

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS, FISIOLÓGICAS E
TOXICOLÓGICAS EM FUNÇÃO DA PRÉ-LIMPEZA EM GRÃOS DE MILHO
(*Zea mays L.*) ANTES DO ARMAZENAMENTO

Milena Ana Zambiasi
Engenheira Agrônoma/UFRGS

Dissertação apresentada como um dos requisitos
à obtenção do Grau de Mestre em Fitotecnia
Área de Concentração Sistemas de Produção Vegetal

Porto Alegre (RS), Brasil
Fevereiro de 2018

CIP - Catalogação na Publicação

Zambiasi, Milena Ana
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS, FISIOLÓGICAS E
TOXICOLÓGICAS EM FUNÇÃO DA PRÉ-LIMPEZA EM GRÃOS DE
MILHO (*Zea mays* L.) ANTES DO ARMAZENAMENTO / Milena
Ana Zambiasi. -- 2018.

99 f.

Orientador: Rafael Gomes Dionello.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa
de Pós-Graduação em Fitotecnia, Porto Alegre, BR-RS,
2018.

1. Pré-Limpeza. 2. Milho. 3. Pós Colheita. 4.
Qualidade do grão. 5. Armazenamento. I. Dionello,
Rafael Gomes, orient. II. Título.

MILENA ANA ZAMBIASI
Engenheira Agrônoma - UFRGS

DISSERTAÇÃO

Submetida como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de

MESTRE EM FITOTECNIA

Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia
Faculdade de Agronomia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em: 28.02.2018
Pela Banca Examinadora

Homologado em: 22.11.2021
Por

RAFAEL GOMES DIONELLO
Orientador - PPG Fitotecnia
UFRGS

CARLA ANDRÉA DELATORRE
Coordenadora do Programa de
Pós-Graduação em Fitotecnia

ANA PAULA OTT
PPG Fitotecnia/UFRGS

LAURI LOURENÇO RADÚNZ
PPG Fitotecnia/UFRGS

LÚCIA BRANDÃO FRANK
PPG Zootecnia/UFRGS

CARLOS ALBERTO BISSANI
Diretor da Faculdade
de Agronomia

DEDICO
À minha amada tia Nair Sfoglia (*In memoriam*), que nunca deixou de me apoiar.
Aos meus queridos pais, Sulani e Moacir, pelo amor incondicional.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à UFRGS, a FAGRO e a CAPES por me proporcionar essa oportunidade de aprendizado.

Aos meus pais Sulani e Moacir, que me ensinaram a ter coragem para ir em busca dos meus objetivos, e sempre me apoiaram.

Ao Professor Dr. Rafael Gomes Dionello, agradeço pela orientação, pelo apoio e contribuição para minha formação profissional.

Ao Professor Dr. Lauri Radünz, pelo auxílio com as análises estatísticas e pelas contribuições durante essa trajetória.

Ao meu namorado e amigo, Fernando Lima, agradeço por toda a ajuda, paciência, e incentivo na reta final deste trabalho.

À Estação Experimental Agronômica da UFRGS, que me proporcionou o espaço para a realização deste trabalho, e aos funcionários da EEA- UFRGS, pela ajuda durante o experimento.

Aos meus colegas de laboratório, especialmente Indianara Müller e Paulo Ricardo Rizzotto Jr, que estiveram comigo desde o início. Aos bolsistas, em especial Daniel Schropfer, pelo empenho e dedicação. Sem vocês este trabalho não seria possível.

Aos amigos e colegas, especialmente Laís, Taís, Léos G. e C., Ana L. e Edi, agradeço pelas trocas de conhecimento e parceria de sempre.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS, FISIOLÓGICAS E TOXICOLÓGICAS EM FUNÇÃO DA PRÉ-LIMPEZA EM GRÃO DE MILHO (*Zea mays* L.) ANTES DO ARMAZENAMENTO¹

Autora: Milena Ana Zambiasi

Orientador: Prof. Rafael Gomes Dionello

RESUMO

O milho (*Zea mays* L.) é o cereal mais cultivado e consumido no Brasil, sendo que mais da metade da produção do milho em grão é destinada à alimentação animal. A etapa de pré-limpeza permite a diminuição do conteúdo de impurezas e matéria estranha da massa de grãos, que servem de alimento e abrigo para pragas de produtos armazenados. O objetivo deste trabalho é verificar se a etapa da pré-limpeza antes do armazenamento tem ou não um efeito significativo na qualidade de grãos durante a estocagem por 240 dias. A pesquisa foi conduzida na Estação Experimental Agronômica, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA-UFRGS), no município de Eldorado do Sul. Análises físicas, fisiológicas, químicas e toxicológicas foram realizadas. Os tratamentos foram compostos por 2 fatores (pré limpeza e tempo de armazenamento): Fator 1: produto armazenado após pré-limpeza e armazenado sem pré-limpeza; Fator 2: Tempo de armazenamento (0, 2, 4, 6 e 8 meses). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com arranjo fatorial 2x5 (com e sem pré-limpeza e 0; 2; 4; 6 e 8 meses de armazenamento), com três repetições por tratamento. A pré-limpeza mostrou-se eficiente mesmo em grãos de milho com alta qualidade inicial, ou seja, com menos de 1% de impurezas, que é o exigido pela IN 60/2012, para o enquadramento do milho no Tipo 1. Além disso, permitiu menor incidência de fungos do gênero *Fusarium*, *Aspergillus* e *Penicillium*, potencialmente produtores de micotoxinas, durante o armazenamento. Os grãos que foram limpos, apresentaram melhor enquadramento de Tipo e menor teor de grãos avariados ao longo do armazenamento, quando comparados aos sem limpeza, e também apresentaram menor variação do teor de água no armazenamento, sendo que este é fundamental para uma adequada armazenagem. Aflatoxinas não foram detectadas em nenhum tratamento avaliado, já as fumonisinas foram detectadas, porém não apresentaram diferença estatística entre os fatores manejos de pré-limpeza e tempo de armazenamento.

¹ Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (99 f.) Fevereiro, 2018.

PHYSICAL, CHEMICAL, PHYSIOLOGICAL AND TOXICOLOGICAL CHARACTERISTICS IN THE FUNCTION OF PRE-CLEANING IN CORN GRAIN (*Zea mays* L.) BEFORE STORAGE²

Author: Milena Ana Zambiasi
Adviser: Rafael Gomes Dionello

ABSTRACT

Corn (*Zea mays* L.) is the most cultivated and consumed cereal in Brazil, and more than half of corn grain production is destined for animal feed. The pre-cleaning process allows the reduction of the content of impurities and foreign material of the grain mass, which serve as food and shelter for pests of stored products. The objective of this experiment is to verify whether or not the pre-cleaning process before storage has a significant effect on the quality of these grains during storage. The research was conducted at the Agronomic Experimental Station, Federal University of Rio Grande do Sul (EEA-UFRGS), in the city of Eldorado do Sul. Physical, microbiological, physiological, chemical and toxicological analyzes were performed. The treatments were composed with 2 factors (pre-cleaning and storage time): Factor 1: product stored after pre-cleaning and stored without pre-cleaning; Factor 2: Storage time (0, 2, 4, 6 and 8 months). The experimental design was completely randomized, with a 2x5 factorial arrangement (with and without pre-cleaning and 0, 2, 4, 6 and 8 months of storage), with three replications per treatment. Pre-cleaning proved to be efficient even in high quality corn kernels, that is to say, with less than 1% of impurities, as required by IN 60/2012, for the corn classification in Type 1. In addition, it allowed a lower incidence of fungi of the genus *Fusarium*, *Aspergillus* and *Penicillium*, potentially mycotoxin producers, during storage. The grains that were cleaned presented a better classification of Type and lower contents of damaged grains along the storage, when compared to those without cleaning, and also presented lower variation of water content in the storage, which is essential for adequate storage. Aflatoxins were not detected in any evaluated treatment, while fumonisins were detected, but did not present statistical difference between the pre-cleaning and storage time management factors.

¹ Master dissertation in Plant Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (99 p.) February, 2018.

SUMÁRIO		Página
1	INTRODUÇÃO.....	1
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
	2.1 Aspectos Gerais da Cultura do Milho.....	4
	2.2 Qualidade do Grão.....	6
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	18
	3.1 Pré-limpeza, secagem e armazenagem dos grãos de milho	18
	3.2 Análises de qualidade dos grãos armazenados.....	20
	3.2.1 Teor de água.....	20
	3.2.2 Massa específica	20
	3.2.3 Peso de 1000 grãos	21
	3.2.4 Análise fisiológica	21
	3.2.5 Análise tecnológica	21
	3.2.6 Proteína bruta	22
	3.2.7 Cinzas ou material mineral.....	22
	3.2.8 Gordura bruta ou extrato etéreo.....	22
	3.2.9 Acidez da gordura	22
	3.2.10 Carboidratos ou extrativo não nitrogenado	23
	3.2.11 Análise sanitária ou microbiológica	23
	3.1.12 Avaliação de micotoxinas.....	24
	3.1.12.1 Análise de aflatoxinas (B1, B2, G1 e G2)	24
	3.2.12.2 Análise de fumonisina B1	25
	3.3 Condições ambientais durante a condução do experimento	26
	3.4 Delineamento experimental e análise estatística	27
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
	4.1 Análise Física e Fisiológica.....	29
	4.2 Análise Tecnológica.....	41

	Página
4.3 Análise Química.....	52
4.4 Análise sanitária.....	62
4.5 Análise toxicológica.....	71
5 CONCLUSÕES.....	77
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	79
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80

RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
1. Resumo da Análise de Variância (ANOVA) pelo teste F ($p < 0,05$) dos dados referentes à análise física e fisiológica de grãos de milho, do Híbrido Pioneer 30F53VYHR, em relação ao manejo de limpeza e ao longo do tempo de armazenamento. Eldorado do Sul, RS, 2017.	29
2. Comparação de médias pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$) para as variáveis físicas de grãos de milho do Híbrido Pioneer 30F53VYHR, em relação ao manejo de limpeza e ao longo do tempo de armazenamento. Eldorado do Sul, RS, 2017.	30
3. Limite máximo de tolerância expressos em percentual (%)	41
4. Classificação dos grãos de milho, do Híbrido Pioneer 30F53VYHR, da colheita ao término do armazenamento aos 240 dias, conforme Instrução Normativa 60/2011 do MAPA, em relação ao tempo de armazenamento e o manejo de limpeza. Eldorado do Sul, RS, 2017.	42
5. Resumo da Análise de Variância (ANOVA) pelo teste F ($p < 0,05$) dos dados referentes à análise tecnológica de grãos de milho, do Híbrido Pioneer 30F53VYHR, em relação ao manejo de limpeza e ao longo do tempo de armazenamento. Eldorado do Sul, RS, 2017.	43
6. Comparação de médias pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$) para as variáveis tecnológicas de grãos de milho, do Híbrido Pioneer 30F53VYHR, em relação ao manejo de limpeza e ao longo do tempo de armazenamento. Eldorado do Sul, RS, 2017.	44
7. Percentual dos principais defeitos dos grãos de milho, do Híbrido Pioneer 30F53VYHR, em percentagem, de acordo com a Instrução Normativa 60/2011 do MAPA, em função do manejo de limpeza e do tempo de armazenagem. Eldorado do Sul, RS, 2017.	47
8. Resumo da Análise de Variância (ANOVA) pelo teste F ($p < 0,05$) dos dados referentes à análise química de grãos de milho, do Híbrido Pioneer 30F53VYHR, em relação ao manejo de limpeza e ao longo do tempo de armazenamento. Eldorado do Sul, RS, 2017.	52
9. Resumo da Análise de Variância (ANOVA) pelo teste F ($p < 0,05$) dos dados referentes à análise sanitária de grãos de milho, do Híbrido Pioneer 30F53VYHR, em relação ao manejo de limpeza e ao longo do tempo de armazenamento. Eldorado do Sul, RS, 2017.	62

	Página
10. Comparação de médias pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$) para as variáveis sanitárias de grãos de milho, do Híbrido Pioneer 30F53VYHR, em relação ao manejo de limpeza e ao longo do tempo de armazenamento. Eldorado do Sul, RS, 2017.	63
11. Resumo da Análise de Variância (ANOVA) pelo teste F ($p < 0,05$) dos dados referentes à análise toxicológica de fumonisina B1, de grãos de milho, do Híbrido Pioneer 30F53VYHR, em relação ao manejo de limpeza e ao longo do tempo de armazenamento. Eldorado do Sul, RS, 2017.	71

RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
1. Máquina de pré-limpeza da marca Ferrabil, utilizada para o trabalho no Pólo de pós-colheita da Estação Experimental Agronômica (EEA-UFRGS), no município de Eldorado do Sul, RS. Eldorado do Sul, 2017.	19
2. Valores médios de temperatura e umidade relativa do ar, de acordo com a Estação Meteorológica da Estação Experimental Agronômica (EEA-UFRGS), durante o período do experimento, de agosto a dezembro de 2017. Eldorado do Sul, RS, 2017.	27
3. Teor de água dos grãos de milho, do Híbrido Pioneer 30F53VYHR, em relação ao manejo de limpeza e ao longo do tempo de armazenamento. Eldorado do Sul, RS, 2017.	31
4. Tabela do Equilíbrio Higroscópico (% b.u) para espécie <i>Zea mays</i> . Adaptada de Weber (2005).	32
5. Massa específica dos grãos de milho, do Híbrido Pioneer 30F53VYHR, ao longo do tempo de armazenamento, independentemente dos manejos de pré-limpeza (grãos limpos e não limpos). Eldorado do Sul, RS, 2017.	35
6. Germinação dos grãos de milho, do Híbrido Pioneer 30F53VYHR, ao longo do tempo de armazenamento, independentemente do manejo de pré-limpeza (grãos limpos e não limpos). Eldorado do Sul, RS, 2017.	39
7. Percentual de grãos de milho avariados, do Híbrido Pioneer 30F53VYHR, em relação ao tempo de armazenamento e o manejo de pré-limpeza. Eldorado do Sul, RS, 2017.	46
8. Percentual de grãos de milho, do Híbrido Pioneer 30F53VYHR, mofados em relação ao tempo de armazenamento, independente do manejo de pré-limpeza (grãos limpos e não limpos). Eldorado do Sul, RS, 2017.	49
9. Percentual de grãos de milho, do Híbrido Pioneer 30F53VYHR, carunchados em relação ao tempo de armazenamento e manejo de pré-limpeza. Eldorado do Sul, RS, 2017.	51

	Página
10. Percentual de proteína bruta dos grãos de milho, do Híbrido Pioneer 30F53VYHR, em relação ao tempo de armazenamento e manejo de limpeza. Eldorado do Sul, RS, 2017.	53
11. Percentual de material mineral dos grãos de milho, do Híbrido Pioneer 30F53VYHR, em relação ao tempo de armazenamento, independente do manejo de pré-limpeza (grãos limpos e não limpos). Eldorado do Sul, RS, 2017.	56
12. Percentual de ácido oleico em grãos de milho, do Híbrido Pioneer 30F53VYHR, em função do tempo de armazenamento e manejo de pré-limpeza. Eldorado do Sul, RS, 2017.	59
13. Percentual de carboidratos ou extrativo não nitrogenado dos grãos de milho, do Híbrido Pioneer 30F53VYHR, em relação ao tempo de armazenamento, independentemente do manejo de pré-limpeza (grãos limpos e não limpos). Eldorado do Sul, RS, 2017.	60
14. Percentagem de <i>Aspergillus</i> spp. nos grãos de milho, do Híbrido Pioneer 30F53VYHR, armazenados em relação ao tempo de armazenamento e manejo de pré-limpeza. Eldorado do Sul, RS, 2017.	66
15. Percentagem de <i>Fusarium</i> spp. nos grãos de milho, do Híbrido Pioneer 30F53VYHR, armazenados em relação ao tempo de armazenamento e manejo de pré-limpeza. Eldorado do Sul, RS, 2017.	68
16. Percentagem de <i>Penicillium</i> spp. nos grãos de milho, do Híbrido Pioneer 30F53VYHR, armazenados em relação ao tempo de armazenamento e manejo de pré-limpeza. Eldorado do Sul, RS, 2017.	70

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma planta originária na América Central, porém com as técnicas de melhoramento genético, é possível cultivá-lo em basicamente todo o mundo. É o cereal mais cultivado e consumido no Brasil, sendo que o país é o terceiro maior produtor mundial, atrás dos Estados Unidos e da China. O milho é considerado um dos mais importantes produtos do setor agrícola, não só para o Brasil, mas para todo o mundo.

Sua importância é caracterizada pelas diversas formas de sua utilização que vão desde a alimentação animal até a indústria de alta tecnologia, sendo que no Brasil, mais da metade da produção do milho em grão é destinada a alimentação animal. A agricultura brasileira tem apresentado um grande crescimento nos últimos anos, principalmente em relação às áreas cultivadas de milho e soja, que representam as principais atividades agrícolas do país.

Apesar do Brasil ser um dos maiores produtores mundiais de grãos, estima-se que as perdas quantitativas pelo ataque de pragas sejam de aproximadamente 10% do total produzido anualmente, principalmente por insetos-pragas, roedores e fungos. Essas perdas podem ocorrer também pela inadequada estrutura armazenadora, manuseio e armazenamento inadequado, indevida distribuição da capacidade estática, estrutura de transporte inadequada, dentre outros.

As perdas quantitativas e qualitativas devido à presença de contaminantes nas fases de pré e pós-colheita de grãos no Brasil, têm aumentado o risco na segurança alimentar de humanos e de animais. Os contaminantes podem ser de natureza química, física ou biológica. Para grãos, a contaminação química pode ser proveniente de micotoxinas, resíduos de pesticidas e metais pesados. Os contaminantes de natureza biológica podem ser micro-organismos patogênicos, pombos e roedores; os de natureza física podem ser fragmentos de insetos, vidros, pedras e materiais estranhos. Além disso ocorre a perda de qualidade do produto para a comercialização, perdas na fase de colheita e perdas por falta de conhecimento de técnicas de secagem e armazenagem.

Dentre os principais benefícios que a etapa de pré-limpeza no beneficiamento tem para o armazenamento, é que esta permite a redução do conteúdo de impurezas da massa de grãos, que servem de alimento e abrigo para pragas de produtos armazenados. Também nessa etapa são eliminados grande parte dos grãos quebrados e pedaços de grãos, possibilitando que sejam armazenados somente grãos inteiros e diminuindo a oportunidade para as pragas, já que pragas secundárias, somente atacam grãos quebrados ou pedaços de grãos. Além disso, essas impurezas, fragmentos de grãos, dificultam a aeração da massa de grãos, interferindo na porosidade, acarretando em problemas no controle da umidade e temperatura do produto armazenado.

Os produtores e melhoristas de plantas buscam o desenvolvimento de variedades mais produtivas e competitivas perante às pragas. Além disso, para atingir uma maior produtividade e atender aos requisitos do mercado, vários métodos de cultivo são testados anualmente, porém a semeadura, por mais

bem-sucedida que seja, não garante o bom faturamento ao produtor. O beneficiamento e armazenamento do produto são pontos chaves para finalizar o processo com lucratividade. De acordo com estudos, estas duas etapas podem auxiliar na melhoria da qualidade do lote de grãos ou sementes nos aspectos físico, fisiológico e sanitário, através da eliminação de impurezas e matéria estranha, e de sementes de outras espécies de plantas.

O objetivo deste trabalho é verificar se a etapa da pré-limpeza antes do armazenamento tem ou não, um efeito significativo, na qualidade de grãos durante a estocagem por 240 dias.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aspectos Gerais da Cultura do Milho

Segundo dados da Conab (2017), a estimativa da produção de grãos para a safra 2017/18 deverá ficar em torno de 225 milhões de toneladas, redução de 6% em relação à safra anterior. A estimativa é de redução de 8,2% na produtividade do milho, contudo, a produtividade esperada é a segunda melhor no período entre 2003/04 a 2017/18, com produção de aproximadamente 92 milhões de toneladas. Na Região Sul, a perspectiva é de pequena diminuição da área plantada, porém a cultura mantém-se porque os produtores mais tecnificados não abrem mão da rotação de culturas como manejo agrônômico para diminuição de pragas e plantas daninhas. Também, há aqueles que produzem para consumo na propriedade, para alimentação de aves e suínos próprios, ou para utilização como silagem para animais confinados e no período de inverno.

A cultura segue a tendência observada nos últimos anos, de pouca representatividade da área semeada no período de verão, já que combina os baixos estímulos dos preços por ocasião do plantio e a concorrência com soja, que apresenta recordes de plantio a cada ano. Com isso, a produção total de milho estimada pela Conab para essa safra é de 92,34 milhões de toneladas, ou seja, redução de aproximadamente 4,87% em relação ao estimado na primeira

safrade 2016/17. Apesar dessa possível redução de produção, o Brasil tem estoque da safra 2016/17 elevado e, por esse motivo, não há preocupação de oferta para o mercado interno (Conab, 2017).

O consumo mundial de grãos deve exceder 2,1 bilhões de toneladas durante o período 2017/2018, gerando um novo recorde. A estimativa foi feita pelo Conselho Internacional de Grãos (IGC), radicado em Londres na Inglaterra. A projeção do IGC é de que a colheita mundial de grãos, estimada em mais de 2 bilhões de toneladas, deve ser a segunda maior da história, perdendo apenas para a safra 2016/2017, quando foram colhidas 2,13 bilhões de toneladas (Abramilho, 2017).

A partir de dados divulgados pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2016), analisados pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA), a produção mundial de milho 2017/2018 será 3,4% menor que a safra anterior, situando-se em 1,039 bilhão de toneladas, volume inferior ao necessário para suprir o consumo mundial, estimada em 1,065 bilhão de toneladas, o que pode contribuir para elevar os preços do cereal no mercado internacional, em 2018. As fortes chuvas que atingiram os Estados Unidos, maior produtor e exportador mundial, comprometeram a produção do país, registrando um declínio de 5,7% na colheita de milho (Abramilho, 2017).

O milho é uma fonte energética excelente, sendo fundamental na alimentação humana e animal, devido à sua composição predominantemente de carboidratos (amido). É empregado como matéria-prima em mais de 500 produtos derivados. Em torno de 70% do milho produzido no mundo e entre 70 e 80% do milho cultivado no Brasil, são destinados à produção de ração para alimentação na cadeia produtiva de suínos e aves, tendo importância indireta na

alimentação humana. Devido à sua ampla utilização, a cultura tem grande participação no contexto da produção mundial de grãos, sendo o cereal mais produzido no mundo (FAO/WHO, 2013).

O milho é pertencente ao grupo de plantas com metabolismo fotossintético do tipo C4, caracterizado pelo elevado potencial produtivo. Entre as plantas C4, o milho está no grupo das espécies com maior eficiência de uso da radiação solar (Bergamaschi *et al.*, 2004).

2.2 Qualidade do Grão

A qualidade do grão pode ser definida de diversas formas, dependendo da finalidade e do uso final do produto. Pode-se dizer que um produto de qualidade é aquele que não oferece riscos aos consumidores, sejam eles humanos ou animais. Quem deve definir a qualidade de um produto, apesar de existir legislação para tal fim, é o mercado consumidor, que deve especificar as características necessárias para que se obtenha a qualidade desejada. Então os produtores devem estar atentos a esta questão, pois diferentes compradores de grãos requerem características qualitativas diferentes (Silva *et al.*, 2008). Obtém-se a qualidade dos produtos vegetais quando os devidos cuidados são tomados durante todas as fases de produção, e esta é assegurada fazendo-se a classificação desses produtos. O MAPA possui padrões oficiais de classificação de diversos produtos, inclusive do milho, através da Instrução Normativa 60 de 22 de dezembro de 2011 (Brasil, 2011).

Após a colheita dos grãos não é possível melhorar a qualidade fisiológica do produto, somente mantê-la. Durante a estocagem dos grãos, ocorre a deterioração do produto, a qual é gradativa, irreversível e cumulativa. A

velocidade da deterioração depende das características do ambiente, dos componentes químicos e da condição física dos grãos no início do armazenamento. A massa de grãos armazenada constitui um sistema no qual a deterioração do produto estocado resulta de interações entre os fatores físicos, químicos e biológicos. Os fatores de maior importância são: temperatura, umidade, CO₂, O₂, características dos grãos, insetos, micro-organismos, roedores, pássaros e localização geográfica. O tempo de armazenamento dos grãos depende principalmente da temperatura e do teor de água, considerados elementos chaves para a ocorrência de pragas, contaminação fúngica e sua consequente produção de micotoxinas (Ribeiro & Prudencio-Ferreira, 2005).

Por este motivo, é necessário investir em maneiras de manter a qualidade dos mesmos, procurando diminuir as perdas. Essa manutenção de qualidade através do manejo pós-colheita depende do conhecimento da estrutura, da fisiologia, das transformações metabólicas que ocorrem no seu ciclo de vida, bem como de todos os fatores externos que influenciam o aumento das perdas. Nesse sentido, a estrutura de armazenagem de grãos é fundamental para a manutenção da qualidade biológica, física e química do produto após a colheita. O armazenamento correto auxilia no aumento da durabilidade do produto ao longo do tempo de armazenagem, além de suprir a demanda na entressafra da produção. Observa-se a prioridade de produzir grãos de qualidade, porém ainda deve-se manter essa qualidade até o momento do consumo desse grão, que fará parte de diversos alimentos a serem consumidos (Burkot, 2014).

Segundo Mantovani (2009), para que o grão produzido apresente adequado padrão de qualidade, o produtor deve agregar a colheita ao sistema de produção, planejando todas as etapas. Assim, a implantação da cultura, o

transporte, secagem e armazenamento dos grãos devem estar diretamente relacionados. A maturação fisiológica do grão indica que este está maduro, porém o ideal é iniciar a colheita quando o teor de água estiver na faixa entre 18-24%. Para isso, o produtor deve considerar a necessidade e disponibilidade de sistema de secagem, o risco de deterioração e perda, o gasto de energia na secagem e o preço do milho na época da colheita.

Segundo Silva *et al.* (2008), os teores de água do grão de milho indicados, em b.u., para colheita mecanizada e armazenagem correta é de: 23% como máximo para colheita, entre 20-22% como ótimo para colheita, 11% para armazenagem segura por um ano, e 9-10% para armazenagem segura por mais de cinco anos.

De acordo com Carvalho & Nakagawa (2000), a intensidade de dano em grãos por quebramento em função da colheita começa a aumentar à medida que o teor de água reduz a valores inferiores a 12-14%, e por amassamento aumenta em torno de 16-18%, e dentro da faixa 12-16% a intensidade de injúria mecânica seria mínima. Contudo, sabe-se que realizar a colheita com teor de água baixo, menos de 16%, exige que os grãos permaneçam na lavoura, estando propensos ao ataque de pragas e fungos, o que diminui a qualidade destes. Então, o ideal é um ajuste entre a melhor época para colher o grão sem perdas por injúria mecânica e, também, que não corra o risco de ataque de pragas na lavoura. Com isso, é preciso avaliar a disponibilidade do produtor para a colheita e armazenagem destes grãos.

Danos e perdas na pós colheita causados por insetos nos grãos e produtos derivados, são difíceis de mensurar. A perda de grão pode ser considerada de diversas formas: de peso, de valor nutricional, qualidade,

viabilidade de sementes, entre outras. Porém o maior dano é a contaminação do produto final, e muitos países utilizam isso para a rejeição do produto para a importação. Dentre as principais pragas de produtos armazenados encontram-se: *Sitophilus zeamais* (Mots.), *Rhyzopertha dominica* (Fabr.), que são pragas primárias, ou seja, se alimentam de grão inteiro, *Tribolium castaneum*, praga secundária, que ataca somente grãos quebrados, e algumas mariposas, como *Sitotroga cerealella* (Oliver), que se alimentam do endosperma do grão. As mariposas são pragas que atuam na parte superior da massa de grãos, pois, por possuírem asas sensíveis, não conseguem penetrar na massa de grãos, ao contrário dos outros insetos citados, que são coleópteros e penetram na massa (Silva *et al.*, 2008).

Os grãos, por possuírem baixo teor de água, que reduz a respiração e o metabolismo destes, podem ser armazenados por longo período de tempo, sem perdas significativas de qualidade. Porém, para que se obtenha sucesso no armazenamento prolongado, deve-se adotar corretamente as práticas de colheita, limpeza, secagem, combate a insetos e prevenção de fungos (Mantovani, 2009). De acordo com Puzzi (2000), antes de armazenar uma nova safra as tulhas, armazéns, silos, maquinários e toda a instalação da unidade necessitam ser rigorosamente limpos. O restante de grãos, resíduos, palha e outros produtos que possam servir de foco de infestação de pragas da safra anterior, devem ser eliminados da unidade, buscando-se evitar focos de infestação e contaminação do produto por pragas.

De acordo com Silva *et al.* (2008), os principais fatores que influenciam o desenvolvimento dos fungos em produtos armazenados são: teor de água, temperatura, tempo de armazenagem dos grãos, grau de infestação por fungos

no campo, presença de material estranho e atividade de insetos e roedores. Durante a colheita e processamento, os grãos estão sujeitos à impactos mecânicos, que podem resultar em rachaduras e quebras, que servirão de entrada para fungos e insetos.

Os fungos que atacam sementes e grãos em geral, são divididos em dois grupos: fungos do campo e de armazenamento. Os fungos de campo são aqueles que atacam grãos e sementes antes da colheita, durante o período de crescimento e maturação destes no campo. Estes fungos requerem, para seu desenvolvimento, umidade relativa em torno de 90%. Estes fungos, dos gêneros como *Alternaria*, *Cladosporium*, *Fusarium* e *Helminthosporium*, paralisam seu crescimento quando o teor de umidade e a temperatura dos grãos são baixos (Silva *et al.*, 2008).

Já os fungos de armazenamento são aqueles que se desenvolvem em sementes e grãos com teores de água abaixo de 17%, ou seja, quando possuem teores de umidade em equilíbrio, com umidades relativas na faixa de 65-85%. Estes fungos, sobretudo os dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium*, não se desenvolvem em produtos com teor de água superior a 25% b.u. Os fungos mais comuns são do gênero *Aspergillus* e *Penicillium* (Silva *et al.*, 2008).

O ataque de fungos causa contaminação dos grãos, gerando um impacto na cadeia de cultivo do milho, ocasionando diminuição de produtividade e da qualidade dos grãos. Essas perdas são maiores ainda se os fungos contaminantes forem produtores de micotoxinas. Essas micotoxinas são metabólitos secundários de fungos, que podem ser prejudiciais à saúde de animais, inclusive de humanos, que consumirem produtos contaminados (Bennet & Klich, 2003).

A presença de micotoxinas gera consequências econômicas, principalmente na cadeia de produção de carne de suínos e aves, gerando menor conversão alimentar e prejudicando o desenvolvimento de animais, e, inclusive de formação de barreiras econômicas entre países importadores e exportadores (Halasz *et al.*, 2009). Não há uma maneira de eliminar totalmente as micotoxinas de alimentos contaminados, principalmente pela alta estabilidade molecular e baixa reatividade dessas com outras moléculas (Riley & Norred, 1999). Uma vez estando presentes as micotoxinas, sua eliminação requer investimento econômico, que por vezes não soluciona o problema, então o ideal é que se evite a presença do fungo, como prevenção para as micotoxinas.

Na cultura do milho, as micotoxinas que comumente são encontradas e que geram maior dano são as fumonisinas e as aflatoxinas, devido à capacidade toxigênica em humanos e animais, e pela alta frequência e concentração encontradas em grãos e derivados. Os principais fungos produtores das aflatoxinas são àqueles pertencentes ao gênero *Aspergillus*, já as fumonisinas são os fungos do gênero *Fusarium* (Alborch *et al.*, 2012).

Patógenos importantes do milho, como os fungos *A. flavus* e *F. verticillioides*, causam podridões do grão e da espiga, e a contaminação com estes fungos e suas micotoxinas são fatores que resultam na diminuição da produtividade e da qualidade do grão (Woloshuk & Shim, 2013).

A ocorrência de *A. flavus* nos alimentos é agravada pela sua capacidade de produzir diferentes metabólitos potencialmente tóxicos para os animais e humanos, como aflatoxinas B1, B2, G1 e G2, ácido aspergílico, entre outros (Abbas *et al.*, 2009). Por ser um micro-organismo difundido mundialmente, é considerado tanto um patógeno de campo quanto de armazenamento, isto é, a

contaminação por este fungo pode ocorrer tanto em pré-colheita, através da contaminação pelo solo ou diretamente nas espigas através do ar, quanto em pós-colheita, no transporte, armazenamento de grãos ou processamento do alimento (Chulze, 2010).

O fungo *F. verticillioides* possui grande difusão no mundo e é comumente associado ao milho, sendo considerado um importante patógeno desta cultura, em função da sua capacidade destrutiva e de sua alta ocorrência (Ono *et al.*, 2006). Igualmente ao fungo *A. flavus*, é uma praga de campo e também de transporte e armazenamento e processamento do alimento (Chulze, 2010).

Grãos assintomáticos podem estar colonizados por *F. verticillioides*, serem considerados grãos sadios e comercializados com a presença de micotoxinas produzidas pelo fungo, o que colocaria a população consumidora em alto risco (Leslie & Summerell, 2006). Dentre as micotoxinas produzidas pelo fungo, as fumonisinas são consideradas as mais importantes, podendo ser produzidas em altíssimas concentrações (Gelderblom *et al.*, 1988). A fumonisina B1 (FB1) é a mais estudada e a de maior relevância em função de sua alta capacidade toxicológica.

Pela alta ocorrência, toxicidade e dificuldade de remoção destas micotoxinas, países importadores como, União Europeia e Estados Unidos, fixaram limites máximos para aflatoxinas e fumonisinas em alimentos produzidos e importados para seus países, gerando uma barreira legislativa. Para obter garantia da qualidade na alimentação, o ideal seria a ausência destes compostos nos alimentos, considerando-se o efeito tóxico destes no corpo humano. O controle destes fungos tem função essencial para evitar a presença destes

compostos nos alimentos para garantir a qualidade do grão e a saúde de animais e humanos consumidores (Magan & Ladred, 2007).

2.3 Importância da Pré-limpeza e Armazenagem Correta

Os grãos, após a colheita, não devem ser armazenados diretamente, por melhor que seja a qualidade dos equipamentos utilizados nesta etapa, pois estes são recebidos com teor de impureza acima do adequado para o armazenamento. Então é necessária a remoção dessas impurezas, e normalmente a realização da secagem, já que os grãos muitas vezes são colhidos acima do teor de água ideal para o armazenamento. Do ponto de vista técnico, para a melhor conservação dos grãos, controle de insetos, temperatura e do melhor desempenho da aeração, quanto menos impurezas os grãos apresentarem, melhor será a qualidade do armazenamento (Weber, 2005).

O beneficiamento de sementes de milho pode aprimorar a qualidade de um lote em termos de germinação, vigor e sanidade. É a etapa final onde o produto adquire as qualidades físicas, fisiológicas e sanitárias que possibilitam sua classificação em padrões pré-estabelecidos. Com isso, eliminam-se os contaminantes indesejáveis como: grãos imaturos ou quebrados, sementes de outras espécies, material inerte, pedaços de colmo, palhada, bem como quebrados que ultrapassam os limites para tipificação. Esse processo é realizado com base nas diferenças físicas do produto em relação às impurezas retiradas. As principais características físicas são: tamanho, peso, forma, cor e textura do tegumento (Silva, 1995).

Os grãos colhidos mecanicamente apresentam grande quantidade de impurezas, então para melhorar a eficiência dos sistemas de secagem,

transporte, e demais operações no beneficiamento, devem-se eliminar essas impurezas. Para isso, utilizam-se comumente máquinas constituídas de uma ou mais peneiras, acompanhadas de um sistema de ventilação para que ocorra a eliminação da poeira e materiais leves (Silva, 1995).

A máquina de pré-limpeza possui sistema de ar e peneiras que separam os grãos dos outros materiais, pelas características físicas do grão. Possui dois ou mais jogos de peneira, um na parte superior, de maior diâmetro, que retém as impurezas grandes e outros materiais maiores que o grão, e na parte inferior um jogo com perfuração de menor diâmetro que retenha o grão selecionado, e permita a passagem de impurezas menores que o grão, para que estas sejam posteriormente descartadas. O sistema de ventilação está situado na parte superior da máquina e retira as impurezas leves, como poeira e grãos chochos (Silva, 1995).

A redução das impurezas do teor inicial para 1% pode ser realizada em uma única operação, passando os grãos somente pela pré-limpeza, máquina localizada antes do secador, ou mais comumente, em duas passagens, iniciando com a passagem pela pré-limpeza antes do secador e após a secagem pela máquina de limpeza. Como via de regra, não há diferença entre as máquinas utilizadas para a pré-limpeza e limpeza, somente referente à posição de trabalho em que se encontram (Weber, 2005).

Os processos que abrangem o beneficiamento de grãos são: recepção, pré-limpeza, secagem, limpeza e armazenagem. Nas unidades de armazenamento na fazenda, ou seja, dentro das propriedades produtoras, cuja pretensão é estocar por um período maior garantindo preço de mercado, a limpeza depois do processo de secagem é fundamental, garantindo que os

resíduos finais sejam retirados da massa de grãos, evitando o ataque de pragas, como insetos e fungos (Morais *et al.*, 2016).

Estudo realizado por Rodrigues *et al.* (2015) mostrou que em amostras de milho consideradas de excelente qualidade antes da etapa da pré-limpeza, o processo da pré-limpeza foi eficiente na redução da umidade e atividade de água, que auxilia no controle de fungos e outras pragas. Menezes *et al.* (2002) verificaram que o melhor resultado de vigor de sementes de milho avaliado pelo teste de frio foi verificado após a pré-limpeza.

Amaral *et al.* (1984), em experimento com a cultura da ervilha, verificaram que a utilização de máquinas de ar e peneiras eliminaram materiais indesejáveis, aumentando a pureza física e sanitária de lotes desta cultura.

Eichelberger *et al.* (2000) avaliaram o efeito da pré-limpeza em sementes de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) e concluíram que a pré-limpeza interage com o retardamento da secagem e o armazenamento das sementes de azevém, melhorando a qualidade fisiológica, reduzindo a temperatura da massa de sementes e grau de umidade; a pré-limpeza atrasou os efeitos nocivos do retardamento da secagem das mesmas em até oito horas; e também beneficiou a germinação das sementes, principalmente quando estas foram armazenadas por períodos mais longos, duplicando o período possível de adiamento do início da secagem.

Em experimento realizado por Guimarães *et al.* (2008) com grãos de milho para avaliar o efeito do beneficiamento no teor de micotoxinas, foi realizada a pré-limpeza a fim de eliminar os grãos quebrados e a poeira dos lotes contaminados antes de submetê-los à mesa gravitacional. Houve reflexo no peso do hectolitro e foi observado um gradiente crescente na densidade dos grãos de

acordo com as saídas da mesa gravitacional. Para fumonisinas, o processo de limpeza através da passagem dos grãos na máquina de pré-limpeza e mesa gravitacional, foi eficaz na redução da concentração dessa micotoxina nos grãos.

Ferreira (2010) avaliando a qualidade física e fisiológica de sementes de milho na recepção e após cada etapa do beneficiamento, concluiu que o beneficiamento promove melhoria na qualidade das sementes, sendo que aquelas obtidas após passagem pela mesa gravitacional e prontas para ensaque são as que apresentaram melhor desempenho; em relação à pureza física, as operações de pré-limpeza e limpeza por si só permitem que a semente atinja o padrão exigido pela legislação, porém as etapas subsequentes promovem um aprimoramento na qualidade fisiológica da semente.

Teles (2012) afirma que o beneficiamento de sementes de soja melhora a qualidade do lote em relação à pureza física, germinação, viabilidade, vigor e sanidade. O autor também observou que o beneficiamento auxilia no controle de *Sclerotinia sclerotiorum* (mofo branco) em sementes de soja, pois elimina os escleródios associados às sementes, diminuindo a quantidade de inóculo.

As condições de armazenagem devem estar acompanhadas de melhorias na infraestrutura e logística das grandes regiões produtoras. Quando o produto apresenta umidade elevada, grãos avariados, impurezas e infestação de pragas, e, devido às dificuldades de escoamento da produção agrícola no interior dos Estados, passar dias em estradas, hidrovias e ferrovias, chegando o produto nos portos de exportação fora dos padrões aceitáveis, diminuindo a competitividade do Brasil no cenário internacional (Morais *et al.*, 2016).

A recomendação da FAO/WHO (2013), é que a capacidade estática de armazenagem de um país seja igual a 1,2 vezes sua produção agrícola anual.

Sabendo que a produção de grãos no Brasil, segundo a Conab (2018), na safra 2017/2018 será de em torno de 225 milhões de toneladas, e a capacidade estática do Brasil, também segundo a Conab, é de em torno de 142 milhões de toneladas armazenadas a granel, temos um déficit grande de armazenagem no país. Esse déficit atinge os produtores, que, por não haverem como armazenar seus grãos na fazenda são obrigados a entregar seus produtos, conforme a disponibilidade, e conforme os preços exigidos pelas empresas armazenadoras.

O armazenamento na fazenda é uma prática importante para minimizar as perdas quantitativas e qualitativas dos produtos. Segundo dados de 2010 a armazenagem localizada na própria unidade produtora, armazenagem na fazenda, era superior a 35% da capacidade total na Austrália; de 55 a 66% da capacidade estática total nos Estados Unidos; superior a 35% da capacidade estática total na Europa; de 35 a 45% da capacidade estática total na Argentina e de 85% da capacidade estática total no oeste do Canadá. Enquanto isso o Brasil apresentava 15% da capacidade estática total localizada na fazenda (MAPA, 2014). Atualmente, conforme dados da Conab (2018), o Brasil possui 14% de sua capacidade estática localizada na fazenda.

No Brasil, o armazenamento de grãos na fazenda é pouco usual, porém as vantagens econômicas justificam o incentivo à expansão da capacidade estática de armazenagem em fazendas. Os investimentos no armazenamento em nível de fazenda podem ser justificados pela redução das perdas, diminuição dos custos com transporte e possibilidade de estender o prazo de comercialização (Fernandes & Rosalem, 2014).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida na Estação Experimental Agronômica, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA-UFRGS), no município de Eldorado do Sul, (30° 05' 52'' latitude Sul, 51° 39' 08'', e 42 m altitude), no Km 146 da BR 290.

Foram utilizados grãos de milho (*Zea mays* L.) do Híbrido Pioneer 30F53VYHR, produzido na segunda safra de verão (safrinha), tendo como local de cultivo o mesmo da realização do estudo. Os grãos foram colhidos com colhedora automotriz no dia 22 de março de 2017, com umidade em torno de 17%.

3.1 Pré-limpeza, secagem e armazenagem dos grãos de milho

Após a colheita, no dia 23 de março, os grãos de milho que seriam submetidos a pré-limpeza foram direcionados para a máquina de ar e peneiras, e posteriormente armazenados, enquanto os demais foram armazenados diretamente nos silos, conforme sorteio feito anteriormente da disposição das repetições nos silos, situados no Pólo de Pós Colheita da EEA-UFRGS.

A pré-limpeza dos grãos foi realizada na máquina de ar e peneiras do Pólo de Pós Colheita da EEA. Foi utilizado equipamento da marca Ferrabil, (Figura 1), com capacidade para 25 toneladas/hora, e a perfuração de peneira utilizada foi de 10 mm de diâmetro na parte superior, e 6 e 4 mm de diâmetro na parte inferior. Foram utilizados dois tamanhos de peneira na parte inferior, pois os grãos de milho muito pequenos estavam sendo descartados juntamente com os

grãos quebrados, então foi feito o ajuste para se obter o melhor desempenho da máquina.



FIGURA 1. Máquina de ar e peneiras (MAP) da marca Ferrabil, utilizada para a realização da pré-limpeza nos grãos de milho no Pólo de pós-colheita da Estação Experimental Agronômica (EEA- UFRGS), no município de Eldorado do Sul, RS. Eldorado do Sul, 2017.

Após armazenados, foi iniciada a secagem com ar natural, até que os grãos atingissem o teor de água aproximadamente 12%. Esse teor foi atingido no dia 06 de abril de 2017, e neste dia foi considerado o início da armazenagem, ou seja, o tempo zero.

Os grãos que não foram submetidos à pré-limpeza, foram denominados grãos sem manejo de pré-limpeza, e os grãos que foram submetidos à máquina de pré-limpeza foram denominados grãos com manejo de pré-limpeza.

As amostras, durante o armazenamento dos grãos, foram retiradas com auxílio de calador, conforme recomendação da Instrução Normativa 60/2011 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. (Brasil, 2011). As coletas para análises de Pós-Colheita foram realizadas em intervalos de 2

meses, durante 8 meses, totalizando cinco coletas de amostras, do início de abril até início de dezembro de 2017.

3.2 Análises de qualidade dos grãos armazenados

As análises de qualidade dos grãos foram realizadas logo após a colheita e durante o armazenamento do milho. As análises físicas, microbiológicas, fisiológicas e tecnológicas foram realizadas no Laboratório de Pós-Colheita de Grãos (LPCG) da UFRGS, as análises químicas no Laboratório de Nutrição Animal (LNA) da UFRGS, e as análises de micotoxinas no Laboratório de Micotoxinas e Micologia da USP/ESALQ, na cidade de Piracicaba, SP.

3.2.1 Teor de água

A determinação do teor de água foi realizada pelo método da estufa a 105 ± 3 °C, com circulação de ar, por 24 horas, conforme as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009). Os resultados foram expressos em percentagem (%) de umidade, em base úmida.

3.2.2 Massa específica

Para determinar a massa específica, foi realizada a pesagem dos grãos em balança eletrônica com precisão de 0,001 g, a partir de uma quantidade de grãos colocados em recipiente de volume conhecido. Os resultados da massa específica foram convertidos, para serem expressos em kg.m^{-3} , em base seca.

3.2.3 Peso de 1000 grãos

O peso de mil grãos foi determinado através da média da pesagem de oito repetições de 100 grãos, pesados em balança analítica, sendo a média multiplicada por 10, conforme as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009), e o resultado expresso em gramas (g) em base seca.

3.2.4 Análise fisiológica

O teste de germinação foi realizado com oito subamostras de 50 sementes para cada repetição, colocadas para germinar entre três folhas de papel germitest, sendo duas na base e uma folha de cobertura, fechadas em rolo, umedecidas com água destilada na proporção de três vezes a massa do papel seco. Os rolos foram acomodados em recipientes plásticos para evitar perda de umidade, e posteriormente levados ao germinador do tipo BOD, no qual a umidade relativa foi mantida em torno de $95 \pm 2\%$, motivo pelo qual recipientes com água foram colocadas na parte inferior do referido germinador. Foi utilizada temperatura de 25 ± 1 °C, segundo os critérios estabelecidos nas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009). A contagem das plantas foi realizada no oitavo dia, e os dados foram expressos em percentagem de germinação.

3.2.5 Análise tecnológica

Os grãos avariados (ardidos, chochos ou imaturos, fermentados, germinados, gessados e mofados), carunchados, matérias estranhas e impurezas e quebrados, foram determinados conforme metodologia contida na Instrução Normativa nº 60, de 22 de dezembro de 2011 (Brasil, 2011). Os valores foram expressos em percentagem.

3.2.6 Proteína bruta

O teor de proteína bruta foi obtido pelo método Kjeldahl, conforme a American Association of Cereal Chemists - A.A.C.C. (2000). Os resultados foram expressos em percentagem (%) em base seca.

3.2.7 Cinzas ou material mineral

O teor de cinzas ou material mineral foi determinado conforme a Association of Official Analytical Chemists - A.O.A.C. (1997), com incineração prévia e calcinação em mufla a 560-580 °C, até peso constante. Os resultados foram expressos em percentagem (%) em base seca.

3.2.8 Gordura bruta ou extrato etéreo

A extração e a determinação do teor de gordura bruta foi realizada conforme descrito na American Oil Chemists' Society - A.O.C.S. (1996), com a utilização do aparelho Soxhlet. Os resultados foram expressos em percentagem (%) em base seca.

3.2.9 Acidez da gordura

A quantificação de acidez dos grãos foi realizada através da titulação de solução de hidróxido de sódio 0,01N, sobre o extrato etéreo em solução de éter/álcool na proporção de 2:1, previamente aquecido para dissolver a gordura contida nos frascos. A determinação da acidez foi expressa em % de ácido oleico, a partir da seguinte equação: (Instituto Adolfo Lutz, 1985)

$$\frac{V \cdot f \cdot 100 \cdot 0,0282}{P} = \text{acidez em \% ácido oleico}$$

Onde:

v = Quantidade de solução de hidróxido de sódio 0,01N gasto na titulação (ml)

f = fator de Normalidade da solução de hidróxido de sódio 0,1N

P = massa da amostra de óleo (g)

3.2.10 Carboidratos ou extrativo não nitrogenado

A determinação de carboidratos foi realizada por análise proximal, subtraindo-se de 100% o somatório das percentagens dos teores determinados para proteína, extrato etéreo e cinzas. Os resultados foram expressos em percentagem (%) em base seca.

3.2.11 Análise sanitária ou microbiológica

A análise microbiológica de incidência de fungos foi realizada pelo método de sanidade do papel filtro "Blotter Test", recomendado para análise de sementes pelo MAPA (Brasil, 2009). No experimento somente foi avaliada a incidência em porcentagem de grãos contendo fungos dos gêneros *Fusarium*, *Aspergillus* e *Penicillium*. Foram coletados 200 grãos de cada amostra, divididos em oito repetições de 25 grãos cada. Posteriormente, foram distribuídos em "gerbox" plásticos, previamente limpos com álcool etílico 70%, colocados sobre três folhas de papel filtro esterilizadas em estufa, umedecidas com água destilada 2,5 vezes o seu peso. A seguir, os recipientes foram colocados em câmara de crescimento (BOD) por 24 horas, sob fotoperíodo de 12 horas de luz e 12 horas de escuro, à temperatura de 20 ± 2 °C. Após as 24 horas, os "gerbox"

foram colocados em freezer por 24 horas, para evitar que estas germinassem, e dificultassem a avaliação. Após esse período, os “gerbox” foram colocados novamente na câmara de crescimento (BOD), sob fotoperíodo de 12 horas de luz e 12 horas de escuro, à temperatura de 20 ± 2 °C, por um período de cinco dias, totalizando sete dias de incubação. Após esse período, os fungos foram contados e identificados. A identificação dos fungos, a nível de gênero, presentes nos grãos de milho, foi realizada por meio de lupa estereoscópica.

3.1.12 Avaliação de micotoxinas

3.1.12.1 Análise de aflatoxinas (B1, B2, G1 e G2)

Foram pesados 50 g da amostra moída em um erlenmeyer e adicionados 5 g de NaCl e 100 mL de uma solução 80:20 (metanol:água). Após agitação por 30 minutos em agitador mecânico, o material foi filtrado em papel filtro qualitativo e coletou-se 10 mL, o qual foi misturado a 40 mL de tampão fosfato pH 7,4. A mistura extrato e tampão foi filtrada em filtro de microfibra e 10 mL foi coletado para passagem em coluna de imunoafinidade tipo aflatest WB da marca VICAN. A passagem pela coluna foi seguida com a passagem de 10 mL de água destilada e a aflatoxina ligada aos anticorpos foi eluída com 2 mL de metanol. Do volume de eluído foi coletado 250 µL para compor o vial para injeção no sistema de cromatografia líquida. A composição do vial foi realizada juntando-se aos 250 µL, uma alíquota de 600 µL de água purificada grau cromatográfico e 150 µL de acetonitrila. O volume foi filtrado em filtro de seringa com poros de 0,22 µm e injetado.

O sistema de cromatografia consistiu em um sistema isocrático com fase móvel composta de água:metanol:acetonitrila (60:25:15) em fluxo de 1 mL por

minuto, com detecção por fluorescência (Ex. 335, Em. 465) foi empregada uma derivação por fotoreator pós-coluna. A quantificação das aflatoxinas foi realizada por padronização externa com padrões de aflatoxinas adquiridos da Sima-Aldrich e checados quanto a sua concentração de acordo com procedimento descrito no Official Methods of Analysis (AOAC, 2005). A partir da combinação dos padrões de cada aflatoxina, foi construído uma curva de calibração com 6 pontos de diferentes concentrações. A metodologia assim empregada apresentou um LQ (Limite de Quantificação) de 0,4 ppb para cada uma das aflatoxinas (B1, B2, G1 e G2).

3.2.12.2 Análise de fumonisina B1

Foram pesados 20 g da amostra moída em um erlenmeyer e adicionados 200 mL de uma solução 1:1 (Metanol:Tampão fosfato pH 7,4). Após agitação por 60 minutos em agitador mecânico o material foi filtrado em papel de filtro qualitativo e foi coletado 5 mL, o qual foi misturado a 45 mL de tampão fosfato pH 7,4. A mistura extrato e tampão foi filtrada em filtro de microfibra e 25 mL foi coletado para passagem em coluna de imunoafinidade tipo fumonitest WB da marca VICAN. A passagem pela coluna foi seguida com a passagem de 10 mL de tampão fosfato e a fumonisina ligada aos anticorpos foi eluída com 2,5 mL de metanol e 2,5 mL de água purificada acidificada a 0,1% com ácido fórmico. Do volume de eluído foi coletado aproximadamente 1,5 mL para filtração com filtro de seringa de poros de 0,22 μm e o filtrado foi injetado no sistema de cromatografia.

O sistema de cromatografia consistiu em um sistema gradiente com fluxo de 1,2 mL por minuto sendo a fase móvel A composta de água purificada

acidificada com 0,1% de ácido fórmico e fase móvel B constituída de acetonitrila acidificada com 0,1% de ácido fórmico. A programação gradiente constitui em 68% da fase A e 32% da fase B durante os 7 minutos iniciais, mudando-se para 95% da fase B e 5% da fase A até os 13 minutos e retornando-se para o gradiente inicial até os 23 minutos. A detecção foi por fluorescência (Ex. 335, Em. 440) empregando-se a derivação química das fumonisinas em pós-coluna com o agente derivatizador ortoftaldeído. A quantificação das fumonisinas foi realizada por padronização externa com padrões certificados de fumonisinas adquiridos da empresa Fermentek (Israel). Uma curva de calibração com 6 pontos de diferentes concentrações do padrão foi construída. A metodologia assim empregada apresentou um LQ (Limite de Quantificação) de 80 ppb para fumonisina B1 e 120 ppb para fumonisina B2.

3.3 Condições ambientais durante a condução do experimento

Na Figura 2, estão demonstrados os valores médios de temperatura e umidade relativa do ar (UR) na EEA-UFRGS, durante o período do experimento. O experimento teve início no dia 06 de abril de 2017, onde os valores médios de temperatura eram de 20 °C. Com a entrada do inverno as temperaturas começam a diminuir sendo que, as médias em junho e julho ficam em torno de 15 °C. A partir de agosto, com a saída do inverno e entrada da primavera, as médias de temperatura começam a aumentar para aproximadamente 20 °C. Os valores médios de umidade relativa do ar variaram de 70 a 85%, com os valores mais elevados no período de inverno, característica comum do inverno no sul do Brasil. Com a entrada da primavera, as médias começam a diminuir, já que se inicia um período de elevação da temperatura do ar.

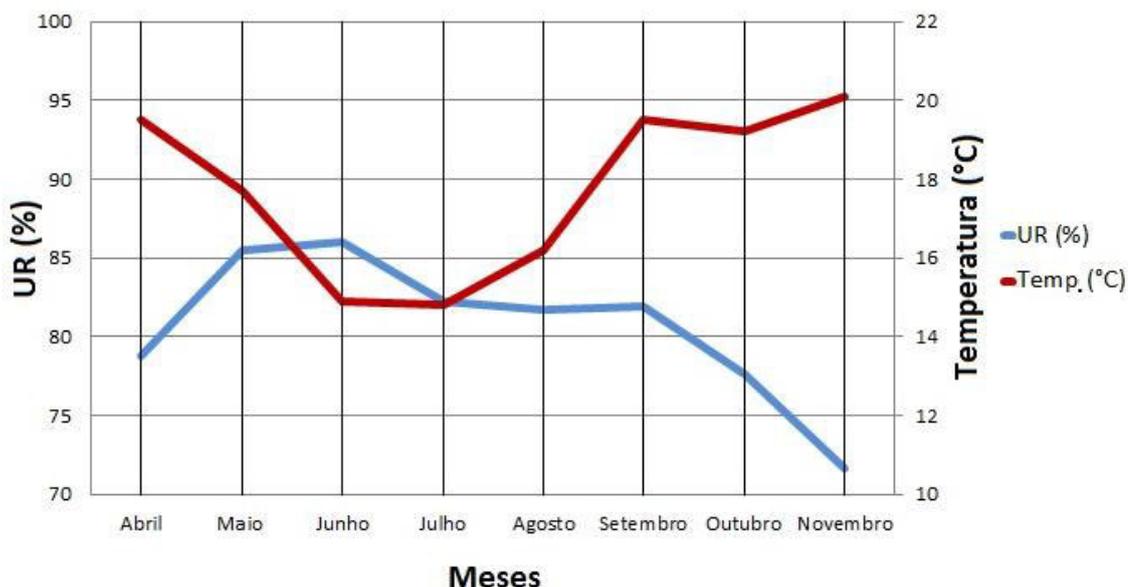


FIGURA 2. Valores médios de temperatura e umidade relativa do ar, de acordo com a Estação Meteorológica da Estação Experimental Agronômica (EEA-UFRGS), durante o período do experimento, de agosto a dezembro de 2017. Eldorado do Sul, RS, 2017.

Os fatores abióticos temperatura e umidade são fundamentais para o armazenamento de grãos e/ou sementes. Os armazenadores devem estar sempre atentos às mudanças na UR e temperatura do ambiente, para obter o controle da temperatura e umidade da massa de grãos. Além disso, esses dados são fundamentais para a secagem e aeração dos grãos com ar natural, pois dependendo das condições ambientais não é indicada a realização desta operação, pois pode piorar as condições da massa de grãos.

3.4 Delineamento experimental e análise estatística

Os tratamentos foram compostos por dois fatores (pré limpeza e tempo de armazenamento): Fator 1: produto armazenado após pré-limpeza e armazenado sem pré-limpeza; Fator 2: Tempo de armazenamento (0, 60, 120, 180 e 240 dias). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com arranjo fatorial $2 \times 5 + 1$ (com e sem pré-limpeza e 0; 60; 120;

180 e 240 dias de armazenamento, e adicional) com três repetições por tratamento. Para as análises fisiológica e químicas, foi utilizado o arranjo fatorial 2x5, com três repetições por tratamento.

Para as análises estatísticas dos valores fatores quantitativos, foi utilizado o software Assistat 7.7. O método utilizado foi ANOVA (Análise de Variância), sendo considerados significativos os p-valores menores que 0,05 ($p < 0,05$). Quando os valores foram significativos, realizou-se os testes de Dunnett, Tukey e a análise de regressão através do Sigma Plot 10.0, considerando para escolha do modelo aquele que apresentou melhor ajuste aos dados experimentais, através do r^2 e do p-valor pelo teste “t” e pelo ajuste biológico.

O teste de Dunnett foi utilizado para mostrar a comparação entre o adicional e os tratamentos, já que os outros testes não realizam esta comparação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise Física e Fisiológica

Na Tabela 1 é apresentado o resumo da Análise de Variância (ANOVA), com os valores respectivos do teste aplicado. As análises físicas realizadas foram: teor de água, massa específica e peso de mil grãos; para a análise fisiológica foi realizado o teste de germinação.

TABELA 1. Resumo da Análise de Variância (ANOVA) pelo teste F ($p < 0,05$) dos dados referentes à análise física e fisiológica de grãos de milho, do Híbrido Pioneer 30F53VYHR, em relação ao manejo de pré-limpeza e ao longo do tempo de armazenamento. Eldorado do Sul, RS, 2017.

Fator de Variação	GL ¹	Valor de p			
		TA ²	ME ³	PMG ⁴	Germ. ⁵
Manejo (M)	1	0,6498	0,0844	<0,0001	0,868
Tempo (T)	4	<0,0001	<0,0001	0,8732	<0,0001
T x M	4	0,0012	0,2057	0,8011	0,4729
M x Adicional	1	<0,0001	<0,0001	0,0006	<0,0001
C.V. (%)	-	2,13	0,69	1,99	4,67

¹GL (Graus de Liberdade), ²TA (Teor de Água), ³ME (Massa Específica), ⁴PMG (Peso de Mil Grãos), ⁵Germ. (Germinação).

Observa-se que para a análise de teor de água houve interação entre os fatores tempo e manejo de limpeza. Para as análises de massa específica e germinação, houve somente diferença significativa ao longo do tempo de armazenamento. Já na análise de peso de mil grãos, observou-se significância

somente entre os manejos de pré-limpeza. Na comparação dos tratamentos com o adicional, percebe-se que houve interação entre estes fatores.

Na Tabela 2, estão descritos os resultados da comparação de médias do tratamento adicional com os demais pelo Teste de Dunnett ($p < 0,05$), para as variáveis físicas, a análise de germinação (fisiológica) não possui adicional. Esta análise permite a comparação dos tratamentos com o adicional. É possível observar a variação das médias conforme o manejo realizado e ao longo do tempo, em comparação com o controle. Para permitir a comparação destas análises, todos os resultados foram passados para o teor de água dos grãos de 12%.

TABELA 2. Comparação de médias pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$) para as variáveis físicas de grãos de milho, do Híbrido Pioneer 30F53VYHR, em relação ao manejo de limpeza e ao longo do tempo de armazenamento. Eldorado do Sul, RS, 2017.

Pré-Limpeza	Tempo (dias)	TA¹ (%)	ME² (kg.m⁻³)	PMG³ (g)
Sem	0	12,8	746,8*	336,9*
Sem	60	14,2	738,4	340,5*
Sem	120	14,2	736,5	337,6*
Sem	180	12,5	729,7	340,7*
Sem	240	12,2	722,2	336,2*
Com	0	12,3	751,2*	364,6
Com	60	14,9	735,2	364,3
Com	120	14,9	728,7	360,1
Com	180	12,3	721,3	364,7
Com	240	11,8	720,5	367,5
Adicional	-	17,0*	754,57*	334,5*

¹TA (Teor de Água), ²ME (Massa Específica), ³PMG (Peso de Mil Grãos), *médias seguidas de asterisco, na coluna, não diferem estatisticamente do tratamento adicional, pelo Teste de Dunnett ($p < 0,05$).

Em relação à análise do teor de água (TA), houve interação significativa entre os fatores manejo de limpeza e tempo de armazenamento (Tabela 1). Na Tabela 2 pode-se observar que milho foi colhido com umidade em torno de 17%,

e após este período buscou-se mantê-lo, através da aeração, com teor de umidade em torno de 12%, que é o recomendado para o armazenamento.

O teor de água apresentou variação ao longo do tempo de armazenamento, como pode ser observado na Figura 3. Observa-se que houve variação de absorção de água entre os manejos de pré-limpeza e ao longo do tempo de armazenamento. Os grãos sob o manejo com pré-limpeza absorveram maior umidade, mostrando que, inicialmente, o teor de impurezas e matéria estranha de até 1%, não possui efeito na massa de grãos. No entanto, observa-se um efeito latente destes teores de impurezas e matéria estranha a partir dos 180 dias de armazenamento, onde a massa de grãos sob manejo de pré-limpeza manteve-se com menor teor de água em relação ao outro manejo de limpeza, onde não foi realizada limpeza. A massa de grãos com maior teor de impurezas e matéria estranha absorve mais água, pois estas são mais higroscópicas que o grão, e, por consequência, gerando aumento no teor de água dos grãos.

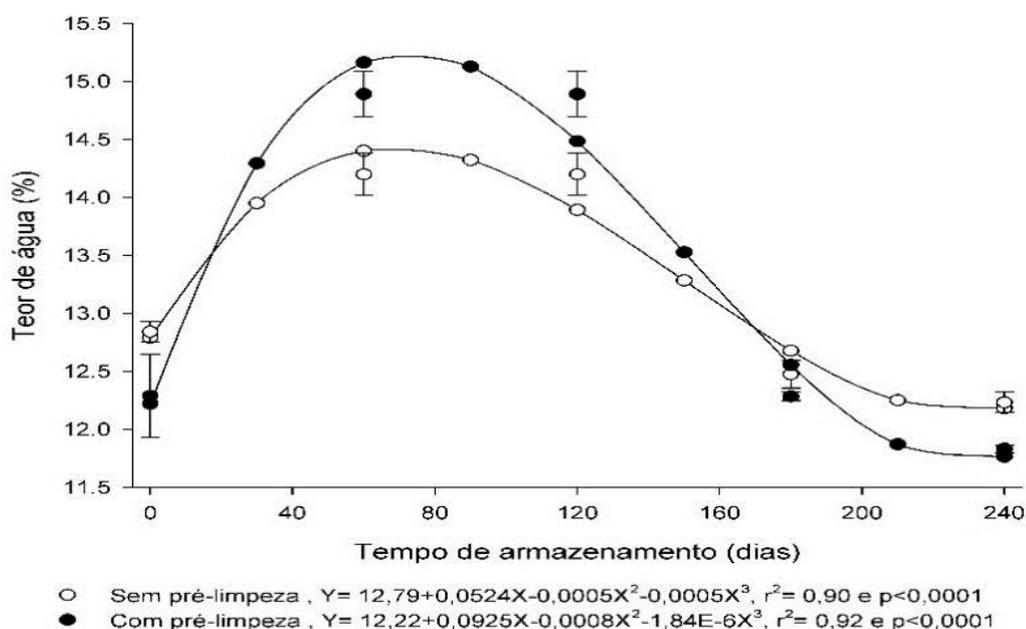


FIGURA 3. Teor de água dos grãos de milho, do Híbrido Pioneer 30F53VYHR, em relação ao manejo de limpeza e ao longo do tempo de armazenamento. Eldorado do Sul, RS, 2017.

No período do inverno, onde a temperatura do ar é mais baixa e a umidade relativa do ar é mais alta, correspondendo ao período dos 40 aos 120 dias de armazenamento (Figura 2), os grãos absorveram umidade do ambiente. Essa variação do teor de água, encontrada neste trabalho é considerada normal, já que o grão tende a entrar em equilíbrio higroscópico com o ambiente. Variações semelhantes foram observadas por diversos autores (Schuh *et al.*, 2011; Ferrari Filho *et al.*, 2014; Tiecker Junior *et al.*, 2014).

Na Figura 4 estão os valores de equilíbrio higroscópico para a cultura do milho, em diferentes condições de temperatura e umidade relativa do ar. Nesta figura, a cor verde corresponde às melhores condições de teor de água do grão, para as diferentes condições de umidade relativa e temperatura do ar para o armazenamento dos grãos.

Espécie	Temperatura do ar (°C)	UMIDADE RELATIVA (% U.R.)										
		30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
MILHO	12	10,2	11,2	11,8	12,4	12,9	13,4	13,9	14,5	15,4	16,7	18,6
	14	9,9	10,9	11,6	12,1	12,6	13,1	13,6	14,3	15,0	16,2	18,1
	16	9,6	10,6	11,3	11,8	12,3	12,8	13,3	14,0	14,6	15,8	17,5
	18	9,4	10,3	11,0	11,5	12,0	12,5	13,1	13,7	14,3	15,4	16,9
	20	9,2	10,1	10,8	11,3	11,8	12,2	12,9	13,4	14,1	15,0	16,3
	22	9,0	9,8	10,5	11,1	11,6	12,0	12,6	13,1	13,8	14,6	15,8
	24	8,8	9,6	10,2	10,9	11,4	11,8	12,4	12,9	13,6	14,3	15,4
	28	8,4	9,2	9,8	10,4	11,0	11,4	11,9	12,5	13,2	13,9	14,9
	32	8,1	8,8	9,4	9,9	10,5	10,9	11,4	12,0	12,7	13,4	14,4
	36	7,7	8,4	9,0	9,4	10,0	10,4	11,0	11,6	12,2	12,9	13,8

	Muito seco (perda de peso físico)
	Teor de umidade ideal
	Úmido (risco de deterioração rápida)
	Livre de fungos e insetos

FIGURA 4. Tabela do Equilíbrio Higroscópico (% b.u) para espécie *Zea mays*. Adaptada de Weber (2005).

Conforme ocorre aumento da umidade relativa ar, e menor é a temperatura do ar, maior é o risco de deterioração rápida do grão, ambiente comum no inverno do Sul do país. Nesta situação, os grãos absorvem a umidade do ambiente externo, pois estes tendem a entrar em equilíbrio higroscópico com o ambiente, e a umidade de equilíbrio é atingida em condições desfavoráveis para o armazenamento. Além disso, quando o grão atinge uma umidade de equilíbrio desfavorável, propicia o desenvolvimento de fungos e insetos-praga, além de aumentar a taxa de respiração dos grãos, gerando perdas de massa e de qualidade destes grãos. Durante o armazenamento do milho neste trabalho, durante grande parte do armazenamento, principalmente no período do inverno (Figuras 2 e 4), os grãos entraram em equilíbrio higroscópico com o ambiente em um teor de água desfavorável ao armazenamento, e ficaram sujeitos à degradação e perda de qualidade.

Segundo Elias (2008), o comportamento higroscópico dos grãos durante o armazenamento é expresso através da variação do teor de água, e, em associação com as alterações de temperatura, é fundamental para a conservação do produto durante o período do armazenamento. Aumentos graduais na umidade e temperatura da massa, sob certas condições de armazenamento, podem originar um conjunto de processos físico-químicos, levando a deterioração dos grãos, favorecendo o desenvolvimento das pragas de armazenamento. Neste trabalho observou-se a variação do teor de água dos grãos, em função da modificação das condições ambientais externas.

Ainda na Figura 3, observa-se também que os grãos iniciaram o armazenamento com teor de água de aproximadamente 12% (Tabela 2), porém com a entrada do inverno, os grãos sob os dois manejos de pré-limpeza

absorveram umidade do ambiente, passando para um teor de água de aproximadamente 15%, aos 60 dias de armazenamento. Este aumento ocorreu pela tendência dos grãos entrarem em equilíbrio higroscópico com o ambiente. Durante o período de inverno foi efetuada a aeração com ar natural, porém como a janela de aeração nessa época do ano é muito pequena, somente aos 180 dias de armazenamento a umidade da massa de grãos baixou para em torno de 12%. Nesse período em que a massa de grão ficou com umidade acima de 12%, os grãos foram expostos a riscos de deterioração, já que a temperatura média do ar ambiente estava em torno de 15°C e a umidade relativa do ar permaneceu acima de 80% durante grande parte do período (Figura 2).

Morais *et al.* (2016), trabalhando com grãos de soja no armazenamento, observaram que o lote antes da pré-limpeza possuía maior teor de água, em relação ao lote após pré-limpeza. Segundo os autores, este maior teor de água pode ter sido influenciado pelos resíduos presentes na massa, já que os grãos estão em constante troca gasosa com o ambiente. Além disso, por existirem espaços porosos na massa de grãos, que permitem maior área de contato com o ambiente externo, há uma maior perda de umidade para o ambiente, caso o mesmo possua menor pressão de vapor do que o grão. Neste trabalho, no início do armazenamento, observou-se que os grãos sob manejo de pré-limpeza, possuíam menor teor de água, em comparação aos grãos sem o manejo de pré-limpeza, concordando com este trabalho.

A massa específica dos grãos (ME) não diferiu estatisticamente entre os manejos de limpeza, somente ao longo do tempo de armazenamento, como pode ser observado na Tabela 1.

Na Figura 5, observa-se uma progressiva diminuição de 3,7% de massa específica durante o armazenamento, nos dois manejos de pré-limpeza, passando de 748,99 kg.m⁻³, no início da armazenagem, para 721,35 kg.m⁻³, aos 240 dias de armazenagem. A redução da matéria seca ocorreu pela respiração dos grãos ao longo do tempo, e também ocorreu pela infestação de fungos e insetos que consomem a parte interna dos grãos, porém não há retração do volume e sim da massa, por consequência reduzindo a massa específica dos grãos.

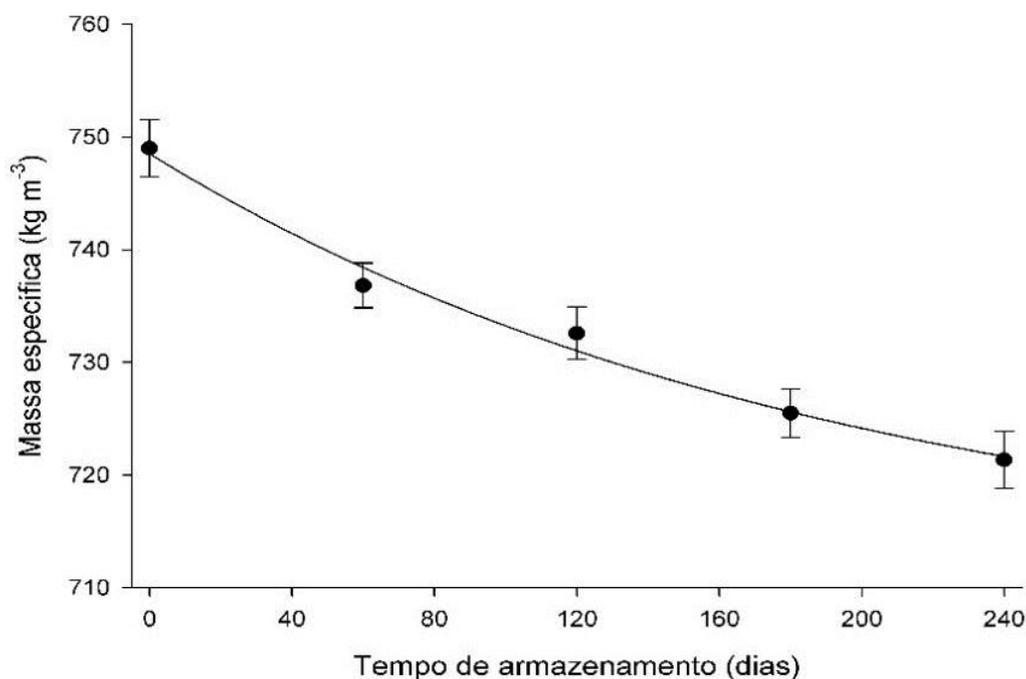


FIGURA 5. Massa específica dos grãos de milho, do Híbrido Pioneer 30F53VYHR, ao longo do tempo de armazenamento, independentemente dos manejos de pré-limpeza (grãos limpos e não limpos). Eldorado do Sul, RS, 2017.

Resultados similares aos encontrados nesse trabalho foram obtidos por Tiecker Junior *et al.* (2014), quando estes avaliaram a qualidade de grãos de milho em armazenamento hermético e não hermético. Segundo os autores, os grãos de milho apresentaram maior massa específica no momento da

implantação do experimento, sofrendo queda constante com o passar do tempo de armazenamento.

Ferrari Filho *et al.* (2014), obtiveram resultado similar ao deste trabalho, avaliando métodos e temperaturas de secagem sobre a qualidade físico-química e microbiológica de grãos de milho no armazenamento. No experimento, o autor encontrou perdas significativas de massa ao longo dos 9 meses de armazenamento, para todos os tratamentos. Em todos os tratamentos ocorreram maiores perdas de massa após os seis meses de armazenamento, período onde as temperaturas de armazenamento foram maiores, levando a um aumento na taxa de respiração dos grãos, e, com isso, maior consumo das reservas dos grãos.

Faroni *et al.* (2005), ao estudarem temperaturas de armazenamento entre 20 e 40°C, verificaram reduções de até 20% na massa específica aparente dos grãos de milho armazenados durante 180 dias. No entanto, Costa *et al.* (2010) estudando armazenamento de grãos de milho de forma hermética, não encontraram variação significativa na massa específica ao longo de 180 dias, divergindo do resultado encontrado nesse experimento. Cabe ressaltar que o trabalho destes autores foi realizado em condições herméticas, o que reduz a atividade respiratória dos grãos, minimizando a perda de massa específica.

Em estudo realizado por Rodrigues *et al.* (2015), avaliando a qualidade do milho antes e após pré-limpeza, os autores encontraram maior densidade da massa de grãos quando havia menos impurezas, como palha, casca ou grãos pequenos que passavam por uma peneira de 5mm. Segundo os autores, quanto maior o teor de grão quebrado, maior a densidade, pois ocupa menos espaço e há menos ar na amostra. Grãos com danos por insetos, danificados, mofados e

fermentados têm menos endosperma tornando-se mais leves, e, por consequência, reduzindo a massa específica. No presente trabalho não se observou diferença estatística entre os manejos de pré-limpeza, pois o teor de impurezas era de menos de 1%, o que é considerado baixo.

A redução da massa acompanha o grau de deterioração dos grãos durante a armazenagem. A presença de insetos-praga, como *Sitophilus zeamais*, contribui para a diminuição desses valores, sendo o que ocorreu neste experimento principalmente nos últimos 2 meses de armazenamento. Ferrari Filho *et al.* (2014); Alencar *et al.* (2009) também verificaram que a presença de insetos causou redução da massa específica em grãos de milho e soja, respectivamente, durante a armazenagem.

Na análise de peso de mil grãos, houve diferença estatística entre os manejos de limpeza, e não houve significância ao longo do tempo de armazenamento, conforme Tabela 1. Na Tabela 2, observa-se que o peso de mil grãos da amostra controle e das amostras de grãos sem o manejo de limpeza, não diferem estatisticamente, pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$).

O peso médio dos grãos sem o manejo da pré-limpeza ficou em torno de 338,39g, e com a pré-limpeza foi de 364,21g, em base seca. A pré-limpeza seleciona os grãos maiores, sendo que os grãos muito pequenos, são eliminados conjuntamente com as sujidades no processo de limpeza da massa de grãos, e, por consequência, apresentando resultados maiores, do peso de mil grãos do milho, que foi submetido a pré-limpeza, o que explica a variação entre os manejos.

Neste trabalho, não ocorreu redução do peso de mil grãos ao longo do tempo de armazenamento, pois o inverno, época do ano onde a temperatura é

baixa, não é propenso ao desenvolvimento de fungos e, também, não há aumento das taxas de respiração dos grãos. Com isso, somente nos últimos meses do experimento, onde ocorreu aumento da temperatura do ambiente, houve aumento significativo destas pragas, porém não o suficiente para diminuir essa característica, a nível de significância estatística.

Ferrari Filho *et al.* (2014), e Antunes *et al.* (2011) (a), avaliando qualidade físico-química de grãos de milho ao longo do tempo de armazenagem após realização da pré-limpeza, encontraram perdas de peso significativas ao longo do tempo de armazenamento. Os autores concluíram que as perdas se deram pelo ataque de pragas e respiração dos grãos, que consomem a matéria seca. Neste trabalho não observou-se diferença significativa ao longo do tempo de armazenamento, sob as condições ambientais do período onde foi avaliado o experimento, diferindo do resultado encontrado pelos autores dos dois artigos.

Os resultados da análise de germinação mostraram que não houve diferença estatística entre os manejos de limpeza, somente ao longo do tempo de armazenamento, conforme pode ser observado na Tabela 1. Observa-se um decréscimo de em torno de 32% na taxa de germinação ao longo do experimento, como pode ser observado na Figura 6.

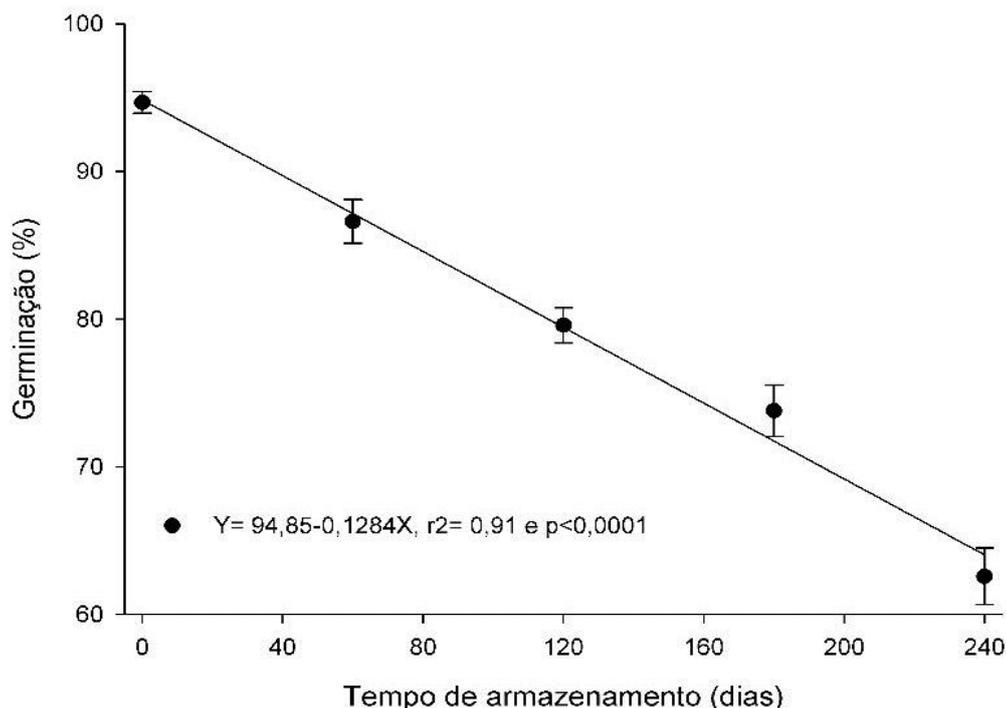


FIGURA 6. Germinação dos grãos de milho, do Híbrido Pioneer 30F53VYHR, ao longo do tempo de armazenamento, independentemente do manejo de pré-limpeza (grãos limpos e não limpos). Eldorado do Sul, RS, 2017.

A pré-limpeza não mostrou-se eficiente quanto a germinação, pois para este teste somente são utilizados grãos íntegros, que não são afetados pelo manejo de pré-limpeza.

Essa diminuição da taxa de germinação ocorreu pela perda de vigor da semente ao longo do tempo de armazenamento. Se dá pelas alterações na estrutura das membranas dos grãos, e, quando a temperatura e a umidade dos grãos são elevadas, essas alterações são mais significativas, ocasionando redução da qualidade do produto, mesmo em curto período de tempo. Além disso, os grãos armazenados tendem a germinar mais lentamente que os grãos recém colhidos, pois o metabolismo destes está desacelerado, fazendo com que os grãos respirem mais lentamente, tornando-os mais suscetíveis às doenças (Lin, 1988).

É importante esta análise mesmo quando se está avaliando grão e não semente, pois a germinação é um dos fatores rapidamente afetados quando há degradação dos grãos. Então, esta análise permite saber se ocorreu algum dano físico no grão que, com as outras análises de qualidade, somente seria descoberto tardiamente.

Paraginski *et al.* (2015), avaliaram a qualidade de grão de milho armazenados por 12 meses em diversas temperaturas, constatando redução da germinação em todas as temperaturas avaliadas no experimento. A maior redução foi observada na temperatura mais alta, de 35°C, e a menor redução nas temperaturas de 5 e 15 °C. Este presente trabalho está de acordo com estes autores.

Bankole (1994) e Mycock & Berjak (1995) estudando o comportamento das sementes de milho durante o armazenamento, verificaram que a presença de fungos dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium*, causaram redução acentuada na germinação. Na análise de sanidade deste trabalho, observou-se a presença destes fungos nos grãos armazenados, o que pode ter favorecido a diminuição das taxas de germinação destes grãos, além dos outros fatores anteriormente citados.

Morais *et al.* (2016), avaliaram as perdas no beneficiamento do grão de soja, e, analisando os valores absolutos, o lote antes da pré-limpeza apresentou o maior percentual de germinação. Resultado este influenciado pelo menor número de passagens por elevadores, redlers e pelo processo de peneiras, pois estes equipamentos promovem abrasão nos grãos ocasionando danos mecânicos. O menor resultado obtido para a germinação foi o lote após a secagem, que apresentou menor percentual de umidade e menor vigor

apresentado através do teste de condutividade. Apesar dos grãos, no presente trabalho, terem passado por dois elevadores no manejo com pré-limpeza, isto não influenciou a ponto de causar diferenças entre os manejos utilizados.

4.2 Análise Tecnológica

Foram analisados os grãos ardidos, mofados, fermentados, germinados, carunchados, chochos ou imaturos e gessados. Na Tabela 3, estão os valores máximos permitidos pela Instrução Normativa (IN) nº 60, de 2011 para o enquadramento de Tipo dos grãos de milho (Brasil, 2011).

TABELA 3. Limite máximo de tolerância expressos em percentual (%) para enquadramento de Tipo de grãos de milho.

Enquadramento	Grãos avariados		Grãos quebrados	Matéria estranha e impurezas	Carunchados
	Ardidos	Total			
Tipo 1	1,00	6,00	3,00	1,00	2,00
Tipo 2	2,00	10,00	4,00	1,50	3,00
Tipo 3	3,00	15,00	5,00	2,00	4,00
Fora de Tipo	5,00	20,00	> 5,00	> 2,00	8,00

Adaptado da Instrução Normativa Nº 60, de 2011 (BRASIL, 2011).

Conforme prevê a I.N. nº 60/2011, no total de grãos avariados são contabilizados todos os defeitos, com exceção dos carunchados, que tem seus limites pré-definidos separadamente.

O milho colhido da lavoura, apresentava teor de impurezas e matéria estranha abaixo de 1%, que o classifica em Tipo 1. Na Tabela 4, está o enquadramento de Tipo dos grãos de milho da colheita até final do armazenamento.

TABELA 4. Classificação dos grãos de milho, do Híbrido Pioneer 30F53VYHR, da colheita ao término do armazenamento aos 240 dias e conforme o manejo de pré-limpeza, de acordo com a Instrução Normativa 60/2011 do MAPA.

Pré-Limpeza	Colheita	0 dias	60 dias	120 dias	180 dias	240 dias
Controle*	Tipo 1	-	-	-	-	-
Sem	-	Tipo 1	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Fora de Tipo
Com	-	Tipo 1	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 2	Tipo 3

*grãos recém colhidos

Essa qualidade inicial se manteve até os dois meses de armazenamento. Após esse período, houve uma queda de Tipo, passando para o Tipo 2, sob os dois manejos de limpeza, que ocorreu principalmente pelo aumento do teor de grãos mofados na massa de grãos. Aos seis meses de armazenamento, os grãos sob manejo com pré-limpeza permaneceram classificados como Tipo 2, enquanto o milho sem o manejo da limpeza teve outra queda de Tipo, passando para Tipo 3. Aos oito meses de armazenamento os grãos sob os dois tipos de manejo de limpeza tiveram queda de Tipo, porém os grãos que passaram pela pré-limpeza mantiveram-se classificados como Tipo 3, enquanto os grãos sem o manejo de pré-limpeza foram classificados como Fora de Tipo. Nos grãos sob manejo sem pré-limpeza, observou-se maior queda de Tipo, devido ao aumento dos grãos avariados ao longo do tempo de armazenamento, que foi superior ao outro tratamento.

Esses dados evidenciam a importância da realização da pré-limpeza nos grãos, mesmo quando estes são colhidos com baixo teor de impurezas e matéria estranha. O enquadramento de Tipo é de fundamental importância, já que este determina o preço de venda do produto.

Na Tabela 5 está o resumo da ANOVA, pelo teste F ($p < 0,05$), para a análise tecnológica dos grãos de milho.

TABELA 5. Resumo da Análise de Variância (ANOVA) pelo teste F ($p < 0,05$) dos dados referentes à análise tecnológica de grãos de milho, do Híbrido Pioneer 30F53VYHR, em relação ao manejo de limpeza e ao longo do tempo de armazenamento. Eldorado do Sul, RS, 2017.

Fator de Variação	GL ¹	Valor de p				
		TI e ME ²	GQ ³	TAv ⁴	GM ⁵	GC ⁶
Manejo (M)	1	<0,0001	<0,0001	0,0051	0,0785	<0,0001
Tempo (T)	4	0,9606	0,2019	<0,0001	<0,0001	<0,0001
T x M	4	0,7742	0,7420	0,0175	0,1647	<0,0001
M x Adicional	1	0,9974	0,9074	0,0001	<0,0001	0,0218
C.V. (%)	-	39,5	26,5	20,1	18,9	73,9

¹GL (Graus de Liberdade), ²TI (Teor de Impurezas e Matéria Estranha), ³GQ (Grãos Quebrados), ⁴TAv (Teor de Avariados), ⁵GM (Grãos Mofados), ⁶GC (Grãos Carunchados).

Observa-se que para os teores de impureza e matéria estranha (TI e ME) e grãos quebrados houve diferença estatística entre os manejos de pré-limpeza. Já para o teor de grãos mofados, houve significância somente ao longo do tempo de armazenamento. Para os teores de grãos avariados e carunchados, houve interação entre os fatores manejo de pré-limpeza e tempo de armazenamento. Há diferença estatística também entre os manejos e o tratamento adicional, para as análises dos teores de grãos avariados e grãos mofados.

A Tabela 6 apresenta a comparação de médias, pelo Teste de Dunnet ($p < 0,05$), para as variáveis tecnológicas. É possível observar a variação das médias conforme o manejo de limpeza realizado e ao longo do tempo de armazenamento, em comparação com o tratamento adicional.

TABELA 6. Comparação de médias pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$) para a variáveis tecnológicas de grãos de milho, do Híbrido Pioneer 30F53VYHR, em relação ao manejo de limpeza e ao longo do tempo de armazenamento. Eldorado do Sul, RS, 2017.

Pré-Limpeza	Tempo (dias)	Dados em %				
		TI e ME ¹	GQ ²	TAv ³	GM ⁴	GC ⁵
Não	0	0,64*	2,55	3,59*	0,56*	0,04
Não	60	0,56	2,01	5,81*	2,99*	0,05
Não	120	0,63	2,08	8,91*	6,38	1,27
Não	180	0,57	1,91	11,84	9,33	1,27
Não	240	0,53	2,05	22,1	9,29	8,94*
Sim	0	0,05	0,34	4,55*	0,44*	0,04
Sim	60	0,09	0,19	4,83*	1,76*	0,03
Sim	120	0,07	0,19	7,41*	5,04	0,32
Sim	180	0,03	0,16	9,89	7,79	0,33
Sim	240	0,10	0,20	15,33	10,26	1,82
Adicional	-	0,33	1,15*	4,59*	2,23*	0,00

¹TI (Teor de Impurezas), ²GQ (Grãos Quebrados), ³TAv (Teor de Avariados), ⁴GM (Grãos Mofados), ⁵GC (Grãos Carunchados) *médias seguidas de asterisco, na coluna, não diferem estatisticamente do tratamento adicional, pelo Teste de Dunnett ($p < 0,05$).

Os grãos sob manejo da pré-limpeza apresentaram teor de impurezas e matéria estranha significativamente diferente do manejo sem pré-limpeza (Tabela 5) mesmo apresentando percentual abaixo de 1%. Com isso, evidencia-se a importância da realização desta operação, pois implica na melhoria da qualidade dos grãos a longo prazo. Segundo Silva *et al.* (2008), grãos limpos podem ser armazenados por mais tempo, quando comparados com grãos contendo impurezas.

Na Tabela 6 evidencia-se a eficiência da pré-limpeza na diminuição do teor de impurezas, mesmo este estando abaixo de 1%, permitido pela IN 60/2011. Esta etapa do beneficiamento reduziu para aproximadamente 0% o teor de impurezas.

Estudo realizado por Rodrigues *et al.* (2015) mostrou que em amostras de milho, consideradas de excelente qualidade antes da etapa da pré-limpeza, o

processo da pré-limpeza foi eficiente na redução da umidade e atividade de água, que auxilia no controle de fungos e outras pragas, que podem gerar defeitos nos grãos. Além disso, a pré-limpeza é importante para controlar problemas com substâncias que reduzem a qualidade nutricional ou adicionam componentes não nutricionais ao milho na formulação de rações. Esses componentes não nutricionais, especialmente palharia e terra, podem aumentar a umidade e permitir que fungos ou outros microrganismos cresçam em rações. Neste presente trabalho, no início do experimento, se observou que os grãos sob manejo de pré-limpeza apresentaram menor teor de água dos grãos, concordando com estes autores.

Analisando o teor de grãos quebrados (GQ), na Tabela 5, observa-se que houve diferença estatística somente entre os manejos de limpeza. Na Tabela 6, pode-se verificar que a pré-limpeza foi capaz de eliminar grande parte dos grãos quebrados, reduzindo-os para em torno de 0%.

Rodrigues *et al.* (2015), avaliando a composição química dos grãos de milho antes e após pré-limpeza, observaram que a proporção de milho danificado foi correlacionada positivamente com material estranho (0,68), fragmentos (0,58) e milho quebrado (0,83). Segundo os autores, isso resulta da falta de cuidados na colheita, secagem, transporte e armazenamento dos grãos, que podem gerar todos os tipos de dano físico ao grão e suas relações correlacionadas com a qualidade do grão.

É importante mencionar que, segundo a Instrução Normativa Nº 60 de 2011, grãos quebrados são os pedaços de grãos que vazarem pela peneira de crivos circulares de 5,00 mm de diâmetro, e ficarem retidos na peneira de crivos circulares de 3,0 mm de diâmetro. Ainda que, grãos de tamanho maior tenham

sofrido quebra e mantiveram-se com tamanho maior que 5 mm, eles foram classificados como grãos inteiros.

Como houve baixa incidência de grãos ardidos, foram analisados estatisticamente o total de avariados, os carunchados e os mofados. Em relação ao total de avariados, houve interação entre o tempo de armazenamento e os manejos de limpeza (Tabela 5). Na Tabela 6 pode-se observar o aumento dos grãos quebrados ao longo do tempo, e observa-se que os grãos sob manejo de limpeza, ou seja, quando foi realizada a operação de pré-limpeza, tiveram menor teor de grãos avariados, em comparação com os outros. Fica evidente a importância da pré-limpeza para o controle de defeitos em milho armazenado.

A Figura 7, apresenta o percentual de grãos de milho avariados de acordo com os manejos de limpeza e ao longo do armazenamento.

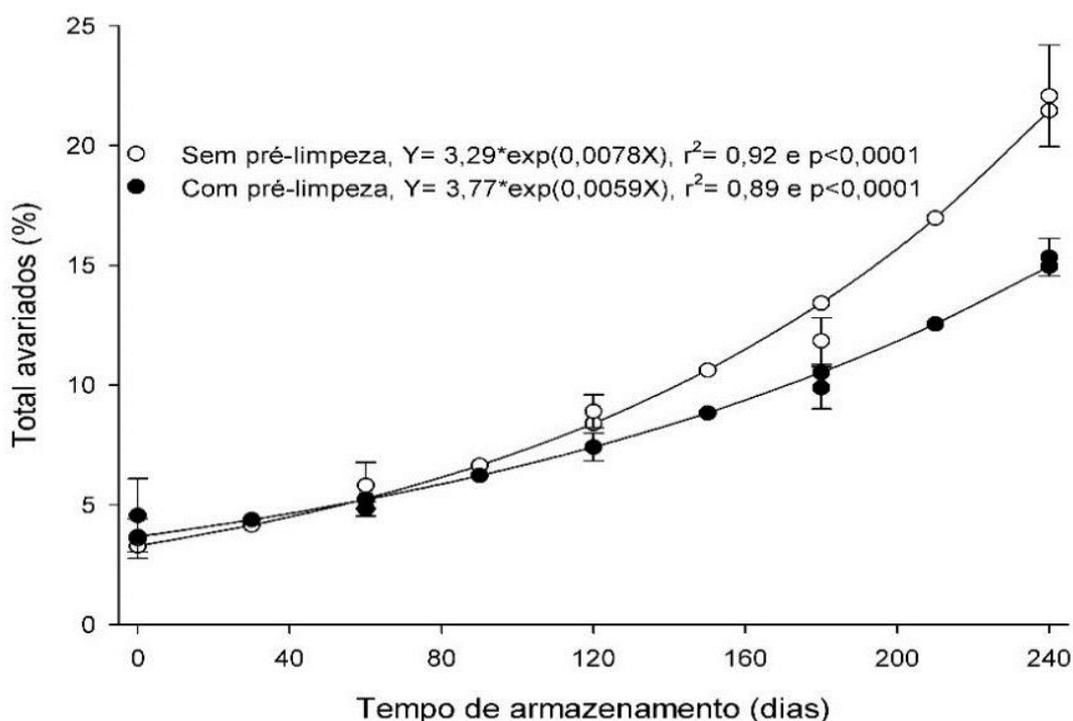


FIGURA 7. Percentual de grãos de milho avariados, do Híbrido Pioneer 30F53VYHR, em relação ao tempo de armazenamento e o manejo de pré-limpeza. Eldorado do Sul, RS, 2017.

Houve aumento dos teores de grãos avariados ao longo do tempo de armazenamento, em ambos os manejos de limpeza. O percentual de grãos avariados aumentou consideravelmente após os 120 dias de armazenamento, período que coincide com o mês de agosto, mês onde as temperaturas começam a aumentar e proporciona maior atividade dos micro-organismos. Contudo, observa-se que os grãos que foram limpos, apresentaram menor percentagem de avariados, em relação aos outros, uma diferença, aos 240 dias de armazenamento, de aproximadamente 7%, mostrando que a etapa de pré-limpeza foi eficiente na redução do percentual de grãos avariados ao longo do tempo de armazenamento.

O aumento de grãos avariados ocorreu principalmente pelo aumento da taxa de grãos mofados. Na Tabela 7 estão listados os principais defeitos do milho encontrados neste trabalho.

TABELA 7. Percentual dos principais defeitos dos grãos de milho, do Híbrido Pioneer 30F53VYHR, em percentagem, de acordo com a Instrução Normativa 60/2011 do MAPA, em função do manejo de limpeza e do tempo de armazenagem. Eldorado do Sul, RS, 2017.

Pré-Limpeza	Tempo (dias)	Defeitos do milho (%)			
		Fermentados	Mofados	Ardidos	Carunchados
<i>Sem</i>	0	3,02	0,57	0,00	0,04
<i>Com</i>	0	4,11	0,44	0,00	0,05
<i>Sem</i>	60	2,53	2,99	0,00	0,05
<i>Com</i>	60	2,34	1,76	0,00	0,00
<i>Sem</i>	120	2,45	6,38	0,00	1,27
<i>Com</i>	120	2,10	5,04	0,08	0,33
<i>Sem</i>	180	2,45	9,33	0,00	1,27
<i>Com</i>	180	2,10	7,79	0,00	0,33
<i>Sem</i>	240	3,69	9,29	0,28	8,94
<i>Com</i>	240	3,15	10,26	0,32	1,82

Dentre os defeitos o mais importante foi o aumento do teor de grãos mofados, que ocorreu ao longo do tempo de armazenamento. A partir dos 120

dias de armazenamento, observou-se que os grãos quebrados maiores que o crivo das peneiras de classificação de 5mm, estavam mofados, independente do manejo de limpeza. Esse defeito é importante, pois além de causar perda de massa e de qualidade nos grãos, os fungos podem gerar micotoxinas na massa de grãos que são carcinogênicas, e causam diversos problemas na cadeia de produção animal.

Avaliando a quantidade de grãos mofados, não se observou diferença estatística entre os manejos de limpeza, somente ao longo do tempo de armazenamento (Tabela 5). Na Tabela 6, se observa que os grãos de milho nos dois primeiros meses de armazenamento, nos dois manejos de pré-limpeza, não diferem estatisticamente entre si, em comparação ao tratamento adicional.

Contudo houve um aumento significativo desse defeito ao longo do tempo de armazenamento, em torno de 10%. Na Figura 8 observa-se o aumento de grãos mofados ao longo do tempo de armazenamento, independente do manejo de limpeza, pois este não foi importante na proliferação de fungos nos grãos quebrados ou com fissuras, já que a percentagem de matéria estranha e impurezas foi considerada baixa.

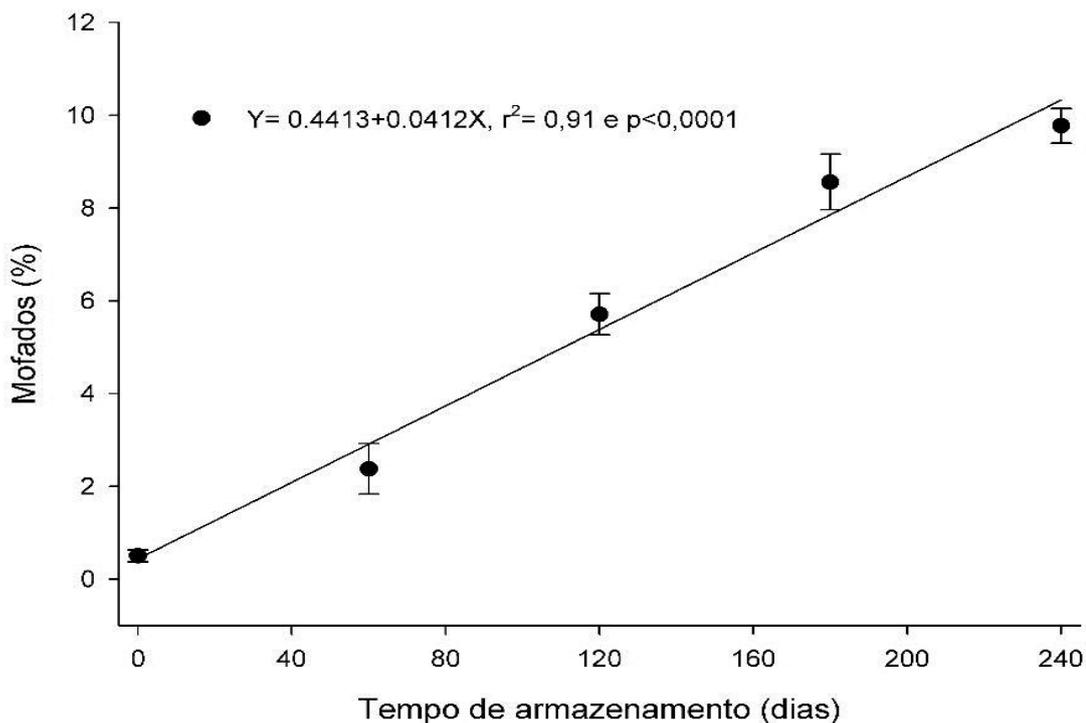


FIGURA 8. Percentual de grãos de milho, do Híbrido Pioneer 30F53VYHR, mofados em relação ao tempo de armazenamento, independente do manejo de pré-limpeza (grãos limpos e não limpos). Eldorado do Sul, RS, 2017.

O aumento dos grãos mofados está relacionado com o teor de água disponível para o crescimento dos fungos. Nos meses de inverno houve um aumento da umidade relativa do ar (Figura 4), que gerou aumento do teor de água dos grãos. Este aumento favoreceu a proliferação dos fungos na massa de grãos, aumentando o teor de grãos mofados, principalmente os grãos quebrados e trincados presentes na massa.

Paraginski *et al.* (2015), avaliando diferentes condições de armazenamento de grãos de milho, observaram aumento na incidência de grãos mofados quando armazenados a 25 °C, comparado com armazenagem a 5 e 15 °C. Este resultado pode ser evidenciado neste presente trabalho, pois quando a temperatura se manteve baixa, ou seja, nos primeiros meses de

armazenamento (Figura 2), a quantidade de grãos mofados foi baixa, porém quando a temperatura aumentou, no final do experimento, aumentou também o número de grãos mofados.

Ao longo do armazenamento os grãos de milho foram atacados por *Sitophilus zeamais*, popularmente chamado de caruncho, ou gorgulho do milho. É possível observar na Tabela 5, que houve interação entre os fatores manejo de limpeza e tempo de armazenamento. Na Tabela 6, se observa que a amostra de milho controle não possuía este defeito, e que este foi aparecer somente após os 120 dias de armazenamento, mais intensivamente nos grãos sem o manejo de limpeza.

Na Figura 9 é demonstrado o percentual de grãos carunchados segundo o manejo de limpeza e ao longo dos dias de armazenamento. Os grãos carunchados tiveram aumento nos últimos meses de armazenamento, porém os danos aos grãos foram considerados leves. Sabe-se que se os grãos permanecessem armazenados por mais tempo, no período do verão, esse dano seria muito maior, já que a temperatura alta favorece a reprodução rápida dos insetos na massa de grãos.

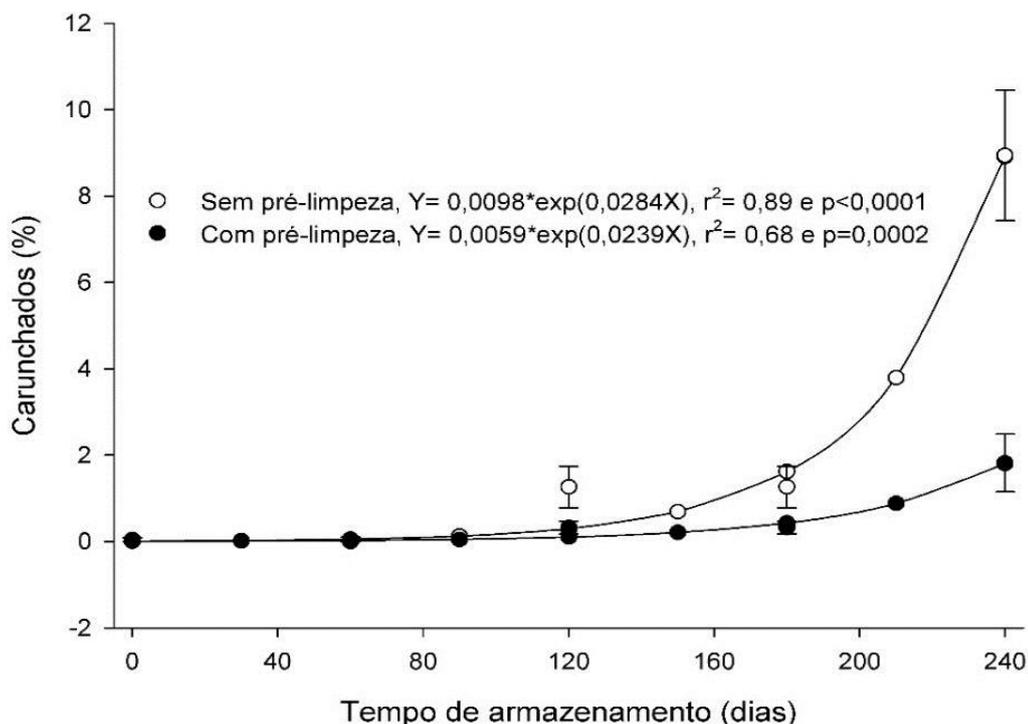


FIGURA 9. Percentual de grãos de milho, do Híbrido Pioneer 30F53VYHR, carunchados em relação ao tempo de armazenamento e manejo de pré-limpeza. Eldorado do Sul, RS, 2017.

Observa-se que a incidência do inseto ocorre a partir dos 120 dias de armazenamento, correspondente ao início do mês de agosto, onde a temperatura começa a aumentar (Figura 2), favorecendo a reprodução e desenvolvimento de insetos. Aos 240 dias, no mês de dezembro, ocorreu a maior infestação do inseto, o que elevou para 8,94% de carunchados nos grãos com manejo sem pré-limpeza. A maior severidade ocorreu no período primavera-verão, coincidindo com o período de armazenamento com temperaturas mais elevadas. Os grãos sob manejo com pré-limpeza tiveram menor incidência de grãos carunchados, pois a retirada das impurezas desfavorece o inseto.

A pré-limpeza retira as impurezas e materiais estranhos da massa de grãos, que servem de alimento e abrigo às pragas dos produtos armazenados. Então, a retirada dos grãos quebrados diminuiu a incidência de pragas,

principalmente as secundárias, ou seja, que atacam somente grãos quebrados. Além disso, a pré-limpeza retira adultos de caruncho, se estes estiverem fora do grão, podendo ser responsáveis pela diminuição da incidência destes insetos no manejo com pré-limpeza.

Antunes *et al.* (2011(b)), avaliando grãos de milho infestado com *S. zeamais*, observaram valores de grãos carunchados de 9,77% aos 60 dias de armazenamento e 34,01% aos 120 dias. Segundo os autores, até o sexto mês de armazenamento os grãos ainda estavam em condição menos propensa ao ataque dos insetos, visto que o período era de temperaturas mais baixas, similar ao ocorrido neste experimento (Figura 2).

4.3 Análise Química

O resumo da ANOVA, pelo teste F ($p < 0,05$), para a análise química dos grãos de milho, está descrito na Tabela 8.

TABELA 8. Resumo da Análise de Variância (ANOVA) pelo teste F ($p < 0,05$) dos dados referentes à análise química de grãos de milho, do Híbrido Pioneer 30F53VYHR, em relação ao manejo de limpeza e ao longo do tempo de armazenamento. Eldorado do Sul, RS, 2017.

Fator de Variação	GL ¹	Valor de p				
		PB ²	CI ³	EE ⁴	AG ⁵	ENN ⁶
Manejo (M)	1	0,0186	0,6846	0,6500	0,2680	0,9657
Tempo (T)	4	<0,0001	0,0032	0,0703	0,1846	0,0068
T x M	4	0,0046	0,4488	0,0510	0,0101	0,4522
M X Adicional	9	<0,0001	0,0205	0,0473	0,0236	0,0375
C.V. (%)	-	2,44	8,2	17,13	18,09	1,13

¹GL (Graus de Liberdade); ²PB (Proteína Bruta); ³CI (Cinzas); ⁴EE (Extrato Etéreo); ⁵AG (Acidez de Gordura) e ⁶ENN (Extrato Não Nitrogenado).

Observa-se que nas análises de proteína bruta e acidez de gordura houve interação entre os fatores de manejo de pré-limpeza e tempo de

armazenamento. As análises de cinza e extrativo não nitrogenado, apresentaram diferença estatística somente ao longo do tempo de armazenamento, enquanto a análise de extrato etéreo não apresentou diferença significativa entre nenhum dos fatores. Na análise química não há o tratamento adicional, então não foi realizado teste de Dunnett.

Em relação aos teores de proteína bruta (PB), observou-se interação entre os fatores tempo e limpeza (Tabela 8). Os resultados da análise de regressão podem ser observados na Figura 10.

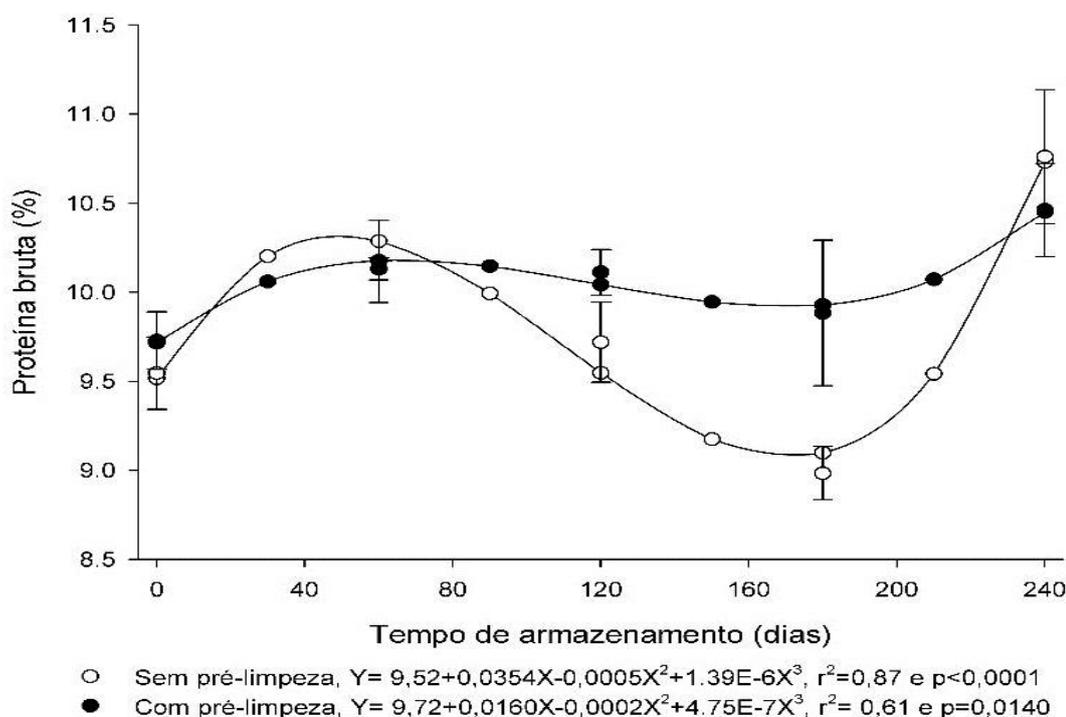


FIGURA 10. Percentual de proteína bruta dos grãos de milho, do Híbrido Pioneer 30F53VYHR, em relação ao tempo de armazenamento e manejo de limpeza. Eldorado do Sul, RS, 2017.

Observa-se que os grãos sob manejo com pré-limpeza tiveram menor decréscimo no teor de proteína bruta, comparado ao manejo sem pré-limpeza. O valor médio de proteína bruta no manejo sem pré-limpeza foi de 9,83%, e no manejo com pré-limpeza foi de 10,06%.

O aumento da proteína bruta nos grãos sem o manejo de pré-limpeza até aproximadamente 80 dias de armazenamento, se deve ao aumento da incidência de fungos nesse período, onde houve aumento do teor de água (Figura 3). Após este período se observa diminuição da proteína bruta, e isso ocorreu pelo maior teor de grãos quebrados presente na massa de grãos, que respiram e consomem matéria orgânica, juntamente com os fungos.

Observa-se que os grãos sob manejo de limpeza, apresentaram menor variação da proteína bruta, e também menor incidência de fungos, principalmente *Fusarium* spp, como pode ser observado no item da avaliação sanitária (Figura 15) desta dissertação.

Em estudo realizado por Rodrigues *et al.* (2015), avaliando o conteúdo químico e energético do milho antes e após a pré-limpeza no recebimento de milho em fábrica de ração, os autores não observaram variação nos níveis de proteína bruta. Resultado oposto ao encontrado neste trabalho, onde fica evidente que a pré-limpeza não prejudica esse componente, não possuindo um efeito imediato nos níveis de proteína bruta, mas sim latente ao longo do tempo de armazenamento.

De acordo com Bhattacharya & Raha (2002), a proteína bruta serve como fonte inicial de carbono e nitrogênio para o crescimento e o metabolismo dos fungos. A diminuição no teor de proteínas durante a fase adiantada de incubação indica proteólise e quebra destes, gerando compostos menores como aminoácidos, que são utilizados como fonte de nutrientes pelos fungos. Os autores verificaram tendência de aumento no conteúdo de proteína bruta em grãos de milho armazenado por 12 meses. Este aumento foi atribuído à formação de proteína fúngica, a qual não foi separada quando realizada a análise de

proteína bruta. Então, nesta análise, também é avaliada a proteína fúngica, a qual é quantificada juntamente com a proteína bruta do grão. Assim, o conteúdo determinado representa a soma total da proteína do grão mais a da proteína fúngica (Bhattacharya & Raha, 2002; Gutkoski *et al.*, 2009). Outra possibilidade deste aumento, é a quantificação da proteína de insetos que permanecem na parte interna do grão, e não são separados no momento da análise (Matioli & Almeida, 1979; Antunes *et al.*, 2011 (b)).

Valores de proteína bruta similares aos obtidos neste trabalho, foram encontrados por Lima (2014), quando este avaliou qualidade do armazenamento de grãos de milho submetidos à secagem com diferentes temperaturas e períodos de armazenamento. Segundo o autor, os valores médios de proteína antes da secagem foram de 9,97, 9,76 e 9,93% e ao final do armazenamento foram de 10,55, 10,04 e 10,46%, para as temperaturas de secagem de 60, 60/80 e 80 °C, respectivamente, e esses percentuais foram mantidos após as secagens e ao longo de nove meses de armazenamento. De acordo com o autor, em virtude de não ter havido aumento significativo de umidade dos grãos, a taxa respiratória dos grãos não foi aumentada e, conseqüentemente, não houve consumo de reservas.

Quanto ao teor de cinzas (CI), este apresentou somente diferença estatística ao longo do tempo de armazenamento (Tabela 8). O valor inicial deste componente foi de 1,51%, e, aos 240 dias, foi de 1,72 %, como pode ser verificado na Figura 11.

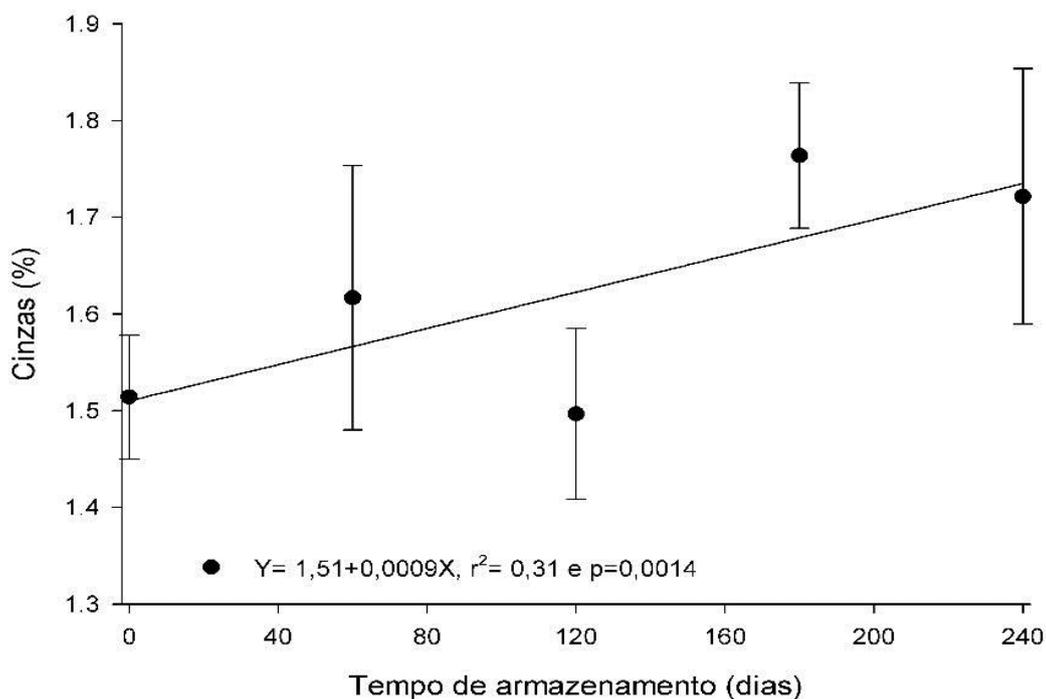


FIGURA 11. Percentual de material mineral dos grãos de milho, do Híbrido Pioneer 30F53VYHR, em relação ao tempo de armazenamento, independente do manejo de pré-limpeza (grãos limpos e não limpos). Eldorado do Sul, RS, 2017.

Observa-se uma tendência de aumento linear deste componente nos grãos de milho. O aumento deste componente ocorreu ao longo do tempo de armazenamento, pois durante esse período há atividade metabólica dos grãos, microrganismos e insetos associados, que consomem a matéria orgânica, metabolizando-a até CO_2 , água e outros produtos, com liberação de calor. Dessa forma, a determinação do teor de cinzas assume valores proporcionalmente maiores à medida que a matéria orgânica é consumida. Em altos índices de umidade, superiores a 13-14%, a respiração aumenta rapidamente na maioria dos grãos, o que causa a sua deterioração mais rápida (Kays, 1991; Muir *et al.*, 2001).

Lima (2014), trabalhando com milho encontrou resultados similares de cinzas, com aumento ao longo dos dias de armazenagem, de em torno de 1,5%

no início do armazenamento, para em torno de 2,5% de material mineral, aos 9 meses de armazenamento. Os valores observados nesse estudo estão de acordo com os encontrados por Dionello *et al.* (2000), que obtiveram, com grãos de milho armazenados durante seis meses e secos com ar aquecido a temperatura de 80 ± 5 °C, valores médios de 1,61% ao final do período.

Os valores de extrato etéreo (EE) não apresentaram diferença significativa entre os manejos de limpeza, entre os tempos e não apresentaram interação entre os fatores, como pode ser observado na Tabela 8. A média dos valores de extrato etéreo dos grãos sem o manejo de limpeza foi de 4,23%, e no manejo com pré-limpeza o valor de 4,10%.

Ferrari Filho *et al.* (2014), avaliando métodos e temperatura de secagem de grãos de milho, encontraram valor de extrato etéreo de 5,07% em amostra *in natura*. E ao final de nove meses de armazenamento, todos os tratamentos apresentaram perdas de extrato etéreo de 20, 19 e 25%, para secagem com GLP, solar e ar natural, respectivamente. Este presente trabalho discorda com os resultados obtidos por estes autores já que não foi encontrada variação do EE, demonstrando menor perda de qualidade ao longo do tempo. Esse fator está diretamente ligado à presença de insetos na massa de grãos, que consomem as gorduras dos grãos, sendo que neste trabalho houve incidência de insetos nos últimos dois meses de armazenamento, porém não houve dano no EE.

Lima (2014), avaliando a qualidade de grãos de milho submetidos à secagem com lenha em diferentes temperaturas e períodos de armazenamento encontrou valores médios de extrato etéreo, antes da secagem, de 4,25, 4,41 e 4,36%. Ao final do armazenamento, os valores foram de 4,00, 4,09 e 4,46%, para

as temperaturas de secagem de 60, 60/80 e 80°C, respectivamente. Resultados semelhantes foram encontrados neste trabalho.

A variação da umidade ao longo do armazenamento interfere nos parâmetros de qualidade. Quando ocorre aumento da umidade dos grãos, aumenta a taxa de respiração dos grãos, que acabam consumindo suas reservas, e perda de gordura. No caso deste experimento, o aumento da umidade no período do inverno, não afetou significativamente o teor de extrato etéreo, pois as temperaturas continuaram baixas nesse período. Conforme mostrado pela análise tecnológica (Tabelas 6 e 7), o aumento de insetos só ocorreu a partir do quarto mês de armazenamento, o que permitiu a manutenção dos valores de extrato etéreo.

Paraginski *et al.* (2015), ao avaliar a qualidade química de grãos de milho armazenados ao longo de 12 meses, em diferentes temperaturas (5, 15, 25 e 35 °C), não encontraram diferença significativa para os teores lipídios. Este presente trabalho, está de acordo com o destes autores, já que no experimento realizado por estes autores, não foi citada a presença de insetos na massa, principais responsáveis pelo consumo de gordura nos grãos.

Nos resultados de acidez da gordura (AG), expressos em % de ácido oleico houve interação entre os fatores tempo e manejo de limpeza, conforme Tabela 8. Na Figura 12, pode-se observar os resultados do percentual de ácido oleico dos grãos de milho em relação ao tempo de armazenamento e manejo de pré-limpeza.

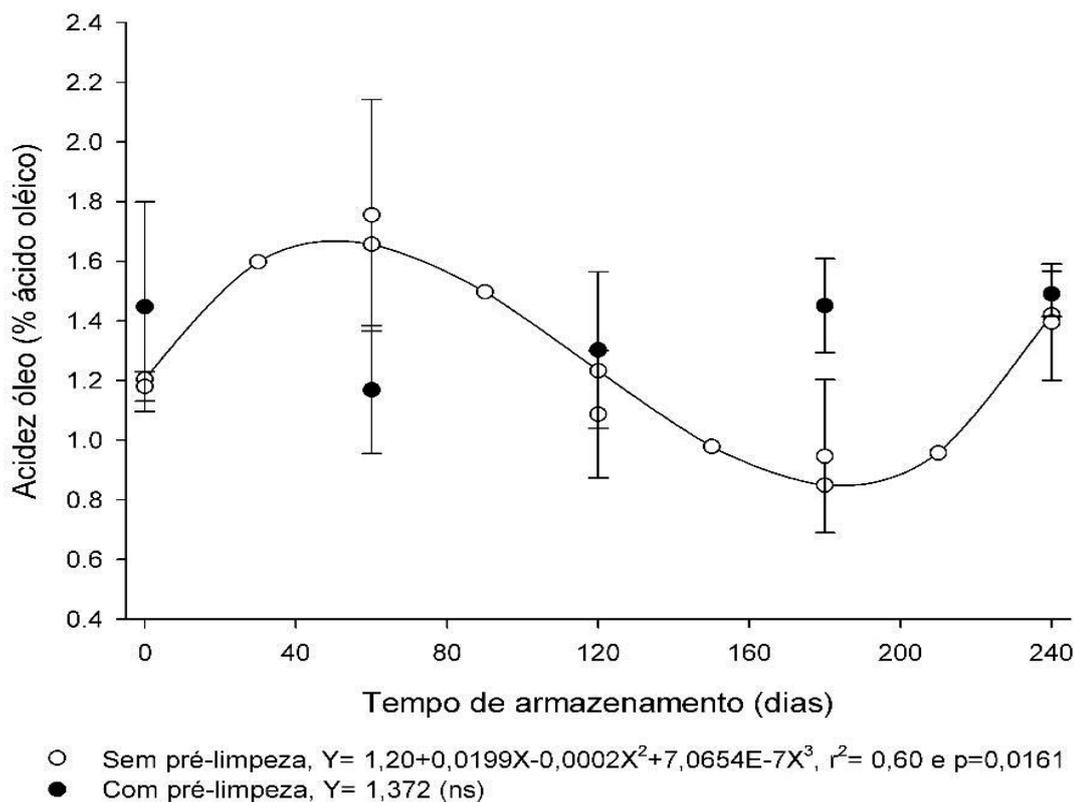


FIGURA 12. Percentual de ácido oleico em grãos de milho, do Híbrido Pioneer 30F53VYHR, em função do tempo de armazenamento e manejo de pré-limpeza. Eldorado do Sul, RS, 2017.

Os valores de percentagem de ácido oleico não variaram estatisticamente nos grãos com o manejo de limpeza, pois a massa de grãos com a pré-limpeza obteve menor variação de degradação ao longo do tempo de armazenamento. Isso se deve ao fato da massa de grãos quase não possuir impurezas, matéria estranha e grãos quebrados que servem de alimento e abrigo para as pragas de produtos armazenados. Já nos grãos que não foram sujeitos à limpeza, houve grande variação ao longo do tempo de armazenamento. O aumento do teor de ácido oleico em torno dos 60 dias de armazenamento, ocorreu pelo aumento da incidência de fungos na massa de grãos, que gera perda de qualidade. Após os 180 dias o aumento deste componente se dá pelo aumento da temperatura do

ambiente, coincidindo com o mês de outubro, onde houve maior incidência de insetos e fungos, que aumentam a degradação dos grãos.

Observa-se que quanto menor a variação do teor de ácido oleico durante o armazenamento, menor é a deterioração dos grãos, já que este componente constitui-se em um eficiente parâmetro para o controle da conservabilidade durante o armazenamento (Salunkhe *et al.*, 1985; Rupollo *et al.*, 2004).

Quanto aos teores de carboidratos ou extrativo não nitrogenado (ENN), houve somente diferença estatística ao longo do tempo de armazenamento, conforme Tabela 8. Na Figura 13, é possível verificar a variação deste componente ao longo do tempo de armazenamento.

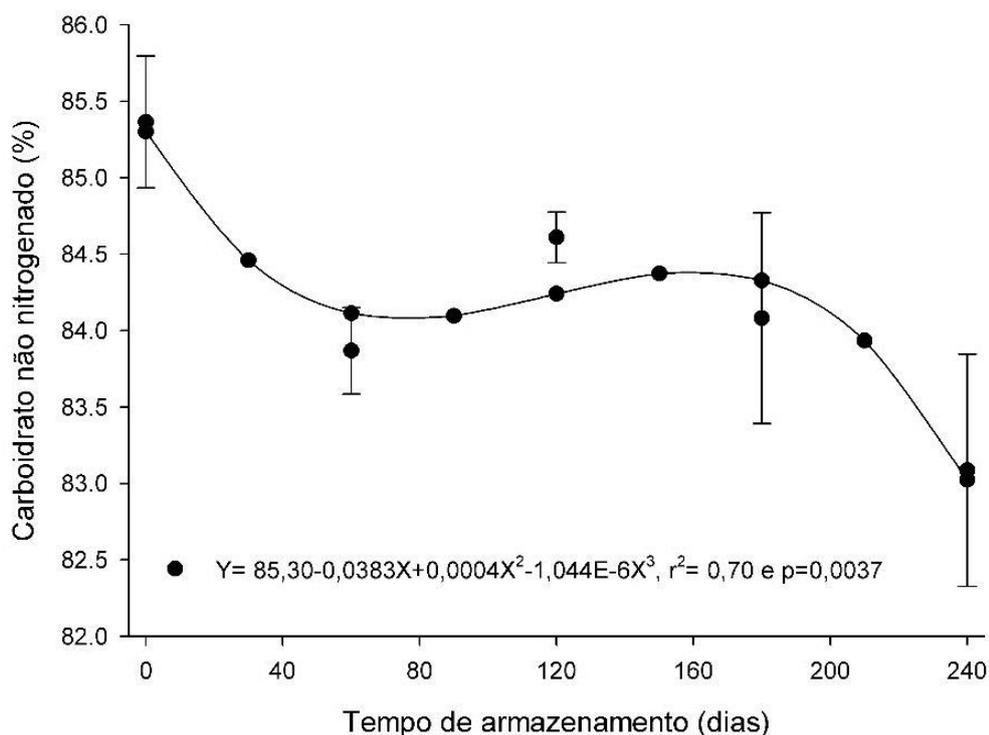


FIGURA 13. Percentual de carboidratos ou extrativo não nitrogenado dos grãos de milho, do Híbrido Pioneer 30F53VYHR, em relação ao tempo de armazenamento, independentemente do manejo de pré-limpeza (grãos limpos e não limpos). Eldorado do Sul, RS, 2017.

É possível observar uma queda de aproximadamente 2,2% de carboidratos ao longo do tempo de armazenamento. É possível verificar que o comportamento desta curva é o oposto à curva de proteína bruta (Figura 10), já que este componente é obtido da diferença de 100 retirando-se os outros componentes do grão, que são: proteína, extrato etéreo e cinzas. A variação no teor de carboidratos está relacionada à variação dos demais compostos químicos analisados, então conforme houve aumento da proteína bruta, houve diminuição do extrativo não nitrogenado do grão.

Essa diminuição do teor de carboidratos ocorre pois estes constituintes dos grãos são diretamente consumidos pelo metabolismo destes e de microrganismos associados, resultando em decréscimo do seu conteúdo ao longo do tempo de armazenamento.

Bhattacharya e Raha (2002), observaram que o conteúdo total de carboidratos em grãos de milho foi de 74,7%, reduzindo gradualmente para 57% com 12 meses de armazenamento. Neste presente trabalho, o teor de carboidratos no início do trabalho foi de mais de 85%, e aos 8 meses baixou para aproximadamente 83%, valores acima do encontrado pelos autores citados, porém com redução, conforme observado por estes autores.

As menores variações nas frações proteína e extrato etéreo, conduzem ao comportamento observado, onde as menores variações estão associadas aos melhores efeitos conservativos destes compostos nos grãos durante o armazenamento (Caldasso, 1998; Dionello, 2000; Elias, 2002; Elias & Oliveira, 2009).

4.4 Análise sanitária

O resumo da ANOVA, pelo teste F ($p < 0,05$), para a análise sanitária dos grãos de milho, está descrito na Tabela 9, onde se observa que houve interação entre os fatores manejo de pré-limpeza e tempo de armazenamento para os três fungos avaliados. Além disso, há diferença significativa entre os tratamentos e o adicional.

TABELA 9. Resumo da Análise de Variância (ANOVA) pelo teste F ($p < 0,05$) dos dados referentes à análise sanitária de grãos de milho, do Híbrido Pioneer 30F53VYHR, em relação ao manejo de limpeza e ao longo do tempo de armazenamento. Eldorado do Sul, RS, 2017.

Fator de Variação	GL ¹	Valor de p		
		<i>Aspergillus spp.</i>	<i>Fusarium spp.</i>	<i>Penicillium spp.</i>
Manejo (M)	1	<0,0001	0,0227	<0,0001
Tempo (T)	4	<0,0001	<0,0001	0,0005
T x M	4	<0,0001	0,0003	0,0025
M x Adicional	1	<0,0001	<0,0001	<0,0001
C.V. (%)	-	12,31	5,04	12,37

¹GL (Graus de Liberdade).

Na Tabela 10, está descrita a comparação de médias pelo Teste de Dunnet ($p < 0,05$), para as variáveis sanitárias realizadas. É possível observar a variação das médias conforme o manejo de limpeza e ao longo do tempo de armazenamento, em comparação com o controle.

TABELA 10. Comparação de médias pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$) para a variáveis sanitárias de grãos de milho, do Híbrido Pioneer 30F53VYHR, em relação ao manejo de limpeza e ao longo do tempo de armazenamento. Eldorado do Sul, RS, 2017.

Pré-Limpeza	Tempo (dias)	Dados em %		
		<i>Aspergillus</i> spp.	<i>Fusarium</i> spp.	<i>Penicillium</i> spp.
Não	0	15,0*	70,67	24,83
Não	60	24,8	82,17*	26,33
Não	120	0,25	81,33*	27,26
Não	180	4,50	55,33	32,83
Não	240	4,83	64,83	35,33
Sim	0	9,17	69,67	13,50
Sim	60	9,33	82,50*	25,83
Sim	120	0,50	82,66*	27,33
Sim	180	1,00	37,50	24,33
Sim	240	1,83	66,00	20,33
Adicional	-	16,00*	88,50*	44,50*

*médias seguidas de asterisco, na coluna, não diferem estatisticamente do tratamento adicional, pelo Teste de Dunnett ($p < 0,05$).

Os grãos apresentaram grande incidência de fungos na amostra controle, coletada no dia da colheita, como pode ser observado na Tabela 10. Então a contaminação fúngica iniciou na lavoura, mesmo de fungos considerados de armazenamento. Ao longo do armazenamento houve grande variação da incidência destes fungos, já que ocorreu aumento e diminuição do teor de água dos grãos (Figura 4), e os fungos são dependentes deste fator, entre outros, para se reproduzir.

Os fungos analisados no teste de sanidade dos grãos de milho foram *Aspergillus* spp., *Fusarium* spp. e *Penicillium* spp. De acordo com diversos autores como Puzzi (2000), Elias (2008), Ferrari Filho *et al.* (2014), Tsedaley & Adugna (2016), estes são os gêneros de maior ocorrência durante o armazenamento, pela alta capacidade de associação com os grãos. No entanto, de acordo com Mukanga *et al.*, (2010), os gêneros de fungos mais importantes associados com milho são *Fusarium* e *Aspergillus*.

Como evidenciado por Bento *et al.* (2012), quando o milho é armazenado sob condições ambientais não controladas, também associadas à alta umidade, mesmo gêneros não característicos do armazenamento têm a capacidade de aumentar a infestação, como *Fusarium* spp. Além disso, de acordo com os mesmos autores, a incidência dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium* em grãos de milho recém colhidos, geralmente são baixos. No entanto, durante o armazenamento, sua capacidade de multiplicação pode ser potencializada, porque a sua capacidade de propagação ocorre mesmo quando o material tem um teor de água considerado como baixo, como 13%. O que foi verificado no presente trabalho ou seja, uma maior contaminação de *Fusarium*, e menor contaminação de *Penicillium* e *Aspergillus*.

Morais *et al.* (2016), realizando trabalho com soja, observaram relação entre a umidade dos lotes com os resultados de sanidade, pois a umidade é um dos fatores limitantes para o aparecimento dos fungos. Os autores observaram que os lotes após a pré-limpeza e após a secagem apresentaram o menor teor de água, o que causou menor incidência destes fungos, enquanto o lote antes da pré-limpeza e caminhão apresentaram os valores mais altos de teor de água. Este presente trabalho está de acordo com o realizado por estes autores, onde os grãos sob manejo de pré-limpeza apresentaram menor incidência de fungos.

Segundo Puzzi (2000), os grãos úmidos provocam aumento da temperatura na massa durante o armazenamento, que pode atingir até 55°C. Os fungos são responsáveis por grande parte da respiração nos grãos úmidos. Com o aumento na respiração, ocorre aquecimento e aumento da umidade na massa de grãos pela liberação de energia. Segundo este autor, estudos têm demonstrado que o teor de água de grãos no armazenamento pode variar em

diferentes regiões da célula do silo. De tal modo, mesmo que os grãos tenham sido armazenados com baixos teores de umidade, algumas regiões podem apresentar níveis de umidade maiores do que outras e favorecer o desenvolvimento de fungos em decorrência da migração de umidade. Isto pode ter ocorrido no presente trabalho durante o período de armazenamento, gerando variações de incidência de fungos.

Nesta análise sanitária, os fungos do gênero *Fusarium* tiveram maior incidência, seguidos por *Penicillium* e *Aspergillus*, sendo que, os valores máximos de incidência encontrados para estes foram, 90, 35 e 20%, respectivamente. Esse resultado está de acordo com o obtido por Orsi *et al.* (2000), que também observaram esta ordem de ocorrência em grãos de milho armazenados.

Os fungos dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium* são considerados fungos de armazenamento, que necessitam de teores de umidade entre 13% e 18%, e sua ocorrência é pouco frequente durante o crescimento da planta no campo e em grãos recém-colhidos (Lazzari, 1997). As amostras de milho apresentaram contaminação por estes fungos, sugerindo que os mesmos possam ter contaminado os grãos ainda no campo, pois amostras retiradas no dia da colheita do milho já estavam contaminadas por estes fungos. A presença desses fungos são indicadores de deterioração de sementes e grãos, e, além disso, gerando a possibilidade de produção de micotoxinas (Cruz *et al.*, 2008).

Em relação ao fungo do gênero *Aspergillus*, observa-se na Tabela 9, que houve interação entre os fatores tempo de armazenamento e manejo de limpeza. Na Figura 14 pode ser observada a incidência deste fungo, de acordo com o manejo de limpeza e ao longo do tempo de armazenamento.

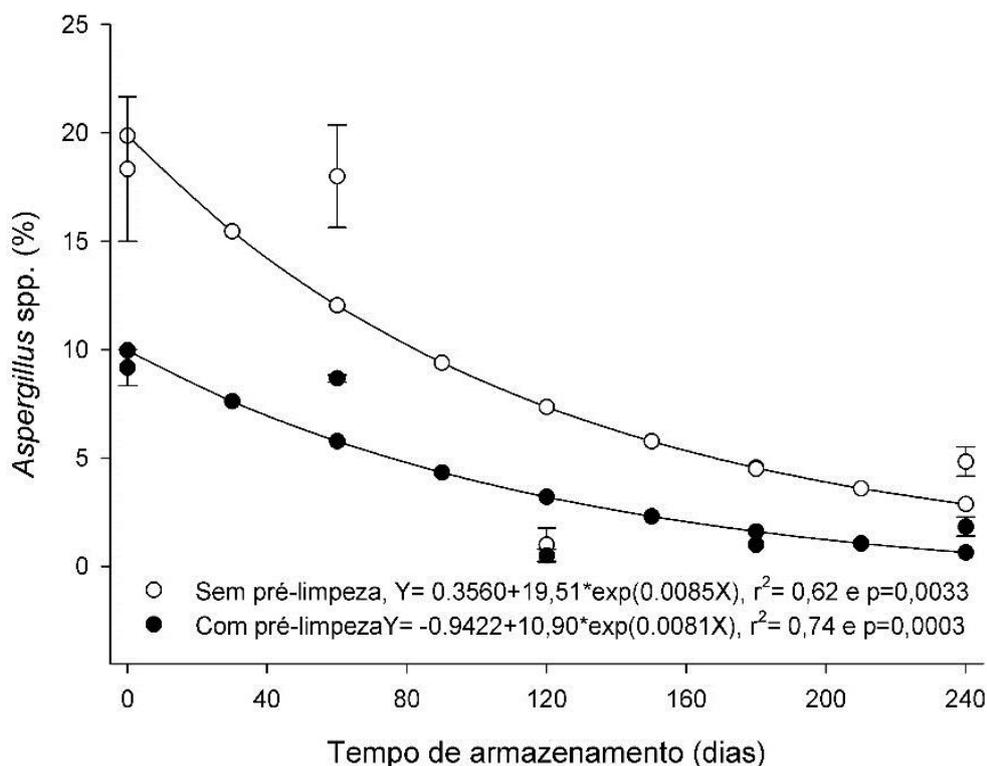


FIGURA 14. Percentagem de *Aspergillus* spp. nos grãos de milho, do Híbrido Pioneer 30F53VYHR, armazenados em relação ao tempo de armazenamento e manejo de pré-limpeza. Eldorado do Sul, RS, 2017.

Ocorreu decréscimo na incidência deste fungo ao longo do período de armazenamento. Os grãos sob manejo com pré-limpeza apresentaram menor incidência deste fungo durante todo o período de armazenagem, evidenciando a importância da pré-limpeza na diminuição das taxas de incidência dos fungos. Ao se retirar as impurezas, material estranho e grãos quebrados, a reprodução dos fungos nos grãos é desfavorecida, já que estes não atacam grãos inteiros.

Navarro *et al.* (2002), relatam que a plena germinação de esporos de *A. flavus* ocorre em grãos de milho com teor de água de 16% a 17% (b.u.) e temperatura de 28°C. Então a incidência deste fungo pode ser proveniente da contaminação nos campos de produção de grãos, nas moegas ou nos silos

pulmões. Neste presente estudo, se observou incidência deste fungo em amostra proveniente da lavoura, estando de acordo com o trabalho dos autores.

Na análise dos fungos do gênero *Fusarium*, observa-se que houve interação entre os fatores manejo de limpeza e tempo de armazenamento, conforme Tabela 9. Houve um aumento da incidência deste fungo nos grãos, coincidindo com o aumento do teor de água destes grãos, para em torno de 14%, dos 60 aos 120 dias de armazenamento (Figura 3). E, quando o teor de água baixou novamente aos 12%, ocorre a diminuição da incidência deste gênero.

Na Figura 15, pode-se observar que durante a maior parte do armazenamento, a pré-limpeza foi eficiente na diminuição das taxas de incidência deste gênero de fungo. Sendo que, no início do período de armazenamento, e no final do período da avaliação, a infestação nos grãos sob manejo de limpeza e sem esse manejo, foi similar. Esse resultado inicial, é explicado pela alta incidência de *Fusarium* spp oriundos da lavoura de milho, já que este é considerado um fungo de campo. Ao final do armazenamento, ocorreu um aumento da temperatura do ar que favoreceu o desenvolvimento do fungo.

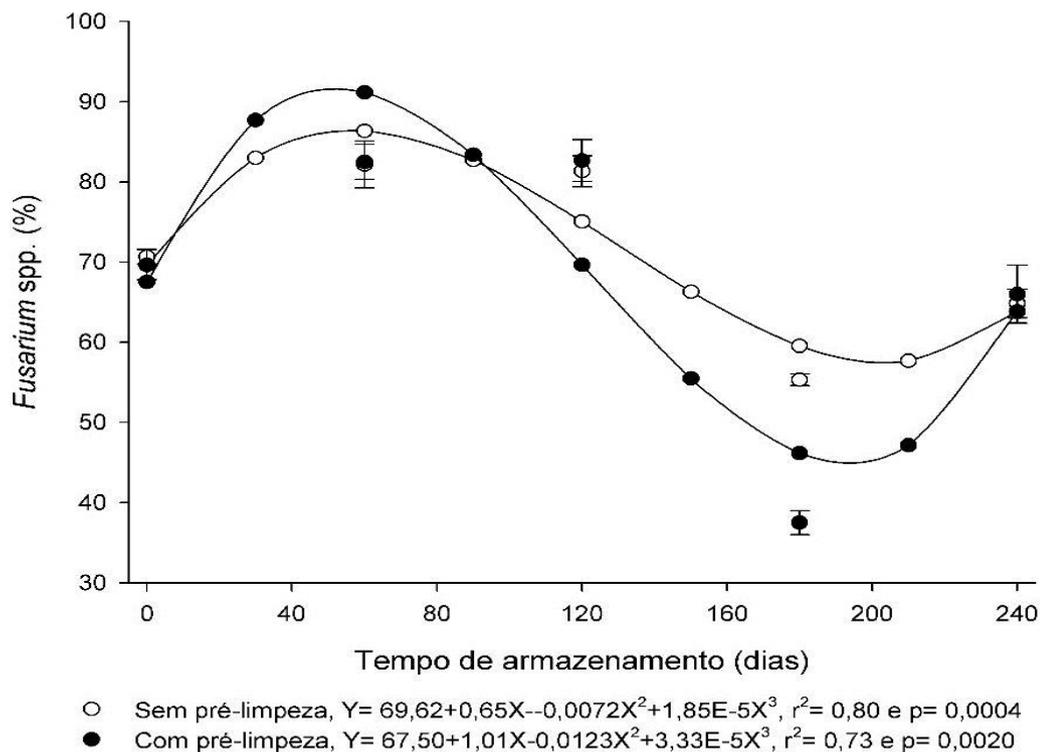


FIGURA 15. Percentagem de *Fusarium* spp. nos grãos de milho, do Híbrido Pioneer 30F53VYHR, armazenados em relação ao tempo de armazenamento e manejo de pré-limpeza. Eldorado do Sul, RS, 2017.

Oliveira *et al.* (1997), trabalhando com tratamento de sementes de milho no armazenamento convencional, observou que sementes não tratadas com fungicida apresentaram alto índice de infestação com *Fusarium* spp. e *Penicillium* spp. Além disso, verificaram diminuição da incidência de *Fusarium* spp. e aumento da incidência de *Penicillium* spp.. Resultados similares foram encontrados por Bankole (1994) e Mycock & Berjak (1995), que verificaram em sementes de milho durante o armazenamento convencional, redução de *Fusarium* spp. e aumento dos fungos do gênero *Aspergillus* e *Penicillium*. No entanto, no presente trabalho, observou-se uma diminuição dos gêneros *Fusarium* e *Aspergillus*.

Tanaka (2001), realizou trabalho sobre a sobrevivência de *Fusarium moniliforme* em duas condições de armazenamento sementes de milho durante 12 meses, em câmara fria (14 °C e 40% UR) e ambiente não controlado, observou que em todos os lotes, o fungo permaneceu viável até o final do período, nas duas condições de armazenamento. A autora retifica a importância deste fungo para a produção de sementes, já que este causa podridão de semente e redução do estande de plantas. Resultado semelhante ao verificado neste presente trabalho, onde se observou a viabilidade de esporos de *Fusarium* spp. até os 240 dias de armazenamento.

Em relação ao fungo *Penicillium*, houve interação entre os fatores manejo de limpeza e tempo de armazenamento, conforme Tabela 9. Os grãos sob manejo com pré-limpeza, tiveram menor incidência deste fungo, em relação ao manejo sem limpeza, durante todo o período do armazenamento. Além disso, na Figura 16, é possível verificar que os grãos sob manejo sem pré-limpeza, tiveram aumento linear de incidência deste fungo ao longo do armazenamento. Já nos grãos sob manejo com pré-limpeza, ocorreu incremento na incidência do fungo no período do armazenamento onde o teor de água (Figura 3) foi aumentando, e uma redução, quando o teor de água dos grãos foi reduzindo.

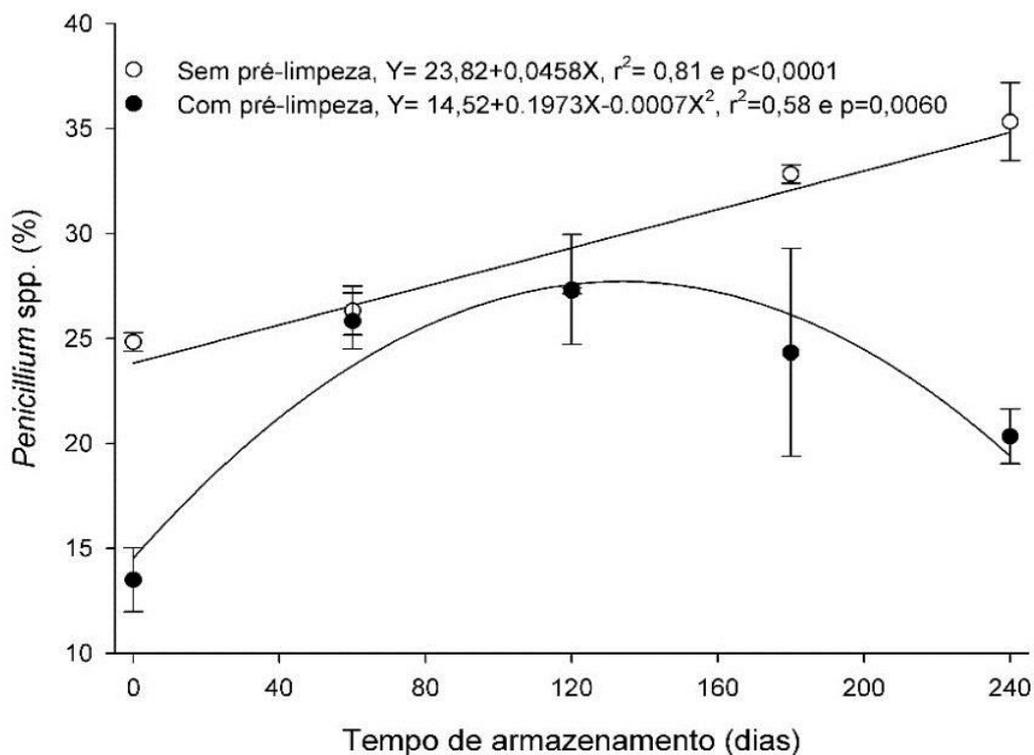


FIGURA 16. Percentagem de *Penicillium* spp. nos grãos de milho, do Híbrido Pioneer 30F53VYHR, armazenados em relação ao tempo de armazenamento e manejo de pré-limpeza. Eldorado do Sul, RS, 2017.

Morais *et al.* (2016), em trabalho com beneficiamento de soja, observaram diferença significativa para a incidência do fungo *Penicillium*, entre os lotes antes da pré-limpeza e após a pré-limpeza. Segundo os autores, o lote que apresentou o melhor padrão de sanidade foi o lote após a pré-limpeza, mesmo quando avaliada a incidência dos três fungos (*Fusarium*, *Penicillium* e *Aspergillus*), devido a retirada das impurezas. Os autores também constataram, na mesma forma, que o lote que apresentou pior condição de sanidade foi o lote antes da pré-limpeza, no qual observou-se menor pureza física e maior teor de umidade. Resultado similar a este foi encontrado neste presente trabalho.

Os relatos da presença de fungos toxigênicos em milho no Brasil apontam a predominância de *Fusarium* sp., seguido de *Penicillium* sp. e *Aspergillus* sp.

(Castro *et al.*, 1995; Almeida *et al.*, 2000; Orsi *et al.*, 2000; Ferrari Filho *et al.*, 2014). Este trabalho está de acordo com estes autores.

4.5 Análise toxicológica

O resumo da ANOVA, pelo teste F ($p < 0,05$), para a análise toxicológica de fumonisina B1 em grãos de milho, está descrito na Tabela 11.

TABELA 11. Resumo da Análise de Variância (ANOVA) pelo teste F ($p < 0,05$) dos dados referentes à análise toxicológica de fumonisina B1, de grãos de milho, do Híbrido Pioneer 30F53VYHR, em relação ao manejo de limpeza e ao longo do tempo de armazenamento. Eldorado do Sul, RS, 2017.

Fator de Variação	Graus de Liberdade	Valor de p
		Fumonisina B1
Manejo de Limpeza (M)	1	0,9793
Tempo (T)	4	0,5758
T x M	4	0,9049
M x Adicional	1	0,958
C.V. (%)	-	93,25

Não houve diferença estatística entre os manejos de pré-limpeza e ao longo do tempo de armazenamento. Todas as amostras analisadas estavam contaminadas com esta micotoxina, inclusive a amostra retirada no momento da colheita. Os resultados apresentaram grande variação entre as amostras, de 89 a 1275 ppb, sendo que a variação entre os valores médios das amostras foi de 228 a 462 $\mu\text{g}/\text{kg}^{-1}$, com média geral 321 $\mu\text{g}/\text{kg}^{-1}$. Esta variação nos resultados é considerada normal, pois as micotoxinas são distribuídas de forma bastante heterogênea na massa de grãos. O limite máximo tolerado de fumonisinas B1 e B2 permitido pelo Ministério da Saúde/Anvisa, Brasil (2011), para alimentos destinados ao consumo humano no Brasil é de 5000 $\mu\text{g}/\text{kg}^{-1}$ para milho em grão,

então os resultados encontram-se de acordo com a legislação para a comercialização.

Neste trabalho, no item 4.4 da análise sanitária, pode observar presença constante do fungo *Fusarium* spp., responsável pela produção de fumonisina, durante todo o período de armazenamento. A presença da micotoxina significa que houve condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento desta na massa de grãos, e até mesmo na lavoura, já que a amostra recém colhida já apresentava contaminação por esta micotoxina. Acredita-se que as fumonisinas encontradas, provém quase que exclusivamente da fase pré-colheita, não sendo produzidas no armazenamento, justificando não ter ocorrido diferença estatística entre os manejos de pré-limpeza e ao longo do tempo de armazenamento.

Na análise toxicológica das aflatoxinas B1, B2, G1 e G2, estas não foram detectadas, em nenhuma amostra de milho. Houve a presença de *Aspergillus* spp. desde a colheita do milho, porém as condições ambientais não foram propensas para a produção desta micotoxina. O limite máximo tolerado permitido no Brasil (Brasil, 2011(b)), e Mercosul para o somatório das aflatoxinas B1, B2, G1 e G2 é de 20 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ para milho em grão.

Nicásio *et al.* (1995), analisaram um total de 40 amostras de milho e não encontraram aflatoxinas em nenhuma das amostras. Outros autores relataram a ausência destas toxinas, mesmo quando era observado o crescimento de fungos toxigênicos (Dilkin *et al.*, 2000; Pezzini *et al.*, 2005). O presente estudo está de acordo com estes resultados.

Em trabalho realizado por Quirino *et al.* (2013), sobre o resfriamento artificial na conservação da qualidade comercial de grãos de milho armazenados, os autores, no septo aerado, relataram que não foi detectada

aflatoxina nos grãos armazenados. Já no septo resfriado, o teor máximo de aflatoxina foi de 1 mg.L^{-1} . Nos dois septos avaliados ocorreu a proliferação do fungo *Aspergillus* spp., porém a presença do fungo não implicou na ocorrência da micotoxina, sugerindo que as espécies toxigênicas não tiveram condições ambientais favoráveis para a produção de micotoxinas, resultado semelhante ao encontrado neste trabalho. Os autores ressaltam que os valores encontrados de aflatoxina são insignificantes, considerando que o nível admitido para grãos de milho destinados à fabricação de alimentos prontos para oferta ao consumidor é de $20 \text{ } \mu\text{g /kg}^{-1}$ (Anvisa, 2011).

Bento *et al.* (2012), avaliando a ocorrência de fungos e aflatoxinas em milho no Estado do Mato Grosso, na safra 2009, detectaram níveis de contaminação variando de 1 a $12,2 \text{ } \mu\text{g.kg}^{-1}$ de aflatoxina B1, de 1 a $1,1 \text{ } \mu\text{g.kg}^{-1}$ de aflatoxina B2 e as aflatoxinas G1 e G2 não foram detectadas. Na safra 2010, não foi detectada presença de aflatoxinas totais nas amostras das regiões Norte e Sul do Mato Grosso. Estes autores ressaltaram a importância do fator ambiente para a produção de micotoxinas pelos fungos, que pode variar conforme a safra. Este presente trabalho está de acordo com citado pelos autores.

Em estudo realizado por Kawashima & Soares (2006) sobre a incidência de fumonisina B1, aflatoxinas B1, B2, G1 e G2, ocratoxina A e zearalenona em produtos de milho, os autores relatam que a fumonisina B1 foi encontrada em 94,6% das amostras em concentrações variando de 20 a $8600 \text{ } \mu\text{g/kg}$. Além disso, apenas 5 amostras continham aflatoxina B1 e o teor máximo encontrado foi $20 \text{ } \mu\text{g/kg}$, e duas amostras ultrapassaram o limite de $20 \text{ } \mu\text{g/kg}$ para a somatória das aflatoxinas B1, B2, G1 e G2 que foram farinha de milho pré-cozida com $21,5 \text{ } \mu\text{g/kg}$ e quirera (xerém) com $23,3 \text{ } \mu\text{g/kg}$. Também relatam que as

aflatoxinas G1 e G2, ocratoxina A e zearalenona não foram detectadas em nenhuma das amostras, e todas as amostras contaminadas com aflatoxinas também apresentaram fumonisina B1. Os resultados encontrados neste presente trabalho, são semelhantes aos encontrados por estes autores.

Tibola *et al.* (2016), realizaram trabalho para avaliar os efeitos de processos de limpeza, triagem e moagem de trigo na distribuição de micotoxinas de *Fusarium* em duas cultivares de trigo naturalmente contaminadas, BRS Parrudo e BRS 374. De acordo com estes autores, os métodos de limpeza e classificação pós-colheita reduziram significativamente o conteúdo de micotoxinas no trigo. A redução das micotoxinas foi progressiva através de cada método de processamento, sendo que o equipamento de separação por gravidade resultou nos menores níveis de contaminação em produtos destinados ao consumo humano para ambas as cultivares. Através do processo de moagem, a contaminação por DON na farinha foi significativamente menor que a do trigo moído, uma redução de aproximadamente $500 \mu\text{g.kg}^{-1}$ na cultivar Parrudo, e de aproximadamente $3000 \mu\text{g.kg}^{-1}$ na cultivar BRS 374. No entanto, não houve diferenças significativas na contaminação entre o trigo moído e o farelo. Os autores concluíram que os métodos de limpeza e triagem para ambas as cultivares de trigo geraram alimentos mais seguros em comparação com amostras de trigo não triadas. Além disso, ressaltam que as micotoxinas são um contaminante onnipresente e são difíceis de prevenir ou reduzir; e, portanto, é importante estabelecer as contribuições das etapas de processamento para eliminar as micotoxinas na produção de alimentos.

Em estudo realizado por Oliveira *et al.* (2010), avaliando as micotoxinas e a segurança alimentar na soja armazenada, relataram que na etapa de recepção,

a única micotoxina encontrada nos grãos de soja foi a aflatoxina B1, na concentração de 1 ppb, em amostras de soja convencional. Nos grãos de soja transgênica, não foi detectada nenhuma micotoxina. Além disso, em relação às impurezas e/ou matérias estranhas amostradas na etapa de recepção, verificaram a presença de aflatoxina B1 em todas as amostras, com valores variando de 1,6 a 9,8 ppb, sendo este último valor muito próximo ao limite máximo para sementes oleaginosas, que é de 10 ppm (Anvisa, 2009). Já em relação às impurezas e/ou matérias estranhas na etapa de expedição, foi verificada a presença de aflatoxinas B1 e zearalenona em todas as amostras. Os autores concluem que a fonte de contaminação de micotoxinas foram as impurezas e/ ou matérias estranhas que podem ser misturadas até o limite de 1% na etapa de expedição, comprometendo a segurança alimentar da soja e de toda sua cadeia alimentar. Neste presente trabalho, a presença de até 1% de impurezas e matéria estranhas no milho não foi suficiente para apresentar diferença estatística entre os manejos de pré-limpeza.

Guimarães *et al.* (2008) em experimento avaliando o efeito do beneficiamento no teor de micotoxinas em grãos de milho, concluíram que os grãos de milho contaminados com deoxinivalenol não apresentam características físicas que os diferenciam dos demais, então a separação dos grãos por diferença de densidade é um processo ineficiente para esta micotoxina. Porém, segundo os autores, para fumonisinas o processo de limpeza dos grãos utilizando mesa gravitacional, foi eficaz em reduzir a concentração dessa micotoxina, permitindo recuperar cerca de 80% dos grãos de cada lote, com um teor em fumonisinas abaixo de 2000 ppb. Os autores ressaltam que estes resultados refletem o efeito positivo da limpeza dos grãos, a fim de diminuir

o teor de fumonisina. No presente trabalho a pré-limpeza não foi eficiente na redução dos teores de fumonisina, já que estes apresentavam menos de 2000 ppb de fumonisina, discordando do trabalho destes autores. Sabe-se que essa micotoxina pode ser oriunda do campo, então, quando em grandes quantidades como no trabalho dos autores, a passagem dos grãos pela máquina de pré-limpeza apresentaria melhor eficiência.

5 CONCLUSÕES

A pré-limpeza mostra-se eficiente mesmo em milho com boa qualidade inicial, ou seja, com menos de 1% de impurezas e matéria estranha, que é o exigido pela IN 60/2011, para o enquadramento do milho no Tipo 1. Portanto, conclui-se que os teores de matéria estranha e impurezas de 1% permitidos pela legislação, são eficientes para o armazenamento de milho por até 4 meses, nas condições ambientais da realização do experimento.

Grãos limpos apresentam melhor enquadramento de Tipo e menor teor de grãos avariados ao longo do armazenamento, quando comparados aos sem limpeza.

Grãos submetidos à pré-limpeza apresentam menor variação do teor de água a partir dos 180 dias de armazenamento, sendo que este é fundamental para uma adequada armazenagem, principalmente a longo prazo.

A pré-limpeza dos grãos contribui para a menor incidência de fungos do gênero *Fusarium*, *Aspergillus* e *Penicillium*, potencialmente produtores de micotoxinas, durante o armazenamento.

Nos grãos sob manejo de pré-limpeza se observa menor variação da proteína bruta e acidez de gordura, em relação ao outro manejo.

Aflatoxinas não foram detectadas em nenhum manejo avaliado. Já as fumonisinas foram detectadas, porém não apresentam diferença estatística entre os fatores manejos de pré-limpeza e tempo de armazenamento.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com as condições ambientais de realização de estudo e os métodos de avaliação empregados, os diferentes manejos de pré-limpeza não influenciaram no armazenamento de milho, até o quarto mês. Assim, a hipótese de que é necessário a realização do processo de pré-limpeza em milho Tipo 1 não foi confirmada. No entanto, este e diversos estudos demonstram que quanto menor o teor de impurezas, matéria estranha e grãos quebrados a massa de grãos possui, maior é o tempo que estes grãos podem ser armazenados e melhor é a qualidade do produto ao final do período de armazenamento.

Em relação à análise de micotoxinas, é necessário planejar adequadamente esta etapa, pois a amostragem é fundamental para um bom resultado. A contaminação com micotoxinas ocorre em focos na massa de grãos, então a amostra retirada deve ser representativa.

Faz-se necessário desenvolver novos trabalhos em relação a pré-limpeza de milho e outros grãos, utilizando teores de matéria estranha e impurezas maiores que 1%, para verificar o comportamento da massa de grãos. Os grãos utilizados para o trabalho possuíam ótima qualidade inicial, então a eficiência da pré-limpeza passou despercebida, principalmente com o início do período de frio, que diminui a incidência de pragas e respiração dos grãos.

7 REFERÊNCIAS

AACC – American Association of Cereal Chemists. **Approved methods AACC**. 10th ed. St. Paul, MN, 2000.

AOAC – Association of Official Analytical Chemistry. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 16 ed. Arlington: Whashington, 1997, v.2.

AOCS – American Oil Chemists Society. **Official and Tentatives Methods of American Oil Chemistry Society**. New York, 1996.

ABBAS, H.K. et al. Ecology of *Aspergillus flavus*, regulation of aflatoxin production, and management strategies to reduce aflatoxin contamination of corn. **Toxin Reviews**, London, v. 28, p.142–153, 2009.

ABRAMILHO - Associação Brasileira dos Produtores de Milho. **Consumo mundial de grãos deve atingir novo recorde**. [2017] Disponível em: <<http://www.abramilho.org.br/>>. Acesso em: 30 jan. 2018.

ALBORCH, L. et al. Mycobiota and mycotoxin contamination of maize flours and popcorn kernels for human consumption commercialized in Spain. **Food Microbiology** v. 32, p. 97-103, 2012.

ALENCAR, E.R. et al. Qualidade dos grãos de soja armazenados em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 5, p. 606-613, 2009.

ALMEIDA, A. P. et al. Mycoflora and aflatoxin/fumonisin production by fungal isolates from freshly harvested corn hybrids. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 31, n. 4, p. 321-326, 2000.

AMARAL, A.S.; BICCA, L.H.F.; WOBETO, L.A. Classificação de sementes de ervilha. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.348, p.32-35, 1984.

ANTUNES, L. E. G. et al. Características físico-químicas de grãos de milho atacados por *Sitophilus zeamais* durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 6, p.615-620, mar. 2011b.

ANTUNES, L. E. G. et al. Controle de gorgulho-do-milho submetido ao tratamento térmico. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 10, n. 3, p. 196-204, 2011a.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Consulta Pública nº 100, de 21 de dezembro de 2009**. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso em: 07 fev. 2018.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 7, de 18 do fevereiro de 2011. Dispõe sobre limites máximos tolerados (LMT) para micotoxinas em alimentos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF. 09/03/2011.

AOAC - Association of Official Analytical Chemistry. **Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists**. 18.ed. Gaithersburg, Maryland, 2005.

BANKOLE, S.K. Changes in moisture content fungal infection and kernel germinability of maize in storage. **International Journal of Tropical Plant Diseases**, Ago-Iwoye. v.12, n.2, p.213-218.1994.

BENNET, J.W.; KLICH, M. Mycotoxins. **Clinical Microbiology Reviews**, Washington, v. 16, p. 497–516, 2003.

BENTO, L. F. et al. Ocorrência de fungos e aflatoxinas em grãos de milho. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v.71, p.44-49, 2012.

BERGAMASCHI, H. et al. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, p.831-839, 2004.

BHATTACHARYA, K.; RAHA, S. Deteriorative changes of mize, groundnut and soybean seeds by fungi in storage. **Mycopathologia**, Den Haag, v. 155, n. 3, p. 135-141, 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura, pecuária e Abastecimento. **Armazenagem Brasil cenário atual**: Março de 2014. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/camaras_tematicas/Credito/8RO/APP%20Armazenagem_8RO_Credito.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº60 de 22 de dezembro de 2011. Padrão oficial de classificação do milho. **Diário Oficial [da] República Federativa**, Brasília, DF, Seção 1, 23 dez 2011a.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução RDC nº 7, de 18 de fevereiro de 2011. Dispõe sobre limites máximos tolerados (LMT) para micotoxinas em

alimentos. **Diário Oficial [da] República Federativa**. Brasília, Seção I, p. 66. 9 mar. 2011b.

BURKOT, Claudio Roberto. **A qualidade desejada na secagem e armazenagem de grãos em uma cooperativa no município de Ponta Grossa – PR**. 2014. Disponível em: <<http://periodicos.ufsm.br/rgc/article/view/15479/pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2018.

CALDASSO, L. H. **Ácidos orgânicos e sistemas de armazenamento na conservação de milho em pequena escala**. 1998. 60f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1998.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.

CASTRO, M. F. P. P. M; VALENTE SOARES, L. M.; FURLANI, R. P. Z. Mycoflora, aflatoxigenic species and mycotoxins in freshly harvested corn (*Zea mays* L.): a preliminary study. **Revista de Microbiologia**, São Paulo, v. 2, n. 4, p. 289-295, 1995.

CHULZE, S.N. Strategies to reduce mycotoxin levels in maize during storage: a review. **Food Additives and Contaminants**. Abingdon, v. 27, p. 651–657, 2010.

CONAB – Companhia Nacional do Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**. SAFRA 2017/18- N. 3. 2017.

COSTA, A. R. et al. Qualidade de grãos de milho armazenados em silos bolsa. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 41, n. 2, p. 200-207, 2010.

CRUZ J.C. et al. **A cultura do milho**. 1ª ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008.

DILKIN P, et al. Classificação macroscópica, identificação da microbiota fúngica e produção de aflatoxinas em híbridos de milho. **Ciência Rural**. Santa Maria, v 30, n1, p.137-41, 2000.

DIONELLO, R. G. et al. Temperatura do ar na secagem estacionária e tempo de armazenamento na qualidade de grãos de milho. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 6, n. 2, p. 137-143, 2000.

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.

EICHELBERGER et al. Efeito da Pré-limpeza na qualidade fisiológica de sementes de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) submetidas ao

retardamento da secagem e ao armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 22, n 2, p.268-278, 2000.

ELIAS M. C. **Manejo tecnológico da secagem e do armazenamento de grãos**. Pelotas: Ed. Santa Cruz, 2008. 457 p.

ELIAS, M. C. **Armazenamento e conservação de grãos, em médias e pequenas escalas**. 3 ed. Ed. UFPEL, 2002. 218 p.

ELIAS, M. C.; OLIVEIRA, M. de. **Aspectos Tecnológicos e Legais na Formação de Auditores Técnico do Sistema Nacional de Certificação de Unidades Armazenadoras**. Pelotas: Ed. Santa Cruz, 2009. 430p.

FAO - Food and Agriculture Organization. **FAO STAT - Agriculture Statistics 2013**. Disponível em: <<http://www.fao.org/corp/statistics/en/>>. Acesso em: 25 jan. 2018.

FARONI, L. R. A. et al. Avaliação qualitativa e quantitativa do milho em diferentes condições de armazenamento. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 13, n. 3, p. 193-201, 2005.

FERNANDES, Q. S.; ROSALEM, V. **O cenário da armazenagem no Brasil**. 2014. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/seminario/O_cenario.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2018.

FERRARI FILHO, E. et al. Efeito de diferentes fontes energéticas na secagem e de tempos de armazenagem sobre as características físicas e tecnológicas de grãos de milho. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 20, n. 1, p.71-79, 2014.

FERREIRA, R. L. **Etapas do beneficiamento na qualidade física e fisiológica de sementes de milho**. 2010. 50 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Universidade Estadual Paulista. Ilha Solteira - SP, 2010.

GELDERBLOM, W.C.A. et al. Fumonisins – Novel mycotoxins with cancer-promoting activity produced by *Fusarium moniliforme*. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 54, p. 1806-1811, 1988.

GUIMARÃES, L. J. M. et al. **Efeito do Beneficiamento no Teor de Micotoxinas em Grãos de Milho**. 2008. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/30078/1/Efeito_beneficiamento.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2018.

GUTKOSKI, L. C. et al. Avaliação da composição química de milho seco e armazenado em silo tipo alambrado com ar natural forçado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 4, p. 879-885, 2009.

HALÁSZ, A. et al. Decontamination of Mycotoxin-Containing Food and Feed by Biodegradation. **Food Reviews International**, London, v. 25, p. 284-298.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ: **Métodos Químicos e Físicos para Análise de Alimentos**. 3. ed. São Paulo: IMESP, 1985. p. 245-246. v. 1.

KAWASHIMA, L. M.; SOARES, L. M. V. Incidência de fumonisina B1, aflatoxinas B1, B2, G1 e G2, ocratoxina A e zearalenona em produtos de milho. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 3, n. 26, p.516-521, jul. 2006.

KAYS, S. J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. 532 p.

LAZZARI F.A. **Umidade, fungos e micotoxinas na qualidade de sementes, grãos e rações**. 2. ed. Curitiba: edição do autor; 1997.

LESLIE, J.F.; SUMMERELL, B.A. **The Fusarium Laboratory manual**. Ames: Blackwell, 2006, 388p.

LIMA, R. F. de. **Qualidade de grãos de milho submetidos à secagem com lenha em diferentes temperaturas e períodos de armazenamento**. 2014. 70 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Fitotecnia. Faculdade de Agronomia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

LIN, S. S. Efeito do período de armazenamento na lixiviação eletrolítica dos solutos celulares e qualidade fisiológica da semente de milho (*Zea mays* L) e feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v10, p59-67, 1988.

MAGAN, N.; ALDRED, D. Post-harvest control strategies: minimizing mycotoxins in the food chain. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 119, p. 131-139, 2007.

MANTOVANI, E.; SANTOS, J. P.; FONSECA, M. J. **Cultivo do Milho – Colheita e Pós-Colheita**. 2. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009.

MATIOLI, J. C.; ALMEIDA, A. A. Alterações nas características químicas dos grãos de milho causadas pela infestação do *Sitophilus oryzae*. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.4, p.36-46, 1979.

MENEZES, N. L. DE; LERSCH JUNIOR, I.; STORCK L. Qualidade física e fisiológica das sementes de milho após o beneficiamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, vol. 24, n. 1, p.97-102, 2002.

MORAIS, F. F. et al. Avaliação das perdas causadas no beneficiamento do grão de soja. **A Barriguda: revista científica**, Campina Grande, PB, v. 2, n. 6, p.242-257, abr. 2016.

MUIR, W. E. **Grain preservation biosystems**. Manitoba: Department of Biosystems Engineering, University of Manitoba, 2001. 421 p.

- MUKANGA, M. et al. A survey of preharvest ear rot diseases of maize and associated mycotoxins in south and central Zambia. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 141, n. 3, p.213-221, 2010.
- MYCOCK, D.J.; BERJAK, P. The implications of seed associated mycoflora during storage. In: JAIME, K.; GALILI, G. (Ed.). **Seed development and germination**. New York-Basel: Hong-Kong, 1995. 853p.
- NAVARRO, S.; NOMES, R.; JAYAS, D.S. Stored grain ecosystem and heat, and moisture transfer in grain bulks. In.: NAVARRO, S.; NOYES, R. (Ed). **The mechanics and physics of modern grain aeration management**. New York: CRC Press. 2002. p.35-78.
- NICÁSIO M.A.S.; PRADO G; LINARDI V.R. Determinação de aflatoxina e identificação da microbiota fúngica em milho (*Zea mays* L.) pós colheita. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**. Curitiba, v 38, p. 851-857, 1995.
- OLIVEIRA, J. A. et al. Comportamento de sementes de milho tratadas com fungicidas antes e após o armazenamento convencional. **Revista Brasileira de Sementes**, Lavras - Mg, v. 19, n. 2, p.207-212, 1997.
- OLIVEIRA, M. A.; LORINI, I.; MALLMANN, C. A. As micotoxinas e a segurança alimentar na soja armazenada. **Brazilian Journal Of Food Technology**, Campinas, v. 13, n. 01, p.87-91, 24 nov. 2010.
- ONO, E. Y. S. et al. Fumonisin in Corn: Correlation with *Fusarium* sp. count, damaged kernels, protein and lipid content. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 49, p. 63-71, 2006.
- ORSI, R. B. et al. Mycoflora and occurrence of fumonisins in freshly harvested and stored hybrid maize. **Journal of Stored Products Research**, Oxford, v. 36, n. 1, p. 75-87, 2000.
- PARAGINSKI, R. T. et al. Qualidade de grãos de milho armazenados em diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 4, p.358-363, abr. 2015.
- PEZZINI V., VALDUGA E., CANSINAI R. L. Incidência de fungos e micotoxinas em grãos de milho armazenados sob diferentes condições. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 64, n 1, p. 91-96, 2005.
- PUZZI, D. **Abastecimento e armazenamento de grãos**. Campinas, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 2000. 666 p.
- QUIRINO, J. R. et al. Resfriamento artificial na conservação da qualidade comercial de grãos de milho armazenados. **Bragantia**, Campinas, v. 72, n. 4, p.378-386, 2013.
- RIBEIRO, H.J.S.S; PRUDENCIO-FERREIRA, S.H. Propriedades físicas e químicas de feijão comum preto, cultivar iapar 44, após envelhecimento

- acelerado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.25, n.1, p.165-169, 2005.
- RILEY, R.T.; NORRED, W.P. Mycotoxin prevention and decontamination – a case study on maize. **FAO Catalogues**, Rome, v .23, p. 25-32, 1999.
- RODRIGUES, S. I. F. C. et al. Chemical and Energetic Content of Corn Before and After Pre-Cleaning. **Ciência Animal Brasileira, Goiânia**, v. 16, n. 2, p.158-168, jun. 2015.
- RUPOLLO, G. et al. Sistemas de armazenamentos hermético e convencional na conservabilidade de grãos de aveia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1715-1722, 2004.
- SALUNKHE, D. K.; CHAVAN, J. K.; KADAN, S. S. **Maize: Postharvest biotechnology of cereals**. Boca Raton: CRC, 1985. p. 127-146.
- SCHUH, G. et al. Efeitos de dois métodos de secagem sobre a qualidade físico-química de grãos de milho safrinha-RS, armazenados por 6 meses. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 235-244, 2011.
- SILVA, J. S. (Ed.). **Pré-processamento de produtos agrícolas**. Juiz de Fora - MG Brasil: Instituto Maria, 1995.
- SILVA, J. S. e et al. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. 2. ed. Viçosa - MG: Aprenda Fácil, 2008. 560 p.
- TANAKA, M. A.S. Sobrevivência de Fusarium moniliforme em sementes de milho mantidas em duas condições de armazenamento. **Fitopatologia Brasileira, Brasília**, v. 26, n. 1, p.60-64, mar. 2001.
- TELES, H. F. **Qualidade de sementes de soja e incidência de Sclerotinia sclerotiorum (Lib) de Bary em função do beneficiamento e armazenamento**. 2012. 185 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia - GO, 2012.
- TIBOLA, C. S.; FERNANDES, J. M. C.; GUARIENTI, E. M. Effect of cleaning, sorting and milling processes in wheat mycotoxin content. **Food Control**, Guildford, v. 60, p.174-179, fev. 2016.
- TIECKER JUNIOR, A. et al. Qualidade Físico-Química de Grãos de Milho Armazenados com Diferentes Umidades em Ambientes Hermético e Não Hermético. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 13, n. 2, p.174-186, 30 ago. 2014.
- TSEDALEY, B.; ADUGNA, G. Detection of fungi infecting maize (Zea mays L.) seeds in different storages around Jimma, Southwestern Ethiopia. **Journal of Plant Pathology & Microbiology [On line]**, v.7, p.1-6, 2016.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Grains and Oilseeds Outlook**. 26 de fevereiro de 2016. Disponível em: <http://www.usda.gov/oce/forum/2016_speeches/GO_AOF2016_FINAL.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2016.

WEBER, É. A. **Excelência em Beneficiamento e Armazenamento de Grãos**. 3. ed. Canoas - RS: Salles, 2005.

WOLOSHUK, C.P.; SHIM, W.B. Aflatoxins, fumonisins, and trichothecenes: a convergence of knowledge. **FEMS Microbiology Reviews**, Amsterdam, v. 37, p. 94–109, 2013.