYAKE, B. T., PALIPANE, K. B., MULLER, J. Quality change and mass loss of paddy during airtight storage in a ferro-cement bin in Sri Lanka. **J. Stored Prod. Res.** v. 42, p. 377-390, 2006.

AFONSO, A. D. L. Implantação de unidades armazenadoras em propriedades agrícolas. **Revista Grãos Brasil – da Semente ao Consumo**. v.3, p. 29-31, Maringá, 2004.

AGUIAR, R. W. S. SARMENTO, R. A., VIEIRA, S. M., DIDONET, J. Controle de pragas em grãos armazenados utilizando atmosfera modificada. **Biosc. J.,** v.20, 21-27, Uberlândia, 2004.

BAPTISTA, A. S. HORII, J., BAPTISTA, A. S. Fatores físico-químicos e biológicos ligados à produção de micotoxinas. **B. Ceppa,** v.22, n. 1, p. 01-14, Curitiba, 2004.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.** Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB. Situação da armazenagem no Brasil, 2006. Disponível em: http://www.conab.gov.br/conabweb/index.php?PAG=283. Acessado em: 28 jan. 2007.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.** Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB. Estimativa de produção de grãos da safra 2007/2008, 2008. Disponível em: http://www.conab.gov.br/conabweb/index.php?PAG=73&NSN=326. Acessado em: 18 fev. 2008.

BROOKER, D. B., BAKKER-ARKEMA, F. W., HALL, C. W. **Drying and storage of grains and oilseeds**. Westport: AVI, 1992. 450p.

DHINGRA, O.D., COSTA, M.L.N., SILVA JUNIOR, G.J., MIZUBUTI, E.S.G. Essential oil of mustard to control *Rhizoctonia solani* causing seedling damping off and seedling blight in nursery. **Fitopatol. bras.** v. 29, n. 6, p. 683-686, 2004.

FARONI, L. R. A., ALENCAR, E. R., ROMA, R. C. C., MELO, A. P., NETO, A. P. Avaliação qualitativa de grãos de soja armazenados em silos tipo bolsa. In: Seminário Nacional de Armazenagem, 4, 2005, Uberlândia. Viçosa: CENTREINAR, 2005. CD Rom.

ISSHIKI, K., TOKUOKA, K., MORI, R., CHIBA, S. Preliminary examination of allyl isothiocyanate vapor for food preservation. **Bioscience Biotechnology and Biochemistry.** v. 56, p. 1476-1477, 1992.

MARI, M., LEONI, O., IORI, R. & CEMBALI, T. Antifungal vapourphase activity of allyl-isothiocyanate against *Penicillium expansum* on pears. **Plant Pathology.** v. 51, p. 231-236, 2002.

MORENO, M. E., JIMENEZ, A. S., VAZQUEZ, M. E. Effect of *Sitophilus zeamais* and *Aspergillus chevalieri* on the oxygen level in maize stored hemetically. **J. Stored Prod. Res.** v. 36, p. 25-36, 2000.

MUIR, W. E., WHITE, N. D. G. Microorganisms in stored grain. In: Muir, W.E. (Ed.) **Grain Preservation Biosystems.** p. 28-42., Manitoba, 2001.

MUIR, W. E., JAYAS, D. S., WHITE, N. D. G. Controlled atmosphere storage. In: Muir, W.E. (Ed.) **Grain Preservation Biosystems.** Manitoba, 421 p. 2001.

NIELSEN, P.V. & RIOS, R. Antifungal activity of essential oils evaluated by two different application techniques against rye bread spoilage fungi. **Journal of Applied Microbiology.** v. 94, p. 665-674, 2003.

NOGUEIRA JUNIOR, S., TSUNECHIRO, A. Descompasso entre produção e armazenagem de grãos. **IEA - Instituto de economia agrícola.** 2003. Disponível em: http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=883. Acesso em: 10 set. 2006.

PARK, C. M., TAORMINA, P. J., & BEUCHAT, L. R. Efficacy of allyl isothiocyanate in killing enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7 on alfalfa seeds. **International Journal of Food Microbiology**, 56, 13–20, 2000.

PETERSSON, S., SCHNÜRER, J. Biocontrol of mold growth in high-moisture wheat stored under airtight conditions by *Pichia anomala*, *Pichia guilliermondii* and *Saccharomyces cerevisiae*. **Applied and Environmental Microbiology**, v.61, n.3, p.1027-1032, 1995.

QUEZADA, M. Y., MORENO, J., VAZQUEZ, M. E., MENDOZA, M., MÉNDEZ-ALBORES, A., MORENO, M. E. Hermetic storage system preventing the proliferation of *Prostephanus truncatus* Horn and storage fungi in maize with different moisture contents. **Postharvest Biology and Technology**. 39, 321-326, 2006.

RODRÍGUEZ, J. C., BARTOSIK, R. E., MALINARICH H. D., EXILART, J. P. Y NOLASCO, M. E. Almacenaje de granos en bolsas plásticas: sistema silobag. **EEA INTA Balcarce.** 2002. Disponível em http://www.ergomix.com/s_articles_view.asp?art=802. Acesso em: 10 set. 2006.

SHAAYA, E., KOSTJUKOVSKI, M., EILBERG, J., SUKPRAKARN, C. Plant oils as fumigants and contact insecticides for the control of stored-product insects. **Journal of Stored Products Research**, v.33, p.7-15, 1997.

SINHA, R. N. Interrelations of physical, chemical and biological variables in the deterioration of storage grains. In: SINHA, R. N. e MUIR, W. E. (Eds.). **Grain storage: Part of a system.** Westport, Conn. Avi, 481p. 1973.

SUHR, K. I, & NIELSEN, P. V. Antifungal activity of essential oils evaluated by two diVerent application techniques against rye bread spoilage fungi. **Journal of Applied Microbiology**, v. 94, p. 665–674, 2003.

TSUNODA, K. Gaseous treatment with allyl isothiocyanate to control established microbial infestation on wood. **J. Wood Sci**. v. 46, p. 154–158, 2002.

Perda de matéria seca de grãos de milho armazenados em bolsas herméticas

RESUMO – O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de estimar a perda de matéria seca em grãos de milho armazenados em bolsas herméticas sob diferentes temperaturas. Para isto, grãos de milho com teor de água inicial de 14,8 e 17,9% b.u. foram acondicionados em bolsas de material polietileno impermeável a gases. Todo o ar em excesso contido nas bolsas foi retirado, as bolsas foram lacradas por meio de uma máquina seladora térmica, e armazenadas em câmaras com temperaturas controladas de 15, 25 e 35 °C. Utilizou-se no total 90 bolsas, sendo três bolsas (repetições) para cada teor de água dos grãos, temperatura e período de armazenamento. Até 150 dias de armazenamento, em intervalos de 30 dias, três bolsas contendo grãos correspondentes a cada teor de água, e temperatura foram retiradas das câmaras para a medição das concentrações de O_2 e CO_2. Em seguida, os grãos foram submetidos às análises de teor de água, de massa específica aparente da matéria seca e de potencial de germinação. Para se estimar a perda de matéria seca, foi desenvolvido um modelo em função da taxa respiratória dos grãos considerando-se a ocorrência de respiração aeróbica e anaeróbica. Os dados obtidos foram submetidos à análise de regressão. Dos resultados obtidos concluiu-se que, quanto maior o teor de água dos grãos e a temperatura de armazenamento, maior a produção de CO_2 e maior a perda de matéria seca dos grãos de milho. Em 150 dias de armazenamento de grãos de milho com teores de água de 14,8 e 17,9% em bolsas herméticas, têm-se níveis mínimos de perda de matéria seca. O limite de 0,5% de perda de matéria seca, usualmente aceitável para armazenamento em sistemas abertos, não pode ser aplicado para sistemas herméticos. Isto por que à medida que os grãos entram em anaerobiose, sua taxa respiratória passa a ser decrescente e o incremento de matéria seca decresce com o tempo a ponto de se tornar desprezível. Desta forma, a perda de matéria seca pode ser considerada máxima antes que se atinja níveis de 0,5%, enquanto os grãos continuam em processo de deterioração, podendo ter seu padrão de qualidade reduzido com o aumento do tempo de armazenamento. Estudos mais detalhados com monitoramentos mais freqüentes das concentrações de CO_2 para grãos armazenados com teores de água elevados e com períodos maiores de armazenamento, se tornam importantes no estabelecimento de limites de perda de matéria seca para o armazenamento de grãos de milho em sistemas herméticos.

PALAVRAS CHAVE: Atmosfera modificada, silos bolsa, armazenamento de grãos.

Dry matter loss of maize grains stored in hermetic bags

ABSTRACT – This paper was developed with objective of estimate the dry matter loss in maize grains stored in hermetic bags in different temperatures. For this, maize grains with initial moisture content of 14,8 and 17,9% were conditioned in polyethylene impermeable gas. All air in excess into the bags was removed the bags were sealed up by a thermal machine and stored in chambers in controlled temperature of 15, 25 and 35°C. It was used a total of 90 bags, of which three bags (replications) to each grains moisture content, temperature and storage period. Until 150 days of storage, in intervals of 30 days, three bags with correspondent grains to each moisture content and temperature were removed from the chambers to measurement concentrations of O_2 and CO_2. After that, the grains were submitted to analyses of moisture content, dry matter bulk density and peanut germination. To estimate the dry matter loss, was developed a model in faction of grains respiratory rate considering the occurrence of aerobic and anaerobic respiration. The dados obtained were submitted to analyze of regression. From results obtained we can conclude that how bigger the grains moisture content and storage temperature, it's bigger the CO_2 production and bigger the dry matter loss of maize grains. In 150 days of maize grains storage with 14,8 and 17,9% moisture content in hermetic bags, they have minimum levels of dry matter loss. The limit of 0,5% dry matter loss, usually acceptable to storage in open systems mustn't be applied to hermetic systems. It's because as the grains enter in anaerobic phase, their respiration rate become decreasing and the increment of dry matter decrease with the time until become worthless. This way, the dry matter loss can be considered maximum before it reaches 0,5% levels, while the grains continue in deterioration process, and this way, can be a reduced quality standard with the increase of storage time. More detailed studies with more frequent measurement of CO_2 concentration for stored grains with high moisture content and with bigger storage periods become important in the establishment of limits in dry matter loss for the storage of maize grains in hermetic systems.

KEY WORDS: Modified atmosphere, bag silos, grains storage.

INTRODUÇÃO

Tem-se observado no Brasil, um expressivo crescimento no setor de grãos nos últimos anos. Uma das culturas em destaque na safra 2007/08 é o milho, com produção estimada em 53,58 milhões de toneladas, ou seja, 4,3% superior à safra 2006/07 (BRASIL, 2008). O crescimento do cultivo de milho e de seu mercado consumidor demanda maiores cuidados, sobretudo na produção dos grãos e da sua armazenagem. Apesar de toda a capacidade produtiva do Brasil, muito ainda tem que ser feito para adequar as práticas adotadas, da colheita ao armazenamento, aos padrões de qualidade exigidos pelos mercados nacional e internacional de grãos (ALVES et al., 2001).

Embora a produção de grãos no Brasil seja crescente, o setor de grãos é afetado por perdas ocorridas durante a pré-colheita, colheita e pós-colheita, causando aumento no custo do produto, diminuição da disponibilidade do alimento e perdas econômicas aos produtores. As perdas durante a armazenagem de grãos ocorrem em sua maior parte devido à infestação de insetos, deterioração por fungos e ataques por roedores e pássaros. A respiração e a perda gradual da viabilidade, da qualidade nutricional e das propriedades relacionadas com o uso final dos grãos contribuem com uma porção menor, porém, de importância no total de perdas que ocorrem durante a armazenagem (ATHIÉ, 1998).

A taxa respiratória foi utilizada para estimar a perda de matéria seca dos grãos pela primeira vez por Saul e Lind (1958) e por vários autores ao longo dos anos (SAUL e STEELE, 1966; STEELE et al., 1969; FERNANDEZ et al., 1985; FRIDAY et al., 1989). Naqueles estudos, a taxa respiratória foi expressa como a razão entre a massa de gás carbônico (CO_2) produzida e a massa de matéria seca dos grãos. Nos modelos propostos, a produção de CO_2 foi convertida em perda de matéria seca dos grãos considerando o processo de respiração aeróbica com a completa oxidação dos carboidratos em CO_2, água (H_2O) e calor. Neste contexto, a produção de 14,7 g de CO_2 por kg de matéria seca dos grãos é equivalente a 1% de perda de matéria seca.

Existem diversos fatores que influenciam a atividade respiratória dos grãos e, conseqüentemente, as perdas ocorridas devido a este processo. Os fatores de maior importância são: o teor de água inicial dos grãos, o índice de danos mecânicos, a temperatura dos grãos e do ambiente de armazenamento e a composição da atmosfera, sobretudo a disponibilidade de O_2. Estes fatores foram estudados por diversos autores (SAUL E STEELE, 1966; STEELE et al., 1969; GUPTA et al., 1998; WILCKE et al., 1998; DILLAHUNTY et al. 2000).

Saul e Steele (1966) estudaram o efeito do teor de água, da temperatura e dos danos mecânicos sobre a deterioração de grãos de milho em que, para o cálculo da perda de matéria seca dos grãos de milho, foi usado o modelo de combustão de carboidratos. Concluíram que os grãos poderiam ficar armazenados até a perda máxima de 0,5% da matéria seca antes que sua classificação comercial fosse reduzida do padrão de qualidade 2 para 3, conforme a classificação norte americana. A partir de então, muitos pesquisadores passaram a utilizar 0,5% como o máximo permissível de perda de matéria seca em modelos de simulações para secagem e armazenamento. No entanto, NG et al. (1998), estudando o efeito de danos mecânicos na armazenabilidade de milho e perda de matéria seca causadas por fungos, verificaram que o máximo permissível de perda de matéria seca para os grãos de milho colhidos mecanicamente (25 a 35 % de danos mecânicos) deve ser de aproximadamente 0,35%. Gupta et al. (1998) também estudando as relações entre a parda de matéria seca e a qualidade de grãos de milho, em diferentes teores de água e danos mecânicos verificaram que quando o milho tem uma perda de matéria seca de 0,5%, sua qualidade é inaceitável sob determinadas condições.

A composição da atmosfera não foi objeto de estudo destes autores que avaliaram a taxa respiratória e a perda de matéria seca de grãos armazenados em sistemas abertos. A baixa disponibilidade de O_2 é obtida em armazenamento de grãos por sistemas herméticos. Este método permite a redução da taxa respiratória dos grãos, dos insetos e dos fungos (MORENO et al. 2000; AGUIAR, et al. 2004; QUEZADA et al. 2006). A perda de matéria seca em sistema hermético foi estudada por Adhikarinayake et al. (2006) durante o armazenamento de arroz com casca. No entanto, este estudo foi realizado para grãos armazenados em uma única condição de temperatura e teor de água inicial.

Diante do exposto, com o presente trabalho objetivou-se estimar a perda de matéria seca e relacionar as possíveis relações destas perdas com o processo de deterioração dos grãos de milho armazenados em bolsas herméticas sob diferentes condições de temperatura.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho foram utilizados grãos de milho (*Zea mays* L.) colhidos com teor de água de 23% e 18% base úmida (b.u.) e secos em secador de leito fixo com ar natural até atingir teores de água de 17,9 e 14,8% b.u. respectivamente. Depois da secagem, os grãos foram limpos utilizando-se uma máquina de pré-limpeza para a remoção de impurezas grossas.

Armazenamento dos grãos de milho

Os grãos foram acondicionados em bolsas de plástico com capacidade para 2 kg de grãos. Estas bolsas foram confeccionadas com o mesmo material utilizado em silos bolsa comercial, ou seja, material composto por três camadas de polietileno de alta densidade e impermeável a gases, tais como dióxido de carbono (CO_2), Oxigênio (O_2) e Nitrogênio (N_2). Todo o ar em excesso contido nas bolsas foi retirado e as bolsas foram lacradas por meio de uma máquina seladora térmica, foram ainda, devidamente identificadas e armazenadas em câmaras com temperaturas controladas de 15, 25, e 35 °C. Foram utilizadas no total 90 bolsas, sendo três bolsas (repetições) para cada teor de água dos grãos, temperatura e período de armazenamento. Até 150 dias, em intervalos de 30 dias, três bolsas correspondentes a cada teor de água dos grãos e a cada temperatura foram retiradas das câmaras para a medição das concentrações de CO_2 e O_2. Em seguida, os grãos foram submetidos às análises de teor de água, de massa específica aparente da matéria seca e de potencial de germinação, sendo descartados após a realização destas análises.

As bolsas herméticas utilizadas para o armazenamento dos grãos de milho estão mostradas na Figura 1.

Figura 1. Bolsas herméticas utilizadas para o armazenamento dos grãos de milho.

As análises qualitativas e as medições das concentrações de CO_2 e O_2 foram realizadas no Laboratório de Pré-Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa.

Teor de água dos grãos

A determinação do teor de água dos grãos foi realizada de acordo com o método S352.2., recomendado em ASAE (2000), utilizando estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 103±1 °C, durante 72 horas em três repetições.

Massa específica aparente da matéria seca

A massa específica aparente da matéria seca dos grãos foi determinada descontando-se da massa específica aparente, o teor de água dos grãos utilizando-se a equação 1:

$$\rho_{ms} = \rho_g\left(1-\left(\frac{U}{100}\right)\right) \quad (1)$$

em que ρ_g é a massa específica aparente dos grãos de milho (kg m^{-3}), e U é o teor de água dos grãos (% b.u.).

A massa específica aparente dos grãos foi determinada em três repetições, por meio de uma balança de peso hectolítrico, com capacidade para ¼ de litro.

Potencial de germinação

O potencial de germinação foi avaliado de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992), utilizando-se 200 grãos de milho distribuídos em quatro repetições de 50 grãos, com a avaliação no 7º dia.

Determinação das concentrações de CO_2 e O_2

A concentração de CO_2 durante o período de armazenamento foi determinada por volumetria, ou seja, titulação dos compostos (CO_2 dissolvido em solução alcalina de H_2O e NaOH) diante de indicadores de cor específica. A concentração de O_2 foi determinada utilizando-se um analisador de gases.

A concentração de CO_2 em solução aquosa de NaOH pode ser determinada uma vez que este gás gera carbonatos e bicarbonatos. A titulação realizada com um ácido forte na

presença de fenolftaleína determina a alcalinidade parcial (*AP*), ou seja, a alcalinidade de hidróxidos (OH^-) e metade da alcalinidade de carbonatos (CO_3^{2-}). A titulação realizada com um ácido forte na presença de alaranjado de metila determina a alcalinidade total (*M*), ou seja, a alcalinidade de hidróxidos (OH^-), carbonatos (CO_3^{2-}) e bicarbonatos (HCO_3^-) (VOGEL, 1975).

Em balão volumétrico de 50 mL, pipetou-se 2 mL da solução de NaOH a 0,1 N, adicionou-se água deionionizada até completar 50 mL de solução e indicador fenolftaleína. Depois do preparo da solução, uma amostra de 25 mL do gás contido nas bolsas foi retirada por meio de uma seringa cromatográfica para gases. A amostra foi imediatamente injetada na solução preparada anteriormente no balão volumétrico agitando-o para a dissociação do CO_2. Transferiu-se a solução para um erlenmayer e imediatamente procedeu-se à titulação com HCl a 0,02 N até o ponto de viragem do indicador, obtendo-se o volume (*AP*). O procedimento foi repetido substituindo-se a fenolftaleína pelo indicador alaranjado de metila, obtendo-se o volume de HCl utilizado na titulação (*M*). Estes ensaios foram realizados em duplicata.

A partir dos volumes gastos de HCl para a alcalinidade parcial (*AP*) e total (*M*), os volumes de CO_3^{2-} (V_1) e HCO_3^- (V_2) foram obtidos utilizando-se a Tabela 1.

Tabela 1. Relação de alcalinidade de hidróxidos, carbonatos e bicarbonatos

Resultados	**Alcalinidades**		
	OH^-	CO_3^{2-} (V_1)	HCO_3^- (V_2)
$AP = 0$	Zero	Zero	M
$AP < M/2$	Zero	$2\,AP$	$M - 2AP$
$AP = M/2$	Zero	$2\,AP = M$	Zero
$AP > M/2$	$2AP - M$	$2(M - AP)$	Zero
$AP = M$	M	Zero	Zero

Fonte: Azevedo Neto (1966)

A concentração de CO_2 (Cco_2) foi calculada de acordo com a equação 2:

$$Cco_2 = \frac{R\,T\,N\,f\,(V_1 + V_2)\,10^5}{P\,V_{am}} \qquad (2)$$

em que *R* é a constante dos gases perfeitos (8,314 kJ mol^{-1} K^{-1}), *T* é a temperatura do gás (K), *N* é a normalidade do HCl (mol L^{-1}), *f* é o fator de correção para o HCl, V_{am} é o volume da amostra de gás (mL) e *P* é a pressão local (96 kPa).

A concentração de O_2 nas bolsas de grãos foi medida utilizando-se um analisador de gases da marca TESTO, modelo 330.1. Este analisador consiste num equipamento eletrônico com sonda apropriada para a determinação de concentrações de gases O_2 e CO_2. A sonda realiza a captura da amostra e as células de medição do aparelho realizam a análise dos gases presentes na amostra e as concentrações são apresentadas no painel gráfico do aparelho. Para a obtenção dos valores da concentração de O_2, depois da realização dos ensaios de titulação, a sonda foi introduzida no interior das bolsas e os valores apresentados pelo equipamento foram registrados.

Desenvolvimento do modelo para cálculo de perda de matéria seca

O modelo utilizado para o cálculo da perda de matéria seca considerou as concentrações de CO_2 e O_2 existentes dentro das bolsas herméticas conforme as etapas descritas a seguir:

1 – Relacionando o volume de CO_2 com o volume de CO_2 dentro das bolsas de acordo com a equação 3:

$$Cco_2 = \frac{Vco_2}{V_{ar}} \tag{3}$$

em que Cco_2 é a concentração de CO_2 (v/v), V_{CO_2} é o volume de CO_2 dentro das bolsas (m^3), V_{ar} é o volume do ar intergranular (m^3). Para o cálculo do volume de ar intergranular, determinou-se a porosidade da massa de grãos de milho. A porosidade foi determinada em função da massa específica aparente (ρ_g) e real (ρ_r) dos grãos conforme a equação 4:

$$\varepsilon = 1 - \left(\frac{\rho_g}{\rho_r} \right) \tag{4}$$

A massa específica real foi determinada usando-se a metodologia de complementação de volume descrito por Moreira et al. (1985) utilizando o óleo de soja como líquido. Desta forma a massa específica real foi obtida pela equação 5:

$$\rho_r = \frac{m}{V} \tag{5}$$

em que m é a massa de grãos (kg) e V é o volume dos grãos (m^3).

O volume de ar intergranular foi obtido pela equação 6:

$$V_{ar} = \varepsilon \frac{M_g}{\rho_g} \tag{6}$$

em que ε é a porosidade da massa granular, M_g é a massa de grãos (kg), ρ_g é a massa específica aparente dos grãos (kg m^{-3}).

2 – Relacionando a concentração de CO_2 com a massa de CO_2 dentro das bolsas de utilizando-se como base a equação dos gases perfeitos segundo a equação 7:

$$V_{CO_2} = \frac{M_{CO_2}\ R\ T}{W_{CO_2}\ P} \tag{7}$$

em que M_{CO_2} é a massa de CO_2 produzida durante o período de armazenamento (kg), W_{CO_2} é massa molar do CO_2 (44 kg $kmol^{-1}$), R é a constante dos gases perfeitos (8,314 kJ $kmol^{-1}$ K^{-1}), T é a temperatura (K) e P é a pressão atmosférica local (96 kPa).

Substituindo-se os volumes V_{ar} e V_{CO_2} das equações 6 e 7, respectivamente, na equação 1, obtêm-se a equação 8:

$$C_{CO_2} = \frac{M_{CO_2}\ R\ T\ \rho_g}{W_{CO_2}\ P\ \varepsilon\ M_g} \tag{8}$$

3 – A massa de CO_2 produzida foi relacionada com a massa de matéria seca dos grãos considerando-se a equação 9:

$$M_g = M_s + M_a \tag{9}$$

em que M_g é a massa de grãos (kg), M_s é a massa de matéria seca dos grãos (kg) e M_a é a massa de água contida nos grãos (kg) a qual é dada pela equação 10:

$$M_a = U\ M_g \tag{10}$$

em que U é o teor de água dos grãos (decimal b.u.). Substituindo a equação 10 na equação 9 obtêm-se:

$$M_g = \frac{M_s}{(1-U)} \tag{11}$$

Substituindo a equação 11 na equação 8 a concentração de CO_2 passa a ser representada de acordo com a equação 12:

$$M_{CO_2} = \frac{C_{CO_2} M_s\ \varepsilon\ W_{CO_2} P}{\rho_g\ (1-U)\ R\ T} \tag{12}$$

De forma análoga, foi obtida a equação 13 que relaciona a massa de O_2 consumido pelo processo de respiração anaeróbica com a massa de matéria seca dos grãos.

$$M_{O_2} = \frac{\Delta C_{O_2} M_s\ \varepsilon\ W_{O_2}\ P}{\rho_g\ (1-U)\ R\ T} \tag{13}$$

em que M_{O_2} é a massa de O_2 consumida durante o processo de respiração aeróbica, ΔC_{O_2} é a variação da concentração de O_2 considerando a concentração inicial de 21%, e W_{O_2} é massa molar do O_2 (32 kg kmol^{-1}).

4 – Modelo para determinação da perda de matéria seca dos grãos.

O modelo proposto para a perda de matéria seca foi desenvolvido considerando-se os processos simultâneos de respiração aeróbica e anaeróbica que ocorrem em baixas concentrações de O_2, característica do processo de armazenamento hermético. Foi considerado ainda, que a perda de matéria seca devido à respiração ocorre pela decomposição da glicose segundo dois mecanismos distintos. Durante o processo de respiração aeróbica, ocorre a decomposição dos carboidratos em CO_2 e H_2O e durante o processo de respiração anaeróbica ocorre a decomposição dos carboidratos em CO_2 e

etanol (C_2H_5OH) (RODRIGUEZ, et al. 2002). Os processos de respiração aeróbica e anaeróbica podem ser descritos pelas equações 14 e 15:

$$x\ C_6\ H_{12}\ O_6 + 6x\ O_2 \rightarrow 6x\ CO_2 + 6x\ H_2O + x\ 677\ cal \tag{14}$$

$$y\ C_6\ H_{12}\ O_6 \rightarrow 2y\ C_2\ H_5\ OH + 2y\ CO_2 + y\ 22\ cal \tag{15}$$

em que *x* e *y* são as quantidades molares de glicose consumidas (kmol) pelos processos aeróbicos e anaeróbicos, respectivamente. De acordo com a equação 14, a massa de O_2 consumida no processo de respiração aeróbica pode ser calculada pela equação 16:

$$M_{O_2} = 6x\ W_{O_2} \tag{16}$$

Desta forma *x* pode ser determinado por meio da equação 17:

$$x = \frac{M_{O_2}}{6\ W_{O_2}} \tag{17}$$

Considerando-se que os dois processos ocorrem simultaneamente, procedeu-se à soma das equações 14 e 15 para que o consumo da glicose fosse estimado por meio da produção de CO_2. Desta maneira a massa de CO_2 produzida é dada pela equação 18:

$$M_{CO_2} = (6x + 2y\ )\ W_{CO_2} \tag{18}$$

Desta forma, *y* pode ser determinado de acordo com a equação 19:

$$y = \frac{M_{CO_2}}{2\ W_{CO_2}} - 3x \tag{19}$$

Da equação 17 obteve-se o valor de *x*. Substituindo o valor de *x* na equação 19, obteve-se o valor de *y* e, conseqüentemente, as quantidades de glicose degradadas pelo

processo respiratório. Desta forma, a perda de matéria seca dos grãos de milho (*Pms*) foi determinada por meio da equação 20:

$$Pms = 100\,(x + y)\,\frac{W_g}{M_s} \tag{20}$$

em que W_g é a massa molar da glicose (180 kg kmol^{-1}).

Substituindo-se as equações 12 e 13 nas equações 16 e 19 e posteriormente na equação 20, obtém-se o modelo final para perda de matéria seca (equação 21).

$$Pms = 100\left(C_{CO_2} - \Delta C_{O_2}\right)\left(\frac{\varepsilon\, P\, W_g}{2\,\rho_g\,(1 - U)\,R\,T}\right) \tag{21}$$

O modelo apresentado está sujeito às restrições:

(i) $x + y \geq 0$

(ii) $6x + 2y > 0$

O modelo desenvolvido foi utilizado para quantificar as perdas de matéria seca dos grãos de milho armazenados hermeticamente. Estas perdas foram confrontadas com os principais parâmetros de qualidade dos grãos.

Delineamento Experimental

Foi utilizado um esquema fatorial 2x3x6, sendo dois níveis de teores de água inicial (14,8 e 17,9%), três níveis de temperatura (15, 25 e 35 °C) e seis níveis de tempo (0, 30, 60, 90, 120 e 150 dias) no delineamento inteiramente casualizado com três repetições. Independentemente da interação de maior grau ser ou não significativa, optou-se pelo seu desdobramento.

Os resultados foram interpretados por meio de análise de regressão e os modelos escolhidos foram fundamentados na significância dos coeficientes de regressão utilizando-se o teste "t" ao nível de 1% de probabilidade no coeficiente de determinação e nos fenômenos em estudo.

RESULTADOS

Os valores médios de teor de água dos grãos de milho ao longo do armazenamento sob temperatura de 15, 25 e 35 °C está representada na Figura 2.

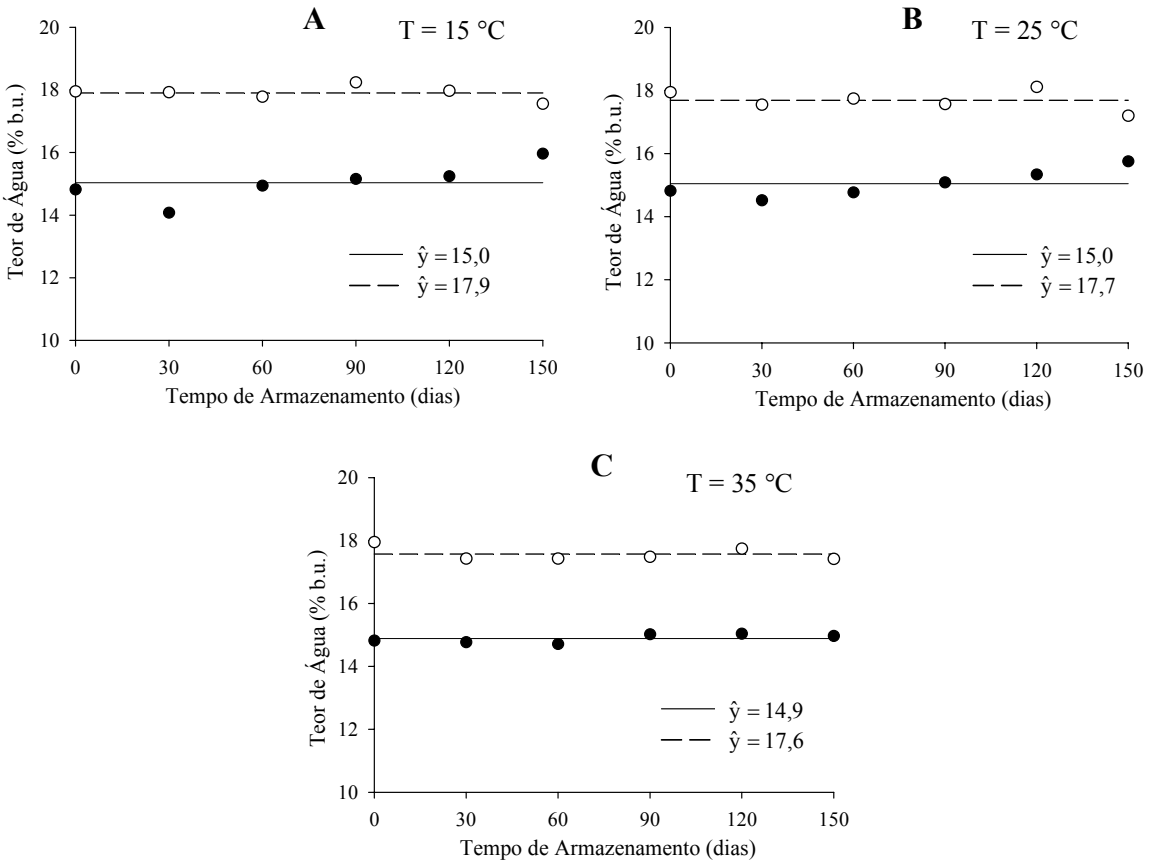

Figura 2. Valores médios do teor de água dos grãos de milho armazenados com teor de água inicial de 14,8% (●) e 17,9% (○) em bolsas herméticas.

Observa-se na Figura 2 que o fator tempo não afetou o teor de água dos grãos de milho armazenados em bolsas herméticas nas temperaturas de 15, 25 e 35 °C.

Os valores médios das concentrações de CO_2 e O_2 no interior das bolsas herméticas estão representados na Figura 3.

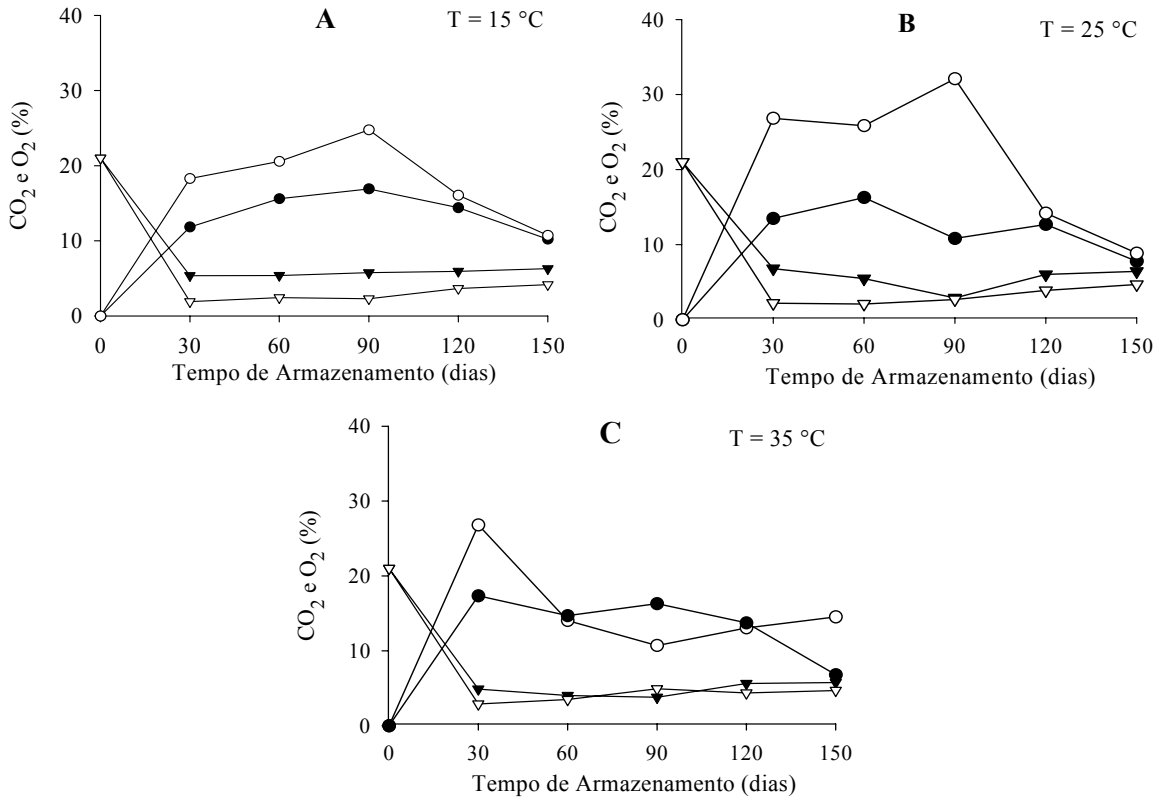

Figura 3. Valores médios das concentrações de CO_2 (●, Ui 14,8% e ○, Ui 17,9%) e de O_2 (▼, Ui 14,8% e ▽, Ui 17,9%), ao longo do armazenamento hermético.

De acordo com a Figura 3 verifica-se que, em geral, ocorreu elevação das concentrações de CO_2 e redução das concentrações de O_2 no interior das bolsas, independentemente da temperatura. Verifica-se ainda, que não houve consumo de O_2 a partir de 30 dias de armazenamento, pois aos 30 dias os grãos já haviam entrado em fase de anaerobiose. As máximas concentrações de CO_2 para os grãos armazenados com teor de água de 14,8% foram de 15,59, 16,27 e 17,35% e para os grãos armazenados com teor de água de 17,9% foram de 24,76, 32,1 e 26,80%, para as temperaturas de 15, 25 e 35 °C, respectivamente. Diferentemente do que se esperava, para os grãos armazenados com teor de água de 17,9%, a maior produção de CO_2 pelos grãos não ocorreu em temperatura de 35 °C, mas em temperatura de 25 °C.

Para todos os teores de água dos grãos e temperaturas de armazenamento verifica-se que à medida que se aumenta o tempo de armazenamento, as concentrações de CO_2 aumentaram até atingir um valor máximo.

Após as concentrações de CO_2 atingirem valores máximos, estas passam a ser reduzidas independente das condições de armazenamento, sendo que, quanto maior o teor de água dos grãos, maior a redução destas concentrações.

Os valores do potencial germinativo dos grãos armazenados em bolsas herméticas em temperaturas de 15, 25 e 35 °C está apresentado na Figura 4.

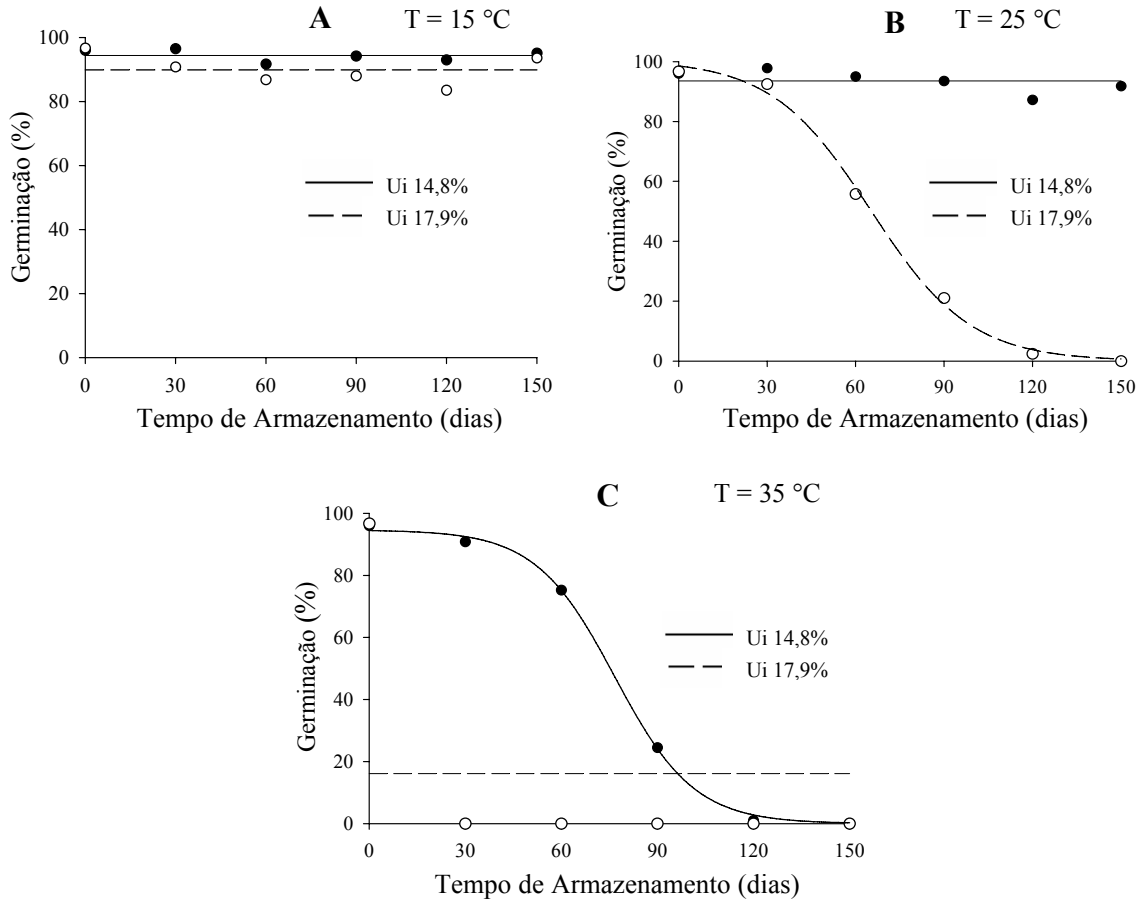

Figura 4. Potencial de germinação dos grãos de milho armazenados com teor de água inicial de (●)14,8% e (○) 17,9%.

De acordo com a Figura 4, verifica-se que o potencial de germinação dos grãos armazenados com teores de água de 14,8 e 17,9% em temperatura de 15 °C não foi afetado pelo tempo de armazenamento em bolsas herméticas. Em temperatura de 25 °C o tempo também não afetou o potencial de germinação dos grãos armazenados com teor de água de 14,8%, no entanto para os grãos armazenados com teor de água de 17,9%, verifica-se uma redução do potencial de germinação com o aumento do tempo de armazenamento. Em temperatura de 35 °C observa-se uma redução do potencial de germinação para os grãos armazenados com teor de água de 14,8% e de 17,9%, embora esta redução tenha sido muito mais intensa para os grãos armazenados com teor de água de 17,9%. Para esta condição de temperatura, aos 30 dias de armazenamento o potencial de germinação para os grãos armazenados com teor de água de 17,9% foi de 0%, não sendo possível o ajuste de

um modelo que explicasse este comportamento. Os modelos de ajustes para o potencial de germinação ao longo do tempo de armazenamento estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Modelos de ajuste para o percentual de germinação em função do tempo de armazenamento hermético

Teor de água (% b. u.)	**Temperatura de 15 °C**
14,8	$\hat{y} = 94,4$
17,9	$\hat{y} = 89,9$
Teor de água (% b. u.)	**Temperatura de 25 °C**
14,8	$\hat{y} = 93,5$
17,9	$y = \frac{100,55}{1 + e^{\left(\frac{t - 65,23}{16,85}\right)}} \quad R^2 = 0,99$
Teor de água (% b. u.)	**Temperatura de 35 °C**
14,8	$y = \frac{94,33}{1 + e^{\left(\frac{t - 76,70}{12,39}\right)}} \quad R^2 = 0,99$
17,9	$\hat{y} = 16,1$

Na Figura 6 estão representados os valores médios da massa específica aparente da matéria seca dos grãos armazenados hermeticamente ao longo de 150 dias em temperaturas de 15, 25 e 35 °C.

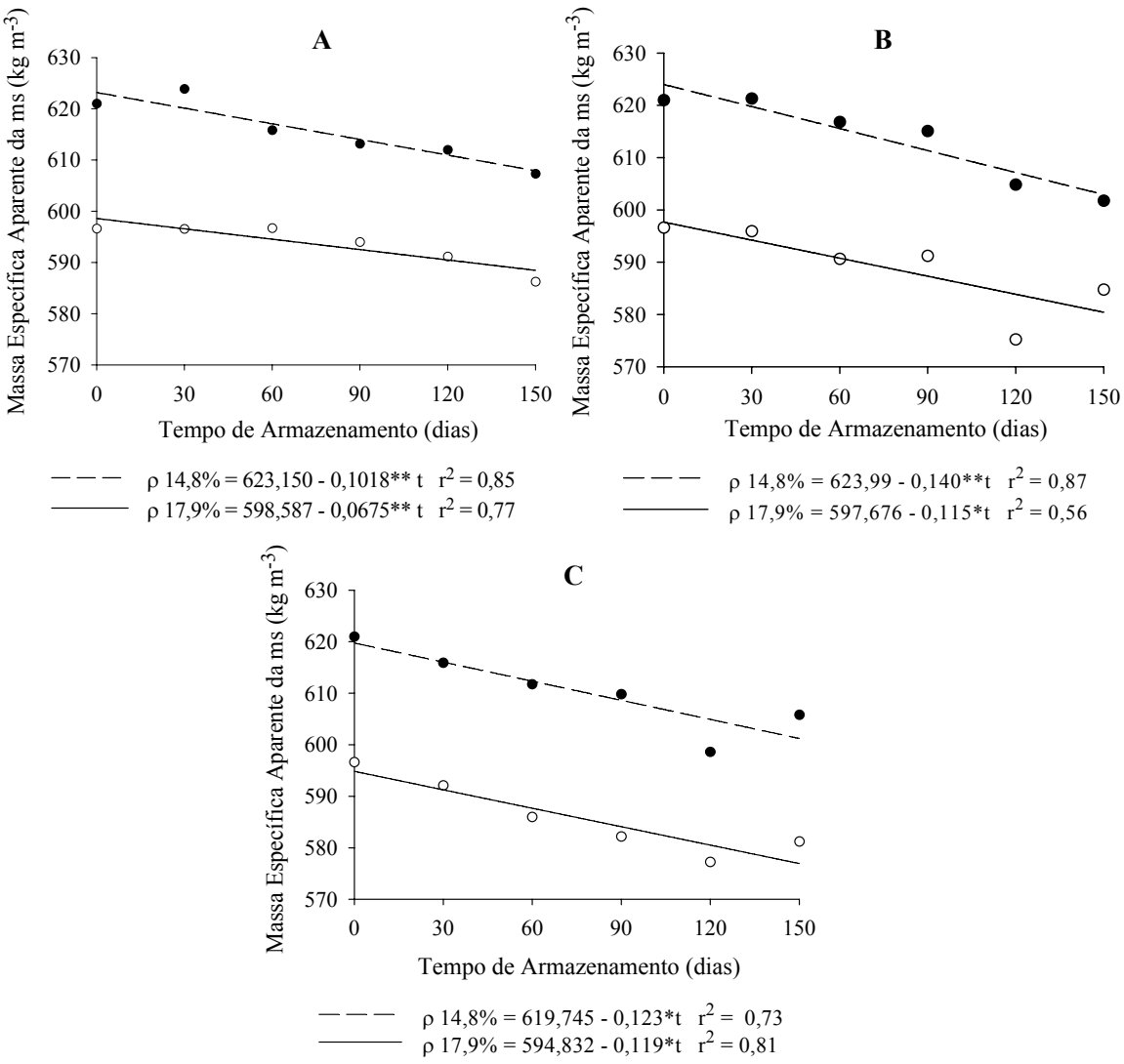

Figura 6. Valores médios da massa específica aparente da matéria seca dos grãos de milho armazenados com teor de água inicial de (●)14,8% e (○) 17,9%.

De acordo a Figura 6, verifica-se que a massa específica aparente da matéria seca dos grãos de milho armazenados em bolsas herméticas reduziu com o tempo, independentemente da temperatura de armazenamento.

As taxas de redução da massa específica aparente da matéria seca foram obtidas pelos modelos de regressão para cada condição de armazenamento e comparadas por meio de teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. De acordo com os resultados verificou-se que, em geral, todas as taxas foram diferentes entre si, no entanto, não foi encontrada uma relação das taxas de redução da massa específica aparente da matéria seca com as condições de armazenamento dos grãos de milho.

Na Figura 7 estão representados os valores médios de perda de matéria seca dos grãos de milho armazenados em bolsas herméticas nas temperaturas de 15, 25 e 35 °C.

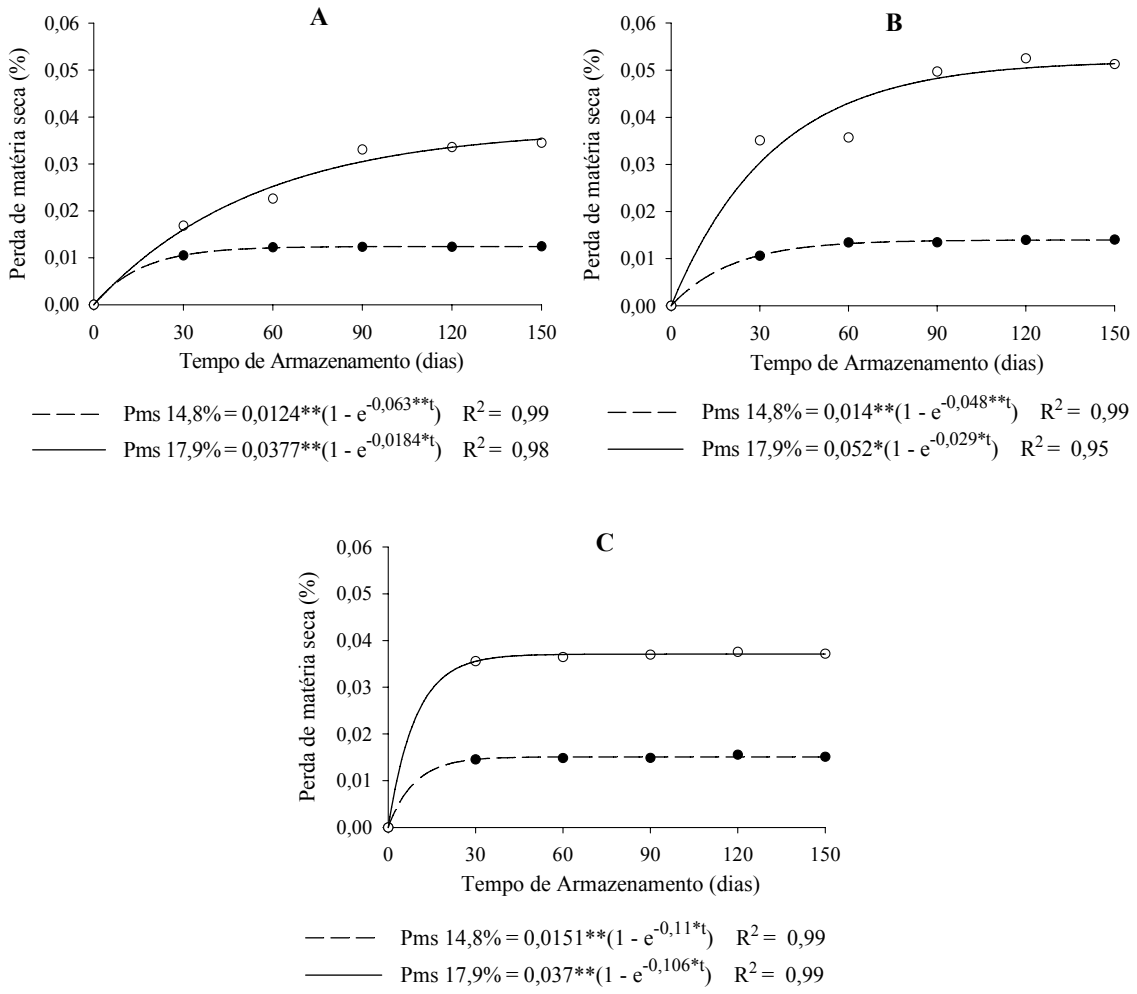

Figura 7. Perda de matéria seca dos grãos de milho com teor de água de 14,8% (●) e 17,9% (○) ao longo do armazenamento hermético.

Observa-se pela Figura 7 que, para todas as condições de teor de água dos grãos e temperatura, há uma taxa crescente de perda de matéria seca nos períodos iniciais de armazenamento. De acordo com os modelos ajustados, á medida que o se aumenta o tempo de armazenamento, a perda de matéria seca aumenta. Porém, à medida que os grãos entram na fase de anaerobiose, o incremento de perda de matéria seca decresce com o tempo de armazenamento.

A máxima perda de matéria seca dos grãos de milho armazenados com teor de água de 14,8% foi estimada em 0,0124, 0,014 e 0,015% e para os grãos armazenados com teor de água de 17,9% foi estimada em, 0,037, 0,052 e 0,037% para as temperaturas de 15, 25 e 35 °C respectivamente. Em geral observa-se que as menores perdas ocorreram para os grãos de milho armazenados com teor de água de 14,8%, portanto, independentemente da temperatura. Quanto maior o teor de água dos grãos, maior a perda de matéria seca. Os

maiores percentuais de perda de matéria seca foram verificados para o milho armazenado com teor de água inicial de 17,9% em temperatura de 25 °C.

DISCUSSÃO

Teor de água dos grãos

Independentemente da temperatura, não houve variação dos teores de água dos grãos de milho ao longo do armazenamento em bolsas herméticas.

Os produtos agrícolas em geral são materiais higroscópicos, ou seja, ele tem a propriedade de ganhar ou perder água até a condição de equilíbrio higroscópico, de acordo com as condições do ar ambiente.

O sistema de armazenamento em bolsas herméticas permitiu a estabilidade dos teores de água durante os 150 dias de armazenamento. Nestes sistemas não ocorrem trocas gasosas com o meio externo e os grãos entram em equilíbrio com o ambiente interno, sorvendo a mesma quantidade de água ou voláteis que é cedida ao ambiente devido ao processo respiratório.

Em silos bolsa, a estabilidade dos teores de água para grãos de soja e de girassol ao longo do armazenamento foi verificada por Faroni et al. (2005) e Rodriguez et al. (2002), respectivamente.

Concentrações de CO_2 e O_2

Apesar da hermeticidade do sistema as concentrações de O_2 não foram reduzidas a 0% em nenhuma das condições estudadas. No entanto, a partir de 30 dias de armazenamento verificou-se que os grãos passaram a realizar suas atividades respiratórias por via anaeróbica, ou seja, produzindo CO_2 sem o consumo de O_2. Moreno et al. (2000) verificaram que a redução máxima do O_2 foi de 21% para 8,8% para o armazenamento hermético de grãos livres de insetos e fungos. Neste estudo, aqueles autores verificaram que insetos consomem mais O_2 do que os fungos e estes últimos consomem mais O_2 do que os grãos.

A diminuição da concentração de O_2 em um sistema hermético depende, em grande parte, de vários elementos que compõem o sistema de armazenamento como a população de insetos e fungos, conteúdo de água ou atividade de água e qualidade do grão (OXLEY e WICKENDEN, 1963; SAUER et al., 1992; MORENO et al., 2000; QUEZADA et al.,

2006). O índice de infestação inicial e a população de fungos dos grãos são fatores que exercem grande influência sobre o consumo de O_2 e a produção de CO_2 em ambientes herméticos. No entanto, estes fatores não foram avaliados neste estudo.

A maior produção de CO_2 para os grãos armazenados com teor de água de 14,8%, ocorreram em temperatura de 35 °C. Este comportamento pode ser explicado pelo fato de que dentro de certos limites ocorre um aumento da intensidade da respiração proporcional ao aumento da temperatura. White et al. (1982) verificaram que, com o aumento da temperatura e do teor de água de sementes de colza, ocorria um incremento na produção de CO_2 pela respiração. Para os grãos armazenados com teor de água de 17,9%, a maior produção de CO_2 ocorreu em temperaturas de 25 °C. Uma possível explicação é que na temperatura de 35 °C, aos 30 dias de armazenamento, os grãos armazenados com este teor de água não apresentaram mais qualquer potencial de germinação, não sendo capazes de produzir CO_2 devido a sua atividade respiratória comprometida.

Todo o ar em excesso contido nas bolsas foi retirado no momento do seu fechamento, permitindo que as concentrações de CO_2 para os grãos de milho armazenados com teor de água de 14,8 e 17,9% fossem baixas quando comparadas às verificadas por Weinberg et al. (2008). Estes autores armazenaram grãos de milho com diferentes teores de água em recipientes de vidro lacrados hermeticamente sob temperatura de 30 °C e mediram as concentrações de CO_2, O_2 e N_2 ao longo de 75 dias. Para grãos armazenados com teor de água de 14, 16 e 18%, obtiveram concentrações máximas da ordem de 15, 42, e 74%, respectivamente. No entanto, os recipientes utilizados por eles, não foram completamente preenchidos de grãos. O ar em excesso permitiu que uma maior quantidade de O_2 ficasse disponível para os grãos e para a microflora presente realizarem suas atividades respiratórias por via aeróbica, produzindo maiores quantidades de CO_2.

A aparente redução nas concentrações de CO_2 verificadas neste trabalho pode estar associada à ocorrência de sorção de CO_2 pelos grãos. Portanto, mais atenção deve ser dada a este fenômeno em estudos posteriores. Weinberg at al. (2008) mediram a concentração de gases existentes ao longo do armazenamento de grãos de milho em ambiente hermético, sob temperatura de 30 °C. Nestes estudos, aqueles autores não verificaram redução nas concentrações de CO_2, no entanto, foi utilizado um período de armazenamento de apenas 75 dias. Grãos de soja, milho, amendoim e arroz e seus derivados sorvem quantidades significantes de CO_2 (MITSUDA et al. 1973; YAMAMOTO e MITSUDA 1980). Cofie-Agblor et al. (1995) e Shunmugam et al. (2005) verificaram que quantidades significativas de CO_2 são sorvidas por grãos de trigo, canola e cevada, e que esta sorção de CO_2 é

influenciada pela temperatura e pelo teor de água dos grãos. Aqueles autores observaram que a quantidade de CO_2 sorvido pelos grãos aumenta com a redução da temperatura e com o aumento do teor de água dos grãos. Observaram ainda que as taxas de sorção de CO_2 diminuem com o tempo até ocorrer um equilíbrio entre a concentração de CO_2 intra e intergranular e que este equilíbrio é dependente da concentração inicial de CO_2,do tipo de grão, da temperatura e do teor de água.

Potencial de germinação

Os resultados de potencial de germinação dos grãos de milho obtidos neste estudo estão em consonância com estudos realizados por Rupollo et al. (2004) e Quezada et al. (2006). Estes autores verificaram uma tendência para a redução do potencial germinativo dos grãos de aveia com teor de água inicial de 11% e milho com teor de água inicial de 17% durante o armazenamento hermético. De acordo com Hyde (1965) e Moreno et al. (1988), sementes de milho têm uma vida relativamente curta quando armazenadas em condições herméticas, a menos que estas sejam armazenadas com teor de água abaixo de 14%, ou em temperaturas semelhantes às utilizadas em bancos de germoplasma.

Massa específica aparente da matéria seca

A maior redução da massa específica aparente da matéria seca foi verificada em milho armazenado com teor de água de 17,9% em temperatura de 25 °C. Este resultado mostra que nestas condições de teor de água e temperatura houve maior redução da quantidade de matéria seca por volume de grãos, concordando com o resultado de perda de matéria seca estimada pela taxa respiratória dos grãos.

Perda de matéria seca

Em geral, as maiores taxas de perda de matéria seca dos grãos armazenados em bolsas herméticas ocorreram nos períodos iniciais. A partir de 30 dias, quando os grãos já estavam em fase de anaerobiose, à medida que se aumenta o tempo de armazenamento, estas taxas decrescem tendendo a zero. Na fase de anaerobiose os grãos e microorganismos presentes continuam suas atividades respiratórias, porém, a produção de CO_2 passa a ser menor do que na fase aeróbica, explicando o decréscimo das taxas de perda de matéria seca nesta fase.

A maior perda de matéria seca ocorreu para os grãos com teor de água de 17,9% em temperatura de 25 °C, pois com a elevação da temperatura ocorre um aumento da

atividade respiratória dos grãos e dos organismos vivos que compõem o sistema, ocasionando maior produção de CO_2 e conseqüentemente, maior perda de matéria seca. A total mortalidade dos grãos armazenados com teor de água de 17,9% em temperatura de 35 °C pode ter influenciado na produção de CO_2 e conseqüentemente, na perda de matéria seca dos grãos, fazendo com que esta fosse menor do que em temperatura de 25 °C.

Os menores percentuais de perda de matéria seca foram apresentados pelos grãos armazenados com teor de água de 14,8 % e os maiores percentuais para os grãos armazenados com teor de água de 17,9%. Estes resultados obtidos na utilização de sistema hermético foram semelhantes aos resultados verificados em sistema aberto por Thompson (1972) e Wilcke et al. (1998). Estes autores verificaram que em ambiente aberto, à medida que se aumenta o teor de água inicial dos grãos ocorre um incremento na perda de matéria seca.

Segundo Saul e Steele (1966) e Steele et al. (1969), os grãos devem ser armazenados por um período de armazenamento no qual ocorra perda de matéria seca máxima de 0,5%. Steele et al. (1969) verificaram que para sistemas abertos, os grãos armazenados com teor de água inicial de 18% em temperatura de 35 °C, a perda de 0,5% de matéria seca ocorre em 8 dias.

De acordo com Alves et al. (2006), a presença do inseto praga durante o armazenamento causa um aumento significativo na taxa respiratória e conseqüente, um aumento na perda de matéria seca. Estes autores verificaram que em sistema aberto, a perda de 0,5% de matéria seca ocorre em 630 e 81 dias, na ausência e na presença do inseto praga (*Sitophilus sp.*) respectivamente, para milho com teor de água inicial de 15% em temperatura de 25 °C. Os trabalhos realizados por Saul e Steele (1966), Steele et al. (1969), Thompson (1972) e Wilcke et al. (1998) demonstraram que em sistema aberto, a taxa de perda de matéria seca aumenta á medida que se aumenta o tempo de armazenamento. Diferentemente, o que se verificou para sistema de armazenamento em bolsas herméticas é que a taxa de perda de matéria seca decresce ao longo do tempo até atingir valores desprezíveis e a perda de matéria seca passa então a ser considerada constante.

LITERATURA CITADA

ADHIKARINAYAKE, B.T., PALIPANE, K.B., MULLER, J. Quality change and mass loss of paddy during airtight storage in a ferro-cement bin in Sri Lanka. **J. Stored Prod. Res.** v. 42, p. 377-390, 2006.

AGUIAR, R.W.S., SARMENTO, R.A., VIEIRA, S.M., DIDONET, J. Controle de pragas em grãos armazenados utilizando atmosfera modificada. **Biosc. J.** 20, 21-27, Uberlândia, 2004.

ALVES, W. M.; FARONI, L.R.D.; QUEIROZ, D. M.; CORRÊA, P. C.; GALVÃO, J. C. C. Qualidade dos grãos de milho em função da umidade de colheita e da temperatura de secagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.3, p. 469-474, 2001.

ALVES, W. M.; FARONI, L.R.D.; CORREA, P. C.; SILVA, M. C. H.; ALENCAR, H. R. Taxa respiratória e perda de matéria seca no armazenamento de milho sob diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.31, n.1, p. 59-64, 2006.

AZEVEDO NETO, J.M. Tratamento de águas de abastecimento. São Paulo, EDUSP, 1966.

ASAE. Moisture measurement - ungrounded grain and seeds. Page 563 in: **Standards**, 2000. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers.

ATHIÉ, I. **Conservação de grãos**. Campinas, Fundação Cargill, 1998. 236p.

BRASIL. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: Ministério da Agricultura, 1992. 365p.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.** Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB. Estimativa de produção de grãos da safra 2007/2008, 2008. Disponível em: http://www.conab.gov.br/conabweb/index.php?PAG=73&NSN=326. Acessado em: 18 fev. 2008.

COFIE-AGBLOR, R., MUIR, W.E., SINICIO, R., CENKOWSKI, S., JAYAS, D.S. Characteristics of carbon dioxide sorption by stored wheat. **J. Stored Prod. Res.** v. 31, n. 4, p. 317-324, 1995.

DILLAHUNTY, A.L., SIEBENMORGEN, T.J., BUESCHER, R.W., SMITH D. E., MAUROMOUSTAKOS A. Effect of Moisture Content and Temperature on Respiration Rate of Rice. **Cereal Chem.** v. 77, p. 541-543, 2000.

FARONI, L.R.A.; ALENCAR, E.R.; ROMA, R.C.C.; MELO, A.P.; NETO, A.P. Avaliação qualitativa de grãos de soja armazenados em silos tipo bolsa. In: Seminário Nacional de Armazenagem, 4, 2005, Uberlândia. Anais… Viçosa: CENTREINAR, 2005. CD Rom.

FERNANDEZ, A., STROSHINE, R., e TUITE, J. Mold growth and CO_2 production during storage of high-moisture corn. **Cereal Chem.** v. 62, n. 2, p. 137-143, 1985.

FRIDAY, D., TUITE, J., e STROSHINE, R. Effect of hybrid and physical damage on mold development and carbon dioxide production during storage of high-moisture shelled corn. **Cereal Chem.** v. 66, p. 422-426, 1989.

GUPTA, P., WILCKE, W.F., MOREY, R.V., MERONUCK, R.A. Effect of dry matter loss on corn quality. **1998 ASAE Annual International Meeting**. Paper n° 986042.

HYDE, M.B. Principles of wet grain conservation. **Journal and Proceedings of the Institute of Agricultural Engineering,** v. 21, p. 75-82, 1965.

MITSUDA, H., KAWAI, F., KUGA, M., YAMAMOTO, A. Mechanisms of carbon dioxide gas adsorption by grains and its application to skin-packaging. **J. Nutri. Sci. Vitaminol,** v. 19, p. 71-83, 1973.

MOREIRA, S.M.C.; CHAVES, M.A.; OLIVEIRA, L.M. Comparação da eficiência de íquidos na determinação da massa específica aparente de grãos agrícolas. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 9, n. 1 e 2, p. 22-24, 1984/85.

MORENO, M. E., BENAVIDES, C., RAMIREZ, J. The influence of hermetic storage on the behavior of maize seed germination. **Seed Science and Technology,** v. 16, p. 427-434, 1988.

MORENO, M.E., JIMENEZ, A.S., VAZQUEZ, M.E. Effect of *Sitophilus zeamais* and *Aspergillus chevalieri* on the oxygen level in maize stored hermetically. **J. Stored Prod. Res.** v. 36, p. 25-36, 2000.

NG, H.F., WILCKE, W.F., MOREY, R.V., MERONUCK, R.A., LANG, J.P. Mechanical damage and corn storability. **Transaction of the ASAE**, v. 41, n. 4, p. 1095-1100, 1998.

OXLEY, T.A., WICKENDEN, G. The effect of restricted air supply on some insects which infest grain. **Annals of Applied Biology,** v. 51, p. 313-324, 1963.

QUEZADA, M. Y., MORENO, J., VAZQUEZ, M.E., MENDOZA, M., MÉNDEZ-ALBORES, A., MORENO, M.E. Hermetic storage system preventing the proliferation of *Prostephanus truncatus* Horn and storage fungi in maize with different moisture contents. **Postharvest Biology and Technology,** v. 39, p. 321-326, 2006.

RODRÍGUEZ, J. C., BARTOSIK, R. E., MALINARICH H. D., EXILART, J. P. Y NOLASCO, M. E. Almacenaje de granos en bolsas plásticas: sistema silobag. **EEA INTA Balcarce.** 2002. Disponível em http://www.ergomix.com/s_articles_view.asp?art=802. Acesso em: 10 set. 2006.

RUPOLLO G., GUTKOSKI, L.C., MARINI, L, J., ELIAS, M.C. Sistemas de armazenamentos hermético e convencional na conservabilidade de grãos de aveia. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1715-1722, 2004.

SAUER, D.B., MERONUCK, R.A., CHRISTENSEN, C.M. Microflora. In: Sauer, D.B. (Ed.), Storage of Cereal Grains and their Products, 4th ed. **American Association of Cereal Chemists**, St Paul, MN, p. 313-340, 1992.

SAUL, R.A., LIND, E.F. Maximum time for safe drying of grain with unheated air. **Transaction of ASAE.** 1: 29-33, 1958.

SAUL, R. A., STEELE, J.L. Why damaged shelled corn cost more to dry. **Agric. Eng.** v. 47, p. 326, 1966.

SHUNMUGAM, G., JAYAS, D.S., WHITE, N.D.G., MUIR, W.E. Diffusion of carbon dioxide through grain bulks. **J. Stored Prod. Res.,** v. 41, n. 2, p. 131-144, 2005.

STEELE, J.L., SAUL, R.A, HUKILL, W.V. Deterioration of shelled corn as measured by carbon dioxide production. **Transaction of ASAE.** 12(1): 685–689, 1969.

THOMPSON, T.L. Temporary storage of high-moisture shelled corn using continuous aeration. **Transaction of ASAE,** v. 15, p. 333-337, 1972.

VOGEL, A. I. **Química Analítica cuantitativa; Teoría y practica.** Kapelusz (2ª Ed.) Buenos Aires, 2001.

WHEINBERG, Z. G., YAN, Y., CHEN, Y., FINCKELMAN, S., ASHBELL, G., NAVARRO, S. The effect of moisture level on high-moisture maize (*Zea mays* L.) under hermetic storage conditions – *in vitro* studies. **J. Stored Prod. Res.** v. 44, n. 2, p. 136-144, 2008.

WILCKE, W. F., GUPTA, P., MOREY, R. V., MERONUCK, R. A. Effect of changing temperature on deterioration of shelled corn. **ASAE Annual international meeting**. Paper n° 986041, 1998.

WHITE, N. D. G., SINHA, R. N., MUIR, W. E. Intergranular carbon dioxide as indicator of deterioration in stored rapeseed. **Can. Agric. Eng.,** v. 24, n. 1, p. 43-49, 1982.

YAMAMOTO, A., MITSUDA, H. Characteristics of carbon dioxide gas adsorption by grain and its components. In: **Controlled Atmosphere Storage of Grain**, ed. J. Shejbal. Amsterdam, Netherlands: Elsevier, p. 247-258, 1980.

Avaliação qualitativa dos grãos de milho submetidos ao tratamento com isotilcianato de alilo e armazenados em bolsas herméticas

RESUMO – Objetivou-se com o presente trabalho, avaliar os parâmetros qualitativos de grãos de milho tratados e não tratados com isotilcianato de alilo (ITCA) e armazenados em bolsas herméticas. Para isto, grãos de milho com teores de água de 14,8 e 17,9% foram acondicionados em bolsas de material polietileno de alta densidade e submetidos ao tratamento com ITCA na dosagem de 300 μL L^{-1}, em três repetições. O ITCA aplicado em papel filtro foi colocado dentro das bolsas contendo grãos. Todo o ar em excesso contido nas bolsas foi retirado e as bolsas foram lacradas por meio de uma máquina seladora térmica. Para o tratamento controle, os grãos foram armazenados nas mesmas condições, porém na ausência do ITCA. Depois do fechamento das bolsas com e sem ITCA, estas foram armazenadas em câmaras com temperaturas controladas de 15, 25, e 35 °C. Utilizou-se no total 180 bolsas, sendo três bolsas (repetições) para cada teor de água dos grãos, temperatura, tratamento e período de armazenamento. Ao longo de 150 dias, em intervalos de 30 dias, três bolsas contendo grãos, correspondentes a cada teor de água, temperatura e tratamento, foram retiradas das câmaras e os grãos foram submetidos a análises de classificação comercial, teor de água, massa específica aparente, potencial de germinação e condutividade elétrica. Os dados obtidos foram analisados por meio de análise de regressão. Dos resultados obtidos concluiu-se que o ITCA na dosagem de 300 μL L^{-1} não tem efeito significativo sobre a qualidade fisiológica dos grãos de milho armazenados em bolsas herméticas. O armazenamento em bolsas herméticas permite a estabilidade dos teores de água dos grãos de milho armazenados com teores de água de 14,8 a 17,9% em temperaturas de até 35 °C, ao longo de 150 dias. Quanto maior o teor de água dos grãos de milho e a temperatura de armazenamento em bolsas herméticas, maior a redução do potencial germinativo e a deterioração das camadas lipídicas dos grãos, indicando maior deterioração deles. Grãos de milho armazenados em bolsas herméticas com teores de água de 14,8 a 17,9%, em temperaturas de 15, 25 e 35 °C podem ter seu padrão de qualidade preservado para fins de comercialização por 150 dias.

PALAVRAS CHAVE: Qualidade dos grãos, silo bolsa, armazenamento hermético.

Qualitative evaluation of maize grains submitted to the treatment with allyl isothiocyanate and stored in hermetic bags

ABSTRACT – It was objectified with the present work evaluate the qualitative parameters of treated and non-treated maize grains with allyl isothiocyanate (AITC) and stored in hermetic bags. For this, maize grains with 14,8 and 17,9% moisture content was conditioned in polyethylene matter of high density and submitted to the treatment with AITC in a dosage of 300 μL L^{-1} in three replication. The AITC applied in paper filter was placed into the bags with grains. All air in excess contained in the bags was removed and the bags were sealed up by a thermal machine for closed. For the control treatment the grains were stored in the same conditions, however in the absence of AITC. After the bags locking with and without AITC, they were stored in chambers with controlled temperatures of 15, 25 and 35 °C. It was used a total of 180 bags being three of them (replications) to each moisture content of grains, temperature, treatment and storage period. During 150 days, in intervals of 30 days, three bags with grains correspondent to each moisture content, temperature and treatment were removed from the chambers and the grains were submitted to analyze of commercial sorting, moisture content, bulk density, peanut germination and electric condutivity. The obtained information have been analyzed by a regress analyze method. From the results obtained we can conclude that AITC in a dosage of 300 μL L^{-1} doesn't have significant effects on the physiological quality of the maize grains stored in hermetic bags. The storage in hermetic bags allows stability of maize grains moisture content stored with 14,8 and 17,9% moisture content in temperatures of up to 35 °C, during 150 days. As bigger the moisture content of maize grains and storage temperature in hermetic bags, bigger the reduction of peanut germination and deterioration of grains lipidics layer, indicating bigger deterioration of them. Maize grains storage in hermetic bags with 14,8 and 17,9% moisture content, in temperatures of 15, 25 and 35 ºC may have preserved their standard quality to the purpose of commercialization during 150

KEY WORDS: Grains quality, silo bag, hermetic storage

INTRODUÇÃO

O armazenamento é realizado com o objetivo de preservar as características e a manter a qualidade dos grãos dentro dos padrões exigidos pelo mercado consumidor. Ao longo do armazenamento, perdas qualitativas e quantitativas podem ocorrer estimuladas pela interação entre fatores físicos, químicos e biológicos. Os fatores de maior importância durante o período de armazenamento são: temperatura, teor de água, propriedades físicas e estrutura do grão, microorganismos, insetos, ácaros, atmosfera intergranular e as condições de armazenamento (SINHA, 1973).

Uma característica dos grãos é que estes podem ser armazenados durante períodos prolongados de tempo, sem que haja perdas significativas da qualidade. Entretanto, a manutenção da qualidade dos grãos pode ser afetada pelas operações mal conduzidas de colheita e pós-colheita (SANTOS, 2006). De acordo com Athié (1998), as perdas em qualidade durante a armazenagem de grãos ocorrem em sua maior parte, devido à infestação de insetos, deterioração por fungos e ataques por roedores e pássaros.

O Brasil tem aumentado sua produção de grãos a cada ano e com este aumento surge a necessidade do crescimento da capacidade de armazenagem e a adequação aos padrões de qualidade impostos pelo mercado internacional.

Dos produtos de maior importância produzidos no Brasil destaca-se a soja e o milho. Estes produtos são de grande importância econômica, pois sua utilização é crescente na alimentação de animais e como matéria prima na industrialização de subprodutos para a alimentação humana. Com isso, o mercado consumidor interno e externo exige cada vez mais que estes produtos sejam isentos de contaminações por insetos, fragmentos de insetos, fungos e resíduos tóxicos.

Estas exigências impostas pelo mercado consumidor têm causado preocupação e interesse pela utilização de métodos alternativos para o controle de insetos e fungos, dentre os quais se destaca o silo bolsa. O silo bolsa é um sistema de armazenamento hermético confeccionado a partir de material polietileno de alta densidade, impermeável, de modo que não permite a ocorrência de trocas gasosas entre os ambientes interno e externo.

Em um sistema hermético, os organismos vivos que compõem o ecossistema (grãos, insetos e microorganismos) consomem o oxigênio (O_2) por meio do processo respiratório, produzindo gás carbônico (CO_2) e água (H_2O). Dessa forma, a concentração de O_2 diminui até que os organismos aeróbicos parem de respirar (MUIR et al. 2001).

De acordo com Aguiar et al. (2004), esta mudança na atmosfera de armazenamento, além de causar a mortalidade de insetos, inibe o desenvolvimento de fungos anaeróbicos e a atividade respiratória dos grãos, reduzindo desta forma a degradação oxidativa deles sem a necessidade do uso de produtos químicos.

Segundo Baptista et al. (2004), a microbiota característica em grãos armazenados em sistemas herméticos onde existem altas concentrações de CO_2 e baixas concentrações de O_2, é composta por leveduras. Petersson e Schnürer (1995) verificaram que as espécies de leveduras predominantes nestes ambientes são: *Hansenula anomala, Candida krusei, Hipopichia burtonii* e *Candida glabrata* (Torulopsis). O desenvolvimento de leveduras dentro de um sistema hermético ocorre por serem espécies de fungos facultativos, ou seja, podem se desenvolver na presença, ausência ou em baixas concentrações de O_2. No entanto, de acordo com Moreno et al. (2000), alguns fungos aeróbicos, tais como o *Aspergillus chevalieri*, também continuam se desenvolvendo normalmente em ambientes em que a concentração de O_2 for mantida acima de 1%.

Rupollo et al. (2006) verificaram ao longo do armazenamento hermético de grãos de aveia com teores de água de 15, 18 e 21%, um aumento da contaminação por fungos dos gêneros Aspergillus, Penicillium e Fusarium. Com relação á produção de micotoxinas, estes autores não detectaram a presença de aflatoxinas B_1, B_2, G_1, G_2, zearalenona e ocrotoxina A, pelo período de 12 meses de armazenamento hermético. Grande parte da deterioração e perda de massa dos grãos ao longo do armazenamento é atribuída a estas espécies. De acordo com Fernandez et al. (1985) e Miller (1995), a maior causa da produção de CO_2 e perda de matéria seca em cereais armazenados é devida à incidência de microrganismos, em especial os fungos, o que torna importante o seu controle.

O isotilcianato de alilo (ITCA) é um composto volátil presente na espécie de mostarda (*Brassica rapa*). Este composto tem sido importante na conservação de alimentos (MARI et al. 2002 e ISSHIKI et al. 1992), apresentando atividade inseticida (SHAAYA et al., 1997), bactericida (PARK et al., 2000), microbicida (TSUNODA, 2002) e fungicida (SUHR e NIELSEN, 2003, e DHINGRA *et a*l., 2004). No entanto, a ação do ITCA sobre a qualidade e sobre a atividade dos microorganismos presentes em grãos armazenados ainda é desconhecida.

Faroni et al. (2005a) avaliaram a qualidade de grãos de soja com teores de água de 13 e 17%, utilizando o método de armazenamento hermético em silo bolsa na região de Guarapuava, PR. Os autores concluíram que nas condições em que o trabalho foi realizado, o silo bolsa é uma opção viável do ponto de vista qualitativo dos grãos.

Este fato tem levado pesquisadores a avaliar o sistema de armazenamento hermético por meio da avaliação quanti-qualitativa para diversas condições climáticas brasileiras e pesquisar os mecanismos referentes ao processo de deterioração ocorrido no armazenamento de grãos com teores de água elevados.

Neste contexto, torna-se importante a obtenção de informações sobre a utilização do ITCA, de forma a contribuir para o desenvolvimento de novas metodologias que permitam um controle efetivo dos fungos, causadores de deterioração dos grãos ao longo do armazenamento. Desta forma, realizou-se este trabalho com o objetivo de avaliar a utilização do ITCA e seu possível efeito sobre a preservação da qualidade de grãos de milho armazenados em bolsas herméticas, sob diferentes condições de temperatura.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho foram utilizados grãos de milho (*Zea mays* L.), colhidos com teor de água de 23% e 18% base úmida (b.u.) e secos em secador de leito fixo com ar natural até os teores de água de 17,9 e 14,8% b.u., respectivamente. Depois da secagem, os grãos foram limpos utilizando-se uma máquina de pré-limpeza para a remoção de impurezas grossas. Em geral, os grãos de milho no período inicial foram enquadrados no grupo semiduro, classe amarelo e classificados como tipo 1.

Tratamento com ITCA

O óleo essencial de mostarda com 90% do componente volátil (ITCA) foi fornecido pelo Laboratório de Proteção de Plantas do Departamento de Fitopatologia da UFV. Por ser um composto volátil, o óleo foi mantido em local com baixa temperatura e na ausência de luz. Para a realização do tratamento com ITCA, os grãos foram distribuídos em bolsas de polietileno de alta densidade, com capacidade para 2 kg. O ITCA foi aplicado sobre papel filtro, na dosagem de 300 μL L^{-1} e colocado nas bolsas contendo grãos de milho. Optou-se pela utilização do dobro da dosagem utilizada por Dhingra et al. (2004). Estes autores verificaram que o crescimento *in vitro* de *R. solani* foi completamente inibido na concentração de 50 mL L^{-1} e a colonização saprofítica do substrato foi drasticamente reduzida para 45% na concentração de 150 mL kg^{-1} 24 h após o tratamento. Após a aplicação do tratamento, todo o ar em excesso contido nas bolsas foi retirado e as bolsas foram lacradas por meio de uma máquina seladora térmica. Foram utilizadas no total 180 bolsas, sendo três bolsas (repetições) para cada teor de água dos grãos, temperatura, tratamento e período de armazenamento. Para o tratamento controle, os grãos foram armazenados nas mesmas condições, porém na ausência do ITCA.

Armazenamento dos grãos de milho

Os grãos de milho foram acondicionados em bolsas com capacidade para 2 kg de grãos. Estas bolsas foram confeccionadas com o mesmo material utilizado em silo bolsa comercial, ou seja, material composto por três camadas de polietileno de alta densidade e impermeável a gases como dióxido de carbono (CO_2), Oxigênio (O_2) e Nitrogênio (N_2). As bolsas foram devidamente identificadas e armazenadas em câmara com temperaturas controladas de 15, 25, e 35° C como mostrado na Figura 1.

Figura 1. Bolsas herméticas utilizadas para o armazenamento dos grãos de milho.

Ao longo de 150 dias, em intervalos de 30 dias de armazenamento, foram retiradas das câmaras, três bolsas contendo grãos correspondentes a cada teor de água, temperatura e tratamento e os grãos foram submetidos às análises de: classificação comercial; de teor de água dos grãos; de massa específica aparente; de potencial de germinação e de condutividade elétrica. Após a realização das análises em cada período, os grãos foram descartados.

As análises qualitativas foram realizadas no Laboratório de Pré-Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa.

Classificação comercial

Os grãos de milho foram classificados a cada 30 dias de armazenamento, para fins de comercialização, de acordo com a Portaria Nº 262, de 23.11.1983 do Ministério da Agricultura, publicada no D.O.U. de 25.11.1983 (BRASIL, 1983).

Teor de água dos grãos

A determinação do teor de água foi realizada de acordo com o método S352.2., recomendado em ASAE (2000), utilizando estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 103±1 °C durante 72 horas, em três repetições.

Massa específica aparente

A massa específica aparente dos grãos foi determinada em três repetições, por meio de uma balança de peso hectolítrico com capacidade para ¼ de litro.

Potencial de germinação

O potencial de germinação foi avaliado de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992), utilizando-se 200 grãos de milho distribuídos em quatro repetições de 50 grãos, com avaliação ao 7º dia.

Condutividade elétrica

A condutividade elétrica da solução contendo os grãos de milho foi feita utilizando-se o "Sistema de Copo" ou "Condutividade de Massa" (VIEIRA, 2001), tendo como finalidade avaliar a integridade das membranas celulares em função do grau de deterioração dos grãos. Este sistema baseia-se na modificação da condutividade elétrica causada pela lixiviação de eletrólitos dos tecidos dos grãos para a solução em que estes foram imersos. Os testes foram realizados em quatro repetições com 50 grãos para cada tratamento, ao longo do período de armazenamento. Os grãos foram pesados em balança com resolução de 0,01 grama e colocados em copos de plástico de 200 mL, aos quais foram adicionados 75 mL de água deionizada. Em seguida, os copos foram colocados em uma câmara com temperatura controlada de 25 °C durante 24 horas. Imediatamente depois deste período, os copos foram retirados da câmara para medições da condutividade elétrica da solução que contém os grãos. As leituras foram feitas utilizando-se um medidor de condutividade elétrica da marca Tecnopon, modelo CA-150, com ajuste para compensação de temperatura e eletrodo com constante da célula de 1 $\mu S\ cm^{-1}$. Antes de realizar as leituras, o aparelho foi calibrado com uma solução-padrão de cloreto de sódio, com condutividade elétrica conhecida na temperatura de 25 °C. O valor da condutividade elétrica ($\mu S\ cm^{-1}$) fornecido pelo aparelho foi dividido pela massa de matéria seca dos grãos (g), obtendo-se valor expresso em $\mu S\ cm^{-1}\ g^{-1}$ de matéria seca.

Delineamento experimental

Foi utilizado um esquema fatorial 2x3x6, sendo dois níveis de teores de água inicial (14,8 e 17,9%), três níveis de temperatura (15, 25 e 35 °C), seis níveis de tempo (0, 30, 60, 90, 120 e 150 dias) e dois tratamentos no delineamento inteiramente casualizado com três repetições. Independente da interação de maior grau ser ou não significativa, optou-se pelo seu desdobramento. O teste de Tukey a 5% de significância foi aplicado para a comparação dos tratamentos (com ITCA e controle).

Para a escolha dos modelos levou-se em consideração, além do ajuste, a análise de resíduos, a significância dos β's e a melhor representação física do fenômeno em estudo.

RESULTADOS

Os resultados dos laudos de classificação dos grãos de milho tratados e não tratados com ITCA, armazenados com teor de água inicial de 14,8% e 17,9% em temperaturas de 15, 25 e 35 °C, estão apresentados nas Tabelas 1A e 2A do Apêndice, respectivamente. De acordo com os laudos de classificação, ao final do período de 150 dias de armazenamento em bolsas herméticas, os grãos de milho com teor de água de 14,8 e 17,9%, foram classificados como tipo 1 para todas as condições de temperatura e tratamento, exceto para os grãos armazenados com teor de água de 17,9% sem tratamento e em temperatura de 35 °C, que foi classificado como tipo 2.

Os valores médios de teor de água, da massa específica aparente, do potencial de germinação e da condutividade elétrica dos grãos de milho com e sem ITCA, armazenados em bolsas herméticas e com teor de água inicial de 14,8 e 17,9%, são apresentados nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1. Médias do teor de água (TA), da massa específica aparente (ρ), do potencial de germinação (GE) e da condutividade elétrica (CE) dos grãos de milho armazenados com teor de água inicial de 14,8% em temperaturas de 15, 25 e 35 °C

Temperatura de 15 °C								
Tempo (dias)	**U c/ ITCA**	**U s/ ITCA**	**ρ c/ ITCA**	**ρ s/ ITCA**	**GE c/ ITCA**	**GE s/ ITCA**	**CE c/ ITCA**	**CE s/ ITCA**
0	14,8 A	14,8 A	729,0 A	729,0 A	96,0 A	96,0 A	11,2 A	11,2 A
30	14,7 A	14,4 A	725,7 A	726,0 A	95,0 A	96,5 A	11,3 A	9,9 A
60	14,8 A	14,8 A	723,5 A	723,9 A	96,8 A	91,6 B	13,8 A	13,3 A
90	15,0 A	15,0 A	723,4 A	722,6 A	95,1 A	94,1 A	10,3 A	9,7 A
120	15,0 A	15,2 A	721,5 A	722,6 A	92,3 A	93,0 A	11,5 A	11,1 A
150	15,7 A	15,5 A	724,5 A	722,0 A	94,6 A	95,1 A	12,1 A	11,0 A
Temperatura de 25 °C								
Tempo (dias)	**U c/ ITCA**	**U s/ ITCA**	**ρ c/ ITCA**	**ρ s/ ITCA**	**GE c/ ITCA**	**GE s/ ITCA**	**CE c/ ITCA**	**CE s/ ITCA**
0	14,8 A	14,8 A	729,0 A	729,0 A	96,0 A	96,0 A	11,2 A	11,2 A
30	14,4 A	14,5 A	727,5 A	726,8 A	96,5 A	97,8 A	9,1 A	8,8 A
60	15,0 A	14,7 B	723,1 A	723,6 A	95,0 A	95,0 A	10,5 A	10,2 A
90	14,9 A	15,0 A	724,6 A	724,3 A	94,3 A	93,5 A	9,9 A	9,8 A
120	15,1 A	15,3 A	717,3 A	714,4 A	83,6 A	87,1 A	14,8 A	12,6 A
150	16,0 A	15,7 B	710,9 A	714,3 A	91,3 A	91,7 A	13,2 A	13,7 A
Temperatura de 35 °C								
Tempo (dias)	**U c/ ITCA**	**U s/ ITCA**	**ρ c/ ITCA**	**ρ s/ ITCA**	**GE c/ ITCA**	**GE s/ ITCA**	**CE c/ ITCA**	**CE s/ ITCA**
0	14,8 A	14,8 A	729,0 A	729,0 A	96,0 A	96,0 A	11,2 A	11,2 A
30	14,8 A	14,7 A	724,3 A	722,6 A	92,8 A	90,8 A	12,9 A	10,9 B
60	14,6 A	14,7 A	718,7 A	717,5 A	97,0 A	75,1 B	15,6 A	16,9 A
90	14,8 A	15,0 A	718,3 A	717,5 A	9,8 A	24,5 A	22,0 A	17,0 B
120	15,0 A	15,0 A	705,0 B	704,5 A	2,6 A	1,0 A	25,9 A	28,1 A
150	15,2 A	14,9 A	710,3 A	712,4 A	0,0 A	0,0 A	27,9 A	34,7 A

Médias seguidas da mesma letra, na mesma linha para cada parâmetro avaliado não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Tabela 2. Médias do teor de água (TA), da massa específica (ρ), do potencial de germinação (GE) e da condutividade elétrica (CE) dos grãos de milho armazenados com teor de água inicial de 17,9% em temperaturas de 15, 25 e 35 °C

Temperatura de 15 °C								
Tempo (dias)	**U c/ ITCA**	**U s/ ITCA**	**ρ c/ ITCA**	**ρ s/ ITCA**	**GE c/ ITCA**	**GE s/ ITCA**	**CE c/ ITCA**	**CE s/ ITCA**
0	17,9 A	17,9 A	727,1 A	727,1 A	96,6 A	96,6 A	9,0 A	9,0 A
30	17,1 A	17,6 A	722,0 A	726,8 A	95,3 A	90,8 A	11,9 A	11,7 A
60	17,7 A	17,6 A	718,5 A	725,7 A	89,3 A	86,7 A	10,6 A	10,6 A
90	18,2 A	17,7 A	715,0 A	726,4 A	86,3 A	88,0 A	14,4 A	11,4 A
120	17,3 A	17,8 A	716,6 B	720,6 A	89,0 A	83,5 A	13,9 A	14,9 A
150	17,2 A	17,3 A	714,9 A	711,0 A	81,5 A	93,5 A	21,9 A	17,2 A
Temperatura de 25 °C								
Tempo (dias)	**U c/ ITCA**	**U s/ ITCA**	**ρ c/ ITCA**	**ρ s/ ITCA**	**GE c/ ITCA**	**GE s/ ITCA**	**CE c/ ITCA**	**CE s/ ITCA**
0	17,9 A	17,9 A	727,1 A	727,1 A	96,6 A	96,6 A	9,0 A	9,0 A
30	17,8 A	17,6 B	719,7 A	722,7 A	93,5 A	92,5 A	12,3 A	11,7 A
60	17,8 A	17,6 A	714,0 A	718,0 A	76,6 A	55,8 A	14,4 A	13,1 A
90	18,1 A	17,7 A	713,8 A	717,2 A	8,3 A	21,0 A	18,8 B	22,8 A
120	18,3 A	17,8 A	702,4 A	702,4 A	0,0 A	2,4 A	31,3 A	23,5 B
150	17,0 A	17,3 A	705,5 A	706,2 A	0,0 A	0,0 A	31,8 A	30,8 A
Temperatura de 35 °C								
Tempo (dias)	**U c/ ITCA**	**U s/ ITCA**	**ρ c/ ITCA**	**ρ s/ ITCA**	**GE c/ ITCA**	**GE s/ ITCA**	**CE c/ ITCA**	**CE s/ ITCA**
0	17,9 A	17,9 A	727,1 A	727,1 A	96,6 A	96,6 A	9,0 A	9,0 A
30	17,6 A	17,6 A	718,0 A	717,0 A	0,0 A	0,0 A	28,5 A	24,1 B
60	17,6 A	17,6 A	711,1 A	709,6 A	0,0 A	0,0 A	32,8 A	33,3 A
90	17,2 B	17,7 A	709,5 A	705,5 A	0,0 A	0,0 A	40,3 A	40,9 A
120	17,7 A	17,8 A	700,2 A	701,7 A	0,0 A	0,0 A	40,4 A	43,9 A
150	17,4 A	17,3 A	706,4 A	703,7 A	0,0 A	0,0 A	42,8 B	44,6 A

Médias seguidas da mesma letra, na mesma linha para cada parâmetro avaliado não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

De forma geral, observa-se pela Tabela 1 e 2, que independentemente da temperatura de armazenamento, o tratamento realizado com ITCA na dosagem de 300 μL L^{-1} não teve influência sobre o teor de água, sobre a massa específica aparente, sobre o potencial de germinação e sobre a condutividade elétrica dos grãos de milho armazenados hermeticamente.

Os valores médios do teor de água dos grãos de milho com e sem ITCA ao longo do armazenamento em temperaturas de 15, 25 e 35 °C estão representadas na Figura 2.

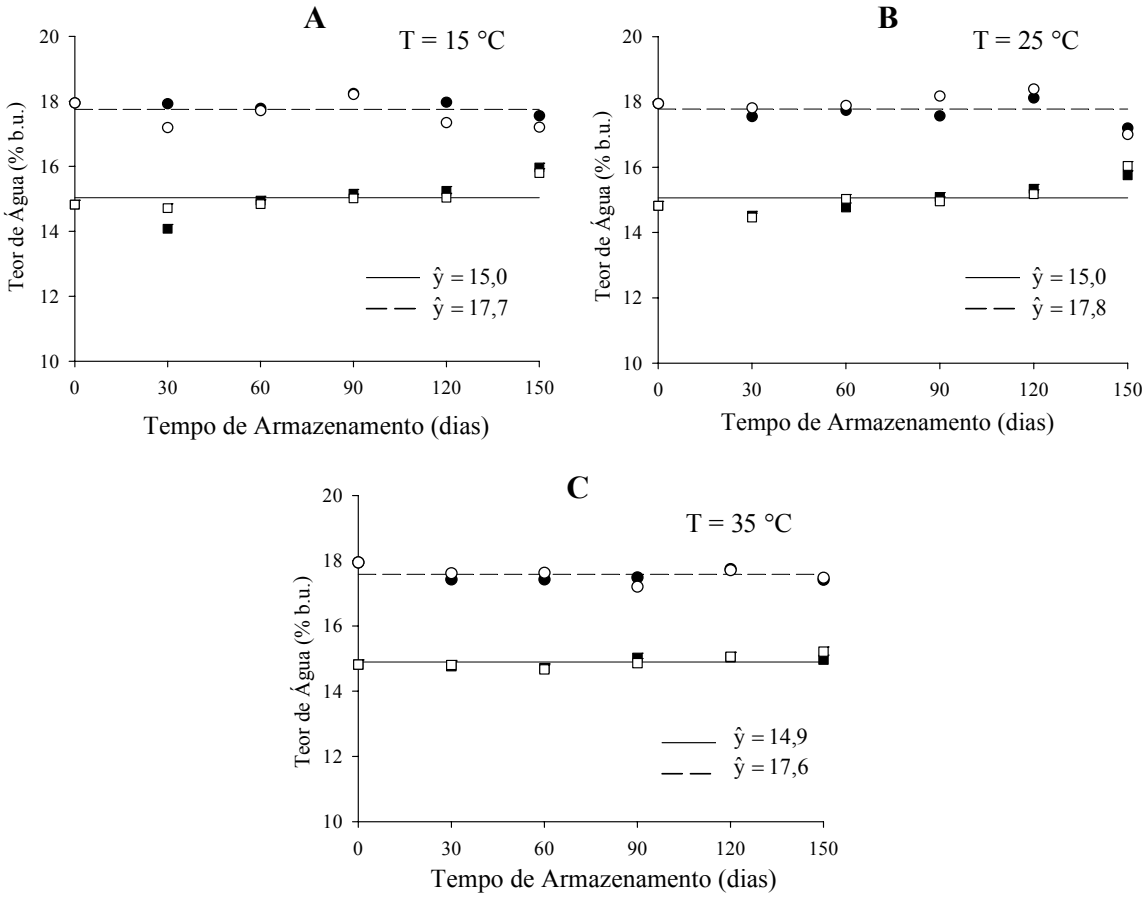

Figura 2. Valores médios do teor de água dos grãos de milho armazenados com teor de água inicial de 14,8%, com (▫) e sem (■) ITCA e 18,9%, com (○) e sem (●) ITCA.

De acordo com os resultados apresentados na Figura 2, verifica-se que independente da temperatura de armazenamento e do tratamento com ITCA, o teor de água dos grãos de milho armazenados em bolsas herméticas não variou ao longo do período de armazenamento.

Na Figura 3 estão representados os valores médios da massa específica dos grãos de milho com e sem ITCA, armazenados em bolsas herméticas em temperaturas de 15, 25 e 35 °C.

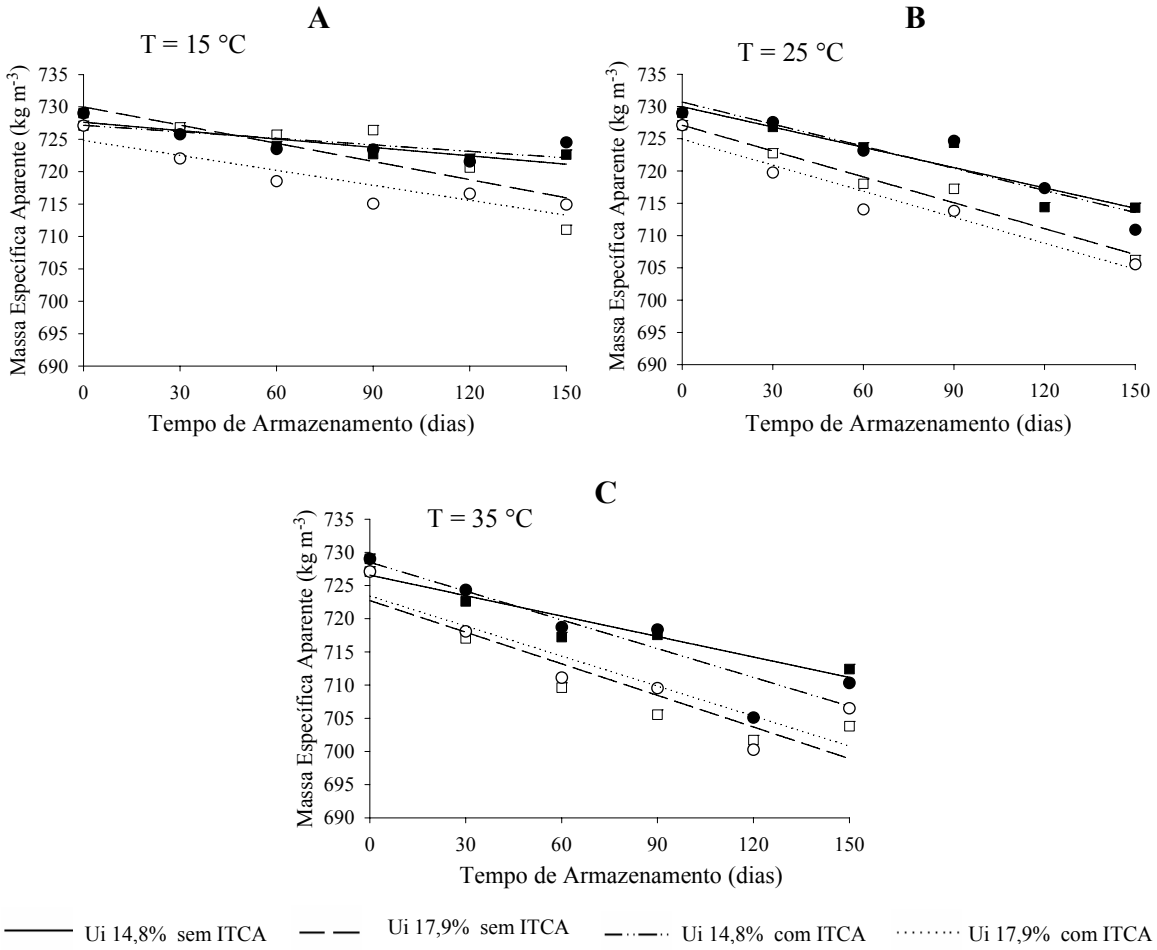

Figura 3. Valores médios da massa específica aparente dos grãos de milho armazenados com teor de água inicial de 14,8%, com (●) e sem (■) ITCA e 17,9%, com (○) e sem (□) ITCA.

De acordo com a Figura 3, verifica-se que para todas as condições de armazenamento estudadas, a massa específica aparente dos grãos reduziu linearmente ao longo do armazenamento, independente do tratamento. As menores taxas de redução da massa específica foram verificadas para os grãos de milho armazenados com teor de água de 14,8%, em temperatura de 15 °C e as maiores, para os grãos de milho armazenados com teor de água inicial de 17,9%, em temperaturas de 35 °C. Os modelos ajustados para os valores médios da massa específica aparente dos grãos estão apresentados na Tabela 3A do Apêndice.

Os valores médios do potencial de germinação dos grãos de milho armazenados com e sem tratamento com ITCA, são apresentados na Figura 4.

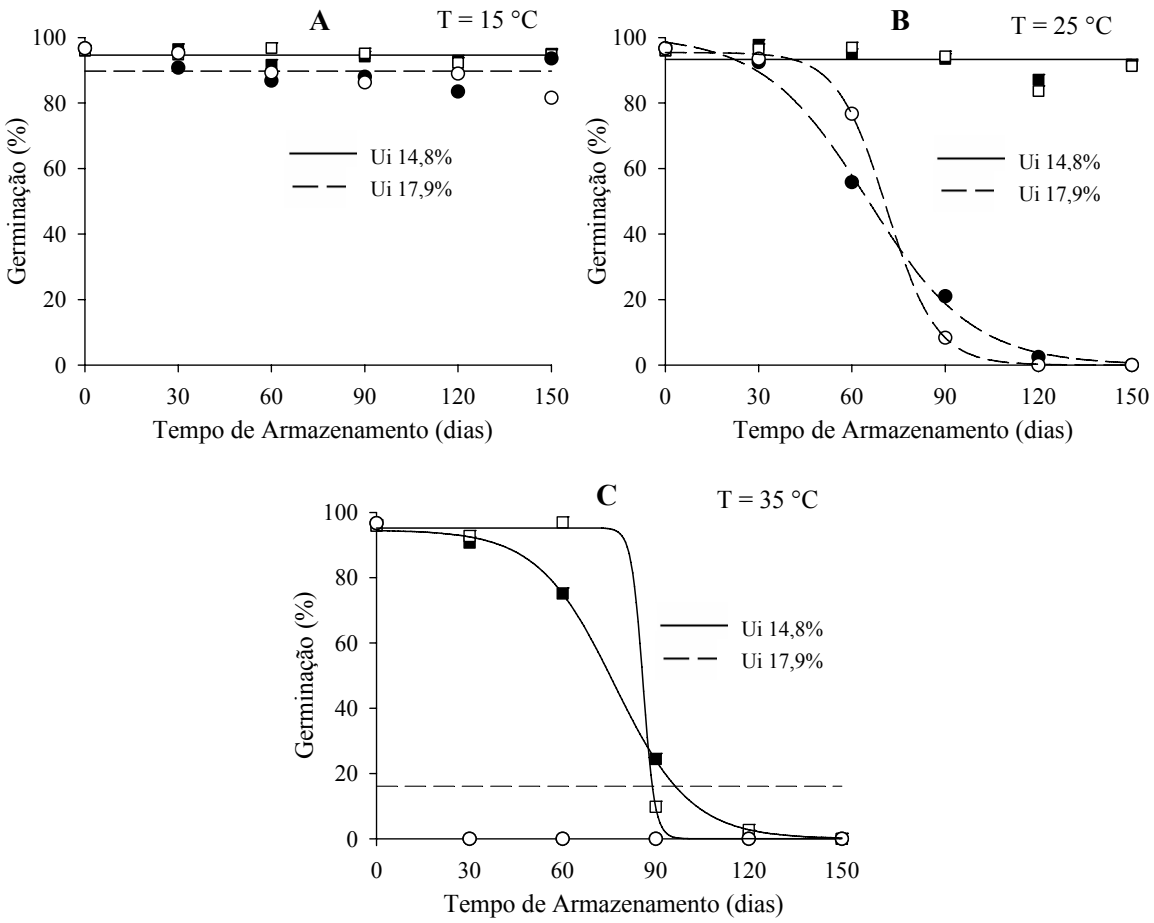

Figura 4. Potencial de germinação dos grãos de milho armazenados com teor de água inicial de 14,8%, com (▫) e sem (■) ITCA e 17,9%, com (○) e sem (●) ITCA.

De acordo com a Figura 4, observa-se que o tempo não teve efeito sobre o potencial de germinação dos grãos armazenados com teor de água de 14,8 e 17,9% em temperatura de 15 °C e com teor de água de 14,8% em temperatura de 25°C, independentemente do tratamento com ou sem ITCA. Em temperatura de 25 °C, o potencial de germinação dos grãos de milho armazenados com teor de água de 17,9% foi reduzido a 0% em 120 dias. Para a temperatura de 35°C observa-se efeito do tempo sobre o potencial de germinação dos grãos armazenados com ambos os teores de água. De acordo com os dados experimentais, o potencial germinativo dos grãos de milho armazenados com teor de água de 14,8 e 17,9% foi reduzido a 0% em 120 e 30 dias, respectivamente, independentemente do tratamento.

Os modelos de ajuste para as médias do potencial de germinação dos grãos de milho armazenados em bolsas herméticas estão apresentados na Tabela 4A do Apêndice.

Os valores de condutividade elétrica para os grãos de milho com e sem ITCA armazenados em temperaturas de 15, 25 e 35 °C estão representados na Figura 5.

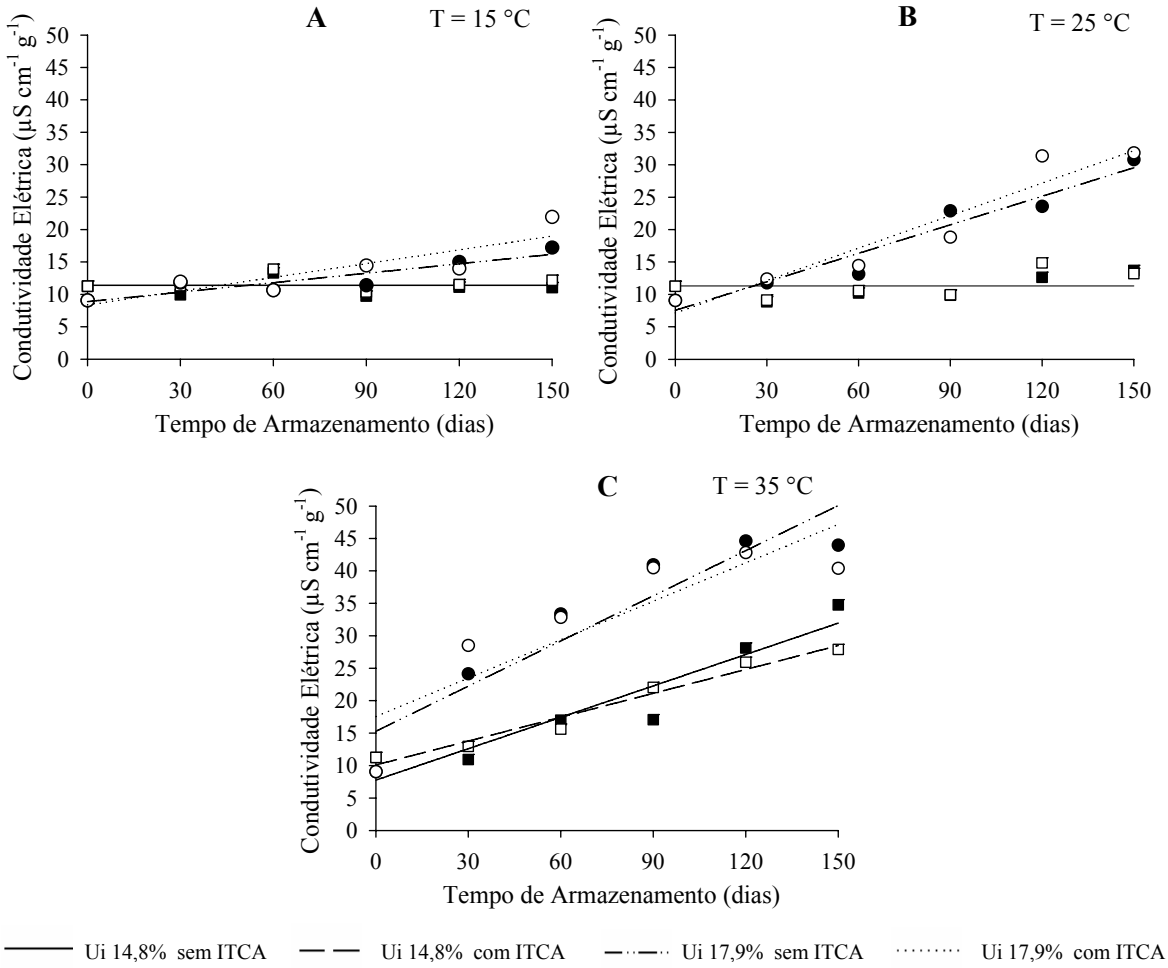

Figura 5. Condutividade elétrica dos grãos de milho armazenados com teor de água inicial de 14,8%, com (▫) e sem (▪) ITCA e 17,9%, com (○) e sem (●) ITCA.

De acordo com a Figura 5, verifica-se que independentemente do tratamento com ou sem ITCA, o tempo não afetou a condutividade elétrica dos grãos de milho armazenados com teor de água de 14,8%, em temperaturas de 15 e 25 °C. No entanto, em temperatura de 35 °C observa-se uma tendência de aumento dos valores de condutividade elétrica destes grãos com o aumento do tempo de armazenamento. Para os grãos armazenados com teor de água de 17,9%, verifica-se uma tendência de aumento da condutividade elétrica dos grãos de milho armazenados com teor de água de 17,9% em todas as condições de temperatura. O aumento verificado para estes grãos armazenados em temperatura de 15 °C foi relativamente pequeno quando comparado ao aumento ocorrido em temperatura de 25 e 35 °C.

Os modelos ajustados às médias de condutividade elétrica dos grãos de milho estão apresentados na Tabela 5A do Apêndice.

Os valores estimados de condutividade elétrica dos grãos de milho armazenados com teores de água de 14,8 e 17,9% aos 150 dias de armazenamento, em temperatura de 15 °C, foram de 11,4 μS cm^{-1} g^{-1} e 17,50 μS cm^{-1} g^{-1}, respectivamente. Para a temperatura de 25 °C, os valores de condutividade elétrica foram estimados em 11,3 μS cm^{-1} g^{-1} e 30,73 μS cm^{-1} g^{-1} e, para 35 °C, foram estimados em 30,15 e 48,41 μS cm^{-1} g^{-1} para os grãos armazenados com teores de água de 14,8 e 17,9%, respectivamente.

DISCUSSÃO

Teor de água dos grãos

Em sistema hermético não ocorrem trocas com o ambiente externo, o que explica o fato de não ter sido observado neste estudo variação dos teores de água dos grãos de milho ao longo de 150 dias de armazenamento.

Massa específica aparente

De acordo com Pomeranz et al. (1986), a massa específica é reduzida com o aumento dos danos ocorridos nos grãos, pelo manuseio mecanizado e por outras situações de estresse. Apesar de ter sido verificada redução da massa específica aparente dos grãos de milho armazenados em temperatura de 15 °C, esta redução foi menor do que a verificada para os grãos de milho armazenados em temperatura de 35 °C para ambos os teores de água, o que era esperado. De acordo com Muir e White (2001), o processo de deterioração e a perda de massa dos grãos são acelerados com o aumento do teor de água dos grãos e da temperatura de armazenamento. Faroni et al. (2005a) verificaram que a massa específica aparente de grãos de soja não variou significativamente em 180 dias de armazenamento em silo bolsa em condições amenas de temperatura.

Desta forma, a redução da massa específica aparente verificada pode ser atribuída ao processo de deterioração dos grãos ao longo do tempo.

Potencial de germinação

Segundo Moreno et al. (1988) e Hyde et al. (1965) sementes de milho têm uma vida relativamente curta quando armazenadas em condições herméticas, a menos que estas sejam armazenadas com teor de água igual ou inferior a 14% e em temperaturas próximas às utilizadas em bancos de germoplasma (-20 a 1 °C).

Os grãos com teor de água inicial de 14,8% mantiveram um alto percentual de germinação durante 150 dias de armazenamento hermético, em temperaturas de 15 e 25 °C, independentemente do tratamento realizado. No entanto, nas demais condições estudadas foram verificadas consideráveis perdas do potencial germinativo dos grãos ao longo do armazenamento.

Rupollo et al. (2004) e Quezada et al. (2006) também verificaram em seus estudos, uma tendência para a redução do potencial germinativo dos grãos de aveia com teor de água de 11% e milho com teor de água de 17%, com o aumento do tempo de armazenamento hermético.

Condutividade elétrica dos grãos

A medição de condutividade elétrica é um dos métodos freqüentemente utilizado para se determinar a qualidade fisiológica de lotes de sementes. Segundo Vieira e Carvalho (1994), a condutividade elétrica tem como princípio avaliar o aumento da permeabilidade da membrana à medida que esta se deteriora. Este método se baseia na modificação da condutividade elétrica causada pela lixiviação de eletrólitos dos tecidos dos grãos para a solução em que estes são imersos.

A deterioração das camadas lipídicas é um dos primeiros sinais de perda de qualidade dos grãos, portanto a avaliação de perda de lixiviados por meio da medição de condutividade elétrica é indicação rápida da deterioração destas camadas (FARONI et al., 2005a). Foi observado no presente trabalho, que quanto maior o teor de água inicial, a temperatura e o tempo de armazenamento, maior a condutividade elétrica da solução que continha os grãos, indicando maior deterioração da membrana celular destes grãos. Este comportamento foi similar ao verificado por Faroni et al. (2005b). De acordo com Plazas et al. (2003), a elevação da temperatura aumenta o metabolismo dos grãos, e como conseqüência, causa perda de qualidade deles.

O teste de condutividade elétrica torna possível a identificação do processo de deterioração em sua fase inicial, permitindo desta maneira, que medidas sejam tomadas para evitar perdas fisiológicas indesejadas do produto.

À medida que se observou aumento na condutividade elétrica dos grãos, foi verificada uma redução no seu potencial germinativo. De acordo com Vieira e Carvalho (1994), valores variando de 4 a 30 $\mu S\ cm^{-1}\ g^{-1}$ para sementes de milho, correspondem a lotes situados em categorias consideradas de alto a baixo vigor respectivamente.

LITERATURA CITADA

AGUIAR, R.W.S., SARMENTO, R.A., VIEIRA, S.M., DIDONET, J. Controle de pragas em grãos armazenados utilizando atmosfera modificada. **Biosc. J.** Uberlândia, v. 20, p. 21-27, 2004.

ATHIÉ, I. **Conservação de grãos**. Campinas, Fundação Cargill, 1998. 236p.

ASAE. Moisture measurement – ungrounded grain and seeds. Page 563 in: **Standards**, 2000. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers.

BAPTISTA, A. S., HORRI, J., BAPTISTA, A. S. Fatores físico-químico e biológicos ligados à produção de micotoxinas. **B. CEEPA**. Curitiba, v. 22, n.1, p. 1-14, 2004

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 262** de 23.11.1983, D.O.U. 25.11.1983, Brasília/DF

BRASIL. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília, DF: 1992. 365p.

DHINGRA, O.D., COSTA, M.L.N., SILVA JUNIOR, G.J., MIZUBUTI, E.S.G. Essential oil of mustard to control *Rhizoctonia solani* causing seedling damping off and seedling blight in nursery. **Fitopatol. bras.** v. 29, n. 6, p. 683-686, 2004.

FARONI, L.R.A.; ALENCAR, E.R.; ROMA, R.C.C.; MELO, A.P.; NETO, A.P. Avaliação qualitativa de grãos de soja armazenados em silos tipo bolsa. In: Seminário Nacional de Armazenagem, 4, 2005, Uberlândia. Anais… Viçosa: CENTREINAR, 2005. CD Rom.

FARONI, L.R.A., BARBOSA, G.N.O., SARTORI, CARDOSO, F.S., ALENCAR, E.R. Avaliação qualitativa e quantitativa do milho em diferentes condições de armazenamento. **Revista Engenharia na Agricultura**. Viçosa, v. 13, n. 3, p. 193-201, 2005.

FERNANDEZ, A., STROSHINE, R., e TUITE, J. Mold growth and CO_2 production during storage of high-moisture corn. **Cereal Chem.** v. 62, n. 2, p. 137-143, 1985.

HYDE, M.B. Principles of wet grain conservation. **Journal and Proceedings of the Institute of Agricultural Engineering,** v. 21, p. 75-82, 1965.

ISSHIKI, K., TOKUOKA, K., MORI, R., CHIBA, S. Preliminary examination of allyl isothiocyanate vapor for food preservation. **Bioscience Biotechnology and Biochemistry.** v. 56, p. 1476-1477, 1992.

MARI, M., LEONI, O., IORI, R. & CEMBALI, T. Antifungal vapourphase activity of allyl-isothiocyanate against *Penicillium expansum* on pears. **Plant Pathology.** v. 51, p. 231-236, 2002.

MILLER, J. D. Fungi and mycotoxins in grain: implications for stored product research. **Journal Stored Products Research**, Amsterdam, v. 31, n. 1, p. 1-16, 1995.

MORENO, M.E., BENAVIDES, C., RAMIREZ, J. The influence of hermetic storage on the behavior of maize seed germination. **Seed Science and Technology,** v. 16, p. 427-434 1988.

MORENO, M.E., JIMENEZ, A.S., VAZQUEZ, M.E. Effect of *Sitophilus zeamais* and *Aspergillus chevalieri* on the oxygen level in maize stored hermetically. **J. Stored Prod. Res.** 36, 25–36, 2000.

MUIR, W. E., JAYAS, D. S., WHITE, N. D. G. Controlled atmosphere storage. In: Muir, W.E. (Ed.) **Grain Preservation Biosystems.** Manitoba, 421 p. 2001.

MUIR, W.E.; WHITE, N.D.G. Microorganisms in stored grain. In: Muir, W.E. (Ed.) **Grain Preservation Biosystems,** Manitoba, p. 28-42, 2001.

PARK, C. M., TAORMINA, P. J., & BEUCHAT, L. R. Efficacy of allyl isothiocyanate in killing enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7 on alfalfa seeds. **International Journal of Food Microbiology**, 56, 13–20, 2000.

PETERSSON, S., SCHNÜRER, J. Biocontrol of mold growth in high-moisture wheat stored under airtight conditions by Pichia anomala, Pichia guilliermondii, and Saccharomyces cerevisiae. **Applied and Environmental Microbiology**, v.61, n.3, p.1027-1032, 1995.

PLAZAS, I.H.A.Z., MEDINA, P.F. e NOVO, J.P.S. Viabilidade de sementes de trigo tratadas com fenitrotion e infestadas por *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) durante o armazenamento. **Bragantia**, v.62, n.2, p.315-327, 2003.

POMERANZ, Y., HALL, G.E., CZUCHAJOWSKA, Z., LAI, F.S. Test weight, hardness and breakage susceptibility of yellow dent corn hybrids. **Cereal Chemistry**. St. Paul, Minnesota, v.63, n.4, p.349-351, 1986.

QUEZADA, M. Y., MORENO, J., VAZQUEZ, M.E., MENDOZA, M., MÉNDEZ-ALBORES, A., MORENO, M.E. Hermetic storage system preventing the proliferation of *Prostephanus truncatus* Horn and storage fungi in maize with different moisture contents. **Postharvest Biology and Technology**. v. 39, p. 321-326, 2006.

RUPOLLO G., GUTKOSKI, L.C., MARINI, L, J., ELIAS, M.C. Sistemas de armazenamentos hermético e convencional na conservabilidade de grãos de aveia. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1715-1722, 2004.

RUPOLLO G., GUTKOSKI, L.C., MARINI, L, J., ELIAS, M.C. Efeito da umidade e do período de armazenamento hermético na contaminação natural por fungos e a produção de micotoxinas em grãos de aveia. **Ciênc Agrotec**. Lavras, v. 30, n. 1, p. 118-125, 2006.

SANTOS, J.P. Controle de pragas durante o armazenamento de milho. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 2006. 6 p. (EMBRAPA.CNPMS. Comunicado Técnico, 84).

SHAAYA, E., KOSTJUKOVSKI, M., EILBERG, J., SUKPRAKARN, C. Plant oils as fumigants and contact insecticides for the control of stored-product insects. **Journal of Stored Products Research**, v.33, p.7-15, 1997.

SINHA, R.N. e MUIR, W.E. **Grain storage: Part of a system.** Westport, Conn. Avi, 481p. 1973.

SUHR, K. I, & NIELSEN, P. V. Antifungal activity of essential oils evaluated by two diVerent application techniques against rye bread spoilage fungi. **Journal of Applied Microbiology***,* v. 94, p. 665–674, 2003.

VIEIRA, R.D., CARVALHO, N.M. Testes de vigor em sementes. Jaboticabal: FUNEP; UNESP, p. 103-132, 1994.

VIEIRA, R.D., Tekrony, D.M. Egli, D.B., Rucker, M. Electrical conductivity of soybean seeds after storage in several environments. **Seed Science and Technology.** 29: 599-608, 2001.

TSUNODA, K. Gaseous treatment with allyl isothiocyanate to control established microbial infestation on wood. **J. Wood Sci**. v. 46, p. 154–158, 2002.

CONCLUSÕES GERAIS

No estudo sobre perda de matéria seca em grãos de milho armazenados em bolsas herméticas para diferentes condições de armazenamento, as análises dos resultados permitiram concluir que o consumo de O_2 e a produção de CO_2 são afetados pelo teor de água inicial dos grãos e pela temperatura. Quanto maior o teor de água dos grãos e a temperatura de armazenamento, maior o consumo de O_2 e a produção de CO_2 pelos grãos de milho e, conseqüentemente maior a perda de matéria seca destes.

Em temperaturas de 15, 25 e 35 °C, os grãos armazenados com teor de água de 14,8 e 17,9% mantiveram níveis de perda de matéria seca abaixo de 0,5%; estas perdas são mínimas quando comparadas às perdas ocorridas em sistemas abertos. Devido à baixa atividade respiratória dos grãos e da microflora na fase de anaerobiose, as taxas de perda de matéria seca decrescem com o tempo de armazenamento tornando-se desprezíveis. À medida que estas taxas se tornam desprezíveis, o incremento na perda de matéria seca dos grãos pode passar a ser desconsiderado. A retirada de todo o ar excedente no ambiente de armazenamento no momento do fechamento das bolsas é de suma importância, pois a menor disponibilidade de O_2 para os grãos e microorganismos permite uma menor produção de CO_2 pela atividade respiratória e conseqüentemente, menor perda da matéria seca dos grãos.

Da avaliação qualitativa dos grãos de milho armazenados em bolsas herméticas, concluiu-se que nas condições em que foi realizado o experimento, a dosagem de 300 μL L^{-1} de ITCA não apresentou efeito significativo sobre a qualidade fisiológica dos grãos de milho. O armazenamento em bolsas herméticas permitiu a estabilidade dos teores de água dos grãos de milho ao longo de 150 dias, independente da temperatura.

O armazenamento em bolsas herméticas em temperatura de 15 e 25 °C permitiu a manutenção de alto potencial germinativo dos grãos por período de até 150 dias armazenados com teor de água de 14,8%. Em temperaturas de 35 °C, o potencial germinativo foi mantido por períodos relativamente menores, dependendo do teor de água em que os grãos foram armazenados.

É possível o armazenamento dos grãos de milho com teores de água de 14,8 e 17,9% em bolsas herméticas sob temperaturas de 15, 25 e 35 °C durante 150 dias, sem que haja redução no seu padrão de qualidade para fins de comercialização. Apesar de que, o armazenamento de grãos de milho com teores de água de 14,8% permite manter suas características por períodos relativamente maiores e com menores perdas de matéria seca do que o armazenamento de grãos com teor de água de 17,9%. O limite usualmente aceitável de 0,5% de perda de matéria seca para o armazenamento de milho em sistemas abertos não podem ser aplicados a sistemas herméticos. Isto por que à medida que os grãos entram em anaerobiose, sua taxa respiratória passa a ser decrescente e o incremento de matéria seca decresce com o tempo a ponto de se tornar desprezível. Desta forma a perda de matéria seca pode ser considerada máxima antes que se atinjam níveis de 0,5%, enquanto os grãos continuam em processo de deterioração, podendo ter seu padrão de qualidade reduzido com o aumento do tempo de armazenamento.

Além de fatores considerados neste estudo, outros fatores tais como a sorção de CO_2 pelos grãos de milho, população de fungos e a presença de insetos provindos de infestações ocorridas no campo, poderão ser considerados em estudos posteriores. Estas considerações podem vir a contribuir para a melhor compreensão do processo de perdas quantitativas e qualitativas ocorridas durante o armazenamento em bolsas herméticas.

Também se torna importante, a realização de estudos mais detalhados com monitoramentos mais freqüentes das concentrações de CO_2 para grãos armazenados com teores de água elevados e com períodos maiores de armazenamento, de forma a estabelecer limites de perda de matéria seca para o armazenamento de grãos de milho em sistemas herméticos.

APÊNDICE

APÊNDICE

Tabela 1A. Laudo de classificação oficial dos grãos de milho armazenados com teor de água inicial de 14,8%

Período Inicial (0 dias)						
Umidade: 14,8 (% b.u.)	**Temperatura**					
Grupo: Semiduro	**15 °C**		**25 °C**		**35 °C**	
Classe: Amarelo	**C/ Trat**	**S/ Trat**	**C/ Trat**	**S/ Trat**	**C/ Trat**	**S/ Trat**
Fragmentos, matérias estranhas e impurezas (%)	0,080	0,053	0,080	0,067	0,053	0,093
Quebrados (%)	2,453	1,897	1,987	1,667	1,680	2,227
Prejudicados por diferentes causas (%)	0,200	0,120	0,147	0,080	0,107	0,147
Ardidos (%)	0,147	0,133	0,120	0,093	0,120	0,147
Total avariados (%)	2,800	2,147	2,267	1,840	1,907	2,493
Tipo Final	01	01	01	01	01	01
Período Final (150 dias)						
Umidade: 14,8 (% b.u.)	**Temperatura**					
Grupo: Semiduro	**15 °C**		**25 °C**		**35 °C**	
Classe: Amarelo	**C/ Trat**	**S/ Trat**	**C/ Trat**	**S/ Trat**	**C/ Trat**	**S/ Trat**
Fragmentos, Matérias estranhas e Impurezas (%)	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040
Quebrados (%)	2,107	1,987	2,053	1,987	2,373	1,960
Prejudicados por diferentes causas (%)	0,093	0,093	0,080	0,080	0,093	0,067
Ardidos (%)	0,133	0,173	0,160	0,147	0,160	0,160
Total avariados (%)	2,400	2,373	2,373	2,560	2,680	2,213
Tipo Final	01	01	01	01	01	01

Tabela 2A. Laudo de classificação oficial dos grãos de milho armazenados com teor de água inicial de 17,9%

Período Inicial (0 dias)						
Umidade: 17,9 (% b.u.)	**Temperatura**					
Grupo: Semiduro	**15 °C**		**25 °C**		**35 °C**	
Classe: Amarelo	**C/ Trat**	**S/ Trat**	**C/ Trat**	**S/ Trat**	**C/ Trat**	**S/ Trat**
Fragmentos, Matérias estranhas e Impurezas (%)	0,053	0,053	0,040	0,080	0,093	0,093
Quebrados (%)	2,293	3,147	2,707	3,467	3,777	2,880
Prejudicados por diferentes causas (%)	0,093	0,107	0,093	0,147	0,280	1,773
Ardidos (%)	0,080	0,107	0,093	0,133	0,347	2,747
Total avariados (%)	2,900	3,360	2,893	3,747	3,880	7,800
Tipo Final	01	01	01	01	01	01
Período Final (150 dias)						
Umidade: 17,9 (% b.u.)	**Temperatura**					
Grupo: Semiduro	**15 °C**		**25 °C**		**35 °C**	
Classe: Amarelo	**C/ Trat**	**S/ Trat**	**C/ Trat**	**S/ Trat**	**C/ Trat**	**S/ Trat**
Fragmentos, Matérias estranhas e Impurezas (%)	0,053	0,040	0,053	0,067	0,067	0,080
Quebrados (%)	3,533	3,453	4,653	4,173	4,653	4,080
Prejudicados por diferentes causas (%)	0,120	0,133	0,133	0,133	0,507	0,320
Ardidos (%)	0,267	0,227	0,227	0,213	2,373	3,227
Total avariados (%)	3,940	3,920	5,027	4,205	7,940	7,540
Tipo Final	01	01	01	01	01	02

Tabela 3A. Modelos de ajuste para a massa específica aparente dos grãos de milho em função do tempo de armazenamento hermético

Teor de água (% b. u.)	**Temperatura de 15 °C**
14,8 sem ITCA	$\rho = 727,64 - 0,043*t \quad r^2 = 0,77$
14,8 com ITCA	$\rho = 727,15 - 0,033*t \quad r^2 = 0,42$
17,9 sem ITCA	$\rho = 729,98 - 0,093*t \quad r^2 = 0,61$
17,9 com ITCA	$\rho = 724,81 - 0,077*t \quad r^2 = 0,78$
Teor de água (% b. u.)	**Temperatura de 25 °C**
14,8 sem ITCA	$\rho = 729,97 - 0,105*t \quad r^2 = 0,84$
14,8 com ITCA	$\rho = 730,67 - 0,114*t \quad r^2 = 0,84$
17,9 sem ITCA	$\rho = 727,09 - 0,133*t \quad r^2 = 0,96$
17,9 com ITCA	$\rho = 724,91 - 0,134*t \quad r^2 = 0,91$
Teor de água (% b. u.)	**Temperatura de 35 °C**
14,8 sem ITCA	$\rho = 726,56 - 0,102*t \quad r^2 = 0,84$
14,8 com ITCA	$\rho = 728,48 - 0,144*t \quad r^2 = 0,81$
17,9 sem ITCA	$\rho = 722,71 - 0,158*t \quad r^2 = 0,81$
17,9 com ITCA	$\rho = 723,40 - 0,150*t \quad r^2 = 0,76$

Tabela 4A. Modelos de ajuste para o percentual de germinação em função do tempo de armazenamento hermético

Teor de água (% b. u.)	**Temperatura de 15 °C**
14,8 sem ITCA	$\hat{y} = 94,4$
14,8 com ITCA	$\hat{y} = 94,4$
17,9 sem ITCA	$\hat{y} = 89,9$
17,9 com ITCA	$\hat{y} = 89,9$
Teor de água (% b. u.)	**Temperatura de 25 °C**
14,8 sem ITCA	$\hat{y} = 93,5$
14,8 com ITCA	$\hat{y} = 93,5$
17,9 sem ITCA	$y = \frac{100,55}{1 + e^{\left(\frac{t - 65,23}{16,85}\right)}} \quad R^2 = 0,99$
17,9 com ITCA	$y = \frac{95,42}{1 + e^{\left(\frac{t - 71,25}{8,011}\right)}} \quad R^2 = 0,99$
Teor de água (% b. u.)	**Temperatura de 35 °C**
14,8 sem ITCA	$y = \frac{94,33}{1 + e^{\left(\frac{t - 76,70}{12,39}\right)}} \quad R^2 = 0,99$
14,8 com ITCA	$y = \frac{95,26}{1 + e^{\left(\frac{t - 85,94}{1,87}\right)}} \quad R^2 = 0,99$
17,9 sem ITCA	$\hat{y} = 16,1$
17,9 com ITCA	$\hat{y} = 16,1$

Tabela 5A. Modelos de ajuste para a condutividade elétrica dos grãos de milho em função do tempo de armazenamento hermético

Teor de água (% b. u.)	**Temperatura de 15 °C**
14,8 sem ITCA	$\hat{y} = 11,4$
14,8 com ITCA	$\hat{y} = 11,4$
17,9 sem ITCA	$y = 8,86 + 0,048*t \quad r^2 = 0,77$
17,9 com ITCA	$y = 8,35 + 0,071*t \quad r^2 = 0,71$
Teor de água (% b. u.)	**Temperatura de 25 °C**
14,8 sem ITCA	$\hat{y} = 11,3$
14,8 com ITCA	$\hat{y} = 11,3$
17,9 sem ITCA	$y = 7,54 + 0,146*t \quad r^2 = 0,92$
17,9 com ITCA	$y = 7,12 + 0,166*t \quad r^2 = 0,89$
Teor de água (% b. u.)	**Temperatura de 35 °C**
14,8 sem ITCA	$y = 7,76 + 0,161*t \quad r^2 = 0,86$
14,8 com ITCA	$y = 10,09 + 0,123*t \quad r^2 = 0,96$
17,9 sem ITCA	$y = 15,28 + 0,234*t \quad r^2 = 0,84$
17,9 com ITCA	$y = 17,50 + 0,197*t \quad r^2 = 0,71$

Livros Grátis

(http://www.livrosgratis.com.br)

Milhares de Livros para Download:

Baixar livros de Administração
Baixar livros de Agronomia
Baixar livros de Arquitetura
Baixar livros de Artes
Baixar livros de Astronomia
Baixar livros de Biologia Geral
Baixar livros de Ciência da Computação
Baixar livros de Ciência da Informação
Baixar livros de Ciência Política
Baixar livros de Ciências da Saúde
Baixar livros de Comunicação
Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE
Baixar livros de Defesa civil
Baixar livros de Direito
Baixar livros de Direitos humanos
Baixar livros de Economia
Baixar livros de Economia Doméstica
Baixar livros de Educação
Baixar livros de Educação - Trânsito
Baixar livros de Educação Física
Baixar livros de Engenharia Aeroespacial
Baixar livros de Farmácia
Baixar livros de Filosofia
Baixar livros de Física
Baixar livros de Geociências
Baixar livros de Geografia
Baixar livros de História
Baixar livros de Línguas

Baixar livros de Literatura
Baixar livros de Literatura de Cordel
Baixar livros de Literatura Infantil
Baixar livros de Matemática
Baixar livros de Medicina
Baixar livros de Medicina Veterinária
Baixar livros de Meio Ambiente
Baixar livros de Meteorologia
Baixar Monografias e TCC
Baixar livros Multidisciplinar
Baixar livros de Música
Baixar livros de Psicologia
Baixar livros de Química
Baixar livros de Saúde Coletiva
Baixar livros de Serviço Social
Baixar livros de Sociologia
Baixar livros de Teologia
Baixar livros de Trabalho
Baixar livros de Turismo