

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

QUALIDADE DE GRÃOS DE SOJA (*Glycine max* (L.) Merr.) DURANTE O
ARMAZENAMENTO EM FUNÇÃO DO TEOR DE ÁGUA DE COLHEITA E
IMPUREZAS

Gabriela França de Lima
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, 2021.

CIP - Catalogação na Publicação

de Lima, Gabriela França
Qualidade de grãos de soja (*Glycine max* (L.) Merr.)
durante o armazenamento em função do teor de água de
colheita e impurezas / Gabriela França de Lima. --
2021.
83 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,
2021.

1. *Glycine max* (L.) Merr.. 2. Teor de água de
colheita. 3. Teor de impurezas. 4. Qualidade física,
sanitária e química. 5. Classificação de grãos. I.
Dionello, Rafael Gomes, orient. II. Título.

GABRIELA FRANÇA DE LIMA
Engenheira Agrônoma - UFRGS

DISSERTAÇÃO

Submetida como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de

MESTRA EM FITOTECNIA

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

Aprovado em: 26.02.2021
Pela Banca Examinadora:
(Via videoconferência)

Homologado em: 01.10.2021
Por:

RAFAEL GOMES DIONELLO
Orientador - PPG Fitotecnia
UFRGS

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

LAURI LOURENÇO RADÜNZ
PPG Fitotecnia/UFRGS

LÚCIA BRANDÃO FRANKE
Departamento de Plantas
Forrageiras e
Agrometeorologia/UFRGS

JOSÉ RONALDO QUIRINO
Caramuru Alimentos/GO

CARLOS ALBERTO BISSANI
Diretor da Faculdade de
Agronomia/UFRGS

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Agronomia/UFRGS, minha segunda casa desde o início da faculdade até a conclusão do mestrado.

Aos meus pais, que me proporcionaram chegar até aqui, sempre acreditaram em mim, me apoiaram todas as minhas escolhas – por mais distante de casa que elas me levassem - e me receberam de braços abertos todas as vezes que eu quis retornar.

À minha dinda, que esteve sempre presente em todos os momentos da minha vida, não importando a distância.

Ao Gabriel, por todos os dias me lembrar que sou capaz de atingir meus objetivos (e pela companhia e ajudinha extra no laboratório quando eu achava que não iria dar conta de tudo).

Ao meu professor orientador, Rafael Gomes Dionello, por toda disposição em me ajudar e por tornar esse período de mestrado muito mais descomplicado, leve e ao mesmo tempo de muito aprendizado.

Ao professor Lauri Radünz, pelo auxílio com o trabalho e com as análises estatísticas, e por toda contribuição para minha formação.

A todos os professores que me acompanharam ao longo dessa trajetória e com muita dedicação e empenho contribuíram para meu aprendizado.

Aos funcionários da EEA - UFRGS, por toda assistência para que esse experimento pudesse ser concretizado.

Ao Laboratório de Nutrição Animal, pelo auxílio com as análises químicas.

Aos meus colegas de laboratório, por me ensinarem os procedimentos das análises desde a época de iniciação científica, por sempre estarem dispostos a ajudar e pela companhia no laboratório.

Aos meus amigos de sempre, em especial à Thaís, Amanda e Bernardo, por estarem sempre ao meu lado e comemorando comigo minhas conquistas.

QUALIDADE DE GRÃOS DE SOJA (*Glycine max* (L.) Merr.) DURANTE O ARMAZENAMENTO EM FUNÇÃO DO TEOR DE ÁGUA DE COLHEITA E IMPUREZAS¹

Autor: Gabriela França de Lima
Orientador: Rafael Gomes Dionello

RESUMO

A soja (*Glycine max* (L.) Merr.) é o principal grão produzido atualmente no Brasil. Entretanto, diversos fatores, como o elevado teor de água dos grãos e a presença de impurezas e matérias estranhas, propiciam condições que resultam em perdas qualitativas de grande importância no armazenamento, as quais prejudicam a comercialização e utilização do produto. Dessa forma, o objetivo do trabalho foi avaliar a interferência do teor de água de colheita e do teor de impurezas sobre a qualidade de grãos de soja ao longo do armazenamento. A colheita ocorreu em duas etapas, a primeira com 18% de teor de água e, a segunda, com 12%. Os grãos foram submetidos à secagem até atingirem 11% de teor de água. Após, metade foi completamente limpa (0% de impurezas), enquanto outra metade permaneceu com 1% de impurezas. Os grãos foram armazenados por oito meses, em sacos de papel kraft, sendo realizadas amostragens a cada 60 dias para análises laboratoriais. Foram analisados o teor de água, peso de mil grãos, massa específica, proteína bruta, cinzas, extrato etéreo, carboidratos, incidência de fungos e realizada a classificação dos grãos. O teor de água de equilíbrio no armazenamento foi superior nos grãos colhidos com 12% de teor de água e variou conforme a temperatura e umidade relativa do ar. A incidência de *Fusarium* spp., *Phomopsis* spp. e *Cercospora* spp. foi maior em grãos colhidos com 12% de teor de água e reduziu com o decorrer do armazenamento, independentemente do teor de água de colheita e teor de impurezas, enquanto aumentou a incidência de *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp. A permanência dos grãos no campo e a presença de impurezas influenciaram negativamente a classificação dos grãos. Grãos colhidos com 18% de teor de água mantiveram o Padrão Básico de classificação em todo armazenamento, enquanto grãos colhidos com 12% de teor de água classificaram-se como Fora de Tipo aos 180 dias de armazenagem na presença de impurezas, e aos 240 dias na ausência de impurezas. Os teores de proteínas, extrato etéreo e cinzas foram maiores em grãos colhidos com 12% de teor de água. Grãos armazenados sem impurezas também apresentaram maiores teores de proteínas e extrato etéreo, em contrapartida, para carboidratos ocorreu o inverso. Os teores de proteínas e carboidratos reduziram no armazenamento, enquanto aumentou o de extrato etéreo. A colheita dos grãos com 18% de teor de água, seguida de secagem, e a retirada das impurezas mantêm a qualidade de grãos de soja por mais tempo no armazenamento.

¹ Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (83f.) Fevereiro, 2021.

SOYBEANS QUALITY (*Glycine max* (L.) Merr.) DURING STORAGE AS A FUNCTION OF HARVEST MOISTURE AND IMPURITIES²

Author: Gabriela França de Lima
Adviser: Rafael Gomes Dionello

ABSTRACT

Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) is the major grain produced in Brazil. However, several factors, as inappropriate grain moisture and grain impurities, provide conditions that result in significant qualitative losses during storage, which damage product use and its commercialization. The objective of this study was to determinate the interference of harvest moisture and impurities content in the quality of soybeans during storage. The grains were harvested at two times, the first when they achieved a moisture content of 18% and the second when they achieved 12%. The grains were dried until 11% moisture content. After, half was completely cleaned (0% impurities), while the other half remained with 1% of impurities. The grains were stored for eight months, and every 60 days were evaluated the moisture content, 1.000-grain weight, bulk density, crude protein, mineral material, ether extract, carbohydrates, incidence of fungi and grain grading. The moisture content during storage was higher in grains harvested at 12% moisture content and it oscillated according to air temperature and relative humidity. *Fusarium* spp., *Phomopsis* spp. and *Cercospora* spp. occurrence were higher when grains were harvested at 12% moisture content and it decreased over storage, independently of harvest moisture and impurity content, while *Aspergillus* spp. and *Penicillium* spp. incidence increased. Harvest delay and impurities had a negative effect on grain grading. Grains harvested at 18% moisture maintained Basic Standard grading on storage, while grains harvested at 12% moisture were off grade after 180 days of storage when stored with impurities, and after 240 days when stored without impurities. Protein, ether extract and mineral material content were higher in grains harvested at 12% moisture content. Grains stored without impurities also had higher protein and ether extract content, while for carbohydrates the opposite occurred. Protein and carbohydrate content decreased in storage, while ether extract increased. Harvesting grains at 18% moisture, followed by drying and removing impurities, maintain quality longer in storage.

² Master Dissertation in Plant Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (83 p.) February, 2021.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 Aspectos gerais da cultura e armazenagem de grãos de soja.....	3
2.2 Qualidade de grãos de soja.....	4
2.3 Teor de água de colheita.....	8
2.4 Teor de impurezas e matérias estranhas.....	10
2.5 Tempo de armazenamento.....	11
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	13
3.1 Tratamentos e delineamento experimental.....	13
3.3 Colheita dos grãos de soja.....	13
3.4 Secagem dos grãos.....	14
3.5 Adequação do teor de impurezas e matérias estranhas.....	15
3.6 Sistema de armazenagem.....	15
3.8 Análises de qualidade dos grãos armazenados.....	16
3.8.1 Análises físicas.....	17
3.8.2 Análise sanitária.....	17
3.8.3 Análise tecnológica.....	18
3.8.4 Análises químicas.....	18
3.9 Análise estatística.....	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
4.1 Análises Físicas.....	21
4.1.1 Teor de água.....	22
4.1.2 Peso de Mil Grãos.....	24
4.1.3 Massa Específica.....	24

	Página
4.2 Análise Sanitária.....	26
4.2.1 Fungos de campo.....	26
4.2.2 Fungos de armazenamento.....	32
4.3 Classificação Tecnológica.....	36
4.3.1 Grãos Danificados.....	38
4.3.2 Fermentados.....	40
4.3.3 Quebrados e Partidos.....	42
4.3.4 Grãos Mofados.....	45
4.3.5 Chochos.....	48
4.3.6 Total Avariados.....	49
4.4 Análises Químicas.....	51
4.4.1 Proteína Bruta.....	51
4.4.2 Carboidratos.....	54
4.4.3 Cinzas.....	55
4.4.4 Extrato Etéreo.....	57
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	60
6. REFERÊNCIAS.....	61

RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
TABELA 1. Limite máximo de tolerância expressos em percentual (%) para classificação de grãos de soja.	7
TABELA 2. Resumo da análise de variância, teste F ($p \leq 0,05$), para o teor de água (TA), peso de mil grãos (PMG) e massa específica (ME) de grãos de soja, colhidos com distintos teores de água e submetidos a diferentes teores de impurezas, durante 240 dias.	21
TABELA 3. Resumo da análise de variância, teste F ($p \leq 0,05$), para incidência de <i>Cercospora</i> spp., <i>Fusarium</i> spp., <i>Phomopsis</i> spp., <i>Aspergillus</i> spp. e <i>Penicillium</i> spp. em grãos de soja colhidos com distintos teores de água e armazenados com diferentes teores de impurezas por 240 dias.	26
TABELA 4. Classificação dos grãos de soja, da colheita ao término do armazenamento (240 dias), conforme teor de água de colheita e teor de impurezas, de acordo com a IN nº 11/2007 do MAPA.	37
TABELA 5. Resumo da análise de variância, teste F ($p \leq 0,05$), para a classificação de grãos de soja colhidos com distintos teores de água e submetidos a diferentes teores de impurezas, durante 240 dias.	38
TABELA 6. Porcentagem de grãos Quebrados, Partidos e Amassados de soja em relação ao teor de impurezas dos grãos, independentemente do teor de água na colheita e teor de impurezas.	44

TABELA 7. Resumo da análise de variância, teste F ($p \leq 0,05$), para teor de proteínas (P), carboidratos (C), extrato etéreo (EE) e cinzas (CZ) de grãos de soja, colhidos com distintos teores de água (18 e 12% b.u) e submetidos a diferentes teores de impurezas (0% e 1%), durante 240 dias.	51
TABELA 8. Teor de proteína de grãos de soja em relação ao teor de água de colheita dos grãos, independentemente do teor de impurezas e do tempo de armazenamento.	52
TABELA 9. Teor de proteína de grãos de soja em relação à presença de impurezas junto aos grãos, independentemente do teor de água na colheita e do tempo de armazenamento.	53
TABELA 10. Teor de carboidratos de grãos de soja em relação à presença de impurezas junto aos grãos, independentemente do teor de água na colheita e do tempo de armazenamento.	54
TABELA 11. Teor de material mineral ou cinzas em grãos de soja em relação ao teor de água de colheita, independentemente do teor de água na colheita e do tempo de armazenamento	56
TABELA 12. Teor de extrato etéreo de grãos de soja em relação à presença de impurezas junto aos grãos, independentemente do teor de água na colheita e do tempo de armazenamento.	58

RELAÇÃO DE FIGURAS

Página

FIGURA 1. Valores médios diários de temperatura e umidade relativa do ar durante a secagem dos grãos de soja. Eldorado do Sul, 2019.....	14
FIGURA 2. Valores médios diários de temperatura e umidade relativa do ar durante o armazenamento de grãos de soja. Eldorado do Sul, 2020.	16
FIGURA 3. Teor de água (%) de grãos de soja colhidos com diferentes teores de água (18 e 12% b.u) e armazenados durante 240 dias, independentemente do teor de impurezas dos grãos.	22
FIGURA 4. Massa específica (kg m^{-3}) de grãos de soja armazenados durante 240 dias, independentemente do teor de água de colheita e do teor de impurezas.	25
FIGURA 5. Incidência de <i>Phomosis</i> spp. (%) em grãos de soja colhidos com diferentes teores de água (18 e 12%) em relação ao tempo de armazenamento, independentemente do teor de impurezas.	27
FIGURA 6. Incidência de <i>Fusarium</i> spp. (%) em grãos de soja colhidos com diferentes teores de água (18 e 12% b.u) e submetidos a diferentes teores de impurezas (0% (S) e 1% (C)), armazenados durante 240 dias.	28
FIGURA 7. Incidência de <i>Cercospora</i> spp. (%) em grãos de soja colhidos com diferentes teores de água (18 e 12%) em relação ao tempo de armazenamento, independentemente do teor de impurezas.	30
FIGURA 8. Incidência de <i>Cercospora</i> spp. (%) em grãos de soja armazenados com diferentes teores de impurezas (0 e 1%) em relação ao tempo de armazenamento, independentemente do teor de água na colheita.	31

FIGURA 9. Incidência de <i>Aspergillus</i> spp. (%) em grãos de soja colhidos com diferentes teores de água (18 e 12% b.u) e armazenados com diferentes teores de impurezas (0 (S) e 1% (C)) por 240 dias.....	33
FIGURA 10. Incidência de <i>Penicillium</i> spp. (%) em grãos de soja colhidos com diferentes teores de água (18 e 12%) em relação ao tempo de armazenamento, independentemente do teor de impurezas.	35
FIGURA 11. Incidência de <i>Penicillium</i> spp. (%) em grãos de soja armazenados com diferentes teores de impurezas (0 e 1%) em relação ao tempo de armazenamento, independentemente do teor de água na colheita.....	36
FIGURA 12. Grãos danificados em soja (%) colhida com diferentes teores de água (18 e 12% b.u) e armazenada com diferentes teores de impurezas (0% (S) e 1% (C)) por 240 dias.	39
FIGURA 13. Grãos fermentados (%) em soja colhida com diferentes teores de água (18 e 12% b.u) e armazenada com diferentes teores de impurezas (0% (S) e 1% (C)) por 240 dias.	41
FIGURA 14. Grãos Quebrados, Partidos e Amassados (QPA) de soja (%) colhida com diferentes teores de água (18 e 12% b.u) em relação ao tempo de armazenamento, independentemente do teor de impurezas.	43
FIGURA 15. Grãos mofados de soja colhida com diferentes teores de água (18 e 12% b.u) em relação ao tempo de armazenamento, independentemente do teor de impurezas.....	46
FIGURA 16. Grãos mofados de soja armazenada com diferentes teores de impurezas (0% e 1%) em relação ao tempo de armazenamento, independentemente do teor de água de colheita.	47

FIGURA 17. Grãos chochos de soja (%) colhida com diferentes teores de água (18 e 12% b.u) e armazenada com diferentes teores de impurezas (0% (S) e 1%(C)) por 240 dias.	49
FIGURA 18. Grãos avariados de soja (%) colhida com diferentes teores de água (18 e 12% b.u) e armazenada com diferentes teores de impurezas (0 e 1%) por 240 dias.	50
FIGURA 19. Teor de proteína de grãos de soja armazenados durante 240 dias, independentemente do teor de água na colheita e do teor de impurezas.	52
FIGURA 20. Teor de carboidratos de grãos de soja colhidos com diferentes teores de água (18 e 12% b.u) e armazenados durante 240 dias, independentemente do teor de impurezas.	55
FIGURA 21. Teor de cinzas de grãos de soja armazenados durante 240 dias, independentemente do teor de água na colheita e do teor de impurezas dos grãos..	57
FIGURA 22. Teor de extrato etéreo de grãos de soja colhidos com diferentes teores de água (18 e 12% b.u) e armazenados durante 240 dias, independentemente do teor de impurezas.	59

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merr.) é o principal grão produzido no Brasil atualmente. Buscas crescentes por incrementos de produtividade fazem com que inúmeras pesquisas científicas sejam direcionadas ao setor produtivo da cultura, principalmente à fase de desenvolvimento na lavoura. Entretanto, estudos mostram que as maiores perdas da agricultura ocorrem na pós-colheita: considerando o total produzido anualmente no Brasil, estimam-se perdas maiores do que 10% nas etapas de colheita, transporte e armazenagem de grãos.

Dessa forma, evidencia-se a importância de estudos na área de pós-colheita, a fim de reduzir as perdas de grãos, evitar o desperdício e contribuir para que a quantidade final de grãos comercializada seja ainda mais elevada. Nesse sentido, a manutenção da qualidade de grãos mostra-se tão importante quanto a redução de suas perdas quantitativas, uma vez que o processamento, a comercialização e a armazenagem segura dos grãos são dependentes da sua qualidade.

A redução de perdas quali e quantitativas depende de práticas agrícolas que iniciam na lavoura e se mantêm após a colheita, no armazenamento. Uma das práticas importantes no manejo é a colheita dos grãos no teor de água adequado. Considera-se a soja em maturação fisiológica como no ponto ideal de colheita, uma vez que possui maior vigor e viabilidade. Porém, nesse ponto, o teor de água dos grãos é muito elevado, inviabilizando a colheita mecanizada. Já quando a colheita é realizada tardiamente, pode ocorrer deterioração dos grãos pelo maior ataque de pragas e doenças, perda de matéria seca pela própria respiração do grão, e, ainda, danos físicos devido ao baixo teor de água.

No armazenamento, sabe-se que o teor de água de colheita também tem importância para a conservação dos grãos. Estudos com grãos como o milho, trigo, arroz e feijão já foram realizados com o propósito de determinar o teor de água ideal de

colheita para resultar em menores perdas na armazenagem. Contudo, ainda não se conseguiu estabelecer esse teor de água ideal para a soja.

Outros fatores também influenciam a qualidade de grãos armazenados. A presença de impurezas e matérias estranhas pode trazer diversas consequências negativas à massa de grãos, favorecendo sua degradação. Porcentagens elevadas de impurezas, ao reterem mais umidade que o próprio grão, propiciam um ambiente adequado para o desenvolvimento de fungos e insetos, além de dificultarem processos como a secagem e aeração. Por outro lado, baixos teores de impureza podem permitir que o grão mantenha sua qualidade por mais tempo durante a armazenagem.

De maneira geral, os grãos podem ser armazenados por longos períodos, embora a deterioração dos grãos torne-se maior com o aumento do tempo de armazenamento, devido, dentre diversos fatores, à própria respiração dos grãos. Por isso, deve-se buscar estratégias para preservar, o máximo possível, a qualidade inicial da massa de grãos no período de pós-colheita. Conhecendo o teor de água ideal de colheita, o produtor pode monitorar sua lavoura, a fim de colher um produto de melhor qualidade, que resultará em menores perdas e maior durabilidade no armazenamento. Além disso, conhecendo os efeitos da presença de impurezas sobre a massa de grãos, pode-se adotar, quando necessário, estratégias para limpeza dos grãos antes do seu armazenamento. Dessa forma, reduz-se a perda de qualidade dos grãos e aumenta-se o período de armazenagem segura.

Sendo assim, objetivou-se com esse trabalho avaliar a interferência do teor de água de colheita e do teor de impurezas sobre a qualidade física, química, sanitária e tecnológica de grãos de soja durante o armazenamento e, assim, indicar condições que proporcionem melhor qualidade desses grãos ao longo do tempo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aspectos gerais da cultura e armazenagem de grãos de soja

A soja (*Glycine max* (L.) Merr.) é uma das culturas mais importantes na economia mundial, com uma produção superior a 337 milhões de toneladas na safra 2019/2020 (USDA, 2021). No Brasil, ocupa a primeira posição na produção anual de grãos, sendo responsável por movimentar a cadeia produtiva do agronegócio. Na safra 2019/2020 a produção brasileira de soja foi de 124,8 milhões de toneladas (Conab, 2020), recorde histórico.

A cadeia produtiva da soja envolve desde a sua produção, destinada principalmente à exportação do produto bruto, até seu processamento em farelo ou óleo de soja, para exportação ou consumo interno. Assim, o complexo soja atua como fonte de proteína na alimentação humana e animal, além de ser utilizado para produção de biodiesel. A maior parte da produção de óleo vegetal e da produção de biodiesel no Brasil origina-se da soja (Souza, 2015).

A produtividade da cultura no Brasil teve aumento de 13,1% na safra 2018/2019, comparando-a com a safra 2007/2008 (Conab, 2019). Esse fato demonstra que pesquisas vêm sendo direcionadas ao setor produtivo, refletindo em soluções e tecnologias que proporcionam aumento de produtividade dos grãos. Essas têm sido acessadas e difundidas comercialmente, tendo seu uso incrementado pelos produtores.

Entretanto, o crescimento expressivo da produção de grãos no país é comprometido devido aos gargalos na armazenagem (Maia *et al.*, 2013). A capacidade de estocagem brasileira não acompanhou esse aumento da produção, e a falta de unidades armazenadoras dificulta o armazenamento do produto para venda em momentos de maior preço (Lima Junior *et al.*, 2012). Enquanto a FAO recomenda que a

disponibilidade de armazenagem seja 1,2 vezes maior que a produção do país, o Brasil possui capacidade para armazenar menos de 70% de sua produção (Conab, 2021).

Além disso, a maior parcela da armazenagem ocorre em empresas privadas, estando apenas 16% dos locais para estocar a produção em propriedades agrícolas. Dessa forma, a maioria dos produtores rurais, por não possuírem capacidade própria de armazenagem, dependem de terceiros para armazenar seu produto, embora Gottardo e Cestari Jr. (2008) tenham observado que o armazenamento na propriedade resulta em ganhos significativos para o produtor. Esses ganhos devem-se principalmente a eliminação de gastos com frete e dos altos valores pagos às unidades armazenadoras.

Assim sendo, a armazenagem na propriedade mostra-se uma alternativa acessível aos produtores e viável para agregar valor à produção, e já vem há tempos sendo estudada. Conforme Puzzi (2000), o armazenamento na propriedade proporciona diversos benefícios, como redução de perdas na própria lavoura, redução de períodos ociosos na colheita, flexibilidade no escoamento da produção e possibilidade de escolha da melhor época de comercialização, além da garantia de qualidade do produto, se forem realizadas práticas adequadas de armazenagem.

Segundo Barella e Bragatto (2002), as etapas necessárias para o armazenamento adequado dos grãos se subdividem em dois grupos: etapas que antecedem o armazenamento e etapas que ocorrem durante o armazenamento. O primeiro grupo compreende as etapas de pré-limpeza dos grãos (para retirada de impurezas e matérias estranhas), secagem (visando a redução do teor de água dos grãos) e transporte para o silo. Já o segundo compreende processos de aeração, termometria e tratamentos fitossanitários, visando a manutenção da qualidade do grão.

Práticas inadequadas no armazenamento também atuam como fator limitante da armazenagem de grãos. Nesse sentido, observa-se que, quando o armazenamento é realizado de forma incorreta, esse resulta na rápida deterioração e redução da qualidade de grãos (Reginato, 2014).

2.2 Qualidade de grãos de soja

A qualidade de grãos de soja refere-se à obtenção de características satisfatórias na lavoura e a manutenção dessas ao longo do armazenamento. As perdas ocorrentes na

pós-colheita podem ser quantitativas ou qualitativas, entretanto, as qualitativas apresentam-se como as de maior importância, uma vez que comprometem o uso dos grãos produzidos ou os classificam para outro uso de menor valor agregado (Lorini, 2015), prejudicando também sua comercialização.

As perdas qualitativas estão relacionadas a diversos fatores, resultantes tanto do manejo inadequado na lavoura quanto durante a colheita e armazenamento. Na lavoura, fatores ambientais ocorrentes antes e após a maturação fisiológica afetam a qualidade de sementes. Estresses antes da maturação podem resultar em redução no peso, viabilidade e vigor (Peske *et al.*, 2012). Ataques de percevejos sugadores de vagens e sementes tornam os grãos menores, enrugados, chochos e fermentados (Campo *et al.*, 2000), e, além disso a presença de fungos pode causar prejuízos tanto no rendimento quanto na qualidade das sementes, no campo e no armazenamento (Goulart, 2018).

Na colheita, a quebra de grãos, grãos trincados e rachados são um dos fatores que mais influenciam a qualidade dos grãos, sendo decorrentes da falta de cuidados operacionais com o maquinário, manejo inadequado na lavoura (Costa *et al.*, 1996) e momento inadequado da colheita. Como os grãos de soja possuem tegumento pouco espesso, isso os torna muito suscetíveis a danos mecânicos e a impactos (Delouche, 1974). Tais danos não se manifestam apenas na aparência física dos grãos, mas também em seu interior, por consequência de danos internos. Por isso, além de prejudicarem a classificação dos grãos, esses também se tornam mais suscetíveis ao ataque de pragas e doenças e a deterioração (Pinheiro Neto & Gamero, 2000).

No armazenamento, a deterioração dos grãos resulta da interação entre variáveis físicas, como temperatura, umidade, propriedades dos grãos e estrutura do armazém; variáveis químicas, como disponibilidade de oxigênio; e variáveis biológicas, como respiração, presença de fungos e pragas (Brooker *et al.*, 1992). Nesse sentido, um dos fatores mais importantes para conservação dos grãos é o seu teor de água. Esse depende da secagem dos grãos antes de serem armazenados, mas também da temperatura e umidade relativa do ar durante o armazenamento, visto que o teor de água da semente aumenta ou diminui até alcançar o equilíbrio com a umidade relativa do ar (Peske *et al.*, 2012).

Ademais, a temperatura e a umidade também interferem sobre fatores biológicos, como a presença de fungos, os quais, por sua vez, afetam a qualidade sanitária dos grãos. Quanto mais elevado o teor de água dos grãos, maior sua

deterioração por ação de micro-organismos. Além da deterioração do próprio grão, conseqüentemente ocorrem perdas de matéria seca e alterações na aparência do produto, aspectos relevantes para sua comercialização por alterarem a coloração e forma dos grãos. Além disso, a contaminação fúngica também pode indicar alterações físicas e químicas (Alencar *et al.*, 2009), uma vez que esses organismos utilizam carboidratos, proteínas e lipídeos dos grãos como fonte de energia (Magan & Aldred, 2007).

De acordo com Kagawa (1995), a soja é composta em média por 38% de proteínas, 19% de lipídeos, 27% de carboidratos e 5% de minerais. Assim, elevados teores de água dos grãos, aliados a temperatura também provocam reações químicas nos grãos, intensificadas devido a sua composição química (Ordóñez, 2005). O elevado conteúdo óleo dos grãos de soja promove a oxidação lipídica dos grãos, que resulta em características sensoriais desagradáveis e reduz a qualidade do óleo.

Sendo assim, para se avaliar a qualidade dos grãos, Bakker-Arkema (1994) considera diversas propriedades, tais como: teor de água, massa específica, percentual de grãos quebrados, teor de impurezas e matérias estranhas, conteúdo de proteína e óleo, presença de insetos e fungos e tipo de grão. Entretanto, são as necessidades do comprador que definem as propriedades qualitativas desejáveis no mercado.

Nesse sentido, a classificação dos produtos apresenta-se como um bom indicativo de sua qualidade, estabelecendo parâmetros máximos de defeitos permitidos junto aos grãos. O MAPA possui padrões oficiais de classificação de diversos produtos, incluindo a soja através das instruções normativas IN nº 15/2004, IN nº 11/2007 e IN nº 37/2007.

Os grãos são classificados como Tipo 1, Tipo 2 e Padrão Básico conforme os limites máximos de tolerância de defeitos para cada um dos tipos, e como Fora de Tipo quando não atenderam, em um ou mais aspectos, as especificações (Tabela 1). Consideram-se os seguintes defeitos para classificação da soja, em ordem de gravidade: grãos queimados, ardidos, mofados, fermentados, esverdeados, germinados, danificados, imaturos, chochos, amassados, partidos e quebrados. Assim, a qualidade do grão, aferida durante a classificação, determina qual o processo mais indicado de recepção, limpeza, secagem, armazenagem, expedição e comercialização.

TABELA 1. Limite máximo de tolerância expressos em percentual (%) para classificação de grãos de soja.

Enquadramento	Grãos avariados				Esverdeados	PQA ²	MEI ³
	Ardidos e Queimados	Máx. de Queimados	Mofados	Total ¹			
Tipo 1	1,00	0,3	0,5	4,0	2,00	8,00	1,00
Tipo 2	2,00	1,0	1,5	6,0	4,00	15,0	1,00
Padrão Básico	4,00	1,0	6,0	8,0	8,00	30,00	1,00
Fora de Tipo	>4,00	>1,0	>6,0	>8,0	> 8,00	>30,00	>1,00

¹Soma de queimados, ardidos, mofados, fermentados, danificados, imaturos e chochos;

²Partidos, Quebrados e Amassados; ³Matérias Estanhas e Impurezas.

Fonte: IN nº 11/2007 do MAPA.

Para manutenção do tipo aferido na classificação, boas práticas na armazenagem fazem-se necessárias. Quando o produto mantém sua qualidade o máximo possível, e permanece com suas características físicas, químicas e biológicas iniciais por mais tempo, pode ser comercializado no período da entressafra (Burkot, 2014) garantindo um melhor preço, uma vez que a qualidade dos grãos afeta o valor do produto (Alencar *et al.*, 2009).

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. Como os grãos são organismos vivos, ocorrem fenômenos biológicos e fisiológicos durante o armazenamento, que se mostram dependentes não apenas das condições de armazenamento, como também das condições que o antecedem nas operações de pós-colheita (Rupollo *et al.*, 2004). Assim, a implantação da cultura, o transporte, secagem e armazenamento dos grãos devem estar diretamente relacionados. Nesse sentido, um dos pontos importantes no manejo da cultura é o teor de água no momento da colheita.

2.3 Teor de água de colheita

Um dos fatores mais importantes que influenciam a qualidade dos grãos é o momento de colheita. A soja atinge sua maturidade fisiológica com teor de água variando de 45% a 50%, momento em que apresenta máximo acúmulo de matéria seca e maior qualidade fisiológica (Andrews, 1966). Entretanto, a colheita mecânica da soja é inviabilizada devido ao elevado teor de água, e, como nesse momento a semente se desliga fisiologicamente da planta mãe, o processo de degradação dos grãos tem início (Sediyama, 2016).

Desse modo, a fim proporcionar ao máximo a manutenção da qualidade fisiológica dos grãos, a colheita deve iniciar assim que o teor de água permita a colheita mecânica (Zuffo *et al.*, 2017a). Entretanto, alguns fatores como áreas de grande extensão e dias chuvosos podem impedi-la nesse momento. Além disso, a colheita com elevado teor de água pode causar danos mecânicos, principalmente por esmagamento dos grãos (Terasawa *et al.*, 2009), além de estar sujeita a colher grãos que ainda não completaram seu desenvolvimento.

Por isso, recomenda-se realizar a colheita em teor de água mais elevado, em torno de 18%, apenas quando o produtor regula adequadamente a colhedora e possui estrutura para secagem desses grãos (França Neto *et al.*, 2007). Caso contrário, deve ser realizada posteriormente, quando os grãos atingem entre 12% e 15% de teor de água, facilitando a colheita mecânica (EMBRAPA, 2006). Contudo, a redução no teor de água também pode causar injúrias mecânicas aos grãos, estando esses sujeitos a quebra, além de deixar os grãos expostos a condições adversas por mais tempo na lavoura, podendo sofrer degrana natural, ataque de pragas e doenças (França Neto *et al.*, 2007).

Em experimento desenvolvido por Terasawa *et al.* (2009), a germinação e viabilidade inicial de sementes de soja foi maior quando colhidas com menores teores de água (14 a 16,9%), apesar de todas as faixas de teores de água avaliadas (14 a 28,5%) terem ficado dentro dos padrões mínimos de 80% de germinação e 80% de viabilidade para comercialização, tornando possível tanto a colheita antecipada quanto mais tardia das sementes. Entretanto, após seis meses de armazenamento, houve decréscimo na porcentagem de germinação, atribuído aos danos latentes que ocorrem quando as sementes são colhidas com altos teores de água, inviabilizando o uso do material como semente.

Diniz *et al.* (2013a) observaram que o atraso na colheita resultou em perdas de produtividade e acelerou o processo de deterioração da qualidade de sementes de soja. Um dos fatores que influenciou foi a incidência de fungos nos grãos que permaneceram mais tempo no campo. Tsukahara *et al.* (2016) também observaram maiores produtividades em colheitas mais próximas a maturação fisiológica, e declínios na produtividade quanto maior foi o atraso na colheita. Além disso, as maiores perdas de produtividade ocorreram em locais onde ocorreu alta frequência de precipitações, às quais os grãos ficam expostos na lavoura.

A permanência de grãos por mais tempo na lavoura também resulta em maiores defeitos nos grãos. Pinto *et al.* (2017) observaram aumento na quantidade de grãos fermentados e danificados com a permanência dos grãos no campo. Já o percentual de grãos esverdeados reduziu com o retardo da colheita, devido ao amadurecimento dos grãos.

Zuffo *et al.* (2017a) observaram que o retardo da colheita não afetou características físicas dos grãos, como o peso de 1.000 sementes, nem o rendimento de sementes da cultura da soja. Entretanto, o retardamento prejudicou o vigor e a germinação das sementes, além de aumentar a incidência de patógenos. Ademais, o armazenamento por oito meses reduziu ainda mais a qualidade fisiológica e sanitária das sementes.

Observa-se que o momento de colheita é um dos fatores mais importantes que influenciam a qualidade de sementes e grãos de maneira imediata. Trabalhos já realizados com as culturas do milho, feijão, arroz, e trigo também evidenciam a influência do teor de água de colheita sobre a qualidade durante o armazenamento dos grãos (Alves *et al.*, 2001; Ribeiro *et al.*, 2004; Faroni *et al.*, 2005; Elias *et al.*, 2009).

Nesse sentido, Faroni *et al.* (2005) verificaram que grãos de feijão colhidos com baixo teor de água, de 11,7% obtiveram qualidade e classificação inferior (tipo 3), quando comparados a grãos colhidos com maior teor de água, de 18,7% (tipo 2). Elias *et al.* (2009) obtiveram resultados semelhantes para trigo, nos quais a colheita com menor teor de água resultou em qualidade tecnológica inferior e menor conservabilidade no armazenamento em comparação ao trigo colhido com teor de água superior.

Já Alves *et al.* (2001) observaram em grãos de milho redução da massa específica, quanto maior foi o teor de água de colheita dos grãos. Também concluíram

que o teor de água de colheita de 15% resulta em menores danos, enquanto grãos colhidos com 16,5 e 22% possuem maiores danos.

Assim, nota-se que a capacidade de conservação de sementes e grãos depende diretamente da sua qualidade no início do armazenamento, podendo estar essa intimamente relacionada ao momento de colheita. Entretanto, estudos relacionados ao teor de água de colheita de grãos de soja, com posterior armazenamento, ainda são escassos.

2.4 Teor de impurezas e matérias estranhas

Grãos colhidos mecanicamente apresentam habitualmente grande quantidade de impurezas e matérias estranhas. Entretanto, sua presença também influencia a conservação de grãos durante o armazenamento. A manutenção da qualidade dos grãos é dificultada na presença de impurezas e matérias estranhas, pois essas apresentam teores de umidade mais elevados que o produto (Faroni, 1998), favorecendo o aumento de temperatura da massa de grãos, que, por sua vez, acelera o desenvolvimento de micro-organismos e pragas (Brooker *et al.*, 1992). Além disso, podem ser portadoras de micro-organismos, os quais podem ser transferidos para os grãos. Ademais, dificultam a movimentação do ar entre os grãos, prejudicando os processos de secagem e aeração.

Corrêa *et al.* (2001) observaram que a presença de impurezas finas em grãos de feijão armazenado, por preencher espaços intergranulares, reduziu a porosidade, e aumentou a massa específica aparente e a resistência à passagem de ar na massa de grãos. Resultados semelhantes foram encontrados por Jayas *et al.* (1991), os quais concluíram que quanto maior a quantidade de impurezas de diâmetro menor que o grão, maior foi a resistência ao fluxo de ar, bem como a massa específica aparente de sementes de linhaça. Entretanto, para porosidade não foram observadas diferenças significativas.

Teles *et al.* (2013) ao avaliarem a influência das etapas do beneficiamento de sementes de soja sobre sua qualidade, concluíram que a limpeza, ao remover as impurezas, melhorou a pureza física, germinação, viabilidade, vigor e sanidade dos grãos, além de auxiliar no controle de *Sclerotinia sclerotiorum*, ao diminuir a quantidade de inóculo. Para a cultura da ervilha, Amaral *et al.* (1984) também

verificaram que a utilização de máquinas de ar e peneiras eliminaram impurezas e materiais indesejáveis, aumentando a pureza física e sanitária de lotes de ervilha.

Portanto, quanto menos impurezas os grãos apresentarem, melhor será sua qualidade no armazenamento (Weber, 2005). Para melhorar a eficiência das operações no beneficiamento de grãos, como secagem e transporte, além da armazenabilidade dos grãos, as impurezas devem ser removidas. Desse modo, recomenda-se realizar as operações de pré-limpeza e limpeza dos grãos (Moreano *et al.*, 2013).

Máquinas de limpeza constituídas de peneiras e sistema de ventilação são utilizadas para remover impurezas, baseando-se em suas diferenças físicas em relação ao produto. Assim, grãos imaturos, quebrados, sementes de outras espécies, e partes indesejáveis da própria planta, como pedaços de colmo e palhada, são eliminados (Silva, 1995). Essa etapa apresenta grande importância a fim de manter sua qualidade ao longo do tempo (Kolling *et al.*, 2012), pois, além da retirada de impurezas, parte dos grãos quebrados também são removidos. Dessa forma, dentre outros benefícios, há menor ataque de pragas secundárias, como *Tribolium castaneum*, os quais atacam somente grãos danificados, e menor crescimento de mofo (Broker *et al.*, 1992).

2.5 Tempo de armazenamento

Em geral, os grãos podem ser armazenados por longos períodos. Entretanto, fatores como a condição inicial do grão, o local onde é armazenado e as boas práticas no armazenamento determinam o tempo que o produto pode ficar armazenado sem perder qualidade. Os principais fatores externos que interferem no período de armazenamento dos grãos são a temperatura e a umidade, pois relacionam-se diretamente à ocorrência de pragas e fungos (Ribeiro *et al.*, 2004).

Segundo Alencar *et al.* (2009), a deterioração dos grãos de soja ao longo do armazenamento varia conforme a combinação dos teores de água e temperatura: teores mais elevados intensificam o processo de redução da qualidade dos grãos armazenados. Em contrapartida, a redução do teor de água da semente e da temperatura pode duplicar o potencial de armazenamento, proporcionalmente a porcentagem de redução (Peske *et al.*, 2012).

Smaniotto *et al.* (2014) indicam que a temperatura de 20 °C mostra-se ideal para armazenar grãos de soja mantendo sua qualidade ao longo do tempo, quando comparada a temperaturas mais elevadas e com os mesmos teores de água. Isso ocorre porque, quanto maior for a taxa respiratória dos grãos, mais rápida será a deterioração da matéria-prima armazenada.

Dessa forma, a relação entre taxa de deterioração, qualidade e condições de armazenagem dos grãos interfere sobre o tempo de armazenamento seguro (Tang *et al.*, 1999). Conforme avança o período de armazenagem, maior é a redução da qualidade de grãos, mesmo quando armazenadas de maneira adequada, devido aos processos de respiração dos grãos e deterioração (Nedel, 2003).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos inteiramente casualizados, disposto em arranjo de parcelas sub-subdivididas, com três repetições por tratamento. Os tratamentos foram compostos por três fatores: tempo de armazenamento (0, 2, 4, 6 e 8 meses), teor de água de colheita (12 e 18%) e teor de impurezas (0% e 1%), onde o tempo de armazenamento compôs a parcela, o teor de água de colheita a subparcela, e o teor de impurezas a sub-subparcela, totalizando 20 tratamentos.

3.2 Caracterização do local de origem do material

Foram utilizados grãos de soja, da cultivar TMG 7262 RR, produzidos na safra agrícola de verão 2018/2019. A semeadura foi realizada na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA-UFRGS), no município de Eldorado do Sul (300 05' latitude Sul, 510 39' longitude Oeste e 42 m altitude), km 146 da BR 290. O clima da região é classificado como "Cfa", caracterizado como clima subtropical úmido, de verão quente, conforme classificação climática de Köppen. A pluviosidade é significativa ao longo do ano, embora o período do inverno seja o mais úmido e de baixas temperaturas.

3.3 Colheita dos grãos de soja

A colheita do material foi realizada mecanicamente, com colhedora automotriz, em duas etapas. Realizou-se a primeira colheita em metade da área (2,5 ha), quando os grãos atingiram teor de água em torno de 18%, no dia 08/05/2019. A segunda colheita

foi realizada no restante da área (2,5 ha), quando os grãos atingiram aproximadamente 12% de teor de água, dez dias após a primeira colheita, no dia 18/05/2020. O monitoramento do teor de água dos grãos a campo foi realizado com auxílio de medidor portátil de umidade (Marca Gehaka), e após, confirmado em laboratório pelo método da estufa a 105 ± 3 °C durante 24 h (BRASIL, 2009).

Quanto as condições climáticas entre as colheitas, dois dias após a primeira colheita, no dia 10/05/2019, foi observada precipitação em torno de 32,2 mm. Ademais, em outros quatro dias ocorreram chuvas leves, abaixo de 2 mm/dia. A temperatura oscilou entre 17,1 °C e 20,4 °C.

3.4 Secagem dos grãos

Os grãos foram submetidos a secagem através de ventilação forçada com ar natural, realizada em silo secador da EEA-UFRGS, até atingirem 11% de teor de água. As condições de elevada umidade do ar dificultaram a realização da secagem no silo-secador, visto que esse é dependente das condições ambientais. No momento da secagem as condições climáticas estavam menos favoráveis ao uso de ar natural, devido ao tempo mais frio e úmido no sul do país, conforme mostra a Figura 1. Portanto, essa etapa demorou em torno de 40 dias para ser concluída.

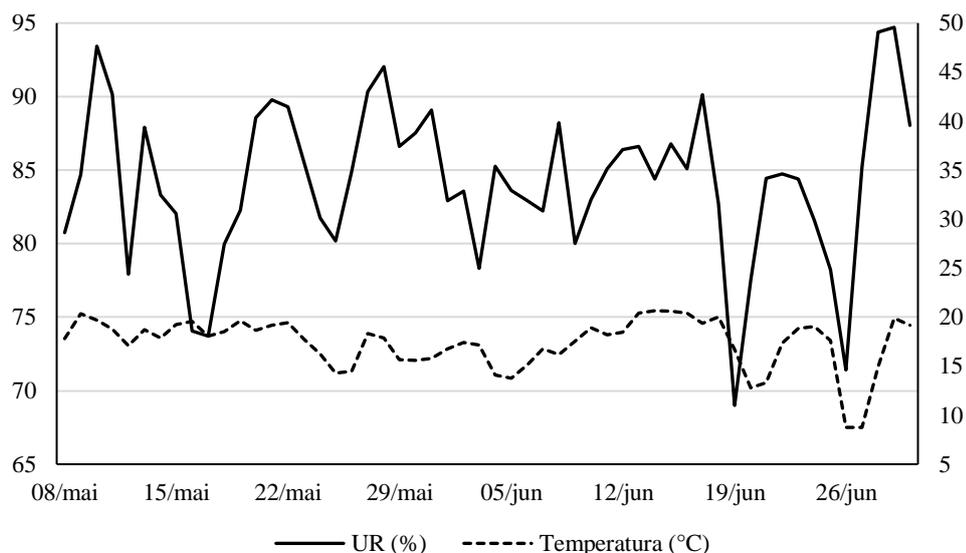


FIGURA 1. Valores médios diários de temperatura e umidade relativa do ar durante a secagem dos grãos de soja. Eldorado do Sul, 2019.

3.5 Adequação do teor de impurezas e matérias estranhas

Após a secagem, os grãos colhidos com 18% e com 12% de teor de água foram submetidos separadamente à limpeza em peneiras de 3 mm, além da retirada manual de impurezas e/ou matérias estranhas de tamanho superior ao do grão, visando a obtenção de grãos livres de impurezas e/ou matérias estranhas. Metade desses grãos, para ambos os teores de água, foram utilizados para os tratamentos de grãos livres de impurezas e/ou matérias estranhas (teor de 0%). Já para obtenção de grãos com 1% de impurezas e/ou matérias estranhas, adicionou-se à outra metade dos grãos, para ambos os teores de água, proporção de impurezas e/ou matérias estranhas equivalente a 1% do peso da amostra. As impurezas e/ou matérias estranhas utilizadas foram aquelas retiradas anteriormente dos próprios grãos. Utilizou-se a porcentagem de 1% de impurezas e/ou matérias estranhas, pois esse valor representa o máximo de permitido para comercialização de grãos de soja.

3.6 Sistema de armazenagem

Cada um dos tratamentos foi armazenado em sacos de papel kraft contendo 1 kg de grãos, com três repetições. Dessa forma, inicialmente foram armazenadas 60 amostras, sendo descartadas 12 amostras a cada momento de avaliação (a cada dois meses), correspondentes a condições de água e impurezas e/ou matérias estranhas dos grãos e suas três repetições. Os sacos de papel kraft foram acondicionados em sacos de ráfia, e mantidos durante os meses de armazenagem em meio a uma pilha de sacarias de soja, na EEA/UFRGS, a fim de simular o armazenamento convencional em ambiente natural.

3.7 Condições ambientais durante a condução do experimento

A temperatura e umidade relativa do ar do local de armazenamento foram monitoradas por termo-higrômetro digital. Na Figura 2, estão apresentados os valores médios de temperatura e umidade relativa do ar (UR), durante o período de armazenamento dos grãos. O armazenamento teve início em julho de 2019, com valores médios de temperatura de 15 °C e UR em 85 %. Com a entrada da primavera e, após, do verão, as temperaturas começam a aumentar e a UR a diminuir, atingindo, respectivamente, valores em torno de 23 °C e 63 % em dezembro. A umidade relativa do ar elevada e as baixas temperaturas no inverno, e o processo inverso no verão, são características comuns na região sul do Brasil.

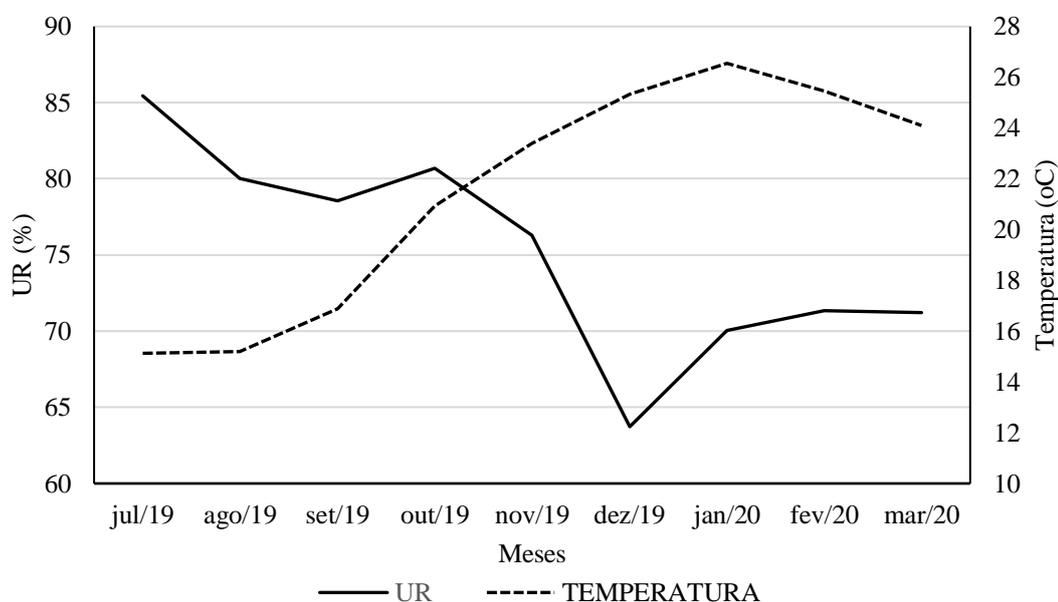


FIGURA 2. Valores médios diários de temperatura e umidade relativa do ar durante o armazenamento de grãos de soja. Eldorado do Sul, 2020.

3.8 Análises de qualidade dos grãos armazenados

As análises de qualidade dos grãos foram realizadas ao longo de oito meses de armazenamento da soja, sendo realizada uma avaliação completa a cada dois meses. A avaliação completa consistiu em análises físicas, químicas, sanitária e tecnológica dos grãos. As análises físicas, sanitária e tecnológica foram realizadas no Laboratório de

Pós-Colheita de Grãos (LPCG) da UFRGS e as análises químicas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal (LNA) da UFRGS.

3.8.1 Análises físicas

3.8.1.1 Teor de água

A determinação do teor de água dos grãos foi realizada pelo método da estufa a $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$, por 24 horas e com circulação de ar, conforme normas estabelecidas pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em percentagem (%) de umidade, em base úmida.

3.8.1.2 Massa específica

A massa específica dos grãos foi determinada mediante uso de balança de peso hectolítrico e pesagem dos grãos. Os resultados da massa específica foram expressos em kg.m^{-3} em base seca (BRASIL, 2009).

3.8.1.3 Peso de mil grãos

O peso de mil grãos foi determinado conforme as Regras para Análise de sementes (BRASIL, 2009), contando-se manualmente 100 grãos em oito repetições. Os grãos foram pesados em balança analítica e seu peso médio multiplicado por dez, obtendo os resultados em gramas (g) e em base seca.

3.8.2 Análise sanitária

A qualidade sanitária dos grãos de soja foi avaliada através do *Blotter test*, recomendado para análise de sementes (BRASIL, 2009). Foram utilizados 450 grãos

para cada tratamento, sendo cada repetição composta por 6 repetições de 25 grãos. Os grãos foram dispostos em caixa Gerbox previamente desinfetada, sobre duas folhas de papel filtro umedecido em solução com 2,4-D a 5 ppm de concentração, para inibir a germinação das sementes, e ágar diluído (10 g de ágar/ 1.000 ml de água), para facilitar a fixação das sementes no substrato. As caixas foram dispostas em câmara incubadora do tipo BOD, pelo período de sete dias em temperatura de 20 °C. Posteriormente, os grãos foram examinados individualmente, identificando os fungos presentes, com auxílio de estereomicroscópio. Os resultados foram expressos em percentual de ocorrência de fungos.

3.8.3 Análise tecnológica

A análise tecnológica dos grãos foi realizada mediante classificação dos grãos de soja, utilizando como parâmetro a Instrução Normativa nº 11 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) de 15 de maio de 2007 (BRASIL, 2007a), complementada com a Instrução Normativa nº 37 de 07 de julho de 2007 (BRASIL, 2007b). Os grãos foram classificados em dois grupos, Grupo I, destinados ao consumo in natura; e Grupo II, destinados a outros usos, como processo de esmagamento para produção de óleo e farelo ou alimentação animal.

Conforme os percentuais de tolerância de defeitos nos grãos, estabelecidos na legislação, a soja do Grupo I foi classificada em Tipo 1 ou Tipo 2 e a do Grupo II como Padrão Básico, conforme os limites máximos de tolerância para cada tipo. Quando não atenderam as especificações, em um ou mais aspectos, os grãos foram classificados como Fora de Tipo. Para a classificação, consideram-se os seguintes defeitos: grãos queimado, ardidos, mofados, fermentados, esverdeados, germinados, danificados, imaturos, chochos, amassados, partidos e quebrados.

3.8.4 Análises químicas

3.8.4.1 Proteína bruta

O teor de proteína bruta foi obtido por meio do método Kjeldahl, passando pelas etapas de digestão, destilação e titulação. Para converter o nitrogênio em proteína, o valor obtido foi multiplicado por um fator geral de conversão (5,71 para a cultura da soja). Os resultados foram expressos em porcentagem (%) em base seca (AOAC, 1997).

3.8.4.2 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), por meio de incineração em mufla, a temperatura de 560-580 °C, até peso constante. Os resultados foram expressos em porcentagem (%) em base seca.

3.8.4.3 Gordura bruta ou extrato etéreo

A determinação do extrato etéreo foi realizada conforme descrito na Association of Official Analytical Chemists - A.O.A.C (1997), utilizando o aparelho Soxhlet. Os resultados foram expressos em porcentagem (%) em base seca (AOAC, 1997).

3.8.4.4 Carboidratos ou extrativo não nitrogenado

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

3.9 Análise estatística

Os dados foram submetidos a análise de variância pelo teste F ($p \leq 0,05$), com auxílio do software estatístico R[®] (R Core Team, 2015). O tempo de armazenamento foi submetido a análise de regressão com o auxílio do software SigmaPlot[®] (Systat

Software, 2011) sendo os modelos matemáticos selecionados com base na significância da equação, pelo teste F ($p \leq 0,05$), na significância dos parâmetros da equação pelo teste "t" ($p \leq 0,05$) e pelo coeficiente de determinação (r^2). As médias do teor de água de colheita e do teor de impurezas foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), com o auxílio do software estatístico R® (R Core Team, 2015).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análises Físicas

Os resultados resumidos da análise de variância, obtidos por meio do teste F ($p \leq 0,05$), para as análises físicas de teor de água, peso de mil grãos e massa específica estão apresentados na Tabela 2. Quanto ao teor de água dos grãos, ocorreu interação dupla entre os fatores teor de água de colheita e tempo de armazenamento. Já para peso de mil grãos não foram observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos, e para massa específica observou-se efeito apenas do tempo de armazenamento.

TABELA 2. Resumo da análise de variância, teste F ($p \leq 0,05$), para o teor de água (TA), peso de mil grãos (PMG) e massa específica (ME) de grãos de soja, colhidos com distintos teores de água e submetidos a diferentes teores de impurezas, durante 240 dias.

FV ¹	GL ²	Valor de p		
		TA	PMG	ME
T	4	<0.0001	0.0658	0.0060
U	1	<0.0001	0.0971	0.0749
I	1	0.1471	0.8359	0.7427
T x U	4	0.0027	0.7784	0.4152
T x I	4	0.7467	0.4800	0.1822
U x I	1	0.7308	0.8230	0.7078
T x U x I	4	0.4129	0.8889	0.2575

¹ FV (Fator de Variação); ²GL (Graus de Liberdade); T (Tempo de armazenamento); U (Teor de água na colheita); I (Teor de Impurezas)

4.1.1 Teor de água

Para o teor de água houve interação apenas entre os fatores tempo e teor de água de colheita (Tabela 2). Verificaram-se alterações significativas no teor de água dos grãos ao longo do tempo de armazenamento, como pode ser observado na Figura 3, ocorrendo inicialmente um aumento para todas as condições de colheita. Após, o teor de água dos grãos oscilou de acordo com a temperatura e umidade relativa do ar ambiente, tendendo em equilíbrio higroscópico.

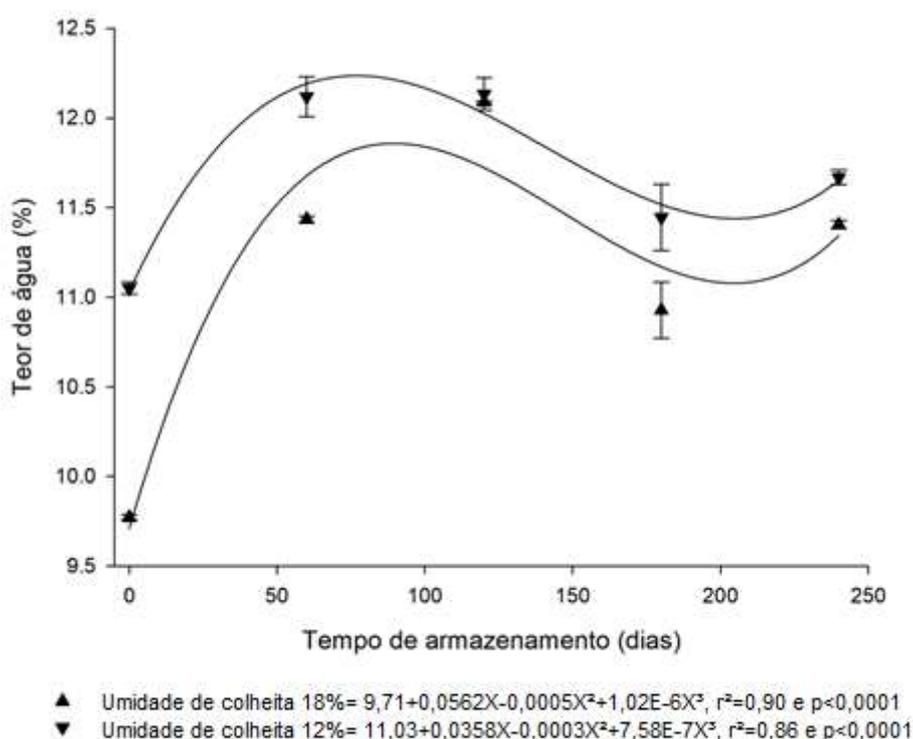


FIGURA 3. Teor de água (%) de grãos de soja colhidos com diferentes teores de água (18 e 12% b.u) e armazenados durante 240 dias, independentemente do teor de impurezas dos grãos.

Diversos autores também verificaram variações nos teores de água de soja no armazenamento, atribuindo-as a diferenças na temperatura e umidade relativa do ar (Pereira *et al.*, 2011; Carvalho *et al.*, 2014; Hartmann Filho *et al.*, 2016; Capilheira *et al.*, 2019). Isso ocorre, pois condições não controladas desses fatores induzem fenômenos de sorção e dessorção dos grãos (Tiecker Junior *et al.*, 2014). Assim, os grãos absorvem água do ambiente quando a pressão de vapor dos grãos é menor do que

a pressão de vapor do ar ambiente; e perdem água quando ocorre o processo inverso. Já quando a pressão de vapor do grão e do ar ambiente são iguais, ocorre o equilíbrio higroscópico (Brooker *et al.*, 1992).

Dessa forma, inicialmente, após a secagem dos grãos, ocorreu um aumento no teor de água de ambos os tratamentos (teor de água de colheita de 18% e teor de água de colheita de 12%), tendendo ao equilíbrio com o ambiente. Esse aumento decorreu da elevada umidade relativa do ar (em média 85%), a maior ao longo de todo período de armazenamento dos grãos, conforme observado anteriormente nos dados de temperatura e umidade do local de armazenagem (Figura 2). Em contrapartida, no período dos 120 aos 180 dias de armazenamento, correspondente aos meses de novembro a janeiro, houve redução no teor de água dos grãos, em decorrência da troca de vapor d'água dos grãos para o ambiente. Tal fato deve-se a grande queda na umidade relativa do ar e as temperaturas elevadas observadas nesses meses, características típicas do verão no sul do Brasil.

Já aos 240 dias de armazenamento, com a redução da temperatura e o aumento da umidade relativa do ar (entrada do outono), observou-se aumento no teor de água dos grãos, devido ao processo inverso de passagem de água do ar para os grãos. Nesse caso, usualmente atinge-se a umidade de equilíbrio em condições desfavoráveis ao armazenamento, favorecendo a rápida perda de qualidade do grão, em consequência da própria respiração do grão, mas também ao ambiente favorável para o desenvolvimento de fungos e insetos.

Na Figura 3 também se pode observar que, ao longo de todo período de armazenamento, grãos colhidos tardiamente, com teor de água de 12%, apresentaram teores de água dos grãos mais elevados do que grãos colhidos antecipadamente, com 18%. As condições climáticas adversas, principalmente maiores precipitações no período entre a maturidade fisiológica e a colheita, são fatores que afetam a qualidade inicial de grãos (Carvalho e Nakagawa, 2000; França Neto *et al.*, 2005). Portanto, o atraso na colheita resultou em uma maior perda de qualidade para os grãos, e, de acordo com Peske & Villela (2006), grãos deteriorados tendem ao equilíbrio com a umidade relativa do ar em teores mais elevados de água.

Scariot *et al.* (2017) também observaram maiores teores de água para grãos de trigo colhidos com menor teor de água, em comparação com grãos colhidos com maior teor de água e submetidos à secagem. Apesar disso, danos em decorrência de variações

no conteúdo de água, causadas por chuvas ou oscilações na umidade relativa do ar são mais comuns em grãos de soja, devido a estrutura de seu tegumento (Marcos Filho, 2015).

4.1.2 Peso de Mil Grãos

Para as análises de peso de mil grãos, não houve diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 2), sendo obtida uma média de 134,76 g. As condições de armazenagem permitiram o armazenamento dos grãos por 240 dias sem variações no peso de mil grãos. Danieli *et al.*, (2012) e Lorenzetti (2017) também não encontraram diferenças significativas no peso de mil grãos ao longo do tempo de armazenamento de feijão e milho, respectivamente.

O momento de colheita e a presença de impurezas e/ou matérias estranhas também não influenciaram o peso de mil grãos. Pelúzio *et al.* (2008) e Zuffo *et al.* (2017a), estudando o retardamento da colheita na qualidade de sementes de soja, também não detectaram diferenças significativas para peso de mil grãos entre diferentes épocas de colheita, atribuindo esse resultado ao fato de a colheita ter sido realizada após o acúmulo máximo de matéria seca.

Quanto à presença de impurezas, o processo de limpeza através de peneiras utilizada para resultar nos tratamentos sem impurezas mostra-se eficiente também para retirada de grãos quebrados e/ou de tamanho muito reduzido, podendo ter influência sobre o peso de mil grãos. Entretanto, como foram utilizados apenas grãos inteiros para a análise do peso de mil grãos (BRASIL, 2009), não houve diferença significativa estatisticamente entre os tratamentos com e sem impurezas.

4.1.3 Massa Específica

Foram observadas diferenças significativas na massa específica de grãos apenas em função do tempo de armazenagem (Tabela 2). A massa específica dos grãos sofreu uma redução ao longo da armazenagem (Figura 4), independentemente do teor de água da colheita e do teor de impurezas junto aos grãos, o que se deve a perda de

qualidade dos grãos durante o período de armazenamento por processos de deterioração. Segundo Silva (1997), a redução da massa específica está relacionada a grãos que perderam matéria seca devido à infestação de fungos e insetos tanto no campo quanto no armazenamento. Os insetos consomem a parte interna dos grãos, mantendo o volume, porém reduzindo a massa destes grãos (Antunes *et al.*, 2011). Além disso, o próprio metabolismo dos grãos contribui para redução da massa específica.

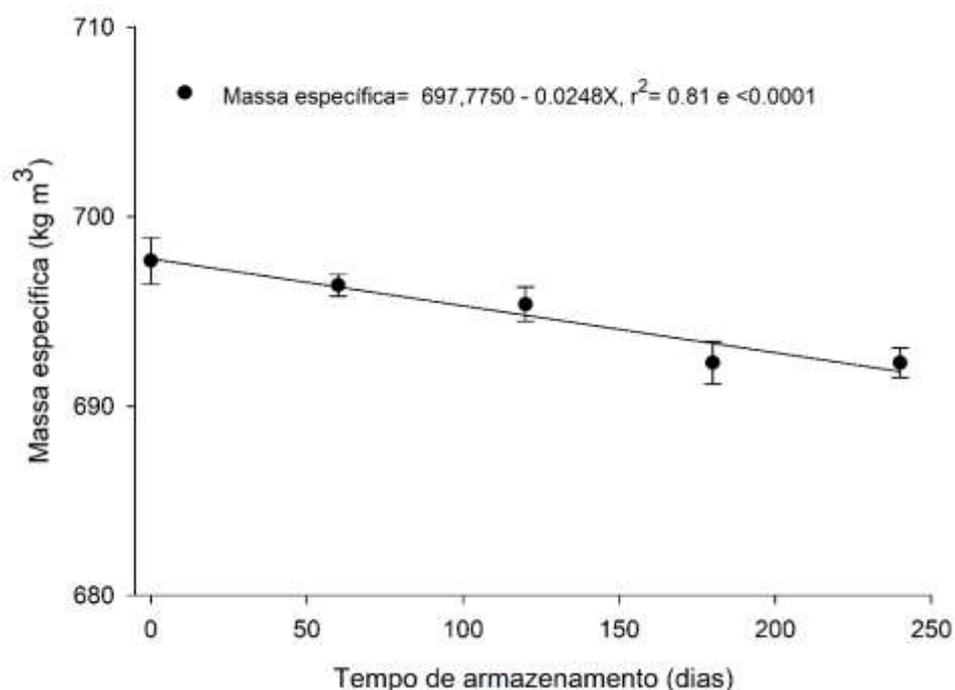


FIGURA 4. Massa específica (kg m⁻³) de grãos de soja armazenados durante 240 dias, independentemente do teor de água de colheita e do teor de impurezas.

Alencar *et al.* (2009), ao avaliarem a qualidade de grãos de soja armazenados em diferentes condições, também observaram uma redução na massa específica aparente para grãos armazenados com 12,8 % de teor de água a 30°C. Esse fato foi atribuído a presença de insetos praga que danificaram os grãos. Araújo (2014) também observou redução da massa específica aparente no armazenamento de grãos de soja ao longo de 12 meses, independentemente das condições de armazenamento dos grãos, podendo estar relacionado ao incremento da atividade metabólica

4.2 Análise Sanitária

O resumo da ANOVA, pelo teste F ($p < 0,05$), para análise sanitária dos grãos de soja está apresentado na Tabela 3. Observa-se que houve interação tripla entre os fatores teor de água de colheita, teor de impurezas e tempo de armazenamento apenas para *Fusarium* spp. e *Aspergillus* spp. Para *Cercospora* spp. e *Penicillium* spp. ocorreram interações duplas entre teor de água de colheita e tempo de armazenamento e entre teor de impurezas e tempo de armazenamento. Por fim, para *Phomopsis* spp. houve interação apenas entre teor de água de colheita e tempo de armazenamento.

TABELA 3. Resumo da análise de variância, teste F ($p \leq 0,05$), para incidência de *Cercospora* spp., *Fusarium* spp., *Phomopsis* spp., *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp. em grãos de soja colhidos com distintos teores de água e armazenados com diferentes teores de impurezas por 240 dias.

FV ¹	GL ₂	Valor de p				
		<i>Phomopsis</i> spp.	<i>Fusarium</i> spp.	<i>Cercospora</i> spp.	<i>Aspergillus</i> spp.	<i>Penicillium</i> spp.
T	4	<0.0001	<0.0001	<.0001	<0.0001	<0.0001
U	1	0.0015	<0.0001	<.0001	<0.0001	<0.0001
I	1	0.7059	0.0005	<.0001	0.5169	0.0004
T x U	4	0.0340	<0.0001	<.0001	0.0006	<0.0001
T x I	4	0.3784	0.0032	0.0005	<0.0001	0.0001
U x I	1	0.9747	0.0838	0.5405	0.1218	0.2557
T x U x I	4	0.3528	0.0005	0.7091	0.0001	0.0885

¹FV (Fator de Variação); ²GL (Graus de Liberdade); T (Tempo de armazenamento); U (Teor de água na colheita); I (Teor de Impurezas)

4.2.1 Fungos de campo

A incidência de *Phomopsis* spp. foi maior nos grãos colhidos tardiamente (Figura 5), independentemente do teor de impurezas e/ou matérias estranhas. Esse fato pode estar relacionado ao maior período de exposição dos grãos a condições adversas do ambiente, uma vez que os grãos colhidos com 12% de teor de água permaneceram dez dias a mais no campo, em comparação aos grãos colhidos com 18% de teor de água. Diniz *et al.* (2013b) observaram, ao estudarem o efeito do atraso da colheita sobre a incidência de patógenos em sementes de soja, que 15 dias de atraso aumenta significativamente o número de sementes infectadas por esse gênero.

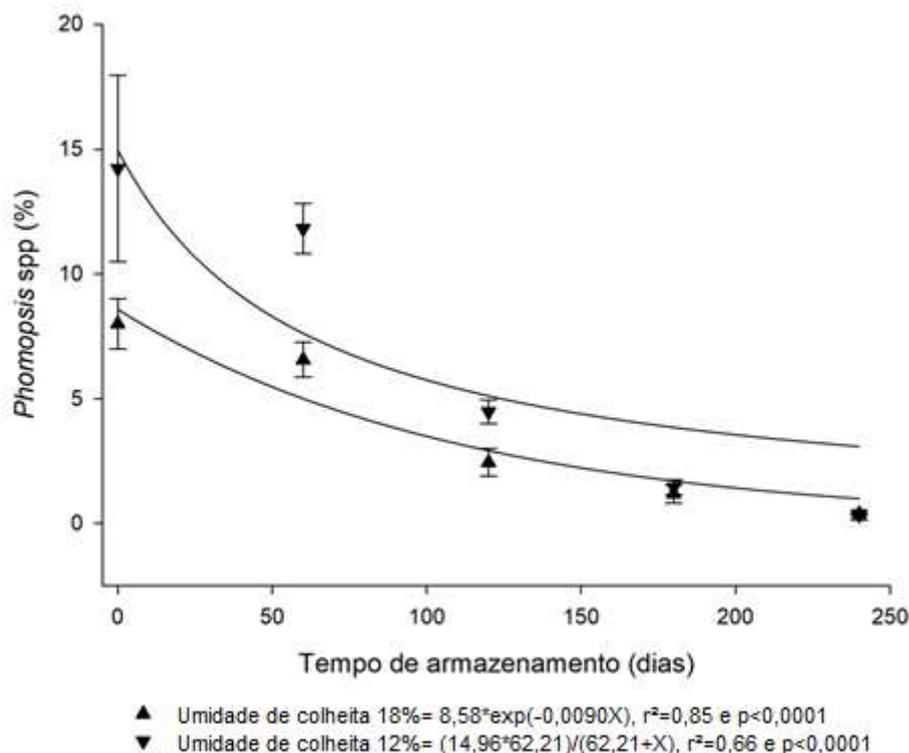


FIGURA 5. Incidência de *Phomopsis* spp. (%) em grãos de soja colhidos com diferentes teores de água (18 e 12%) em relação ao tempo de armazenamento, independentemente do teor de impurezas.

Além disso, os grãos colhidos tardiamente passaram por período de chuvas enquanto permaneceram no campo. Conforme Galli *et al.* (2007), elevadas precipitações, principalmente nos estádios finais do ciclo da cultura, mostram-se favoráveis para ocorrência de *Phomopsis* spp.

Segundo Henning & França Neto (1980) e Dhingra & Acuña, (1997), dentre os fungos causadores de degradação, *Phomopsis* spp. é o principal relacionado à imediata perda de qualidade de sementes de soja. Nesse sentido, há redução na germinação de sementes, além de as sementes apresentarem enrugamento e rachaduras no tegumento, podendo avançar para podridão.

Conforme avançou o tempo de armazenagem, houve uma redução na incidência de *Phomopsis* spp. para ambos os teores de água na colheita (Figura 5). Esse resultado decorre da perda de viabilidade dos esporos, uma vez que esse fungo perde rapidamente a viabilidade durante o armazenagem em condições naturais, devido ao baixo teor de água dos grãos na armazenagem (Henning, 1987). Diversos autores (Henning *et al.*,

(1981); França Neto *et al.* (1994); Bizzetto & Homechin (1997)) também observaram que, em lotes de soja armazenados por seis meses, a incidência de *Phomopsis* spp. decresceu gradativamente ao longo do tempo, atingindo valores próximos a zero, assim como observado no presente estudo.

Devido a sua maior permanência no campo, grãos colhidos com 12% de teor de água apresentaram maior incidência também para *Fusarium* spp. (Figura 6). A ocorrência desse fungo pode apresentar variações em função das condições climáticas durante as fases de maturação e colheita (Goulart, 2018), mostrando-se acentuada quando os grãos sofrem atraso de colheita e permanecem no campo por um período maior após a maturidade fisiológica, ou são expostos a deterioração por ambientes úmidos (Goulart, 2018; Marcos Filho, 2005).

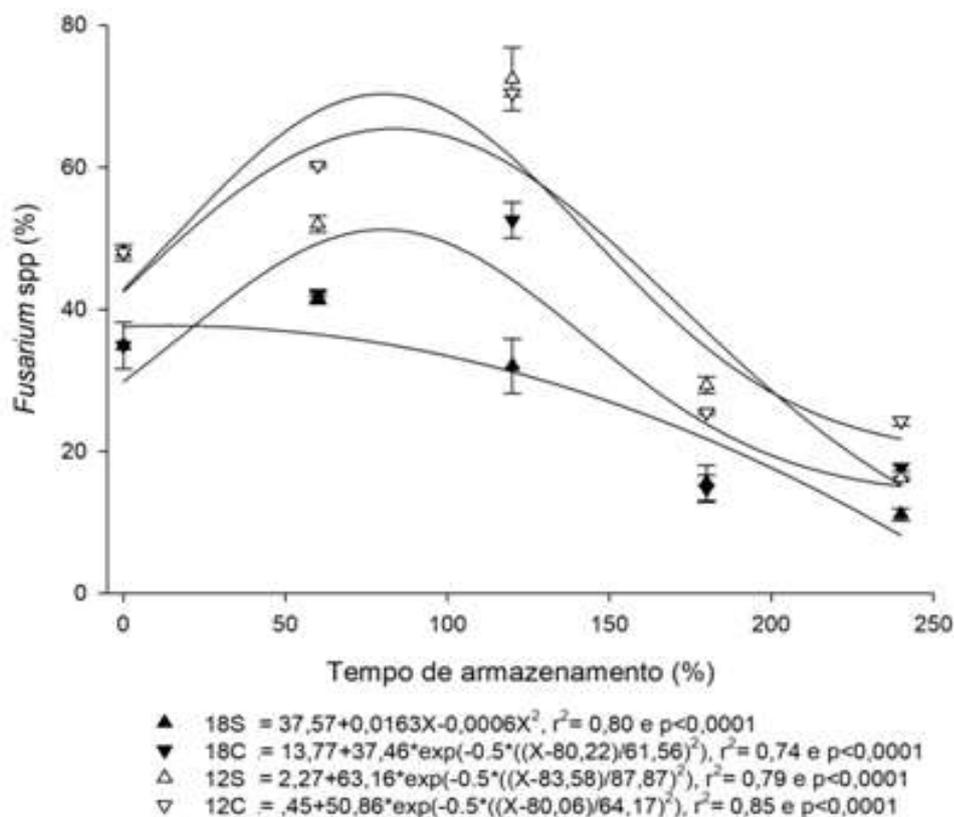


FIGURA 6. Incidência de *Fusarium* spp. (%) em grãos de soja colhidos com diferentes teores de água (18 e 12% b.u) e submetidos a diferentes teores de impurezas (0% (S) e 1% (C)), armazenados durante 240 dias.

Dessa forma, quando os grãos são expostos a condições adversas do clima (França Neto *et al.*, 2005), e quando o atraso na colheita ocorre em condições de elevada umidade relativa do ar, assim como foi observado neste trabalho, a quantidade de grãos infectados aumenta rapidamente (Diniz *et al.*, 2013b). Lorini *et al.*, (2017), analisando a qualidade de grãos de soja armazenados de vários municípios brasileiros, demonstraram que a presença de *Fusarium graminearum* foi significativa apenas nos estados do sul, devido ao seu clima favorável à ocorrência deste fungo. Sendo assim, além dos grãos colhidos com 12% de teor de água, permaneceram mais tempo no campo suscetíveis ao ataque de patógenos, o período e o local proporcionaram condições favoráveis para ocorrência de *Fusarium spp.*

A presença de impurezas favoreceu a incidência de *Fusarium spp.* nos grãos para ambos os teores de água na colheita. As impurezas apresentam maior presença de esporos de fungos, além de proporcionarem um microclima favorável ao redor dos grãos localizados próximos à elas, aumentando a umidade nesses locais (Faroni, 1998) e consequentemente favorecendo o gênero *Fusarium spp.*

Zhou *et al.* (2009), estudando a interferência de impurezas na atividade de fungos e qualidade de grãos de trigo no armazenamento, observaram que a presença de impurezas fez com que a presença de fungos aumentasse, resultando na deterioração dos grãos. Por isso, concluíram que é necessário realizar a limpeza, pois essa, ao remover as impurezas, melhora a armazenabilidade dos grãos.

Segundo Lazzari (1997), considera-se o *Fusarium* um fungo intermediário, pois esse invade o grão antes da colheita, mas prossegue desenvolvendo-se e causando danos durante o armazenamento. Nesse sentido, inicialmente ocorreu um aumento na incidência de *Fusarium spp.* aproximadamente até os 120 dias de armazenamento. Tal aumento pode ocorrer eventualmente em grãos que sofreram reidratação (Márcia & Lazzari, 1998), o que pode explicar os resultados obtidos, considerando que o aumento da incidência do fungo coincidiu com o aumento do teor de água dos grãos devido à alta umidade relativa do ar, que ultrapassou os 80%, na metade inicial do armazenamento dos grãos. Rossetto *et al.* (2005), ao avaliarem a influência da calagem, época de colheita e secagem na incidência de fungos em grãos armazenados de amendoim, também observaram um aumento na incidência de *Fusarium spp.*

Após, houve redução progressiva desse fungo, em razão da redução do teor de água dos grãos e perda de viabilidade dos esporos, além do aumento na incidência de

fungos de armazenamento, como *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp., os quais suprimem a incidência de fungos de campo (Sweenwey & Dobson, 1998).

A incidência de *Cercospora* spp. também foi maior nos grãos colhidos tardiamente, conforme mostra a Figura 7. Esse fato pode estar relacionado ao maior período de exposição dos grãos às condições adversas do ambiente ainda no campo. Conforme Tanaka *et al.* (2001), a incidência de *Cercospora* spp. no início do armazenamento refere-se basicamente à contaminação vinda da lavoura, pois como é um fungo de campo, desenvolve-se melhor em umidades relativas mais elevadas.

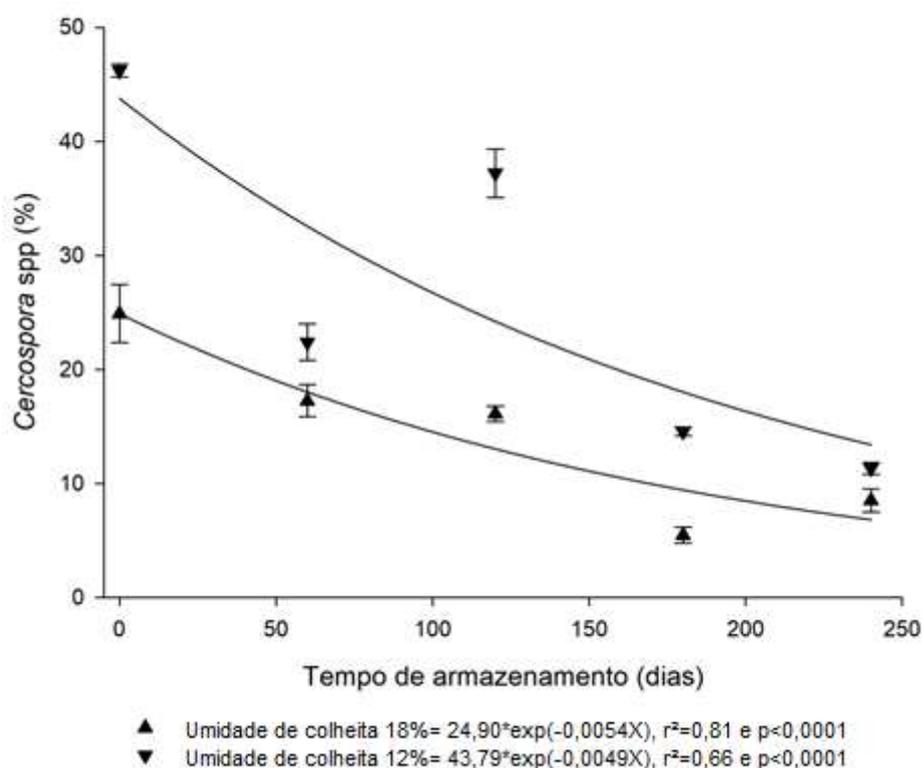


FIGURA 7. Incidência de *Cercospora* spp. (%) em grãos de soja colhidos com diferentes teores de água (18 e 12%) em relação ao tempo de armazenamento, independentemente do teor de impurezas.

Ao longo do armazenamento, a incidência de *Cercospora* spp. foi maior nos grãos armazenados na presença de impurezas (Figura 8). Isso pode estar relacionado às regiões de maior umidade formadas pela presença de impurezas ao redor dos grãos, auxiliando na manutenção da viabilidade dos esporos. De acordo com Zhou *et al* (2009), nas regiões em que se acumulam impurezas junto aos grãos, a incidência de fungos é maior.

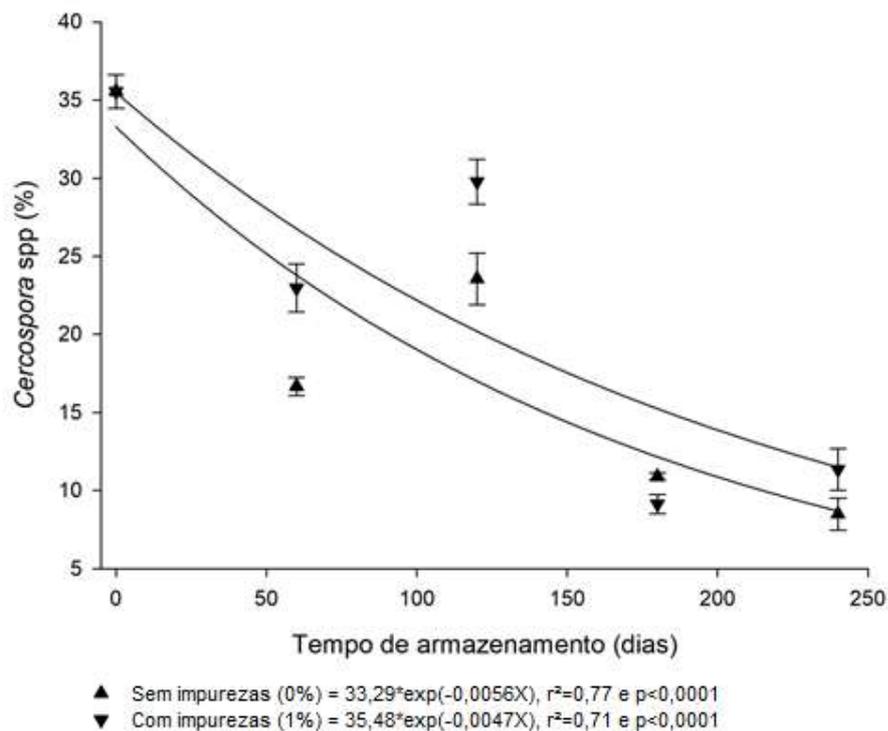


FIGURA 8. Incidência de *Cercospora* spp. (%) em grãos de soja armazenados com diferentes teores de impurezas (0 e 1%) em relação ao tempo de armazenamento, independentemente do teor de água na colheita.

Conforme avançou o tempo de armazenagem, houve queda na incidência de *Cercospora* spp, estando de acordo com resultados encontrados por Krzyzanowski *et al.* (2019) para grãos de soja armazenados por 210 dias. Esse resultado decorre da perda de viabilidade dos esporos ao longo do armazenamento.

Sendo assim, de maneira geral, observou-se uma maior incidência de patógenos provenientes do campo nos grãos colhidos tardiamente. Braccini *et al.*, (2003), Santos *et al.*, (2005), Diniz *et al.* (2013b) e Zuffo *et al.* (2017b), estudando os efeitos do atraso da colheita de soja sobre sua qualidade, também observaram maior incidência de patógenos em soja colhida com atraso, principalmente dos gêneros *Fusarium* spp. e *Phomopsis* spp., fungos causadores dos maiores danos na produção de soja nas condições climáticas do Brasil (Dhingra & Acuña, 1997), e *Cercospora* spp.

4.2.2 Fungos de armazenamento

Aspergillus spp. e *Penicillium* spp. são fungos de armazenamento, sendo o teor de água dos grãos um dos principais fatores na determinação da sua infecção, juntamente com umidade relativa do ar, temperatura e tempo de armazenagem (Dhingra, 1985). Esses fungos contaminam as sementes após a colheita, especialmente em casos de atraso na operação (Marcos Filho, 2005).

Entretanto, observou-se maior incidência desses fungos nos grãos colhidos antecipadamente, com 18% de teor de água, em relação aos colhidos tardiamente, com 12% (Figura 9 e Figura 10). Ferrari Filho (2011), ao estudar a incidência de fungos em grãos de milho em diferentes épocas de desenvolvimento na lavoura, também observou uma maior incidência de *Penicillium* em grãos com maior teor de água no campo, reduzindo sua incidência com a redução no teor de água dos grãos até o momento da colheita. Entretanto, observou um aumento na incidência de *Aspergillus* com a redução do teor de água do grão (maior tempo de permanência no campo), estando esse resultado contrário ao presente trabalho.

Assim, a maior incidência de *Aspergillus* spp. nos grãos colhidos com 18% de teor de água decorre da demora para secagem desses grãos. Anteriormente à secagem, não foram observados esporos de *Aspergillus* spp nos grãos, contudo, após a secagem, observou-se incidência de 20% de grãos contaminados por esse fungo nos grãos colhidos antecipadamente. Como a secagem foi realizada em silo secador utilizando ar natural e dificultada devido à alta umidade relativa do ar, esses grãos permaneceram mais tempo com o teor de água elevado, possibilitando maior quantidade de fungos desse gênero no armazenamento.

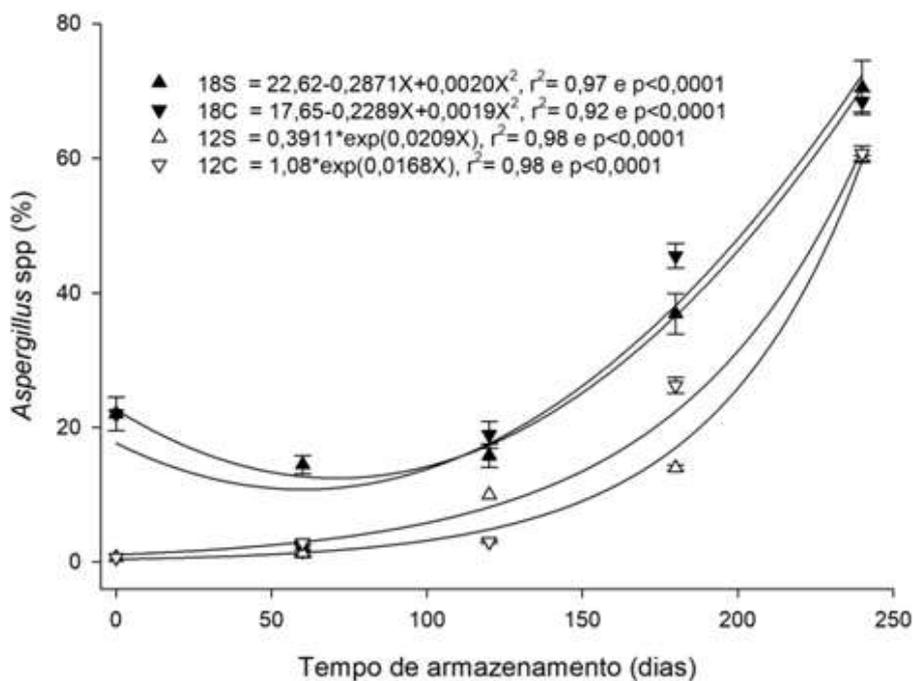


FIGURA 9. Incidência de *Aspergillus* spp. (%) em grãos de soja colhidos com diferentes teores de água (18 e 12% b.u) e armazenados com diferentes teores de impurezas (0 (S) e 1% (C)) por 240 dias.

Conforme Goulart (2018), para grãos colhidos com elevado teor de água, o retardamento do início da secagem por alguns dias já é suficiente para redução da qualidade devido à ação de *Aspergillus* spp. A permanência dos grãos com teor de água elevado no silo secador, devido à dificuldade para secagem em razão da elevada umidade relativa do ar, contribuiu para a incidência do fungo. O elevado teor de água dos grãos, com valores acima dos 14%, pode contribuir para incidência de *Aspergillus* sp., uma vez que esse gênero de fungo é favorecido por ambientes com esta faixa de teor de água (Rupollo *et al.*, 2006). Caso a secagem tivesse sido realizada imediatamente após a colheita em secador contínuo, a incidência inicial de *Aspergillus* spp. provavelmente poderia ter sido inferior.

Aos 180 dias de armazenamento, os tratamentos com impurezas apresentaram maior incidência de *Aspergillus*. Fungos de armazenamento estão normalmente presentes em alta ocorrência em materiais como poeira, ar e impurezas (Lazzari, 1997), o que contribui para seu desenvolvimento nos grãos. Além disso, quanto mais fungos as

impurezas carregam, mais rápido a qualidade dos grãos no armazenamento reduz (Zhou *et al.*, 2009).

Por ser um fungo de armazenamento, a incidência de *Aspergillus* spp. aumentou ao longo do período de armazenagem para ambos os teores de água de colheita e teores de impurezas e matérias estranhas (Figura 10). Esses resultados estão de acordo com os encontrados por Cardoso *et al.* (2004), em que fungos de armazenamento aumentaram suas incidências ao longo do tempo de armazenamento em sementes de soja, mesmo passando por tratamento com fungicida e armazenadas a frio, estando relacionado ao teor de água inicial das sementes. Zuffo *et al.* (2017b) também observaram incremento de fungos de armazenamento em sementes de soja após oito meses de armazenamento, quando comparados com sementes recém colhidas, independente do momento de colheita.

Em contrapartida, a incidência de *Penicillium* sp. aumentou durante o armazenamento dos grãos somente até os 180 dias de armazenamento. Após, observou-se redução na incidência desse fungo (Figura 10 e 11). Ferrari Filho *et al.* (2012), estudando a qualidade de grãos de trigo submetidos a diferentes condições de armazenamento, também observaram reduções na incidência de fungos do gênero *Penicillium*, relacionando-as à uma sobreposição de fungos do gênero *Aspergillus*. Como houve aumento expressivo do gênero *Aspergillus*, principalmente nos últimos meses de armazenagem (Figura 9), pode ter ocorrido uma supressão do gênero *Penicillium*.

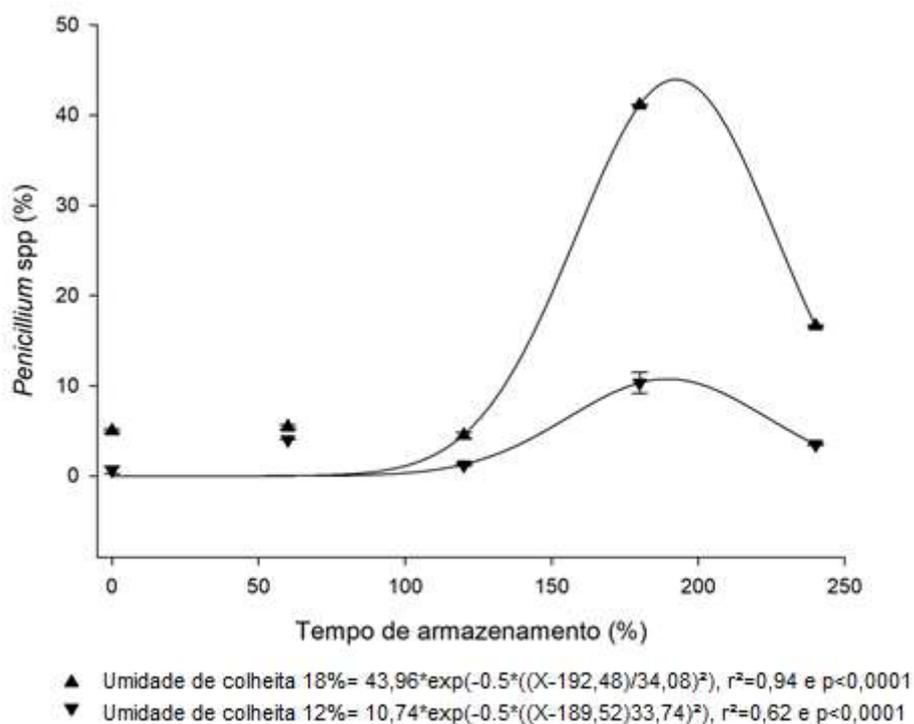


FIGURA 10. Incidência de *Penicillium* spp. (%) em grãos de soja colhidos com diferentes teores de água (18 e 12%) em relação ao tempo de armazenamento, independentemente do teor de impurezas.

Conforme a Figura 10, houve uma maior incidência de *Penicillium* spp. nos grãos colhidos com 18% de teor de água em relação aos colhidos com 12%. Esse resultado pode ser decorrente da retirada dos grãos com maior umidade do campo e também pela demora na secagem dos grãos colhidos com 18% de teor de água, a qual foi dificultada devido à alta umidade relativa do ar no momento da secagem, permanecendo mais tempo com o teor de água elevado, assim como ocorreu para *Aspergillus* spp. Anteriormente à secagem, os grãos apresentavam apenas 1% de incidência de *Penicillium* spp., aumentando sua incidência para 4% após a secagem nos grãos colhidos com 18% de teor de água, e permanecendo 1% nos grãos colhidos com 12% após a secagem.

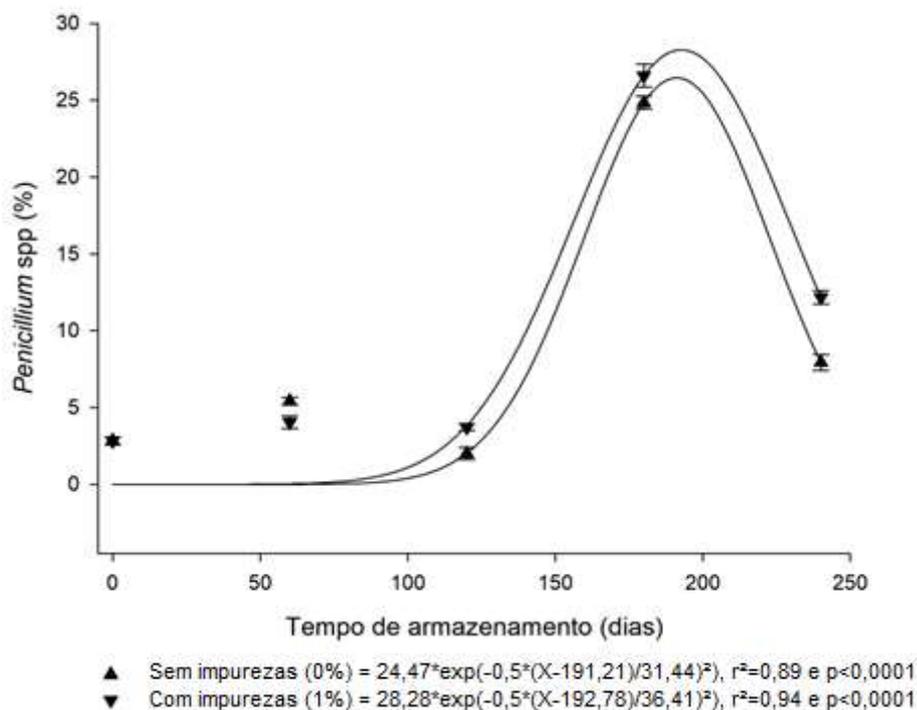


FIGURA 11. Incidência de *Penicillium* spp. (%) em grãos de soja armazenados com diferentes teores de impurezas (0 e 1%) em relação ao tempo de armazenamento, independentemente do teor de água na colheita

Grãos armazenados na presença de impurezas apresentaram uma maior incidência desse gênero a partir dos 120 dias de armazenamento, conforme pode ser observado na Figura 11, provavelmente devido a interferência das impurezas em relação ao teor de água dos grãos próximos a elas, aumentando-a e favorecendo o desenvolvimento de fungos, além de serem portadoras de grande quantidade de microorganismos (Faroni, 1998). Zhou *et al.* (2009) observaram que, no armazenamento de trigo na presença de impurezas, uma grande quantidade de *Penicillium* foi transportada das impurezas para os grãos, interferindo sobre as condições de armazenamento, ao favorecer a ocorrência desse fungo.

4.3 Classificação Tecnológica

Na Tabela 4 está apresentada a classificação dos grãos de soja para cada um dos tratamentos, ao longo do tempo de armazenamento. Durante todo período de avaliação,

o teor de água dos grãos permaneceu dentro do limite estabelecido para classificação de grãos de soja, de 14%, apesar de não terem sido realizados procedimentos para controle de temperatura e umidade.

TABELA 4. Classificação dos grãos de soja, da colheita ao término do armazenamento (240 dias), conforme teor de água de colheita e teor de impurezas, de acordo com a IN nº 11/2007 do MAPA.

Tratamento	0 dias	60 dias	120 dias	180 dias	240 dias
18% S	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 2	Tipo 2	Padrão Básico
18% C	Tipo 1	Tipo 2	Padrão Básico	Padrão Básico	Padrão Básico
12% S	Tipo 1	Tipo 2	Padrão Básico	Padrão Básico	Fora de Tipo
12% C	Tipo 1	Padrão Básico	Padrão Básico	Fora de Tipo	Fora de Tipo

18% S (Colhidos com 18% de teor de água e armazenados sem impurezas); 18% C (Colhidos com 18% de teor de água e armazenados com impurezas); 12% S (Colhidos com 12% de teor de água e armazenados sem impurezas); 12% C (Colhidos com 12% de teor de água e armazenados com impurezas)

No início do armazenamento todos os tratamentos foram classificados como Tipo 1, encontrando-se dentro dos limites para o padrão máximo de qualidade segundo a IN nº 11/2007 do MAPA, apresentando condições de serem utilizados para consumo *in natura*. Todavia, no decorrer do período de armazenamento, ocorreram alterações na tipificação dos grãos, devido ao aumento de grãos avariados, influenciado tanto pela presença de impurezas quanto pelo teor de água no momento da colheita.

Grãos colhidos tardiamente e armazenados com impurezas foram os primeiros a serem classificados como fora de tipo, aos 180 dias de armazenamento. Aos 240 dias de armazenamento, grãos colhidos tardiamente foram classificados como fora de tipo independente da presença de impurezas, enquanto os grãos colhidos previamente permaneceram classificados como padrão básico.

De acordo com Peske *et al.* (2012), dentre vários fatores, a qualidade inicial dos grãos é o que mais influencia o potencial de armazenamento dos grãos, e, quando ocorre atraso na colheita, esse aspecto fica comprometido. Por esse motivo, a colheita tardia dos grãos contribuiu para alterações mais rápidas na classificação, quando comparados aos colhidos antecipadamente.

A presença de impurezas também atuou favoravelmente na redução da qualidade dos grãos aferida pela classificação. O produto contendo impurezas é portador de maior quantidade de micro-organismos e apresenta condições que aceleram

sua deterioração, como teores de água mais elevados que o grão (Faroni, 1998), além de por si só ser um fator que afeta a classificação.

Na Tabela 5 encontra-se o resumo da análise de variância para os defeitos encontrados durante a classificação dos grãos. Dentre os defeitos que mais influenciaram na classificação estão a porcentagem de grãos fermentados, danificados, mofados, quebrados, amassados e partidos e chochos. A porcentagem de grãos esverdeados, imaturos, germinados e queimados foi insignificante, e, portanto, praticamente não influenciaram para alterações de classe dos grãos.

TABELA 5. Resumo da análise de variância, teste F ($p \leq 0,05$), para a classificação de grãos de soja colhidos com distintos teores de água e submetidos a diferentes teores de impurezas, durante 240 dias.

FV ¹	GL ²	Valor de p					
		GD ³	GF ⁴	QPA ⁵	GM ⁶	GC ⁷	TAV ⁸
T	4	<.0001	<.0001	0.0039	<.0001	<.0001	<.0001
U	1	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.0166	<.0001
I	1	<.0001	0.0019	<.0001	0.0340	<.0001	<.0001
T x U	4	0.0136	0.0012	<.0001	<.0001	<.0001	0.0001
T x I	4	<.0001	0.0192	0.2815	<.0001	<.0001	<.0001
U x I	1	<.0001	0.6278	0.0595	0.6172	0.8321	0.5738
T x U x I	4	<.0001	0.0018	0.1622	0.5605	<.0001	0.0109

¹FV (Fator de Variação); ²GL (Graus de Liberdade); T (Tempo de armazenamento); U (Teor de água na colheita); I (Teor de Impurezas); ³GD (Grãos Danificados); ⁴GF (Grãos Fermentados); ⁵QPA (Quebrados, Partidos e Amassados); ⁶GM (Grãos Mofados); ⁷GC (Grãos Chochos); ⁸TAV (Total de Avariados).

4.3.1 Grãos Danificados

Grãos danificados referem-se àqueles que apresentam manchas na polpa, alterados e deformados, perfurados ou atacados por doenças ou insetos. Para análise de grãos danificados, houve interação tripla, entre os fatores tempo, teor de água de colheita e teor de impurezas. A regressão obtida para classificação de grãos danificados está apresentada na Figura 12.

Inicialmente, grãos colhidos mais cedo (com 18% de teor de água) apresentaram menor porcentagem de grãos danificados do que grãos colhidos tardiamente (12% de teor de água). Essa diferença se deve ao maior ataque de pragas e doenças nos grãos que permaneceram mais tempo no campo, principalmente de percevejos (Vieira *et al.*,

1982; Pinto *et al.*, 2017; Zuffo *et al.*, 2017a), uma vez que esses representam a maior parte desse defeito.

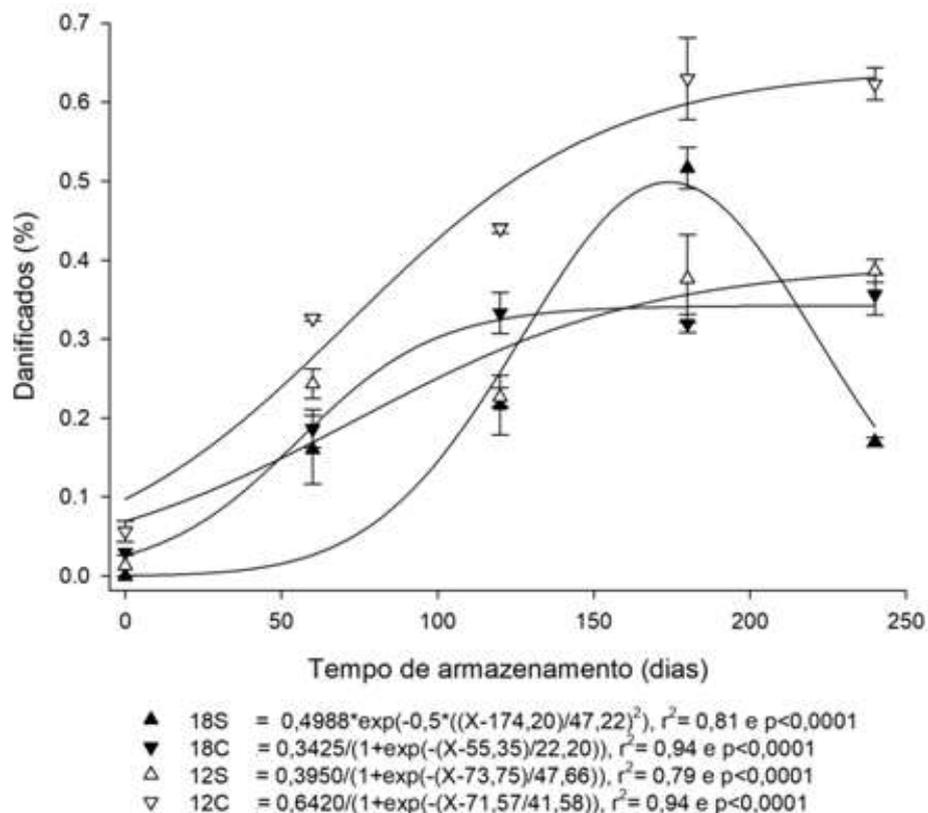


FIGURA 12. Grãos danificados em soja (%) colhida com diferentes teores de água (18 e 12% b.u) e armazenada com diferentes teores de impurezas (0% (S) e 1% (C)) por 240 dias.

Grãos armazenados sem impurezas apresentaram menor porcentagem de grãos danificados (exceto aos 180 dias de armazenagem para grãos colhidos com 18% de teor de água). Isso pode ocorrer, inicialmente, devido à remoção de grãos danificados através da limpeza da massa de grãos, retirando grãos de menor densidade; e ao decorrer do armazenamento devido às condições mais favoráveis para presença de insetos e fungos na presença de impurezas. Grãos colhidos tardiamente e armazenados com impurezas foram os que apresentaram maiores porcentagens de grãos danificados durante todo armazenamento.

A porcentagem de grãos danificados aumentou ao longo do tempo de armazenamento até os 180 dias de armazenagem. Isso pode ter sido verificado pela

presença de fungos e alguns insetos de armazenagem durante o período de armazenamento, responsáveis por danificarem os grãos. Sousa (2015), ao estudar indicadores de perda de qualidade em grãos de soja, observou que o percentual de grãos danificados diferiu entre grãos que sofreram infestação de *Lasioderma serricorne*, praga de armazenagem, e grãos que não sofreram, ocorrendo aumento nos grãos danificados na presença de insetos.

Apesar de estes não serem pragas preferenciais de grãos de soja, observou-se a presença de *Sitophilus sp.* e *Rhyzopertha dominica* durante o período de armazenagem dos grãos. Esses insetos são pragas primárias, os quais atacam sementes e grãos inteiros e alimentam-se de seu tecido de reserva (Lorini *et al.*, 2015). França Neto *et al.* (2011), realizando levantamentos em armazéns de soja em quatro estados brasileiros - RS, PR, SP e MT - também observaram a presença de *Sitophilus oryzae* e *Rhyzopertha dominica*, além de outros insetos, comprometendo a qualidade dos grãos. Bach & Lorini (2010), ao estudarem o desenvolvimento populacional de *R. dominica* em dietas de trigo, aveia, cevada, milho e soja, observaram que a menor mortalidade do inseto ocorreu em grãos de aveia, cevada e soja, ainda que esse último não seja um alimento preferencial dessa praga.

Após os 180 dias de armazenagem, ocorreu uma estabilização na porcentagem de grãos danificados, a qual coincidiu com o início da redução da temperatura do ar, conforme demonstrado anteriormente na Figura 2, contribuindo para diminuição da atividade biológica de insetos e fungos (Faroni, 1998). Além disso, houve redução na porcentagem de grãos danificados para grãos colhidos com teor de água de 18% e armazenados sem impurezas, a qual pode ter ocorrido devido à fermentação de alguns grãos danificados. Assim, esses grãos passam a ser contabilizados como grãos fermentados e não mais danificados na análise tecnológica.

4.3.2 Fermentados

Intimamente relacionados aos grãos danificados, tem-se os grãos fermentados, uma vez que grãos danificados podem evoluir para grãos fermentados com o passar do tempo, devido a aceleração do seu processo respiratório durante o armazenamento (Bessa *et al.*, 2020). Dessa forma, grãos fermentados são aqueles que, devido ao

processo de fermentação, sofreram alteração visível na cor do cotilédone. Para porcentagem de grãos fermentados foi observada interação tripla entre tempo de armazenamento, teor de água de colheita e teor de impurezas (Figura 13). Os tratamentos apresentaram valores finais entre 4,0 e 4,7% de grãos fermentados.

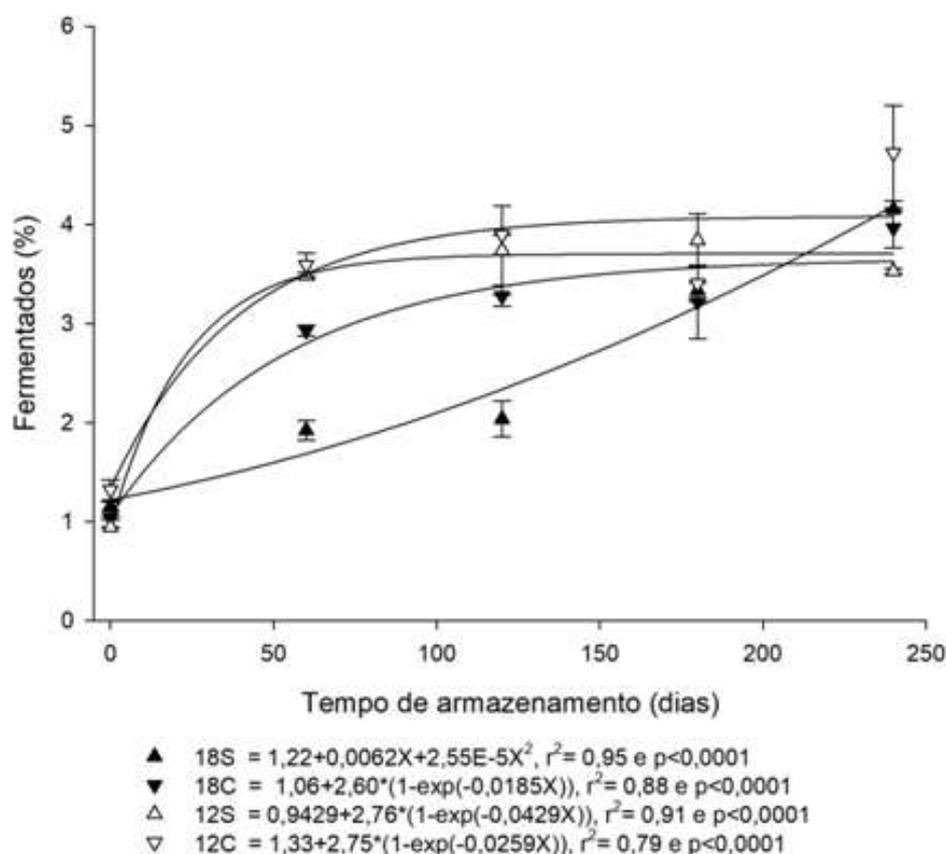


FIGURA 13. Grãos fermentados (%) em soja colhida com diferentes teores de água (18 e 12% b.u) e armazenada com diferentes teores de impurezas (0% (S) e 1% (C)) por 240 dias.

Até os 180 dias de armazenamento, a porcentagem de grãos fermentados foi maior para grãos colhidos com 12% de teor de água (Figura 13). A maior permanência desses grãos na lavoura foi responsável por expô-los a maior ataque de fungos e insetos, responsáveis pela fermentação dos grãos, além do maior período de chuvas antes da colheita. Lorini *et al.* (2017), ao determinarem os principais defeitos de grãos de soja em diferentes regiões, observaram que localidades que sofreram com chuvas na colheita, apresentaram maior número de grãos fermentados. Pinto *et al.* (2017) também confirmaram o aumento significativo de grãos fermentados quando grãos de soja foram

colhidos tardiamente, devido ao maior período de exposição às condições climáticas adversas, ataque de percevejos e micro-organismos.

Ao longo do armazenamento, exceto a partir dos 180 dias, a maior porcentagem de grãos fermentados foi observada em grãos colhidos tardiamente e armazenados com impurezas, indicando piores condições para esses grãos na armazenagem. Sob mesmas condições, as impurezas apresentam teores de água mais elevados que o produto (Faroni, 1998), apresentando condições que aceleram sua deterioração. Assim, aos 240 dias de armazenamento foi observada uma maior quantidade de grãos fermentados nos grãos colhidos com 12% de teor de água e armazenados com impurezas.

Ocorreu aumento na porcentagem de grãos fermentados de soja no armazenamento tanto para grãos colhidos com 18% quanto com 12% de teor de água. Esse aumento pode ter ocorrido devido à deterioração dos grãos e à presença de fungos e insetos durante e armazenagem, que ao danificarem os grãos podem resultar na sua fermentação, bem como à fermentação de grãos já danificados. Os resultados corroboram os obtidos por Araújo (2014), o qual observou uma tendência de aumento de grãos fermentados em soja armazenada, tanto em condições de estresse quanto em ambiente natural, observando valores semelhantes aos encontrados neste trabalho ao fim de 240 dias de armazenamento.

4.3.3 Quebrados e Partidos

Quanto à análise de grãos quebrados, partidos e amassados (QPA), observou-se interação entre tempo de armazenamento e teor de água de colheita, além de diferenças significativas para teor de impurezas.

Os grãos quebrados, partidos e amassados, resultam de danos mecânicos provenientes de choques dos grãos contra superfícies do maquinário, por exemplo, ou mesmo contra outros grãos, e favorecem a redução da qualidade dos mesmos (Bunch, 1962; Andrews, 1965). Dessa forma, quando se realiza a colheita tardia, os grãos ficam ainda mais suscetíveis à quebra na colhedora, devido ao teor de água mais baixo desses grãos (Miranda *et al.*, 1996). Por essa razão, grãos colhidos com 12% de teor de água obtiveram maior porcentagem de grãos quebrados e partidos ao longo do

armazenamento quando comparados aos grãos colhidos com 18% de teor de água (Figura 14).

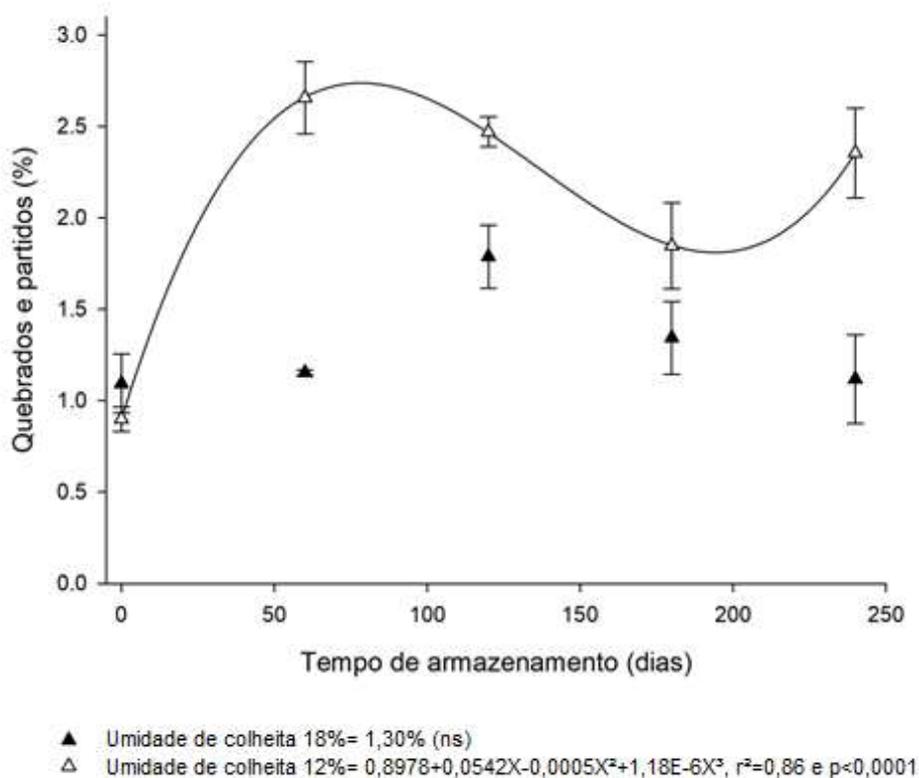


FIGURA 14. Grãos Quebrados, Partidos e Amassados (QPA) de soja (%) colhida com diferentes teores de água (18 e 12% b.u) em relação ao tempo de armazenamento, independentemente do teor de impurezas.

Peske *et al.* (2012) evidenciaram que há uma faixa de umidade em que a semente sofre menos danos mecânicos, e, portanto, o ponto de colheita deve ser determinado em função do teor de água, influenciando também a secagem, armazenamento e preservação da qualidade física, fisiológica e sanitária da semente. Quando o tegumento da semente é rompido, devido ao baixo teor de água dos grãos, por exemplo, a semente fica mais exposta à entrada de micro-organismos. Por isso, grãos quebrados e trincados contribuem significativamente para deterioração do produto (Puzzi, 2000). Nesse contexto, também pode-se relacionar a maior presença de fungos observada no presente trabalho nos grãos colhidos tardiamente, à maior quantidade de grãos quebrados.

Como não foram realizados procedimentos para retirada de grãos quebrados e partidos no armazenamento, os mesmos permaneceram ao longo do armazenamento, e, por isso, grãos colhidos antecipadamente apresentaram menores porcentagens de grãos quebrados e partidos. Cunha *et al.* (2009), ao avaliarem a qualidade das sementes de soja colhida com dois tipos de colhedora, também observaram que o período de armazenamento não influenciou a variável injúria mecânica.

Os grãos colhidos com 12% de teor de água sofreram pequenas variações na porcentagem desse defeito durante o armazenamento, e as variações que sofreram devem-se a amostragem dos grãos para classificação, já que a amostra não inclui todos os grãos da população, estando sujeita à variação de amostra a amostra. Segundo Carvalho e Nakagawa (2000), danos mecânicos ocorrem em porcentagens muito baixas no armazenamento, portanto não devem ser responsáveis pelas variações encontradas nesse trabalho.

Quando na presença de impurezas, os grãos apresentaram maior porcentagem de grãos quebrados e partidos, se comparados aos grãos armazenados sem impurezas (Tabela 6). Esse resultado deve-se ao fato de que ao serem retiradas as impurezas através da limpeza dos grãos, ocorre concomitantemente a remoção de alguns grãos menores, a exemplo dos quebrados (Elias *et al.*, 2017).

TABELA 6. Porcentagem de grãos Quebrados, Partidos e Amassados de soja em relação ao teor de impurezas dos grãos, independentemente do teor de água na colheita e teor de impurezas.

Impurezas	Quebrados, Partidos e Amassados (%)
0 %	1.4375 b *
1 %	1.9335 a

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,01$).

Assim, a limpeza dos grãos realizada através de peneiras de 3 mm permitiu a retirada de grande parte dos grãos quebrados que possuíam tamanho inferior ao diâmetro da peneira, reduzindo, desse modo, sua presença no armazenamento. Segundo Boyd (1969), o beneficiamento de sementes de soja mostra-se eficiente para remoção de sementes quebradas. Resultados semelhantes também foram encontrados por

Zambiasi *et al.* (2020) ao classificar grãos de milho, que observaram diferença significativa na porcentagem de grãos quebrados, ao comparar manejos com e sem pré-limpeza, demonstrando a eficiência desta operação na retirada desses grãos.

4.3.4 Grãos Mofados

Para análise de grãos mofados, ou seja, aqueles que se apresentam com fungos, mofo ou bolor visíveis a olho nu, houve interação dupla entre teor de água de colheita e tempo de armazenamento e entre teor de impurezas e tempo de armazenamento. Quanto maior a porcentagem de grãos mofados, pior a qualidade da soja para a indústria de produtos derivados de soja para alimentação humana e animal (Fornare & Lorini, 2017).

De maneira geral, quando os grãos foram colhidos com 12% de teor de água, observou-se maior porcentagem de grãos mofados ao longo do armazenamento (Figura 15). Grãos que permanecem mais tempo no campo, ficam mais tempo expostos às condições adversas do tempo (Garcia *et al.*, 2004; Pelúzio *et al.*, 2008; Diniz *et al.*, 2013b; Padua *et al.*, 2018). Dessa forma, esses absorveram mais umidade desde o início do armazenamento, e entraram em equilíbrio com teor de água mais elevado do que grãos colhidos antecipadamente (Figura 3). Conforme Sravanthi *et al.* (2013), com o teor de água dos grãos elevado, há maior propensão para formação e manutenção de mofo nos grãos.

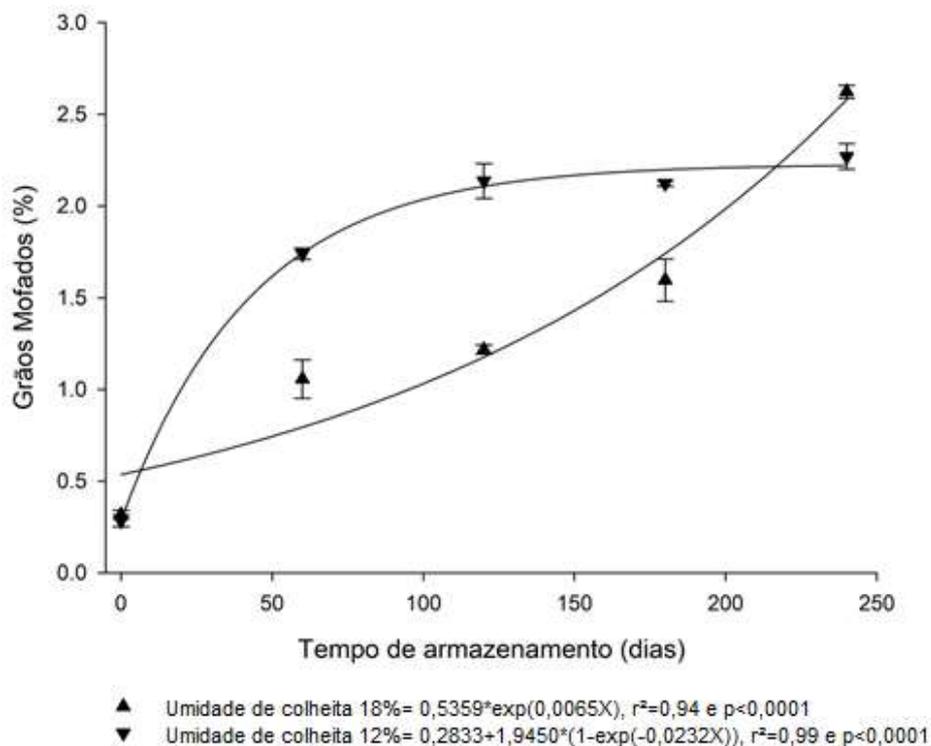


FIGURA 15. Grãos mofados de soja colhida com diferentes teores de água (18 e 12% b.u) em relação ao tempo de armazenamento, independentemente do teor de impurezas.

Quanto à presença de impurezas no armazenamento, a partir dos 120 dias de armazenagem houve maior presença de grãos mofados nos grãos armazenados com impurezas (Figura 16). Isso se deve à alta higroscopicidade das impurezas, as quais absorvem água e transferem essa umidade para os grãos localizados próximos a elas. Além disso, como mostrado anteriormente, grãos com impurezas apresentaram maior porcentagem de grãos quebrados e partidos, os quais absorvem mais água em relação a grãos inteiros e favorecem a ocorrência de fungos, que levam a este tipo de defeito.

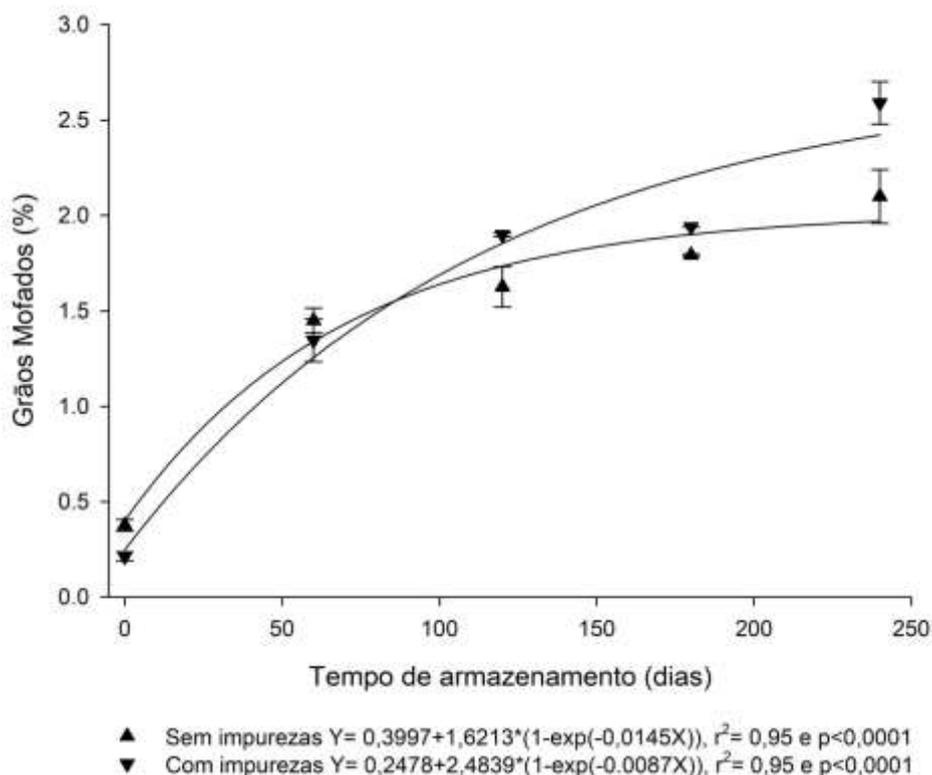


FIGURA 16. Grãos mofados de soja armazenada com diferentes teores de impurezas (0% e 1%) em relação ao tempo de armazenamento, independentemente do teor de água de colheita.

A porcentagem de grãos mofados aumentou com o passar do período de armazenamento, tanto para os grãos armazenados com e sem impurezas. Esse aumento pode ter ocorrido devido as condições de alta umidade relativa do ar do inverno da região sul do Brasil, onde os grãos encontravam-se armazenados, favoráveis para o aumento do teor de água dos grãos e, conseqüentemente, à ocorrência de grãos mofados, quando não há controle do ambiente. Nesse período, a umidade relativa do ar foi, em média, 81% e a temperatura média de 17 ° C. O aumento de grãos mofados ocorreu concomitantemente ao aumento do teor de água dos grãos no armazenamento (Figura 3).

Após, entre os 120 e 180 dias de armazenamento, ocorreu uma estabilização na porcentagem de grãos mofados para os grãos armazenados sem impurezas, a qual coincidiu com o início das temperaturas mais elevadas e a redução da umidade média relativa do ar, em mais de dez pontos percentuais, com a entrada do verão. Nesse momento, houve redução do teor de água dos grãos. Tal condição pode contribuir para

manter a qualidade tecnológica dos grãos no que diz respeito à porcentagem de grãos mofados.

Apesar do aumento com o tempo de armazenamento, a porcentagem de grãos mofados permaneceu abaixo dos 5%, estando esse resultado de acordo com resultados encontrados por Ely (2018). Desse modo, nenhum dos tratamentos foi classificado como fora de tipo em decorrência apenas da porcentagem de grãos mofados, uma vez que, segundo a IN nº 11/2007 do MAPA o limite de tolerância de grãos mofados para manter o padrão básico de classificação é de 6%. Portanto, a classificação dos grãos como Fora de Tipo decorreu da soma dos defeitos apresentados.

4.3.5 Chochos

Grãos chochos, por sua vez, referem-se aos grãos atrofiados, enrugados e com formato irregular devido ao seu desenvolvimento fisiológico incompleto. Para a porcentagem de grãos chochos foi observada interação tripla entre tempo de armazenamento, teor de água de colheita e teor de impurezas.

Independente do teor de água de colheita, grãos sem impurezas apresentaram menores porcentagens de grãos chochos durante o armazenamento (Figura 17). Isso se deve a limpeza a que os grãos foram submetidos, sendo essa eficiente na remoção de grãos de pequeno tamanho, como grãos chochos, os quais passam pela peneira de crivo de 3 mm. Em contrapartida, grãos que não passaram pela limpeza (tratamento com impurezas) apresentaram maiores porcentagens de grãos chochos, contribuindo para o total de avariados ser maior nesses tratamentos.

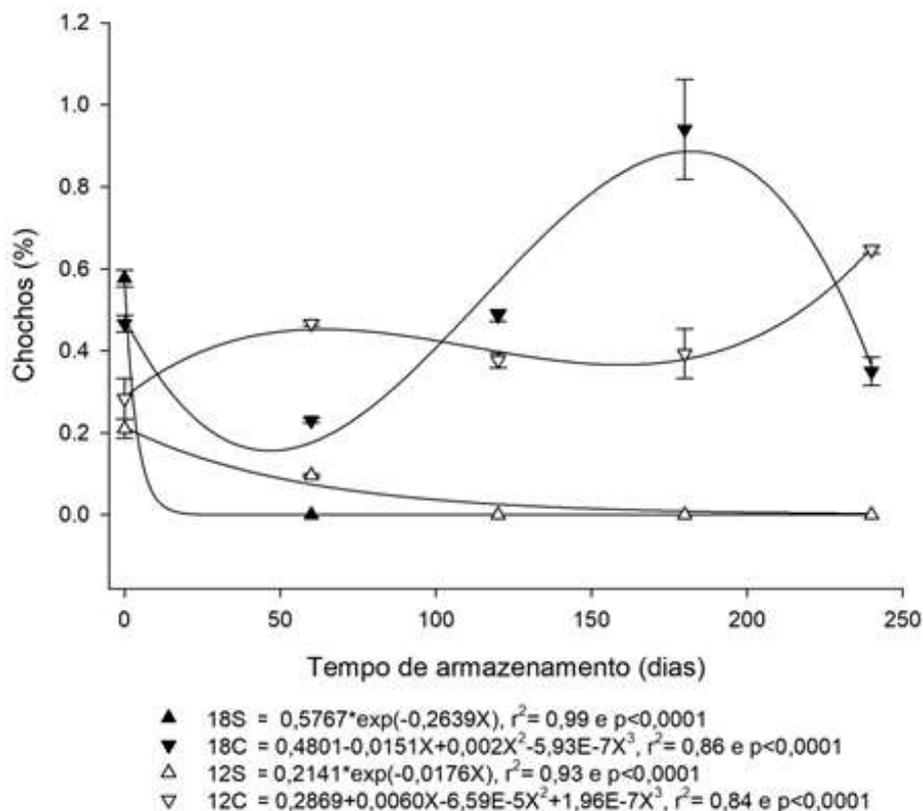


FIGURA 17. Grãos chochos de soja (%) colhida com diferentes teores de água (18 e 12% b.u) e armazenada com diferentes teores de impurezas (0% (S) e 1%(C)) por 240 dias.

Houve variação na porcentagem de grãos chochos ao longo do armazenamento em relação ao teor de água de colheita dos grãos. Isso pode decorrer da amostragem, pela proporção que cada grão chocho encontrado representa no montante. Quando, por exemplo, um grão chocho a mais é observado, já representa significativa variação na porcentagem.

4.3.6 Total Avariados

Para análise do total de grãos avariados foi observada interação tripla entre tempo de armazenamento, teor de água de colheita e teor de impurezas. Esses representam a soma de grãos ou pedaços de grãos que se apresentam queimados, ardidos, mofados, fermentados, germinados, danificados, imaturos ou chochos.

Grãos colhidos com 12% de teor de água e armazenados na presença de impurezas apresentaram a maior porcentagem de grãos avariados durante o armazenamento, enquanto grãos colhidos com 18% de teor de água, secos e

armazenados sem impurezas, apresentaram a menor porcentagem (Figura 18). Isso decorre da maior ocorrência de defeitos, conforme visto anteriormente, nos grãos colhidos tardiamente.

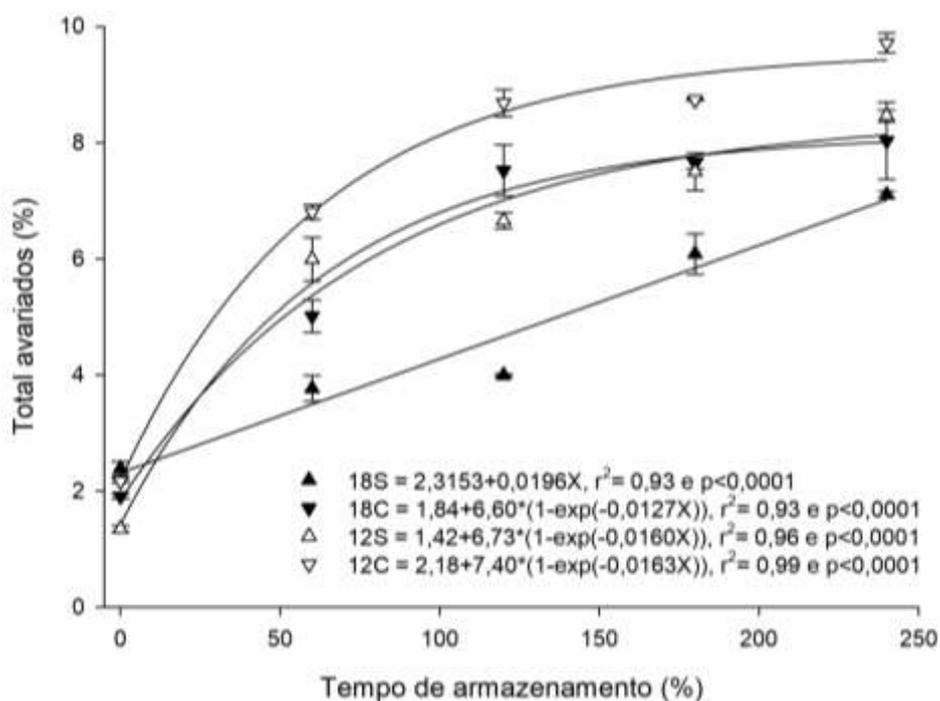


FIGURA 18. Grãos avariados de soja (%) colhida com diferentes teores de água (18 e 12% b.u) e armazenada com diferentes teores de impurezas (0 e 1%) por 240 dias.

Observou-se um aumento na porcentagem de grãos avariados ao longo do tempo de armazenamento, estando de acordo com resultados obtidos por Araújo (2014) ao estudar indicadores de qualidade em grãos de soja, tanto em condições de ambiente natural, quanto sobre condições de estresse. Esse aumento resultou nas variações encontradas na classificação dos grãos de soja, alterando a tipificação dos grãos no decorrer do armazenamento.

Alencar *et al.* (2009), também verificou que, durante do armazenamento de grãos de soja, houve um aumento significativo no total de grãos avariados, principalmente a partir dos 90 dias de armazenamento, o que alterou o enquadramento dos grãos na classificação. O aumento de grãos avariados ao final do armazenamento confirmou o efeito que o tempo e as condições de armazenamento apresentam sobre a deterioração dos grãos.

4.4 Análises Químicas

Os resultados resumidos da análise de variância, obtidos por meio do teste F ($p \leq 0,05$), para as análises químicas de teor de proteínas, carboidratos, extrato etéreo e cinzas estão apresentados na Tabela 7.

TABELA 7. Resumo da análise de variância, teste F ($p \leq 0,05$), para teor de proteínas (P), carboidratos (C), extrato etéreo (EE) e cinzas (CZ) de grãos de soja, colhidos com distintos teores de água (18 e 12% b.u) e submetidos a diferentes teores de impurezas (0% e 1%), durante 240 dias.

FV ¹	GL ²	Valor de p			
		P	C	EE	CZ
T	4	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
U	1	0.0009	<0.0001	<0.0001	0.0073
I	1	0.0447	<0.001	0.0007	0.3065
T x U	4	0.0547	0.0003	0.0005	0.5236
T x I	4	0.5285	0.4979	0.1155	0.3526
U x I	1	0.1266	0.0728	0.5469	0.7384
T x U x TI	4	0.1430	0.0575	0.0752	0.1964

¹FV (Fator de Variação); ²GL (Graus de Liberdade); T (Tempo de armazenamento); U (Teor de água na colheita); I (Teor de impurezas).

4.4.1 Proteína Bruta

Ocorreu efeito simples do teor de água de colheita, teor de impurezas e tempo de armazenamento em relação ao teor de proteína bruta nos grãos. Na soja colhida tardiamente, com 12% de teor de água, o teor de proteínas foi maior em comparação a grãos colhidos antecipadamente, com 18% (Tabela 8). Essa diferença pode ter ocorrido devido à maior incidência de fungos nos grãos que permaneceram mais tempo no campo, resultando na formação de proteína fúngica, a qual não é separada da proteína bruta do grão em seu processo de quantificação (ELIAS *et al.*, 2009; GUTKOSKI *et al.*, 2009). Assim, o conteúdo determinado representa a soma total da proteína do grão mais a da proteína fúngica (Bhattacharya e Raha, 2002).

TABELA 8. Teor de proteína de grãos de soja em relação ao teor de água de colheita dos grãos, independentemente do teor de impurezas e do tempo de armazenamento.

Teor de água de colheita (%)	Proteína (%)
12	36,05 a *
18	35,62 b
CV (%)	1,02

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,01$).

O conteúdo de proteína dos grãos variou entre 33,9 e 37,8 %, sendo observada redução do seu teor com o passar do tempo de armazenamento (Figura 19). Esse resultado está de acordo com os obtidos por Lee e Cho (2012) para cinco cultivares de soja estudadas por eles, mantidas em temperatura ambiente por diferentes períodos de armazenagem, nas quais o conteúdo de proteína decresceu, quando comparado ao seu conteúdo antes do armazenamento.

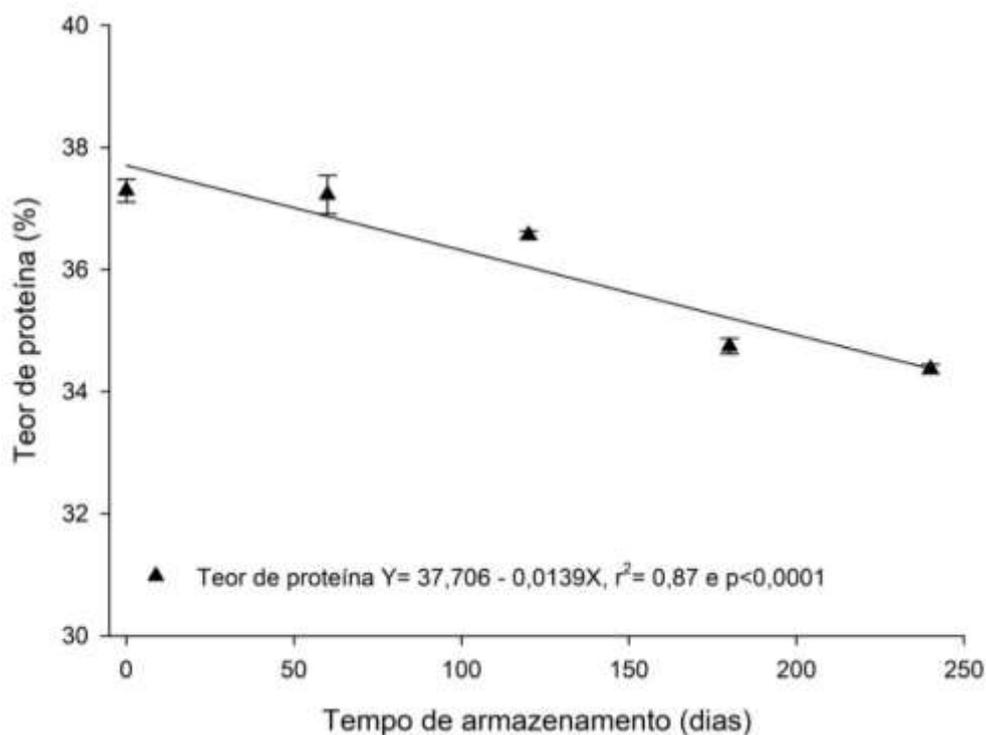


FIGURA 19. Teor de proteína de grãos de soja armazenados durante 240 dias, independentemente do teor de água na colheita e do teor de impurezas.

Coradi *et al.* (2015), ao estudarem a qualidade de grãos de soja armazenados por seis meses, também observaram redução significativa na porcentagem de proteína bruta dos grãos durante o armazenamento, embora grãos armazenados em melhores condições, a baixas temperaturas, tenham mantido maiores teores de proteína bruta. Segundo Teixeira *et al.* (1980), decréscimos refletem danos ocorridos nas membranas celulares, causadas por fungos ou por defeitos provenientes da colheita. Da mesma forma, neste trabalho, os grãos armazenados na ausência de impurezas também obtiveram teores mais elevados de proteína bruta (Tabela 9), provavelmente por tais condições proporcionarem melhores condições de armazenagem, menor ocorrência de fungos e grãos com menos danos.

TABELA 9. Teor de proteína de grãos de soja em relação à presença de impurezas junto aos grãos, independentemente do teor de água na colheita e do tempo de armazenamento.

Impurezas	Proteína (%)
Sem	35,96 a *
Com	35,70 b
CV (%)	1,33

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,01$).

Como as impurezas promovem um ambiente de maior umidade e temperatura nas regiões onde se localizam, resultam em um aumento na intensidade de respiração dos grãos, o qual, por sua vez, alteram as propriedades físicas dos grãos. Grãos inteiros com baixo teor de água apresentam uma intensidade respiratória de 0,1 ml CO₂/g/dia, enquanto grãos quebrados ou danificados com alto teor de água, presentes em maior quantidade em lotes que não passam pelo processo de limpeza, apresentam intensidade de 5,0 ml CO₂/g/dia. Assim, perdas de proteína de grãos armazenados na condição de estresse são maiores do que as dos grãos armazenados nas demais condições (Araújo, 2014).

Além disso, a porcentagem de proteínas presente em impurezas finas mostra-se praticamente nula. Portanto, quando se analisa grãos na presença de impurezas, há tendência em esses apresentarem valores mais baixos em comparação à grãos limpos.

4.4.2 Carboidratos

Observou-se efeito simples da presença impurezas para porcentagem de carboidratos, além de interação dupla entre tempo e teor de água de colheita. Grãos armazenados com impurezas apresentaram maior quantidade de carboidratos (Tabela 10). Conforme Mateus *et al.* (2018), variações nos resultados de carboidratos totais podem ser atribuídas à presença de fragmentos de vagens e caules da planta, aumentando a quantidade de fibras e tornando maior o teor de carboidratos. Dessa forma, o maior teor de carboidratos observado nos tratamentos na presença de impurezas pode ter ocorrido devido a presença de outros fragmentos junto aos grãos nesse tratamento, os quais contribuíram para elevar o teor de carboidratos.

TABELA 10. Teor de carboidratos de grãos de soja em relação à presença de impurezas junto aos grãos, independentemente do teor de água na colheita e do tempo de armazenamento.

Impurezas	Carboidratos (%)
Sem	34,88 b *
Com	35,88 a
CV (%)	1,98

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,01$).

Os carboidratos possuem importância fundamental nos mecanismos de tolerância à perda de água e manutenção da viabilidade das sementes (Marcos Filho, 2005). Nesse sentido, Trzeciak (2012) observou maiores teores de carboidratos no início do processo de formação de sementes, quando comparados ao final do processo, indicando uma redução no teor de carboidratos já no campo. Isso pode estar relacionado ao maior teor de carboidratos observado inicialmente nas sementes

colhidas antecipadamente, com 18% de teor de água (Figura 20). Ao permanecerem mais tempo no campo, há uma redução em seu teor de carboidratos, processo que perdura durante o armazenamento. Assim, observou-se redução no teor de carboidratos nas sementes armazenadas, em relação ao teor inicial (Figura 20).

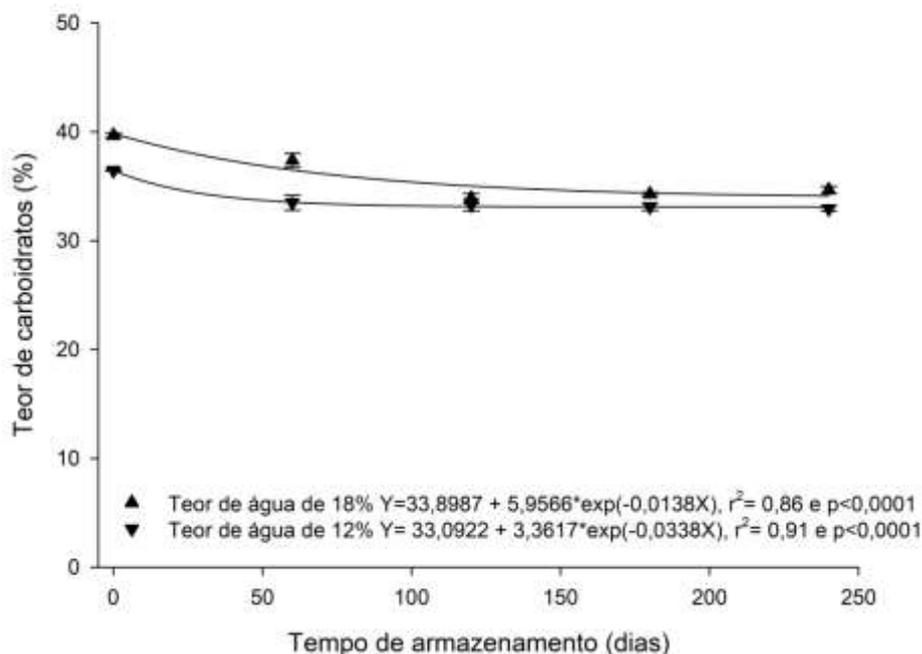


FIGURA 20. Teor de carboidratos de grãos de soja colhidos com diferentes teores de água (18 e 12% b.u) e armazenados durante 240 dias, independentemente do teor de impurezas.

Tiecker Junior (2014) também observou redução do teor de carboidratos de grãos de soja armazenados em ambiente natural, de 10,3% em seis meses de armazenamento. A redução foi maior em grãos com menor teor de água em comparação àqueles com maior teor, resultados similares aos encontrados nesse trabalho.

4.4.3 Cinzas

Quanto ao teor de cinzas ou material mineral, observou-se efeito simples do teor de água de colheita e do tempo de armazenamento. A porcentagem foi maior nos grãos colhidos tardiamente, com 12% de teor de água (Tabela 11). Segundo Posner e Hibbs

(1999), a variação do conteúdo de cinzas decorre da degradação da fração orgânica dos grãos, sendo, portanto, influenciada pela atividade metabólica do próprio grão e de micro-organismos associados. Nesse sentido, grãos colhidos tardiamente podem ter apresentado maiores teores de cinzas, devido a maior exposição a fungos provenientes do campo, que podem contribuir para degradação dos grãos.

TABELA 11. Teor de material mineral ou cinzas em grãos de soja em relação ao teor de água de colheita, independentemente do teor de água na colheita e do tempo de armazenamento,

Teor de água de colheita (%)	Cinzas (%)
12	5,80 a *
18	5,76 b
CV (%)	0,92

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,01$).

Elias *et al.* (2009), estudando o efeito do teor de água de colheita, métodos de secagem e tempo de armazenamento na qualidade de grãos de trigo, constataram que em grãos colhidos com menor teor de água ocorreram maiores porcentagens de cinzas no período de armazenamento, devido ao consumo da matéria orgânica pela atividade metabólica do próprio grão e de micro-organismos associados. Já Tiecker Junior (2014) observou para grãos de soja que à medida que o teor de água inicial foi mais alto, maiores foram os teores de cinzas no armazenamento, por consequência das maiores perdas de qualidade.

Durante o armazenamento, o teor de cinzas sofreu pequenas variações (Figura 21), sendo observados teores entre 5,99 e 5,67% de cinzas nos grãos. Conforme Salunkhe *et al* (1985), o conteúdo mineral, que correspondente ao teor de cinzas, consiste na fração química que apresenta as menores variações no seu conteúdo durante a armazenagem de grãos. Dessa forma, como seus teores são de difícil degradação, são utilizados como indicadores de perdas quantitativas de grãos armazenados. Já segundo Deliberali *et al* (2010) pode ocorrer aumento nas cinzas devido ao consumo de componentes orgânicos pelo próprio metabolismo dos grãos. Porém, embora a matéria

orgânica seja consumida e metabolizada a CO₂, água e outros produtos, com liberação de calor, o processo pode transformar estruturalmente a composição mineral sem alterar seu conteúdo total (Elias, 2008).

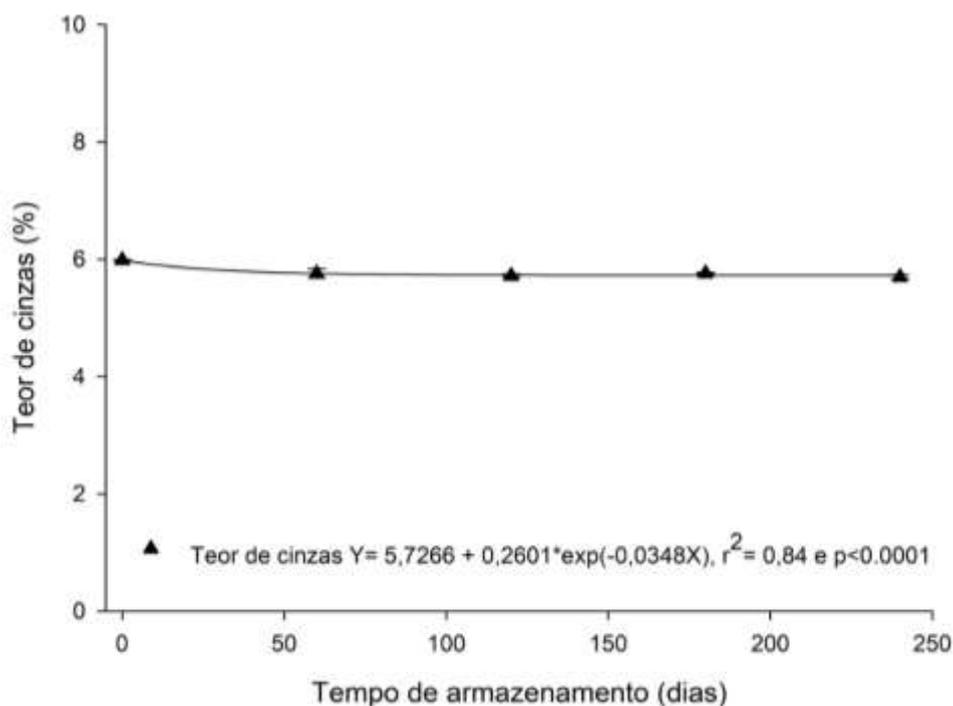


FIGURA 21. Teor de cinzas de grãos de soja armazenados durante 240 dias, independentemente do teor de água na colheita e do teor de impurezas dos grãos.

4.4.4 Extrato Etéreo

Para o teor de extrato etéreo, observou-se efeito simples da presença de impurezas, além de interação dupla entre tempo de armazenamento e teor de água de colheita. Grãos armazenados sem impurezas apresentaram maior porcentagem de extrato etéreo em comparação a grãos armazenados na presença de impurezas (Tabela 12). Tal fato pode estar relacionado a maior quantidade de óleo presente nos grãos inteiros e limpos, uma vez que, quando na presença de impurezas, também são contabilizados na análise os constituintes desses outros materiais.

As impurezas encontradas junto aos grãos de soja eram constituídas principalmente por grãos de outras espécies, como milho e plantas daninhas, vagens e pedaços de folhas e caules, os quais apresentam baixa porcentagem de óleo quando comparados à soja, podendo contribuir para o resultado observado. Goes *et al.* (2011), ao avaliarem a composição bromatológica de resíduos de pré-limpeza de soja, observaram maiores teores de extrato etéreo para resíduos de peneira comercial, devido a maior presença de grãos de soja, quando comparados à resíduos da moega e ventilador, nos quais estão presentes em sua maioria resíduos mais fibrosos. Assim, a composição química pode sofrer interferência da composição física do produto.

TABELA 12. Teor de extrato etéreo de grãos de soja em relação à presença de impurezas junto aos grãos, independentemente do teor de água na colheita e do tempo de armazenamento.

Impurezas	Extrato etéreo (%)
Sem	23,31 a*
Com	22,63 b
CV (%)	2.86

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,01$).

A porcentagem de extrato etéreo foi maior nos grãos colhidos tardiamente (Figura 22), pois, segundo Lacerda *at al.* (2003), quanto mais tempo o grão de soja permanece no campo durante o seu processo de formação, maior será o acúmulo de extrato etéreo, e essa diferença é mantida ao longo do armazenamento. A porcentagem desse componente aumentou com o passar do tempo de armazenamento para ambos os teores de água de colheita, podendo estar relacionado a formação de outros compostos extraíveis em éter após a degradação dos fosfolipídios durante o armazenamento dos grãos (List e Mounts, 1993). Segundo Elias *et al.* (2018), o processo de degradação inicia quando as condições de temperatura e umidade não são ideais para a boa conservação dos grãos. Assim, o aumento no extrato etéreo provavelmente está relacionado com o aumento da temperatura ao longo do armazenamento (Garcia *et al.*, 1994).

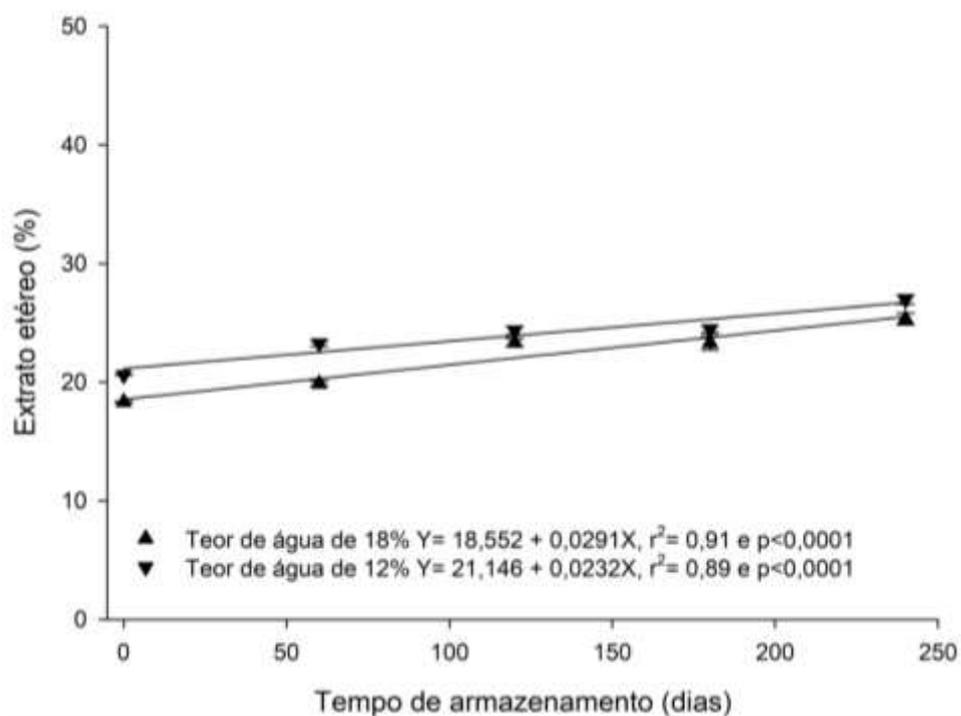


FIGURA 22. Teor de extrato etéreo de grãos de soja colhidos com diferentes teores de água (18 e 12% b.u) e armazenados durante 240 dias, independentemente do teor de impurezas.

Nesse sentido, Hou & Chang (2004), ao estudarem o efeito de diferentes condições de armazenamento sobre a composição química de grãos de soja, observaram aumento do teor de lipídios quando os grãos foram armazenados em condições de temperatura e umidade relativa do ar mais elevadas. Em contrapartida, Alencar (2009) não encontrou alterações no teor de lipídios de grãos de soja ao longo do tempo de armazenamento, com exceção de grãos armazenados com 14,8% de teor de água a temperaturas de 30 e 40 °C, quando houve redução no teor de lipídios. Já Rupollo *et al* (2004) observaram decréscimos significativos do teor de lipídios em grãos de aveia armazenados, atribuídos à respiração e oxidação dos grãos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se concluir que o atraso na colheita e a presença de impurezas intensificam o processo de deterioração de grãos de soja armazenados. A colheita antecipada dos grãos, com 18% de teor de água, seguida de secagem, os mantém com menor teor de água de equilíbrio no armazenamento e reduz a incidência de fungos de campo. Entretanto, pode aumentar a incidência de fungos de armazenagem, se a secagem não for realizada de forma rápida após a colheita, e pode apresentar menores teores de proteína e extrato etéreo nos grãos.

A colheita dos grãos de soja com 18% de teor de água também conserva sua qualidade tecnológica por mais tempo, podendo ser armazenados por 240 dias mantendo seu Padrão Básico. Em contrapartida, grãos colhidos tardiamente, com 12% de teor de água, perdem mais rapidamente sua qualidade, classificando-se como Fora de Tipo aos 180 dias quando na presença de impurezas, e, na ausência de impurezas, aos 240 dias de armazenagem.

Dessa forma, a presença de impurezas, mesmo que na porcentagem de 1% (permitida para a comercialização), também afeta negativamente a conservabilidade do produto. A presença de fungos, como os dos gêneros *Fusarium*, *Cercospora* e *Penicillium*, é intensificada na presença de impurezas, bem como a porcentagem de grãos danificados, fermentados, quebrados e partidos, mofados e chochos, o que resulta em uma queda mais rápida da classificação para os grãos. Além disso, na presença de impurezas, os teores de proteínas e extrato etéreo dos grãos são reduzidos, quando comparados a grãos sem impurezas

Quanto maior o tempo de armazenagem dos grãos, maior a redução da sua massa específica e dos teores de proteínas e carboidratos; em contrapartida, há um aumento em fungos de armazenamento e grãos avariados, resultando em maior perda de qualidade. Para armazenar os grãos por um maior período mantendo sua qualidade física, química e tecnológica, recomenda-se a colheita antecipada, seguida da secagem dos grãos e retirada total das impurezas.

6. REFERÊNCIAS

ALENCAR, E. R. *et al.* Quality of soy bean grains stored under different conditions. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campinas, v. 13, n. 5, p. 606–613, 2009.

ALVES, W. M. *et al.* Qualidade dos grãos em função da umidade de milho em função da umidade de colheita e da temperatura de secagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campinas, v. 5, n. 3, p. 469-474, 2001.

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.

ANDREWS, C. H. Mechanical injury on seed. *In*: SHORT COURSE FOR SEEDSMEN, 1965. **Proceedings** [...]. Mississippi: Mississippi State University. Seed Technology Laboratory, 1965. p. 125-130.

ANDREWS, C. H. **Some aspects of pod and seed development in Lee soybeans.** 1966. 75 f. Thesis (Doctorate Degree) – Mississippi: Mississippi State University, State College, 1966.

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**, Campinas, v. 15, n. 6, p. 615-620, 2011.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **International official methods of analysis.** 16th ed. Arlington: AOAC, 1997.

ARAÚJO, M. M. V. **Indicadores de qualidade em grãos de soja submetidos a diferentes condições de armazenamento.** 2014. 82 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) - Faculdade de Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2014.

BACH, D.; LORINI, I. Desenvolvimento de *Rhizopertha dominica* em grãos de trigo, aveia, cevada, milho e soja. *In*: CONFERÊNCIA BRASILEIRA DE PÓS-COLHEITA, 5., 2010, Foz do Iguaçu. **Anais** [...]. Londrina: Abrapós, 2010. p. 633-636.

BAKKER-ARKEMA, F. W. Grain quality and management of grain quality standards. *In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF GRAIN CONSERVATION*, 1993, Canela. **Anais [...]**. Porto Alegre: Plus Comunicações, 1994. p. 3-11.

BARELLA, W. D.; BRAGATTO, S. A. **Otimização do sistema de armazenamento de grãos**: um estudo de caso. São Paulo: UNIP; CONAB, 2002.

BESSA, J. F. V. *et al.* Análises químicas dos grãos de soja avariados por percevejo na lavoura durante o armazenamento em diferentes condições. **Brazilian Journal of Development**, São José dos Pinhais, v. 6, n. 7, p. 48170-48187, 2020.

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

BIZZETTO, A.; HOMECHIN, M. Efeito do período e da temperatura de armazenamento na qualidade fisiológica e sanitária de sementes de soja com altos índices de *Phomopsis sojae* (Leh.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 19, n. 2, p. 296-303, 1997.

BOYD, A. H. **Fundamentals seed processing**. Mississippi: Lab. Mississippi State University. Seed Technology, 1969. 13 p. (Journal, n. 1624).

BRACCINI, A. D. L. *et al.* Qualidade fisiológica e sanitária das sementes de quinze cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) colhidas na época normal e após o retardamento da colheita. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 2, p. 449–457, 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2009. 399 p.

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

BUNCH, H. D. Relationships between moisture content of seed and mechanical damage in seed conveying. **Seed World**, Chicago, v. 86, n. 5, p. 14-17, 1962.

BURKOT, C. R. A qualidade desejada na secagem e armazenagem de grãos em uma cooperativa no município de Ponta Grossa – PR. **RGC - Revista de Gestão e Organizações Cooperativas**, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 39-50, 2014.

CAMPO, C. B. H. *et al.* **Pragas da soja no Brasil e seu manejo integrado**. Londrina: Embrapa-CNPSO, 2000. 70 p.

CAPILHEIRA, A. F. *et al.* Storage of soybean seeds: Packaging and modified atmosphere technology. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campinas, v. 23, n. 11, p. 876–882, 2019.

CARDOSO, P. C. *et al.* Armazenamento em sistema a frio de sementes de soja tratadas com fungicida. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 26, n. 1, p. 15–23, 2004.

CARVALHO, C. F.; COELHO, C. M. M.; SOUZA, C. A. Qualidade de sementes de soja submetidas ao armazenamento no oeste de Santa Catarina, Brasil. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 22, p. 287-293, 2014.

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

CHRISTENSEN, C. M.; KAUFMANN, H. H. Microflora. *In*: CHRISTENSEN, C. M. (ed.). **Storage of cereal grains and their products**. St. Paul: AACC, 1974. p. 158-192.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Safra 2018/19: oitavo levantamento. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**, Brasília, DF, v. 6, n. 8, p. 1-135, maio 2019.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Safra 2019/20: décimo segundo levantamento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos**, Brasília, DF, v. 7, n. 12, p. 1-68, set. 2020.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Perdas em transporte e armazenagem de grãos: panorama atual e perspectivas**. Brasília, DF: CONAB, 2021. 197 p.

CORADI, P. C.; MELO, E. C.; ROCHA, R. P. Evaluation of electrical conductivity as a quality parameter of lemongrass leaves (*Cymbopogon Citratus* Stapf) submitted to drying process. **Drying Technology**, New York, v. 32, n. 1, p. 969-980, 2014.

CORRÊA, P. C.; GUIMARÃES, W. T.; AFONSO JÚNIOR, P. C. Efeito do nível e do tamanho de impurezas nas propriedades físicas da massa granular de feijão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campinas, v. 5, n. 1, p. 97-100, 2001.

COSTA, N. P. *et al.* Efeito da colheita mecânica sobre a qualidade da semente de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 18, n. 2, p. 232-237, 1996.

CUNHA, J. P. A. R. *et al.* Qualidade das sementes de soja após a colheita com dois tipos de colhedora e dois períodos de armazenamento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 5, p. 1420-1425, 2009.

DANIELI, F. *et al.* Qualidade fisiológica de lotes de sementes de feijão em função do armazenamento. **Revista Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 5, n. 2, p. 85–97, 2012.

DELIBERALI, J. *et al.* Efeitos de processo de secagem e tempo de armazenamento na qualidade tecnológica de trigo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 5, p. 1285-1292, 2010.

- DELOUCHE, J. C. Soybean seed storage. *In: SOUTHEASTERN SOYBEAN PLANTING SEED SEMINAR*, 1974, Mississippi. **Proceedings** [...]. Mississippi: Mississippi State University, 1974. p. 99-119.
- DHINGRA, O. O. Prejuízos causados por microrganismos durante o armazenamento de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 7, n. 1, p. 139-146, 1985.
- DHINGRA, O. D.; ACUÑA, R. S. **Patologia de sementes de soja**. Viçosa, MG: UFV, 1997. 119 p.
- DINIZ, F. O. *et al.* Physiological quality of soybean seeds of cultivars submitted to harvesting delay and its association with seedling emergence in the field. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 35, n. 2, p. 147-152, 2013a.
- DINIZ, F. O. *et al.* Incidence of pathogens and field emergence of soybean seeds subjected to harvest delay. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 35, n. 4, p. 478-484, 2013b.
- ELIAS, M. C. **Manejo tecnológico da secagem e do armazenamento de grãos**. Pelotas: Ed. Santa Cruz, 2008. 457 p.
- ELIAS, M. C. Umidade de colheita, métodos de secagem e tempo de armazenamento na qualidade tecnológica de grãos de trigo (cv. 'Embrapa 16'). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 1, p. 25-30, 2009.
- ELIAS, M. C.; OLIVEIRA, M.; VANIER, N. L. **Tecnologias de pré-armazenamento, armazenamento e conservação de grãos**. Pelotas: Pólo de Inovação Tecnológica em Alimentos da Região Sul - COREDE-Sul/SCT-RS; UFPEL, 2017. 102 p.
- ELY, A. Redução da qualidade de grãos de soja durante o armazenamento em diferentes condições de umidade e temperatura. **Revista Thema**, Pelotas, v. 15, n. 2, p. 506-520, 2018.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologias de produção de soja - Região Central do Brasil 2007**. Londrina: Embrapa, 2006. 225 p. (Sistemas de Produção, 11).
- FARONI, L. R. D. **Fatores que influenciam a qualidade dos grãos armazenados**. Viçosa, MG: UFV, 1998. 15 p.
- FARONI, L. R. A. *et al.* Influência do conteúdo de umidade de colheita e temperatura de secagem na qualidade do feijão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campinas, v. 10, n. 1, p. 148-154, 2005.
- FERRARI FILHO, E. *et al.* Quality of wheat grains under different storage conditions. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 18, p. 25-35, 2012.
- FERRARI FILHO, E. **Métodos e temperaturas de secagem sobre a qualidade físico-química e microbiológica de grãos de milho no armazenamento**. 2011. 109 f.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

FORNARE, A.; LORINI, I. Determinação dos grãos de soja mofados nas safras 2014/15 e 2015/2016. *In: JORNADA ACADÊMICA DA EMBRAPA SOJA*, 12., Londrina, 2017. **Documentos expandidos**. Londrina: Embrapa Soja, 2017. p. 14-28.

FRANÇA NETO, J. B.; HENNING, A. A.; KRZYŻANOWSKI, F. C. Seed production and technology for the tropics. *In: TROPICAL soybean: improvement and production*. Rome: FAO, 1994. p. 217-240. (Plant production and protection series, 27).

FRANÇA NETO, J. B. *et al.* **Semente esverdeada de soja e sua qualidade fisiológica**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 4 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 38.).

FRANÇA NETO, J. B. *et al.* **Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 12 p.

FRANÇA NETO, J. B. *et al.* Ocorrência de contaminantes em sementes e grãos de soja armazenados em diferentes regiões brasileiras no período de 2008-2010. *In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL*, 32., 2011, São Pedro, SP. **Resumos**. Londrina, PR: Embrapa Soja, 2011. v. 32, p. 342-344.

GALLI, J. A.; PANIZI, R. C.; VIEIRA, R. D. Sobrevivência de patógenos associados a sementes de soja armazenadas durante seis meses. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 29, n. 2, p. 205-213, 2007.

GARCIA, J. M. *et al.* Storage of olive destined for oil extraction. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 368, n. 368, p. 673-681, 1994.

GARCIA, D. C. *et al.* A secagem de sementes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 2, p. 603-608, 2004.

GOES, R. H. T. B. *et al.* Composição bromatológica e degradabilidade ruminal de resíduos da pré-limpeza de soja utilizados na alimentação de ovinos. **PUBVET**, Londrina, ed. 177, v. 5, n. 30, [art.] 1196, 2011.

GOULART, A. C. P. **Fungos em sementes de soja: detecção e importância**. 2. ed. rev. e ampl. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2018. 71 p.

GOTTARDO, F. A.; CESTARI JUNIOR, H. C. Viabilidade econômico-financeira de implantação de um sistema de armazenagem de grãos: um estudo de caso em uma média propriedade rural em Campo Mourão – PR. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, Maringá, v. 1, n. 1, p. 55-76, 2008.

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.

HARTMANN FILHO, C. P. *et al.* Quality of second season soybean submitted to drying and storage. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 46, n. 3, p. 267–275, 2016.

HENNING, A. A. Testes de sanidade de sementes de soja. *In*: SOAVE, J.; WETZEL, M. M. V. S. (ed.). **Patologia de sementes**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 441-454.

HENNING, A. A.; FRANÇA NETO, J. B. Problemas na avaliação de germinação de sementes de soja com alta incidência de *Phomopsis sp.* **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 2, n. 3, p. 9-22, 1980.

HENNING, A. A.; FRANÇA NETO, J. B.; COSTA, N. P. **Recomendação do tratamento químico de sementes de soja (*Glycine max (L.) Merrill*)**. Londrina: EMBRAPA/CNPSo, 1981. 9 p.

HOU, H. J.; CHANG, K. C. Storage conditions affect soybean color, chemical composition and tofu qualities. **Journal of Food Processing and Preservation**, Oxford, v. 28, p. 473-488, 2004.

JAYAS, D. S.; ALAGUSUNDARAM, D.; IRVINE, D. A. Resistance to airflow through bulk flax seed as affected by moisture content, direction of airflow and foreign material. **Canadian Agricultural Engineering**, Ottawa, v. 32, n. 2, p. 279-285, 1991.

KOLLING, E. M. *et al.* Análises técnica e funcional de um sistema de beneficiamento de cereais operando com milho safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 11, n. 2, p. 202-208, 2012.

KRZYŻANOWSKI, F. C. *et al.* Physiological and sanitary performance of soybean seeds during storage after phosphine fumigation. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 41, n. 3, p. 280–285, 2019.

LACERDA, A. L. S. *et al.* Armazenamento de sementes de soja dessecadas e avaliação da qualidade fisiológica, bioquímica e sanitária. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 25, n. 2, p. 97-105, 2003.

LAZZARI, F. A. **Umidade, fungos e micotoxinas na qualidade de sementes, grãos e rações**. 2. ed. Curitiba: Ed. do Autor, 1997. 148 p.

LEE, J. H.; CHO, K. M. Changes occurring in compositional components of black soybeans maintained at room temperature for different storage periods. **Food Chemistry**, London, v. 131, p. 161-169, 2012.

LIMA JÚNIOR, A. F. *et al.* Controle de pragas de grãos armazenados: uso e aplicação de fosfetos. **Revista Eletrônica Faculdade Montes Belos**, São Luís de Montes Belos, v. 5, n. 4, p. 180-184, 2012.

LIST, G. R. *et al.* Quality of oil from damaged soybeans. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Champaign, v. 54, n. 1, p. 8-14, 1977.

LIST, G. R.; MOUNTS, T. L. Origin of the nonhydratable soybean phosphatides: whole beans or extraction. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Champaign, v. 70, p. 639-641, 1993.

LORENZETTI, E. Behavior of corn seeds submitted to different conditions and storage period. **Journal of Agronomic Sciences**, Madison, v. 6, n. 1, p. 19-29, 2017.

LORINI, I. Perdas anuais em grãos armazenados chegam a 10% da produção nacional. **Revista Visão Agrícola**, Piracicaba, n. 13, p. 127-129, 2015.

LORINI, I. *et al.* **Manejo integrado de pragas de grãos e sementes armazenadas**. Brasília, DF: Embrapa, 2015.

LORINI, I. *et al.* Determinação da qualidade física dos grãos de soja colhidos na safra 2015/16. *In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA*, 36., 2017, Londrina. **Resumos expandidos**. Londrina: EMBRAPA, 2017. p. 243-245.

MAIA, G. B. S. *et al.* Panorama da armazenagem de produtos agrícolas no Brasil. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, v. 40, p. 161-194, 2013.

MANTOVANI, E. C. Colheita e pós-colheita: colheita. *In: CRUZ, J. C. (ed.). Cultivo do milho*. 5. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009.

MÁRCIA, B. A.; LAZZARI, F. A. Monitoramento de fungos em milho em grão, grits e fubá. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 4, p. 363-367, 1998.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495 p.

MATEUS, R. G. *et al.* Composição químico-bromatológica de diferentes subprodutos da soja. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava, v. 11, n. 1, p. 79-85, 2018.

MIRANDA, G. V. *et al.* Efeitos de épocas de colheita e debulha mecânica sobre a qualidade física e fisiológica de sementes de soja. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 43, n. 249, p. 663-673, 1996.

MOREANO, T. B. *et al.* Physical and physiological qualities of soybean seed as affected by processing and handling. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 35, n. 4, p. 466-477, 2013.

NEDEL, J. L. Fundamentos da qualidade de sementes. *In: PESKE, S. T.; ROSENTHAL, M. D.; ROTA, G. R. M. Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos*. Pelotas: UFPel, 2003. cap. 2, p. 94-137.

NEVES, E.; SAVELLI, R. A. M. Determinação da perda de peso de grãos de milho armazenados através de diferentes métodos. **Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 14, n. 26, p. 257, 2017.

PADUA, G. P. *et al.* Qualidade de sementes de genótipos de soja submetidos à deterioração após retardamento de colheita. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA*, 8., 2018, Goiânia/GO. [**Anais ...**]. Goiânia: Embrapa Soja, 2018. p.1029–1031.

PELÚZIO, J. M. *et al.* Influência da dessecação química e retardamento de colheita na qualidade fisiológica de sementes de soja no sul do estado do Tocantins. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 2, p. 77-82, 2008.

PEREIRA, C. E. *et al.* Tratamento fungicida e peliculização de sementes de soja submetidas ao armazenamento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 1, p. 158–164, 2011.

PESKE, S. T.; VILLELA, F. A. Secagem de sementes. *In: PESKE, S. T.; LUCCA, O. F.; BARROS, A. C. S. A. Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos*. 2. ed. Pelotas: UFPel, 2006. v. 2, p. 470-498.

PESKE, S. T.; ROSENTHAL, M. D.; ROTA, G. R. M. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 3. ed. Pelotas: UFPel, 2012. 573 p.

PINHEIRO NETO, R.; GAMERO, C. A. Efeito da colheita mecanizada nas perdas qualitativas de grãos de soja (*Glycine Max* (L.) Merrill). **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 20, n. 3. p. 250-257, 2000.

PINTO, R. S. *et al.* Qualidade de grãos de soja em diferentes épocas de colheita. **Nativa**, Sinop, v. 5, p. 463–470, 2017.

POSNER, E. S.; HIBBS, A. N. **Wheat flour milling**. 2nd ed. Minnesota: American Association of Cereal Chemists, 1999. 341 p.

PUZZI, D. **Abastecimento e armazenamento de grãos**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 2000. 666 p.

R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2015. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 7 set. 2020.

REGINATO, M. P. *et al.* Boas práticas de armazenagem de grãos. **Revista Eletrônica Anais do Encontro de Iniciação Científica – ENIC**, Goiânia, n 6, [p. 1-19], 2014. Trabalho apresentado no XII ENIC.

RIBEIRO, G. J. T. Efeitos do atraso na colheita e do período de armazenamento sobre o rendimento de grãos inteiros de arroz de terras altas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 5, p. 1021-1030, 2004.

ROSSETO, C. A. V.; SILVA, O. F.; ARAÚJO, A. E. S. Influência da calagem, da época de colheita e da secagem na incidência de fungos e aflatoxinas em grãos de amendoim armazenados. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 2, p. 309-15, 2005.

- 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. *In*: SALUNKHE, D. K.; CHAVAN, J. K.; KADAM, S. S. **Postharvest biotechnology of cereals**. Boca Raton: CRC Press, 1985. p. 127-146.
- SANTOS, M. R. *et al.* Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de soja submetidas a diferentes épocas de colheita e correlações com a emergência de plântulas no campo. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 52, n. 302, p. 535-554, 2005.
- SCARIOT, M. A. *et al.* Physiological performance of wheat seeds as a function of moisture content at harvest and storage system. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 47, n. 4, p. 456-464, 2017.
- SEDIYMA, T. *et al.* A soja. *In*: SEDIYAMA, T. (ed.). **Produtividade da soja**. Londrina: Mecenas, 2016. p. 11-18.
- SILVA, J. S. **Pré-processamento de produtos agrícolas**. Juiz de Fora: Instituto Maria, 1995. 509 p.
- SILVA, A. A. L. **Influência do processo de colheita na qualidade do milho (*Zea mays L.*) durante o armazenamento**. 1997. 77 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1997.
- SMANIOTTO, T. A. S. *et al.* Qualidade fisiológica das sementes de soja armazenadas em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campinas, v. 18, n. 4, p. 446-453, 2014.
- SOUSA, J. R. **Indicadores de perda de qualidade em grãos de soja**. 2015. 101 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) - Faculdade de Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2015.
- SOUZA, V. H. A. *et al.* Análise do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB): resultados e críticas. **Revista de Administração Geral**, Macapá, v.1, n. 1, p. 23-41, 2015.
- SRAVANTHI, B. *et al.* Effect of storage conditions on red lentils. **Journal of Stored Products Research**, Oxford, v. 53, p. 48-53, 2013.
- SWEENWEY, M. J.; DOBSON, A. D. W. Mycotoxin production by *Aspergillus*, *Fusarium* and *Penicillium* species. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 43, p. 141-158, 1998.
- SYSTAT SOFTWARE. **SigmaPlot for windows version 12.0**. San Jose: Systat Software, 2011.

TANAKA, M. A. S.; MAEDA, J. A.; PLAZAS, I. H. A. Z. Microflora fúngica de sementes de milho em ambientes de armazenamento. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 3, p. 501-508, 2001.

TANG, S. *et al.* Survival characteristics of corn seed during storage: II. Rate of seed deterioration. **Crop Science**, Madison, v. 39, p. 1400-1406, 1999.

TEIXEIRA, J. P. F. *et al.* Variação da composição química de sementes de três cultivares de soja, durante o armazenamento. **Bragantia**, Campinas, v. 39, n. 4, p. 21-25, 1980.

TELES, H. D. F. *et al.* Incidence of *Sclerotinia sclerotiorum* and the physical and physiological quality of soybean seeds based on processing stages. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 35, n. 4, p. 409-418, 2013.

TERASAWA, J. M. *et al.* Antecipação da colheita na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Bragantia**, Campinas, v. 68, p. 765-773, 2009.

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, ago. 2014.

TRZECIAK, M. B. **Formação de sementes de soja: aspectos físicos, fisiológicos e bioquímicos**. 2012. 130 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2012.

TSUKAHARA, R. Y. *et al.* Produtividade de soja em consequência do atraso da colheita e de condições ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 51, n. 8, p. 905-915, 2016.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Foreign Agricultural Service. **World agricultural production**. Washington, DC: USDA, Feb. 2021. (Circular Series, WAP 9). Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>. Acesso em: 17 set. 2020.

VIEIRA, R. D. *et al.* Efeito do retardamento da colheita, sobre a qualidade de sementes de soja CV 'UFV-2'. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 4, n. 2, p. 9-22, 1982.

WEBER, E. A. **Excelência em beneficiamento e armazenamento de grãos**. 3. ed. Salles: Canoas, 2005. 586 p.

XIANQING, Z.; YURONG, Z.; JUNLI, W. Effects of impurities in the sieve on the microbial activity and storage quality of wheat. **Agricultural Engineering Journal**, Bangkok, v. 25, n. 6, p. 274-279, 2009.

ZAMBIASI, M. A. *et al.* Physical and technological quality of corn kernels during storage as a function of pre-cleaning. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 19, [art.] e1159, 2020.

ZUFFO, A. M. *et al.* Physiological and enzymatic changes in soybean seeds submitted to harvest delay. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 47, n. 4, p. 488-496, 2017a.

ZUFFO, A. M. *et al.* Physiological and sanitary quality of soybean seeds harvested at different periods and submitted to storage. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 47, n. 3, p. 312–320, 2017b.

ZHOU, X. *et al.* Influence of sieve-through impurities on wheat microbe activity and storage quality. **Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering**, Beijing, v. 25, n. 6, p. 274-279, 2009.