

Avaliações físicas e tecnológicas de grãos de milho submetidos à secagem intermitente em três temperaturas do ar de secagem e posteriormente armazenado por nove meses¹

Edar Ferrari Filho², Luidi Eric Guimarães Antunes³,
Roberto Gottardi⁴, Rafael Gomes Dionello⁵

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade física e tecnológica de grãos de milho submetidos a secagem intermitente com diferentes temperaturas do ar e armazenados por nove meses, buscando-se reduzir perdas qualitativas e quantitativas destes grãos durante o período. Os grãos foram oriundos de lavoura experimental da Estação Experimental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e secos até umidade de aproximadamente 13 %, utilizando secagem intermitente com uso de GLP (Gás Liquefeito de Petróleo) em temperaturas de 60, 70 e 80 °C. Foram realizadas análises de umidade, peso volumétrico, peso de mil grãos e grãos sem defeitos, provenientes de amostragem realizada após a secagem, e, posteriormente, a cada três meses no armazenamento, até nove meses de armazenamento. As maiores perdas físicas e tecnológicas ocorreram a partir dos seis meses de armazenamento para todos os tratamentos estudados. A secagem intermitente de grãos de milho, em temperaturas do ar de 60, 70 e 80 °C, não causou danos mecânicos visíveis e qualitativos imediatos aos grãos de milho. As maiores perdas físicas durante os nove meses de armazenamento ocorreram nos grãos submetidos à secagem intermitente em temperatura de 60 °C, enquanto as menores perdas tecnológicas ocorreram na temperatura de 70 °C.

Palavras-chave: *Zea mays* L., qualidade, perdas

Physical and technological evaluations of corn subjected to intermittent drying at three temperatures of the drying air and then stored for nine months

Abstract – The objective of this study was to evaluate the physical quality and technology of corn subjected to intermittent drying at different air temperatures and stored for nine months, aiming to reduce qualitative and quantitative losses of grain during the period. The grains were derived from experimental farm of the Experimental Station of Federal University of Rio Grande do Sul, and dried to moisture content of approximately 13 % using intermittent drying with the use of LPG (Liquefied Petroleum Gas) in temperatures of 60, 70 and 80 °C. Were analyzed to moisture, volumetric weight, thousand kernel weight and grain flawless, from sampling carried out after drying, and thereafter every three months in storage, up to nine months of storage. The major physical and technological losses occurred after six months of storage for all treatments. The intermittent drying of corn grains in air temperatures of 60, 70 and 80 °C did not cause mechanical damage to the immediate and qualitative visible grains of corn. The major physical losses during the nine months of storage occurred in grains subjected to intermittent drying at a temperature of 60 °C, while the smallest losses occurred in the technological temperature of 70 °C.

Keywords: *Zea mays* L., quality, loss

¹ Manuscrito submetido em 08/06/2011 e aceito para publicação em 25/01/2012.

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Faculdade de Agronomia, Departamento de Fitossanidade. Av. Bento Gonçalves, 7712, Caixa Postal 15100, CEP 91540-000. Fone (51) 3308-7404.

² Mestrado em Fitotecnia/Bolsista Capes. E-mail: edarff@gmail.com.

³ Doutorando em Fitotecnia/Bolsista Capes. E-mail: luidieric.antunes@gmail.com.

⁴ Estudante de Graduação/Bolsista CNPq. E-mail: r.gottardi@yahoo.com.br.

⁵ Professor do Dep. de Fitossanidade, UFRGS. rafionello@hotmail.com.

Introdução

O milho é o segundo grão em termos de produção no país, perdendo somente para a soja, chegando a aproximadamente 54 milhões de toneladas, na safra 2010/2011, com um crescimento de 6,6 % em relação à safra anterior. No Brasil, os estados de maior produção são Paraná, Mato Grosso, Minas Gerais e Rio Grande do Sul, que é o quarto estado em produção, com cerca de 10 % da produção nacional e produtividade média próxima aos 5.000 kg ha⁻¹ (CONAB, 2011).

O milho é um dos cereais de maior relevância em termos de alimentação humana e animal. Pode-se dizer que é uma cultura estratégica sob o ponto de vista de segurança alimentar, de desenvolvimento regional e afirmação comercial, inclusive de produtos que dela dependem. A partir do milho, obtêm-se mais de 500 derivados, empregados em várias indústrias, tais como: alimentícia (milho verde, amido, dextrina, glicose, óleo, margarina, fermento, entre outros); bebidas (licores, refrigerantes, vinhos, entre outros); fermentação (enzimas, acetonas e outros); química e mecânica (fundição de metais, plásticos, entre outros); e rações (utilizado na composição de rações, participando na forma de grão moído integralmente, farelo, germe, protenose e refinasil) (PONCIANO et al, 2003).

Atualmente, o produto mais utilizado como fonte do aquecimento do ar para a secagem de produtos agrícolas no Brasil é a lenha. Conforme Hutt et al. (1978), a lenha é um combustível sólido de difícil queima e que libera um grande quantidade de produtos químicos durante a combustão, sendo alguns de periculosidade comprovada. Entre esses produtos estão famílias inteiras de hidrocarbonetos poliaromáticos (HPAs), que são compostos formados durante a combustão incompleta de todas as espécies de matérias orgânicas, podendo ser encontrados como contaminantes em matrizes complexas do meio ambiente, incluindo os alimentos. Os HPAs são famílias de produtos com características mutagênicas e carcinogênicas comprovadas cientificamente. Os mesmos autores, estudando a contaminação dos grãos durante a secagem, utilizando combustíveis gasosos (propano e gás industrial), não verificaram aumentos significativos na contaminação dos produtos por hidrocarbonetos poliaromáticos (HPAs). Silva (2000) salienta também que outro problema no uso da lenha é que o desmatamento indiscriminado tem comprometido a utilização deste recurso natural como fonte energética utilizada na secagem, pois muitas vezes é proveniente de destocas de matas nativas.

A secagem intermitente caracteriza-se pelo fato dos grãos não serem submetidos ao ar quente durante todo o processo, ou seja, determinado tempo eles são expostos a altas temperaturas, na câmara de secagem, intercalados com períodos em que não há circulação do ar, na câmara de equalização ou repouso. Durante esse último período ocorre homogeneização da umidade, pela migração de água do interior para a superfície do grão. Assim, a água é facilmente evaporada e transferida para o ar no momento da passagem seguinte pela câmara de secagem. Essa migração interna da água, juntamente com a passagem por elevadores e tubulações, causa resfriamento dos grãos, que permite o uso de temperatura mais elevada no ar de secagem. Com a secagem intermitente pode-se utilizar temperaturas de 60 a 100 °C na entrada do secador, quando os grãos estiverem muito úmidos, e de até 120 °C no final do processo (AHRENS et al., 2000; ELIAS, 2002; ELIAS e OLIVEIRA, 2009).

Portanto, de acordo com o exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade física e tecnológica de grãos de milho, sendo os mesmos submetidos a diferentes temperaturas na secagem intermitente (60, 70 e 80 °C) e, posteriormente, armazenados por nove meses.

Material e Métodos

Foram utilizados grãos de milho (*Zea mays* L.), cultivados na Estação Experimental Agrônômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/UFRGS), município de Eldorado do Sul, RS (30°05'52''S; 51°39'08''W), na safra agrícola 2008/2009.

Colheita e Secagem

As espigas foram colhidas, com umidade de 18 %, debulhadas em debulhadora estacionária mecânica de cilindro dentado, sendo os grãos posteriormente limpos em máquina de ar e peneiras planas, para retirada de impurezas, grãos quebrados e outras matérias. Em seguida, o material foi dividido em três partes iguais, compondo os três tratamentos de secagem (S₁ a S₃), conforme segue:

- S₁ - Secagem intermitente, com ar aquecido, a 60 °C.
- S₂ - Secagem intermitente, com ar aquecido, a 70 °C.
- S₃ - Secagem intermitente, com ar aquecido, a 80 °C.

A temperatura do ar de secagem foi controlada por sensor localizado na tubulação da saída do ar

do ventilador para a câmara de secagem. Os grãos foram secos até teor de água de 13,65 %, 13,47 % e 12,85 % em base úmida, respectivamente para cada tratamento de secagem; foram utilizadas velocidade do ar de secagem de 64,0 m s⁻¹; 75,0 m s⁻¹ e 73,0 m s⁻¹, respectivamente para os tratamentos S₁ a S₃. Para cada tratamento de secagem foram realizadas três repetições, sendo cada repetição composta por 93 sacos, totalizando 279 sacos para cada tratamento de secagem. A secagem foi realizada em secador de bandeja, com câmara de intermitência.

Durante as operações de secagem (S₁ a S₃), foi realizado o acompanhamento da umidade com determinador dielétrico (GEOLE), previamente calibrado pelo método da estufa, sendo retiradas amostras em intervalos regulares de tempo. A secagem foi finalizada quando os grãos apresentavam umidade próxima a 13 %. Ao final das operações e a partir daí, todas as determinações de umidade foram feitas em estufa a 105±3 °C, com circulação natural de ar (BRASIL, 2009).

A temperatura do ar de secagem foi monitorada com termômetro de mercúrio, com escala de 0,5 °C, sendo o mesmo posicionado na entrada do secador, após o ventilador. A velocidade do ar de secagem foi medida utilizando-se anemômetro de pás rotativas.

A temperatura da massa de grãos foi monitorada com termômetro de mercúrio, com escala de 0,5 °C, coletando-se amostras na parte inferior do

secador, colocando-as em copos plásticos e, após três minutos, lidos os resultados.

Armazenamento

Após a secagem, os grãos foram armazenados a granel em três silos secadores de concreto armado, cada um com capacidade para 100 sacos, ou seja, do total seco foram armazenados 100 sacos em silo de concreto armado. Durante o armazenamento, foi realizado o monitoramento da temperatura e umidade relativa do ar através de dados obtidos na Base Meteorológica do Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia, localizado na EEA/UFRGS.

Aos seis meses de armazenamento, foi realizada operação de expurgo, depois de constatada a presença de insetos da espécie *Sitophilus zeamais*, com a aplicação de pastilhas de fosfeto de alumínio (*Gastoxim*), na dosagem de dois gramas de princípio ativo por metro cúbico. O expurgo foi realizado dentro dos silos de concreto armado, local onde os grãos estavam armazenagem, cobertos com lona de polietileno (200 micra) para manter a hermeticidade. Após esta operação foi aplicada terra diatomácea, conforme a técnica do envelopamento, na parte inferior e superior da massa de grãos, na dose de 2 kg de produto por tonelada de grãos, para evitar nova infestação de insetos. A cada período de quinze dias, quando a UR estava abaixo de 70-75 % e a temperatura da massa de grãos apre-

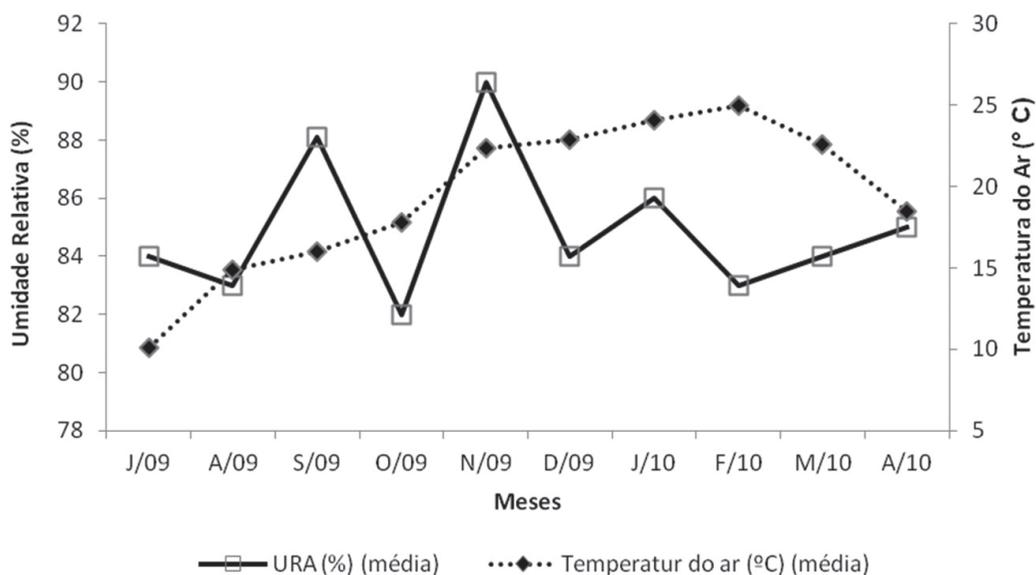


Figura 1 - Médias mensais de temperatura do ar (°C) e umidade relativa do ar (%) durante os nove meses de armazenamento dos grãos de milho submetidos a diferentes temperaturas do ar de secagem.

sentava aquecimento superior a 3 °C em relação à temperatura ambiente (SILVA, 2000), era realizada operação de aeração, ligando-se o ventilador por oito horas contínuas durante o dia.

Na Figura 1 podem-se visualizar os valores das médias mensais de temperatura e umidade relativa do ar ocorridas entre os meses de julho de 2009 a abril de 2010, na Estação Experimental Agronômica/UFRGS, local onde os estudos foram conduzidos. É importante salientar que, durante o ano de 2009, tivemos um inverno bastante frio e chuvoso, com temperaturas menores e pluviosidade acima das médias anuais deste mesmo período.

Amostragem

As amostragens realizadas nos grãos a granel, durante o armazenamento, foram retiradas com auxílio de calador ou sonda, com cerca de 10 kg em cada amostragem por repetição, oriundos dos grãos que constituíam a unidade experimental piloto de cada tratamento (600 kg). As análises foram realizadas em intervalos de três meses, durante nove meses, contando como tempo zero o momento imediatamente posterior à secagem e, a partir deste momento, a cada três meses (3, 6 e 9 meses), conforme mostrado no item de delineamento experimental e análise estatística. Também foram realizadas as análises antes da secagem, com os grãos “ recém colhidos”, que serviram como testemunha.

As análises físicas e tecnológicas foram realizadas no Departamento de Fitossanidade da Faculdade de Agronomia da UFRGS, sendo as seguintes:

Análises Físicas

Umidade

A determinação da umidade foi pelo método da estufa a 105 ± 3 °C, com circulação natural de ar, por 24 horas, conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Os resultados são expressos em % de umidade, em base úmida.

Peso Volumétrico

Determinou-se com a pesagem dos grãos em balança eletrônica com precisão de 0,001g, a partir de uma quantidade de grãos colocados em recipiente cilíndrico de volume conhecido. Os resultados do peso volumétrico foram convertidos para serem expressos em kg m^{-3} .

Peso de 1000 grãos

O peso de 1000 grãos foi determinado através da contagem de oito repetições de 100 grãos e pesagem em balança analítica (BRASIL, 2009). Os resultados foram multiplicados por dez e são expressos em gramas.

Análise Tecnológica

Os defeitos (grãos ardidos, chochos, germinados, fragmentados, quebrados, carunchados, mofados ou fermentados e matérias estranhas/impurezas) foram determinados pela metodologia oficial do Ministério da Agricultura (BRASIL, 1996). Os resultados estão expressos em percentagem de grãos sem defeitos (inteiros), matérias estranhas / impurezas e fragmentos, avariados (ardidos, brotados, carunchados, chochos, mofado, fermentado até 1/4 e quebrado), ardidos e brotados. Foram realizadas três repetições para cada tratamento.

Delineamento experimental e análise estatística

O experimento foi conduzido segundo o delineamento inteiramente casualizado, sendo que a análise dos resultados seguiu um esquema fatorial 3×4 , sendo: três métodos de secagem (S_1 a S_3); e quatro períodos de armazenamento (pós-secagem, 3, 6 e 9 meses), com três repetições para cada tratamento, sendo as análises realizadas em triplicatas, para cada repetição.

Os dados foram interpretados por meio de análise de variância. As médias dos tratamentos foram comparadas aplicando-se o teste de Tukey, adotando-se o nível de 5 % de probabilidade. A avaliação estatística dos resultados foi realizada por meio do aplicativo computacional estatístico *BioEstat* 5.0 (AYRES et al., 2007).

Resultados e Discussão

Os resultados médios da temperatura da massa de grãos nos tratamentos de secagens S_1 a S_3 foram, respectivamente, de 26, 28 e 31 °C. Já o valor médio da temperatura do ar de secagem nos tratamentos S_1 a S_3 foram de 59, 70 e 80 °C, com tempo de secagem de 15, 13 e 12 horas, respectivamente.

Os resultados médios das análises físicas dos grãos após a colheita e pré-limpeza, porém antes da secagem, foram os seguintes: umidade de 17,9

%; peso volumétrico de 707,5 kg m⁻³; peso de 1000 grãos de 298,4 g e porcentagem de grãos sem defeitos de 87,9 %.

Os resultados apresentados na Tabela 1 demonstram que os grãos foram secos até umidades de 13,65 %, 13,47 % e 12,85 % nas secagens intermitentes com 60, 70 e 80 °C, respectivamente. Observa-se que ocorreu aumento significativo da umidade dos grãos de milho ao longo do armazenamento, tendendo ao equilíbrio higroscópico, com exceção do tratamento 80 °C. A umidade média mensal do ar durante o armazenamento foi sempre superior a 80 % (Figura 1), tendendo a um equilíbrio higroscópico em umidades maiores. Nos três últimos meses de armazenamento ocorreu aumento da umidade relativa média e da temperatura, o que pode ter favorecido o maior ganho de umidade nos grãos com maior teor inicial de água. Os tratamentos secagem em temperatura de 60 e 70 °C apresentaram os maiores valores e não diferiram entre si aos nove meses de armazenamento. Estes maiores teores de umidade provavelmente tenham ocorrido pela maior capacidade de adsorção que apresentaram estes grãos durante o armazenamento, visto que os mesmos apresentaram umidade inicial superior aos grãos secos em temperatura do ar de 80 °C. A capacidade de adsorção, ou seja, de ganho de umidade, é maior para grãos quanto maior for o teor de umidade inicial (SILVA et al., 1995).

Os grãos de milho são organismos vivos possuidores de constituição química específica e estrutura interna porosa que lhes conferem características higroscópicas e de má condutibilidade térmica, continuando o processo respiratório mesmo após a colheita. Através dos espaços intergranulares da massa de grãos, durante o armazenamento, permanecem em constantes trocas de calor e umidade com o ar ambiente (MUIR, 1973; MULTON, 1980; ELIAS e OLIVEIRA, 2009). As trocas de calor e

água entre os grãos armazenados e o ar ambiente são dinâmicas e contínuas até o limite de obtenção do equilíbrio higroscópico, em determinadas condições de temperatura e umidade relativa do ar. O processo ocorre por sorção ou dessorção de umidade pelos grãos, em função do diferencial de pressão de vapor de água e/ou de temperatura entre esses e a atmosfera intergranular. Tais condições, expressas na atividade de água dos grãos, estão estreitamente relacionadas com o desenvolvimento microbiano, de ácaros e insetos durante o armazenamento (MULTON, 1980; ELIAS e OLIVEIRA, 2009).

Condições de elevadas temperaturas e umidades dos grãos e do ar que os circunda aumentam o metabolismo dos grãos, favorecendo o crescimento de microrganismos, principalmente fungos e pragas, acelerando a sua atividade (ELIAS e OLIVEIRA, 2009).

Os resultados apresentados na Tabela 2 mostram que ocorreram perdas significativas ao longo dos nove meses de armazenamento para todos os tratamentos. Após seis meses de armazenamento houve redução significativa no peso volumétrico dos grãos de milho, secos em temperatura do ar de 60 e 80 °C. O tratamento de secagem com temperatura do ar de 70 °C já apresentou perda significativa aos três e novamente aos seis meses de armazenamento e, a partir deste momento, manteve seu peso volumétrico até o final do período de armazenamento estudado. Os resultados mostram que houve perda de 11,04 %, 8,64 % e 7,57 %, respectivamente, para a secagem com 60, 70 e 80 °C, considerando o período inicial e o final de armazenamento.

Os tratamentos 60 e 80 °C apresentaram maiores perdas para o peso volumétrico após os seis meses, período onde as temperaturas de armazenamento foram maiores (Figura 1), levando a um

Tabela 1 - Umidade (%) em grãos de milho após a secagem intermitente em diferentes temperaturas e ao longo de nove meses de armazenamento a granel¹

Tratamentos	Tempo de Armazenamento (meses)			
	0	3	6	9
60 °C	B 13,65 a	B 13,94 a	B 14,10 a	A 14,46 a
70 °C	B 13,47 a	B 13,77 a	B 13,71 a	A 14,23 a
80 °C	A 12,85 b	A 13,47 a	A 12,98 b	B 12,11 b
CV (%)	5,51	1,76	3,67	8,33

¹ Os valores representam a média aritmética simples de quatro repetições e estão expressos em porcentagem, em base úmida. Médias acompanhadas por letras maiúsculas distintas, na linha, e minúsculas distintas, na coluna, diferem significativamente entre si, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Tabela 2 - Peso volumétrico (kg m⁻³) em grãos de milho após a secagem intermitente em diferentes temperaturas e ao longo de nove meses de armazenamento a granel¹

Tratamentos	Tempo de Armazenamento (meses)			
	0	3	6	9
60 °C	A 732,39 b	A 723,46 b	B 668,60 c	C 651,55 b
70 °C	A 773,40 a	B 729,71 b	C 693,96 b	C 706,60 a
80 °C	A 768,48 a	AB 753,60 a	B 737,63 a	C 710,31 a
CV (%)	2,52	3,05	2,71	5,44

¹ Os valores representam a média aritmética simples de três repetições e estão expressos em kg m⁻³. Médias acompanhadas por letras maiúsculas distintas, na linha, e minúsculas distintas, na coluna, diferem significativamente entre si, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.

aumento no ataque de insetos e na respiração dos grãos e, por consequência, maior perda quantitativa. Este fato pode ser observado nos grãos secos em temperatura do ar de 60 °C, onde ocorreram as maiores perdas de peso volumétrico.

O conhecimento da massa específica ou peso volumétrico dos grãos é importante no dimensionamento de equipamentos de transporte, na determinação da capacidade estática de armazenamento e na regulação de equipamentos de beneficiamento. Sua redução acompanha o grau de deterioração durante a armazenagem.

O peso volumétrico está diretamente relacionado com a integridade biológica dos grãos. Sua redução, durante o armazenamento, significa consumo de nutrientes, geralmente em consequência do metabolismo de organismos associados e dos próprios grãos (ROMBALDI, 1988; DIONELLO, 2000; ELIAS, 2002, 2008). Outro fator que está intimamente relacionado com a variação do peso volumétrico é o teor de água dos grãos. Conforme Brooker et al., (1992), o peso volumétrico em milho aumenta à medida que diminui a umidade dos grãos e vice-versa, devido a contração volumétrica que ocorre. Este fato pode ser observado nos grãos que foram secos em temperatura do ar de 60, 70 e 80 °C (Tabela 2), relacionando com a umidade apresentada na Tabela 1. Resultados semelhantes foram encontrados por Alencar et al. (2009), que observaram uma maior redução do peso volumétrico em grãos de soja armazenados por 180 dias, nas maiores umidades (14,8 %) e temperaturas (40 °C).

Aosani (2007) avaliando o peso volumétrico em grãos de soja, secos em temperaturas de 15, 30, 45 e 60 °C verificou que a temperatura do ar de secagem não influenciou a perda de peso. Porém a partir dos 90 dias de armazenamento, observou perdas significativas no peso volumétrico deste produto.

Dionello (2000) também observou perdas significativas no peso volumétrico após 90 dias de armazenamento em grãos de milho secos em secador intermitente adaptado, com temperatura do ar de secagem de 80±5 °C.

Pode-se observar na Tabela 3 que existiram perdas significativas ao longo do armazenamento para todos os tratamentos. As perdas entre o início e o final do armazenamento foram de 9,11 %, 7,08 % e 8,33 % para secagem intermitente com temperatura do ar de secagem de 60, 70 e 80 °C, respectivamente. As menores perdas foram para a secagem com temperatura do ar de 70 e 80 °C, mostrando similaridade com os resultados das análises de peso volumétrico, onde a secagem nas duas temperaturas apresentou os melhores resultados. Também se pode notar na Tabela 3, que as maiores perdas significativas ocorreram após seis meses de armazenamento, para todos os tratamentos.

Assim como o peso volumétrico, o peso de mil grãos está diretamente relacionado com a integridade biológica dos grãos. Sua redução, durante o armazenamento, significa consumo de nutrientes, geralmente em consequência do metabolismo de organismos associados e dos próprios grãos (ROMBALDI, 1988; DIONELLO, 2000; ELIAS, 2002, 2008). A presença de insetos da espécie *Sitophilus zeamais* também contribuiu para a redução de peso dos grãos de milho, principalmente após seis meses de armazenamento. O aumento da umidade dos grãos durante o armazenamento, como foi o caso da secagem em temperatura de 60 °C, provavelmente levou a um maior consumo de reservas, devido à maior taxa respiratória que estes grãos tiveram, levando a maiores perdas de peso.

Os índices observados refletem as perdas quantitativas totais, resultantes dos processos de deterioração dos grãos, devido ao seu metabolismo intrínseco, à atividade microbiana e a pragas associadas (CALDASSO, 1998).

Tabela 3 - Peso de 1000 grãos (g) em grãos de milho após a secagem intermitente em diferentes temperaturas e ao longo de nove meses de armazenamento a granel¹

Tratamentos	Tempo de Armazenamento (meses)			
	0	3	6	9
60 °C	A 283,80 a	A 287,28 a	B 271,95 a	C 257,99 a
70 °C	A 279,05 a	A 278,31 b	B 269,88 a	C 259,30 a
80 °C	A 278,35 a	A 277,45 b	B 268,50 a	C 255,17 a
CV (%)	3,58	1,71	3,47	1,06

¹ Os valores representam a média aritmética simples de três repetições e estão expressos em gramas. Médias acompanhadas por letras maiúsculas distintas, na linha, e minúsculas distintas, na coluna, diferem significativamente entre si, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.

A Tabela 4 mostra que na análise tecnológica os grãos ardidos e brotados (A / B) não variaram significativamente entre os tratamentos em cada tempo estudado e ao longo do período de armazenamento para cada tratamento. Os valores de grãos ardidos e brotados não ultrapassaram os 3 %, valor máximo para enquadramento de grãos de milho em tipo 1, para este parâmetro (BRASIL, 1996).

Na mesma tabela se observa que os grãos avariados (Av.) variaram significativamente entre os tratamentos nos tempos três e seis meses de armazenamento. Ao final da estocagem, os grãos secos a 60 °C apresentaram as maiores médias para a soma destes defeitos (avariados), ou seja, 25,39 %. Conforme a classificação oficial do milho, descrita na Portaria 12/96 (BRASIL, 1996), os grãos secos em 60 °C se enquadraram em tipo 3, os grãos secos a 70 °C em tipo 1 e os grãos secos a 80 °C em tipo 2. Até os seis meses de armazenamento (tempo 2), não ocorreram diferenças significativas para os grãos avariados ao longo do armazenamento e todos os grãos seriam classificados como tipo 1.

De acordo com Dionello (2000), o aumento da umidade dos grãos após os seis meses de armazenamento, tendendo ao equilíbrio higroscópico, favorece o ataque de fungos e insetos, bem como o aumento da taxa respiratória dos grãos, o que acarretou no aumento na ocorrência de defeitos oriundos de ação biológica e microbiológica.

Pode-se verificar na Tabela 5 que não ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos, em cada tempo de avaliação, para os defeitos matérias estranhas e fragmentos (M / F). Ao final do período de estocagem estes defeitos não diferiram entre os tratamentos, variando de 5,15 % a 7,58 %. Estes grãos ao final do experimento apresentaram um teor de matérias estranhas e fragmentos superior ao limite máximo de 3 %, para ser classificado como tipo 3 (BRASIL, 1996). Este valor pode ser

reduzido com uma boa pré-limpeza nestes grãos, retirando matérias estranhas e fragmentos, na máquina de ar e peneira.

Os grãos inteiros ou sem defeitos apresentaram diferenças entre os tratamentos aos nove meses de armazenamento; o tratamento seco a 60 °C apresentou os menores valores de grãos inteiros (69,45 %). Até os seis meses de armazenamento não existiram diferenças significativas entre os tratamentos e nem ao longo do tempo. Houve redução significativa nos grãos sem defeitos dos seis aos nove meses de armazenamento para os grãos secos em temperatura do ar de 60 e 80 °C. O aumento de grãos com defeitos e redução de inteiros, aos nove meses, ocorreu devido a um aumento no metabolismo dos grãos, devido ao aumento na sua umidade e ocorrência de temperaturas mais altas no armazenamento, favorecendo o ataque de insetos e fungos. Quando se constatou essa situação, foi realizado o tratamento de expurgo. Porém, a presença de pragas é um problema sério e de difícil controle em unidades de armazenamento de grãos no Brasil.

A presença de insetos contribuiu para a redução da porcentagem de grãos inteiros, principalmente nos grãos armazenados que foram secos em temperaturas do ar de 60 °C, no final do armazenamento. Houve também aumento no percentual de grãos carunchados após seis meses de armazenamento para todos os tratamentos. Não ocorreu efeito visível da secagem intermitente no aumento de grãos quebrados e fragmentados no tempo “zero”, visto que a soma de fragmentados e quebrados antes da secagem e após a pré-limpeza (*in natura*) foi de 11,4 % e logo após a secagem intermitente (tempo 0) estes valores foram de 8,9 %, 10,9 % e 11,8 %, para secagem em temperatura de 60, 70 e 80 °C, respectivamente, não aumentando após a secagem.

Tabela 4 - Grãos de milho ardidos e brotados (A / B) e avariados (Av.), expressos em porcentagem (%), após a secagem intermitente em diferentes temperaturas e ao longo de nove meses de armazenamento a granel¹

Trat.	Tempo de Armazenamento (meses)							
	0		3		6		9	
	A / B	Av.	A / B	Av.	A / B	Av.	A / B	Av.
60 °C	A 0,11 a	B 2,18 a	A 0,03 a	B 3,46 a	A 0,15 a	B 4,97 a	A 0,58 a	A 25,39 a
70 °C	A 0,06 a	B 2,63 a	A 0,12 a	B 3,97 a	A 0,90 a	B 4,33 a	A 0,96 a	A 11,37 b
80 °C	A 0,31 a	BC 3,90 a	A 0,49 a	C 3,72 a	A 0,91 a	B 7,39 a	A 1,15 a	A 15,02 b

¹ Os valores representam a média aritmética simples de três repetições e estão expressos em porcentagem, relativos a um total de 250 gramas. Médias acompanhadas por letras maiúsculas distintas, na linha, e minúsculas distintas, na coluna, diferem significativamente entre si, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Tabela 5 - Grãos de milho sem defeitos (inteiros), matérias estranhas e fragmentados (M / F), expressos em porcentagem (%), após a secagem intermitente em diferentes temperaturas e ao longo de nove meses de armazenamento a granel¹

Trat.	Tempo de Armazenamento (meses)							
	0		3		6		9	
	Inteiros	M / F	Inteiros	M / F	Inteiros	M / F	Inteiros	M / F
60 °C	A 90,25 a	A 7,57 a	A 92,47 a	A 4,07 a	A 87,36 a	A 7,67 a	B 69,45 b	A 5,15 a
70 °C	AB 87,66 a	A 9,70 a	A 91,40 a	B 4,63 a	AB 88,91 a	AB 6,86 a	B 83,17 a	AB 5,46 a
80 °C	A 85,78 a	A 10,31 a	A 89,91 a	A 6,32 a	A 86,28 a	A 6,33 a	B 77,40 a	A 7,58 a

¹ Os valores representam a média aritmética simples de três repetições e estão expressos em porcentagem, relativos a um total de 250 gramas. Médias acompanhadas por letras maiúsculas distintas, na linha, e minúsculas distintas, na coluna, diferem significativamente entre si, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Conclusões

As maiores perdas físicas e tecnológicas ocorreram a partir dos seis meses de armazenamento, independentemente do tratamento de secagem avaliado.

A secagem intermitente de grãos de milho, independentemente da temperatura de secagem empregada, não causaram danos mecânicos visíveis e nem qualitativos imediatos aos grãos de milho.

As maiores perdas físicas durante o armazenamento ocorreram nos grãos submetidos à secagem intermitente em temperatura de 60 °C e as menores perdas tecnológicas em temperatura de 70 °C.

Referências

AHRENS, D. C.; VILLELA, F. A.; DONI FILHO, L. Qualidade fisiológica e industrial de sementes de aveia-branca (*Avena sativa*) na secagem intermitente. Revista Brasileira de Sementes, Brasília. v. 22, n. 2, p. 12-20, 2000.

ALENCAR, E. R. DE; FARONI, L. R. D.; FILHO, A. F. L.; PETERNELLI, L. A.; COSTA, A. R. Qualidade dos grãos de soja

armazenados em diferentes condições. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 13, n. 5, p. 606-613, 2009.

AOSANI, E. Temperatura de secagem estacionária e de armazenamento na qualidade de grãos de soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. 2007. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2007.

AYRES, M.; AYRES, J. M.; SANTOS, A. A. Aplicações Estatísticas em Ciências Bio-Médicas - BioEstat 5.0. ONG Mamamarua, Universidade Federal do Pará, Belém, PA. 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Portaria Nº 11, de 12 de abril de 1996. Comissão Técnica de Normas e Padrões. Normas de identidade, qualidade, embalagem e apresentação do milho. Brasília, 1996.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) - DAS. Regras para análise de sementes. Brasília, 2009. 399 p.

BROOKER, D. B.; BAKKER-ARKEMA, F. W.; HALL, C. W. Drying and storage of grains and oilseeds. New York: van Nostrand Reinhold, 1992. 450 p.

CALDASSO, L. H. Ácidos orgânicos e sistemas de armazenamento na conservação de milho em pequena escala. 1998. 60 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia

AVALIAÇÕES FÍSICAS E TECNOLÓGICAS DE GRÃOS DE MILHO SUBMETIDOS À SECAGEM INTERMITENTE EM TRÊS TEMPERATURAS DO AR DE SECAGEM E POSTERIORMENTE ARMAZENADO POR NOVE MESES

- Agroindustrial) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1998.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Indicadores da agropecuária. Brasília: Conab [on line]. Disponível em: <http://www.conab.org.br. Acesso em janeiro de 2011.
- DIONELLO, R. G. Método de secagem e sistema de armazenamento na qualidade dos grãos e na ocorrência de micotoxinas em milho. 2000. 42 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2000.
- ELIAS, M. C. Armazenamento e conservação de grãos, em médias e pequenas escalas. 3ª Edição. UFPEL, COREDE-SUL. Pólo de Modernização Tecnológica em Alimentos da Região Sul. Editora Universitária da UFPEL. Pelotas, RS. 2002. 218 p.
- ELIAS, M. C. Manejo Tecnológico da Secagem e do Armazenamento de Grãos. Editora Santa Cruz. Pelotas, RS. 2008. 457 p.
- ELIAS, M. C.; OLIVEIRA, M. de. Aspectos Tecnológicos e Legais na Formação de Auditores Técnicos do Sistema Nacional de Certificação de Unidades Armazenadoras. Editora Santa Cruz. Pelotas, RS. 2009. 430 p.
- HUTT, W.; MEIERING, A.; OELSCHLAGER, W. Grain contamination in drying with direct heating. Canadian Agricultural Engineering, Canadá, v. 20, n. 2, p. 103-107, 1978.
- MUIR, W. E. Temperature and moisture in grain storages. In: SINHA, R.N. e MUIR, W.E. Grain storage part of a system. Washington, AVI Publishing, 1973. p.49-70.
- MULTON, J. Water vapour and heat transfers in grains silos and their consequences on storage. In: SHEJBAL, J. Controlled atmosphere storage of grains. Amsterdam, Elsevier, 1980. p. 399-408.
- PONCIANO, N. J.; SOUZA, P. M. de; REZENDE, A. M. Entraves da Comercialização à Competitividade do Milho Brasileiro. Revista Paranaense de Desenvolvimento, Curitiba, n. 104, p. 23 - 40, 2003.
- ROMBALDI, C. V. Condições de secagem e tempo de armazenamento na qualidade industrial do arroz. 1988. 124 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1988.
- SILVA, J. S.; AFONSO, A. D. L.; GUIMARÃES, A. C. Estudos dos métodos de Secagem. In: SILVA, J. S. Pré-processamento de Produtos Agrícolas. Instituto Maria, Juiz de Fora, 1995, p. 105-143.
- SILVA, Juarez S. e. Secagem e armazenagem de produtos agrícolas. Viçosa: Aprenda Fácil, 2000.