



Perdas quantitativas e qualitativas em soja armazenada com aeração convencional e resfriamento artificial

Juliana Megier Dürks¹ , Fernando Mendes Botelho¹ , Sílvia de Carvalho Campos Botelho^{2,*} , Solenir Ruffato¹ , Renata Henrique Hoscher² 

¹Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, MT, Brasil.

²Embrapa Agrossilvipastoril, Sinop, MT, Brasil.

*Autora correspondente: silvia.campos@embrapa.br

Recebido: 16/04/2018; Aceito: 13/02/2019

Resumo: As perdas que ocorrem no processo de produção de grãos podem ser quantitativas e/ou qualitativas, sendo elas associadas à forma de armazenamento, ao nível tecnológico e ao clima local. Objetivaram-se avaliar perdas qualitativas e quantitativas de grãos de soja durante o armazenamento em silos sob refrigeração artificial e sob aeração convencional. A cada 20 dias, por três meses, foram retiradas amostras de grãos do centro e da extremidade de silos onde o produto foi armazenado. Para cada época de amostragem, foram determinados o teor de água, a massa específica aparente, a diferença total de cor, a condutividade elétrica dos exsudatos da solução com os grãos e a classificação das amostras a fim de avaliar a qualidade física e fisiológica da massa de grãos. Observou-se, durante o armazenamento, que houve redução do teor de água e da massa específica aparente, mudança na sua coloração e aumento da condutividade elétrica da solução dos exsudatos nos dois silos, indicando diminuição na qualidade do produto. Entretanto, quando comparados os silos, grãos armazenados sob refrigeração artificial apresentaram perdas, principalmente fisiológicas, menos acentuadas ao longo do tempo em relação àqueles mantidos sob aeração com ar natural. Em ambas as condições, a perda qualitativa foi maior para os grãos próximos à parede do silo, visto que, ao final do armazenamento, as amostras foram enquadradas como Fora de Tipo.

Palavras-chave: aeração; propriedades físicas; refrigeração.

Quantitative and qualitative losses in soybeans stored with conventional aeration and artificial cooling

Abstract: The losses observed in the grain production process can be quantitative and/or qualitative, being associated with the form of storage, technological level and local climate. The aim was to evaluate the qualitative and quantitative losses of soybean grains during storage under artificial refrigeration and under conventional aeration. Every 20 days, for three months, samples of soybeans were taken from the center and end of silos where the product was stored. For each sampling period, the moisture content, bulk density, total color difference, electrical conductivity of the solution exudates with the grains and the classification of the samples were determined in order to evaluate the physical and physiological quality of the grains. During storage, it was observed that there was a reduction in the moisture content and in the bulk density, a change in its coloration and an increase in the electrical conductivity of the solution of the exudates in both silos, indicating a decrease in product quality. However, when comparing the silos, grains stored under artificial refrigeration presented mainly physiological losses, less pronounced over time in relation to those kept under aeration with natural air. In both conditions, the qualitative loss was higher for the grains near the silo wall, since, at the end of the storage, the samples were classified as "Out of Type".

Keywords: aeration, physical properties, refrigeration.

1. INTRODUÇÃO

A produção e o armazenamento de grãos envolvem diferentes etapas, e as perdas nos processos de colheita, transporte e armazenamento são consideráveis. Essas perdas podem ser quantitativas e/ou qualitativas, e é importante que sejam feitos levantamentos de dados que possibilitem determinar em qual dessas etapas ocorrem maiores prejuízos e, conseqüentemente, sejam analisadas formas de diminuí-los.

As perdas quantitativas e qualitativas na pós-colheita de grãos estão associadas à forma de armazenamento, ao nível tecnológico e ao clima local. Ataque de insetos, manejo inadequado de aeração, falta de monitoramento por sistema de termometria e armazenamento de grãos com teor de água inadequado são alguns dos fatores que contribuem para prejuízos irreversíveis ao produto final (EMBRAPA, 2007).

Para que as características qualitativas dos grãos sejam mantidas o mais próximo possível daquelas apresentadas quando foram inicialmente armazenados, as condições nas quais são mantidos devem proporcionar ambiente desfavorável para o desenvolvimento de microrganismos e insetos (ALENCAR et al., 2009; BAILEY, 1974). Porém, como no Brasil predominam os climas tropical e subtropical, as condições são adversas para armazenagem em razão das elevadas temperaturas e das grandes variações de umidade relativa do ar durante o ano, e com isso as perdas são potencializadas pela presença de insetos, pelo crescimento fúngico e pela secagem natural.

As perdas pós-colheita podem ocorrer tanto nas etapas de processamento quanto no armazenamento. Os processos de limpeza e secagem, apesar de serem indispensáveis para condicionar a massa de grãos a uma armazenagem segura, quando mal conduzidos, são fontes de redução de qualidade tanto em grãos quanto em sementes. Zonta et al. (2011) verificaram que a germinação de sementes de pinhão-manso foi significativamente afetada pela forma como a secagem foi realizada e pelo tempo gasto no processo.

A temperatura é uma das principais variáveis físicas que influenciam qualitativamente a massa de grãos armazenados. Normalmente, quanto maior a temperatura da massa de grãos, mais rapidamente ocorrem alterações físicas e químicas no produto (PARK et al., 2012; PARAGINSKI et al., 2015), surgimento e proliferação de insetos (QUIRINO et al., 2013) e elevação da taxa respiratória da massa de grãos (RAUDIENÉ et al., 2017), aumentando o nível de perdas qualitativas e quantitativas.

Rotineiramente, em uma unidade armazenadora, o diagnóstico qualitativo de uma massa de grãos armazenados é feito mediante avaliação de sua temperatura por meio do sistema de termometria instalado nas células de armazenagem a granel. Normalmente, baseando-se nos resultados do sistema de termometria, há a necessidade de intervenções no microclima criado pela interação constante entre o ar intergranular, os grãos e o meio ambiente. A intervenção é feita via sistema de aeração, que visa, por meio da insuflação de ar, uniformizar ou reduzir a temperatura ou até eliminar maus odores da massa de grãos.

O microclima da massa de grãos também pode ser modificado, tendo em vista sua melhor conservação, por meio do uso de refrigeração artificial. Essa técnica consiste em refrigerar os silos utilizados para armazenamento insuflando ar refrigerado para seu interior pelo sistema de aeração que permanece em funcionamento até a massa dos grãos possuir níveis desejados de temperatura (PARAGINSKI et al., 2015). O processo de resfriamento da massa de grãos durante o período de armazenagem é uma técnica eficaz e econômica para a manutenção da qualidade do produto, pois diminui a atividade da água e a taxa respiratória dos grãos e também retarda o desenvolvimento de insetos-praga e da micoflora presente, independentemente das condições climáticas da região (RIGUEIRA et al., 2009).

Assim, o objetivo do presente trabalho foi quantificar perdas qualitativas e quantitativas na massa de grãos de soja armazenada em silo com aeração com ar natural e em silo com sistema de refrigeração.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização do estudo foram utilizados grãos de soja pré-processados (limpos e secos) da safra 2014/2015 produzidos no município de Sorriso (MT) e posteriormente armazenados em silos metálicos da empresa Bocolli Armazéns Gerais, localizada também em Sorriso, com capacidade de 6.000 t e com diâmetro e altura, aproximados, de 22 e 24 m, respectivamente.

A soja armazenada nos silos não foi proveniente de um único produtor em razão de o trabalho ter sido realizado com cooperação de uma unidade comercial de recebimento e armazenamento de grãos. Sendo assim, não se podem determinar mais informações do produto (cultivo, transgenia, tratamentos culturais, por exemplo) além das apresentadas.

Foram avaliados grãos armazenados em dois silos. O primeiro silo possuía sistema de aeração, em que esta era utilizada de forma preventiva, sendo os ventiladores ligados praticamente todos os dias ou segundo informações do sistema automatizado de termometria. Nesse silo, a temperatura média da massa de grãos manteve-se em 26,7°C. O outro silo era mantido refrigerado utilizando-se sistema de refrigeração da marca Cool Seed, modelo PCS 120.

Após preenchimento total do silo com grãos de soja, o sistema de refrigeração foi ligado durante sete dias, até que a massa de grãos atingisse temperatura de 17,8°C. Posteriormente, a cada 30 dias, o sistema era ligado novamente por período de aproximadamente 24 h para a manutenção da temperatura atingida.

Desde o momento do total carregamento do silo, a cada 20 dias, até o momento de sua descarga, realizaram-se amostragens na superfície do ponto central da descarga de grãos (0 a 5 m) sempre no centro e a aproximadamente 1 m da parede. Dessa forma, avaliaram-se, durante o período de estudo, sete amostras do centro (C) e da extremidade (E) de ambos os silos. As amostras obtidas foram homogeneizadas e quarteadas visando à obtenção de amostras de trabalho que foram encaminhadas ao Laboratório de Energia e Pós-Colheita da Universidade Federal de Mato Grosso/campus de Sinop (MT) e à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Agrossilvipastoril), também de Sinop, para realização da análise de qualidade dos grãos. Além das avaliações qualitativas, durante o armazenamento, as condições psicrométricas do ar ambiente (temperatura e umidade relativa) foram monitoradas por meio de estação meteorológica automática instalada no armazém.

As determinações do teor de água dos grãos de soja foram feitas empregando-se o método da estufa, a $105 \pm 1^\circ\text{C}$ durante 24 h (BRASIL, 2009). Utilizaram-se três repetições de 30 g de grãos para cada ponto de coleta em cada silo.

A massa específica aparente foi mensurada utilizando-se recipiente cuja relação diâmetro/altura é igual a 1 e cujo volume é de 1 L. Um funil com registro de descarga acoplado a uma haste proporcionou que o recipiente fosse preenchido sempre nas mesmas condições. Para a medição da massa de grãos contida no recipiente foi usada balança analítica com resolução de 0,01 g, sendo feitas cinco repetições para cada ponto de coleta em cada silo.

A determinação da cor dos grãos foi realizada com auxílio de colorímetro tristímulo, com leitura direta de reflectância das coordenadas L^* (luminosidade), a^* (tonalidades vermelha a verde) e b^* (tonalidades amarela a azul), empregando-se a escala HunterLab. Com os valores de L^* , a^* e b^* , calculou-se a diferença total de cor (Equação 1).

$$DE^2 = (DL^*)^2 + (Da^*)^2 + (Db^*)^2 \quad (1)$$

Em que:

DE = a diferença total de cor entre determinado tempo de armazenamento e a cor inicial;

DL^* = a diferença da coordenada L^* entre determinado tempo de armazenamento e a condição inicial;

Da^* = a diferença da coordenada a^* entre determinado tempo de armazenamento e a condição inicial;

Db^* = a diferença da coordenada b^* entre determinado tempo de armazenamento e a condição inicial.

Foram realizadas cinco leituras (repetições) para cada ponto de coleta em cada silo.

A alteração na integridade celular e os danos naturais nas membranas dos grãos foram avaliados pelo extravasamento de solutos celulares determinados por meio da condutividade elétrica da solução de embebição dos grãos (BRASIL, 2009), com modificações. Para isso, 50 grãos de soja de massa conhecida foram colocados em 75 mL de água deionizada (no interior de copos plásticos de 180 mL de capacidade) e mantidos em câmara do tipo BOD (demanda bioquímica de oxigênio) a 25°C por 24 h. A condutividade elétrica da solução de embebição foi medida com condutímetro devidamente calibrado com solução padrão. O resultado da leitura de condutividade elétrica foi obtido pela relação da condutividade lida pela massa da amostra, expressa em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$. Realizaram-se quatro repetições para cada ponto de coleta em cada silo.

As amostras de grãos de soja coletadas foram classificadas de acordo com a Instrução Normativa nº 11, de 15 de maio de 2007 (BRASIL, 2007). As amostras foram quarteadas, obtendo-se subamostra que foi utilizada para determinação de teor de água, a qual teve as impurezas e as matérias estranhas retidas em peneiras de crivos circulares de 3 mm. Em seguida, separaram-se os grãos avariados (queimados, ardidos, mofados, fermentados, germinados, imaturos, chochos e danificados), esverdeados, partidos, quebrados e amassados.

Os resultados obtidos estão relacionados aos dois tratamentos — aeração com ar natural (A) e com sistema de refrigeração (R) — e a dois pontos de coleta: centro (C) e extremidade (E) do silo. Dessa forma, todas as figuras estão referenciadas indicando o tratamento e o tempo de armazenamento.

Todas as variáveis foram analisadas de forma descritiva, sendo cada avaliação descrita em relação ao tempo da coleta.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições de temperatura e umidade relativa do ar durante o período de armazenamento da soja (1º de abril a 30 de julho de 2015) retratam a transição do período chuvoso para o período de seca, característicos da

região (Figura 1). O clima no estado de Mato Grosso caracteriza-se por apresentar duas estações climáticas bem definidas — chuvosa (outubro a abril) e seca (maio a setembro) (SOUZA et al., 2013).

Notou-se que, durante os meses em que se mantiveram os grãos armazenados, a temperatura do ar não sofreu grandes variações, isso porque é característico de a região apresentar, tanto no período chuvoso quanto no seco, temperaturas médias elevadas. A temperatura média da região foi de 25,7°C durante o período estudado.

Diferentemente da temperatura que varia relativamente pouco ao longo do ano, a umidade relativa média tende a acompanhar os períodos de chuva e estiagem, ou seja, ao longo do ano tende a atenuar em consequência da diminuição do índice pluviométrico na região, aumentando novamente a partir do início das chuvas (setembro ou outubro). A umidade relativa do ar variou de 80 a 46% (média dos dez primeiros e dos dez últimos dias de armazenamento) durante os meses de avaliação dos grãos de soja.

Houve variação no teor de água dos grãos de soja ao longo do armazenamento nos silos sob refrigeração e aerados com ar natural (Figura 2).

Viu-se que, no primeiro dia de coleta (1º de abril), considerado aqui o início do armazenamento, todas as amostras apresentaram valores de teor de água entre 12 e 13%, ou seja, faixa de valores aceitáveis para comercialização da soja. Verificou-se também que, para todos os tratamentos, houve variação no teor de água dos grãos ao longo do tempo. Segundo Corrêa et al. (2014), essa variação normalmente ocorre em grandes volumes armazenados pelo fato de os grãos buscarem, constantemente, o equilíbrio higroscópico com o ar circundante.

Observou-se que, de modo geral, houve redução do teor de água nas duas condições de armazenamento (refrigerado e aerado) ao longo do tempo, independentemente do ponto de coleta, sendo essa tendência mais bem observada a partir do final do mês de maio. Notou-se, ainda, que no silo aerado com ar natural a redução do teor de água ocorreu de forma mais homogênea, quando se comparam os resultados do centro (AC) e de próximo à parede do silo (AE). Essa observação difere daquela relatada por Lazzari et al. (2006) de que, após atingir a temperatura média de 15°C numa massa de grãos de arroz, mediante aplicação de ar refrigerado por 240 horas ininterruptas, o teor de água dos grãos foi mantido no silo em torno de 15%. Neste trabalho foi observada redução do teor de água de 1,6 a 2,5 pontos percentuais, dependendo do ponto amostrado.

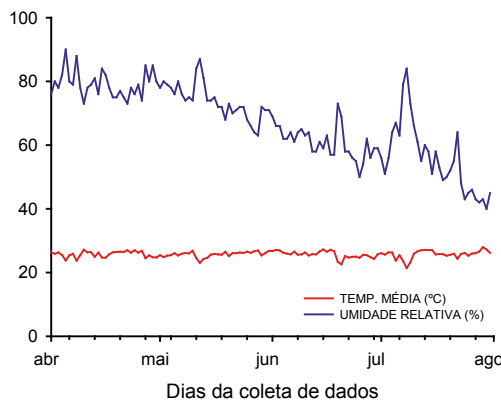


Figura 1. Dados de temperatura e umidade relativa do ar durante a armazenagem da soja. Sorriso (MT), 2015.

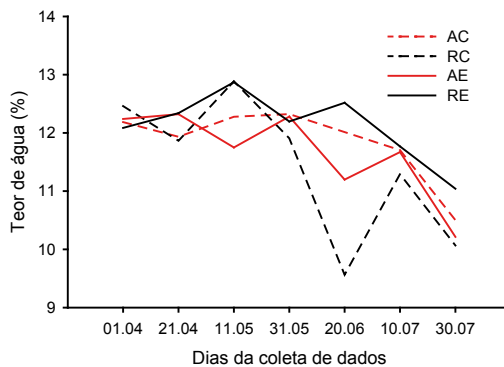


Figura 2. Valores observados do teor de água dos grãos de soja amostrados durante o período de armazenamento com aeração com ar natural (A) e sob refrigeração (R), medidos no centro (C) e na extremidade (E) do silo. Sorriso (MT), 2015.

Considerando que, de forma geral, foram armazenadas 6.000 t de grãos de soja em cada silo e que o preço aproximado de uma saca de soja (60 kg) era de R\$ 65 no mês de agosto de 2015, as perdas nesse caso podem ser estimadas. Se o teor de água inicial foi de 12,22% e ao final da avaliação foi de 10,37%, ocorrendo redução média de 1,85 pontos percentuais. Isso significa perda de 123,84 t de massa de grãos, o que representa o valor de R\$ 134.162,66, tomando como exemplo a variação no teor de água no silo aerado com ar natural. No tratamento refrigerado, inicialmente foi verificado teor de água médio de 12,29% e final de 10,52%, resultando em redução de 1,77 pontos percentuais, o que representa perda de 118,68 t de grãos, no valor de R\$ 128.576,21. Pelos pontos de coleta das amostras, não se pode afirmar que o teor de água médio de todo o silo sejam aqueles utilizados para fazer essas estimativas, mas é possível afirmar que durante o armazenamento ocorrem perdas quantitativas consideráveis na massa de grãos armazenados por conta da perda de água.

A massa específica aparente dos grãos de soja apresentou, de modo geral, redução de sua magnitude em ambos os tratamentos analisados, com aeração com ar natural e sob refrigeração, e nos pontos amostrados, centro e extremidade do silo (Figura 3).

Notou-se que a maior amplitude de massa específica aparente (41,39 kg m⁻³) ocorreu nos grãos que se localizavam no centro do silo aerado, enquanto a menor amplitude observada (11,39 kg m⁻³) se deu nas amostras retiradas do centro do silo refrigerado.

A massa específica aparente é um importante índice qualitativo que relaciona a massa e o volume ocupado pela massa de grãos. Esse índice está diretamente relacionado ao teor de água dos grãos, de modo que, normalmente, quanto menor o teor de água, maior a massa específica aparente (BARNWAL et al., 2012; JESUS et al., 2013; PATWARDHAN et al., 2014). Dessa forma, como o teor de água foi reduzindo ao longo do armazenamento e a massa específica acompanhou essa redução, também é possível inferir que houve perda de massa seca ao longo do armazenamento e, consequentemente, perdas quantitativa e qualitativa.

Outro importante indicativo de qualidade, principalmente para a aceitação do consumidor, é a cor dos grãos. A diferença total de cor mostra a mudança da cor dos grãos de soja ao longo do tempo de armazenamento em relação àquela medida no primeiro dia de análise. As médias de diferença total de cor observadas nos grãos armazenados estão apresentadas na Figura 4.

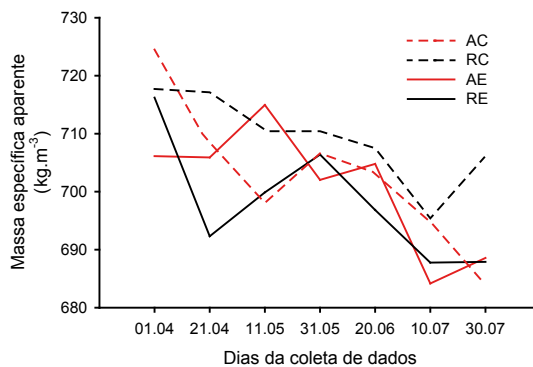


Figura 3. Massa específica aparente observada durante o período de armazenamento dos grãos de soja com aeração com ar natural (A) e sob refrigeração (R), medida no centro (C) e na extremidade (E) do silo. Sorriso (MT), 2015.

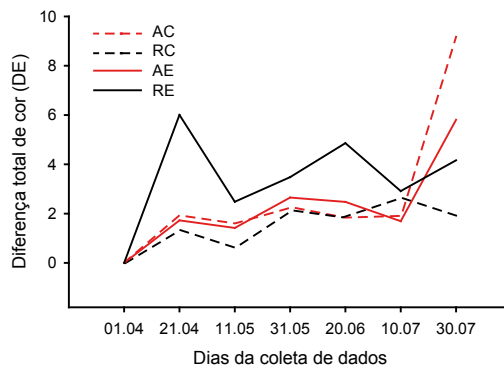


Figura 4. Diferença total de cor (DE) dos grãos de soja durante o armazenamento com aeração com ar natural (A) e sob refrigeração (R), medida no centro (C) e na extremidade (E) do silo. Sorriso (MT), 2015.

Quanto à diferença total de cor, foi possível verificar que, independentemente da condição em que foram armazenados e da posição no silo (ponto de amostragem), os grãos de soja apresentaram variações na sua cor ao longo do tempo.

As maiores diferenças foram identificadas nos grãos de soja armazenados no silo em que foi insuflado ar natural. A perda da coloração não é desejável em uma massa de grãos armazenados, uma vez que essa variação está normalmente associada à perda qualitativa. Paraginski et al. (2015) utilizaram a cor como índice para avaliar as modificações químicas em grãos de milho armazenados em diferentes temperaturas e correlacionaram a redução da coordenada b^* (que mede variação entre a coloração amarela e azul) com a oxidação dos carotenoides presentes nos grãos. Brito et al. (2015) constataram a redução da coordenada a^* (variação entre vermelho e verde) em grãos residuais de urucum ao longo do armazenamento, principalmente em temperaturas mais elevadas.

Observou-se que, de modo geral, os valores médios de condutividade elétrica dos exsudatos dos grãos de soja conservados sob aeração com ar natural e refrigerado aumentaram nos dois silos e nos dois pontos de coleta (Figura 5).

Notou-se que, em média, os grãos de soja armazenados no silo que foi refrigerado possuíam maior índice de condutividade elétrica no início do armazenamento em relação àqueles do silo aerado. Essa variação pode ocorrer por conta de os silos não terem sido preenchidos ao mesmo tempo nem tampouco com grãos oriundos do mesmo produtor. Ao final do armazenamento, entretanto, verificou-se que esse mesmo índice foi menor para o silo refrigerado, indicando que a qualidade inicial do produto foi mais bem conservada nessa condição. Segundo Rigueira et al. (2009), com temperaturas menores, o ataque de pragas e as reações químicas oxidativas ocorrem em menor proporção. Dessa forma, no silo refrigerado a qualidade dos grãos foi mantida por mais tempo do que no aerado.

Entre os pontos de coleta houve diferenças nas medições entre o ponto central e a extremidade do silo para a condutividade elétrica dos exsudatos. No centro do silo, esse índice foi menor para os dois tratamentos, possivelmente pelo fato de que os grãos da extremidade sofreram maiores variações de temperatura diárias em razão da incidência de radiação solar nas paredes do silo.

A condutividade elétrica dos exsudatos da solução dos grãos também está relacionada ao teor de água, sendo inversamente proporcionais. Vieira et al. (2002) observaram que, à medida que se aumentou o teor de água de sementes de soja, os valores de condutividade elétrica dos exsudatos diminuíram. Dessa forma, os resultados encontrados neste trabalho estão coerentes com os encontrados por esses autores, visto que foram observados diminuição do teor de água dos grãos de soja armazenados e aumento dos valores de condutividade elétrica dos exsudatos, o que indica perda de qualidade física e fisiológica.

Não houve incidência de grãos queimados, mofados, germinados, danificados, imaturos, chochos e amassados nos tratamentos ou nos pontos de coleta avaliados durante o período de armazenamento. A quantidade de avarias encontradas na classificação dos grãos está apresentada na Tabela 1.

A avaria mais grave encontrada em ambos os tratamentos foram os grãos ardidos, seguindo a escala de gravidade decrescente estabelecida pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (BRASIL, 2007) — queimados, ardidos, mofados, fermentados, esverdeados, germinados, danificados, imaturos, chochos, amassados, partidos e quebrados.

A presença de grãos ardidos não persistiu do início ao fim das coletas. Para os dois tratamentos e pontos de coleta, essa avaria apresentou-se de forma pontual, provavelmente ocorrendo pela variabilidade na amostragem e pelo fato de a massa de grãos avaliada ser heterogênea, visto que a unidade armazenadora presta serviço a terceiros, e, conseqüentemente, os grãos de soja que formavam a massa de grãos eram oriundos de diferentes produtores.

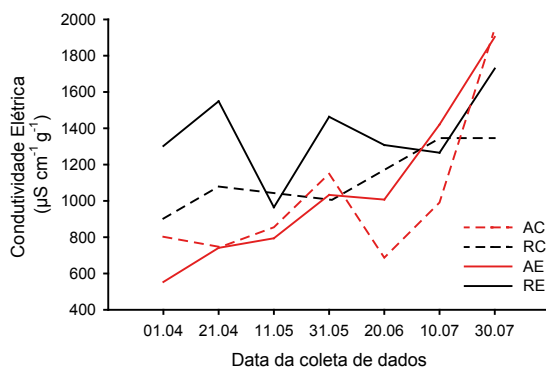


Figura 5. Condutividade elétrica da solução de exsudatos dos grãos de soja durante o armazenamento com aeração com ar natural (A) e sob refrigeração (R), medida no centro (C) e na extremidade (E) do silo. Sorriso (MT), 2015.

Os grãos com ataque de percevejos foram encontrados com mais frequência do que os ardidos, tendo maior ocorrência no tratamento aerado nos dois pontos de coleta. No tratamento refrigerado, foi observada a presença dessa avaria somente no ponto central e nas três primeiras datas de coleta. Esses grãos certamente vieram do campo com essa avaria, pois ela decorre do ataque de percevejos, que é uma praga de campo.

Nos dois tratamentos e nos dois pontos de coleta, houve a presença de grãos fermentados, partidos e quebrados, no geral, em todas as amostras coletadas. A presença dessas avarias pode estar associada ao manejo durante a colheita e ao pré-processamento, o que ocasiona choques mecânicos e danificações diversas. Inevitavelmente, durante as etapas que compreendem o beneficiamento, grãos e sementes estão sujeitos a frequentes injúrias mecânicas que, na maioria das vezes, são potencializadas pelo processo de secagem, principalmente quando mal conduzido.

Kolling et al. (2012) quantificaram as perdas em cada etapa do beneficiamento de grãos de milho e trigo e constataram o aumento da quantidade de grãos quebrados após passarem pela secagem.

A quantidade de partidos e quebrados observados nos dois tratamentos, independentemente do ponto de coleta, foi inferior ao permitido para o enquadramento nos dois Grupos (1 e 2), para os Tipos I, II e Padrão Básico.

Grãos esverdeados foram encontrados de forma pontual nas amostragens feitas, ocorrendo mais vezes e em maiores teores na massa de grãos do silo aerado. A identificação de grãos esverdeados durante o armazenamento provavelmente ocorreu porque alguns grãos não haviam amadurecido o suficiente no campo, e a diferença entre os silos deu-se, provavelmente pela diferença de tempo de colheita e/ou pela origem de produtores diferentes.

Como os grãos já haviam passado pelo processo de limpeza e depois de armazenados não foram mais movimentados, a porcentagem de impurezas encontradas nas amostras de soja coletadas no período de armazenamento foi inferior ao limite estabelecido pelo MAPA (BRASIL, 2007), que é de 1%. Esse resultado é importante, visto que elevadas quantidades de impureza colaboram para a ocorrência de insetos e processos oxidativos e interferem na aeração.

Inicialmente, todas as amostras enquadraram-se no Grupo 1, que são grãos destinados para consumo humano, variando entre Tipo 1 e Tipo 2. Ao final do período de armazenamento, algumas amostras foram enquadradas como Padrão Básico, e aquelas posicionadas na extremidade dos dois silos foram classificadas como Fora de Tipo.

Dessa forma, pode-se inferir que os grãos armazenados em silo com aeração com ar natural nos dois pontos de coleta tiveram queda de qualidade maior do que os armazenados no silo sob refrigeração.

Tabela 1. Avarias em amostras de grãos de soja mantidas em silo com aeração com ar natural (A) e sob refrigeração (R), retiradas do centro (C) e da extremidade (E) do silo. Sorriso (MT), 2015.

Data da coleta	Ardidos (%)		Picados (%)		Fermentados (%)		Esverdeados (%)		Partidos e quebrados (%)		Impurezas (%)		Tipo	
	AC	AE	AC	AE	AC	AE	AC	AE	AC	AE	AC	AE	AC	AE
Silo aerado com ar natural														
1º/4	1,8	0,4	4,3	-	2,6	2	-	1,8	1,6	-	0,40	0,20	2	2
21/4	-	1,2	1	5,4	1,8	2,2	0,8	0,8	2,4	-	0,08	0,80	1	1
11/5	-	-	2,6	6,4	3,8	3,2	0,8	-	3,0	0,8	0,10	0,20	1	1
31/5	-	-	2,4	3,6	3,2	-	-	-	2,8	2,4	0,32	0,32	1	1
20/6	-	-	-	-	5,6	7,2	-	-	2,0	1	0,16	0,08	2	1
10/7	-	-	-	4,8	3,6	1	-	-	1,2	1,1	0,08	0,20	1	2
30/7	-	-	-	-	2,4	9,6	-	0,8	1,0	2,9	0,20	0,24	1	FT
Silo refrigerado														
	RC	RE	RC	RE	RC	RE	RC	RE	RC	RE	RC	RE	RC	RE
1º/4	2	-	0,8	-	3,2	0,8	-	0,6	4,2	-	0,3	0,2	2	1
21/4	-	-	1,6	-	2,8	1,6	2	0,6	3,4	-	0,08	0,16	1	1
11/5	-	-	1	-	1,4	5,2	0,6	-	2	2	0,2	0,2	1	2
31/5	-	-	-	-	1,6	1,2	-	-	1,6	1,2	0,32	0,24	1	1
20/6	-	-	-	-	2,8	3,6	-	-	1,8	2	0,08	0,36	1	1
10/7	-	-	-	-	2	2	-	-	2,3	3,7	0,2	0,16	1	1
30/7	-	3,6	-	-	3,6	14	-	-	1,2	3,2	0,24	0,16	1	FT

FT: Fora de Tipo.

4. CONCLUSÕES

As condições de temperatura média do ar e a umidade relativa influenciam no teor de água dos grãos, que, por sua vez, tem relação direta com as propriedades físicas e fisiológicas dos grãos de soja armazenados.

A diminuição do teor de água ao longo do tempo de armazenamento dos grãos de soja afetou diretamente a perda quantitativa.

Os grãos de soja armazenados no silo sob refrigeração possuíam inicialmente qualidade fisiológica inferior, porém essa qualidade foi mantida por mais tempo do que aquela observada nos grãos armazenados no silo com aeração com ar natural, que possuíam qualidade melhor na primeira coleta.

Houve mudança na coloração dos grãos de soja armazenados nos dois silos, sendo mais perceptível no silo com aeração com ar natural.

Pela avaliação da classificação dos grãos de soja armazenados, foi possível constatar e quantificar a piora qualitativa das amostras, visto que mudaram seu enquadramento por tipo.

Nos dois silos houve perda de qualidade e quantidade da massa de grãos.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à empresa Bocolli Armazéns Gerais a disponibilização da estrutura para o desenvolvimento do projeto.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, E.R.; FARONI, L.R.D.; LACERDA FILHO, A.F.; PATERNELLI, 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. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662009000500014>
- BAILEY, J.E. Whole grain storage. In: CHRISTENSEN, C.M. (org.). **Storage of cereal grains and their products**. St. Paul: AACC, 1974. p. 333-360.
- BARNWAL, P.; KADAM, D.M.; SINGH, K.K. Influence of moisture content on physical properties of maize. **International Agrophysics**, v.26, p.331-334, 2012. <https://doi.org/10.2478/v10247-012-0046-2>
- BRASIL. Ministério da Agricultura do Abastecimento e da Reforma Agrária. Secretária Nacional de Defesa Agropecuária. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: Ministério da Agricultura do Abastecimento e da Reforma Agrária, 2009. 365 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 11, de 15 de maio de 2007. Estabelece o Regulamento Técnico da Soja, definindo o seu padrão oficial de classificação, com os requisitos de identidade e qualidade intrínseca e extrínseca, a amostragem e a marcação ou rotulagem. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, Seção 1, n.93, p.13-15, 16 maio 2007. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=1194426968>>. Acesso em: 7 nov. 2016.
- BRITO, J.G.; QUEIROZ, A.J.M.; FIGUEIRÊDO, R.M.F.; OLIVEIRA, A.S. Armazenamento de grãos residuais de urucum sob atmosfera controlada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.12, p.1185-1191, 2015. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n12p1185-1191>
- CORRÊA, P.C.; BOTELHO, F.M.; BOTELHO, S.C.C.; GONELI, A.L.D. Isotermas de sorção de água de frutos de *Coffea canephora*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.10, p.1047-1052, 2014. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n10p1047-1052>
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Embrapa Milho e Sorgo. **Cultivo do milho**. Sistemas de Produção, 1. 3. ed. Brasil: EMBRAPA, 2007. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_sisal/arvore/CONT000fckl80cd02wx5e0a2ndxynhaexhv.html>. Acesso em: 7 jan. 2019.
- JESUS, F.F.; SOUZA, R.T.G.; TEIXEIRA, G.G.S.; TEIXEIRA, I.R.; DEVILLA, I.A. Propriedades físicas de sementes de feijão em função de teores de água. **Engenharia na Agricultura**, v.21, n.1, p.9-18, 2013. <https://doi.org/10.13083/reveng.v21i1.390>
- KOLLING, E.M.; TROGELLO, E.; MODOLO, A.J. Perdas econômicas vinculadas às etapas de beneficiamento de milho e trigo, em unidade cooperativa do norte do Paraná. **Revista Agro@ambiente**, v.6, n.3, p.268-274, 2012. <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v6i3.843>

- LAZZARI, S.M.N.; KARKLE, A.F.; LAZZARI, F.A. Resfriamento artificial para o controle de Coleoptera em arroz armazenado em silo metálico. **Revista Brasileira de Entomologia**, v.50, n.2, p.293-296, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0085-56262006000200012>
- PARAGINSKI, R.T.; ROCKENBACH, B.A.; SANTOS, R.F.; ELIAS, M.C.; OLIVEIRA, M. Qualidade de grãos de milho armazenados em diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.4, p.358-363, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n4p358-363>
- PARK, C.E.; KIM, Y.S.; PARK, K.J.; KIM, B.K. Changes in physicochemical characteristics of rice during storage at different temperatures. **Journal of Stored Products Research**, v.48, p.25-29, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jspr.2011.08.005>
- PATWARDHAN, A. Effect of moisture content on gravimetric and frictional properties of ridge gourd seed (*Luffa Actangula* Roxb). **Agricultural Engineering**, v.39, n.2, p.33-42, 2014.
- QUIRINO, J.R.; MELO, A.P.C.; VELOSO, V.R.S.; ALBERNAZ, K.C.; PEREIRA, J.M. Resfriamento artificial na conservação da qualidade comercial de grãos de milho armazenados. **Bragantia**, v.72, n.4, p.378-386, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/brag.2013.051>
- RAUDIENĖ, E.; RUŠINSKAS, D.; BALČIŪNAS, G.; JUODEIKIENĖ, G.; GAILIUS, D. Carbon dioxide respiration rates in wheat at various temperatures and moisture contents. **Journal of Metrology Society of India**, v.32, p.51-58, 2017. <http://dx.doi.org/10.1007/s12647-016-0202-4>
- RIGUEIRA, R.J.A.; LACERDA FILHO, A.F.; VOLK, M.B.S. Avaliação da qualidade do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) armazenado em ambiente refrigerado. **Alimentos e Nutrição**, v.20, n.4, p.649-655, 2009.
- SOUZA, A.P.; MOTA, L.L.; ZAMADEI, T.; MARTIM, C.C.; ALMEIDA, F.T.; PAULINO, J. Classificação Climática e Balanço Hídrico Climatológico no Estado de Mato Grosso. **Nativa**, v.1, n.1, p.34-43, 2013. <http://dx.doi.org/10.14583/2318-7670.v01n01a07>
- VIEIRA, R.D.; PENARIOL, A.L.; PERECIN, D.; PANOBIANCO, M. Condutividade elétrica e teor de água inicial das sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.9, p.1333-1338, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2002000900018>
- ZONTA, J.B.; ARAUJO, E.F.; ARAUJO, R.F.; DIAS, L.A.S. Diferentes tipos de secagem: efeitos na qualidade fisiológica de sementes de pinhão-mansão. **Revista Brasileira de Sementes**, v.33, n.4, p.724-734, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222011000400014>