



VITÓRIA APARECIDA PORTO LIMA

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE MILHO COM
DANOS MECÂNICOS E ARDIDOS DURANTE O ARMAZENAMENTO**

**LAVRAS – MG
2024**

VITÓRIA APARECIDA PORTO LIMA

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE MILHO COM DANOS
MECÂNICOS E ARDIDOS DURANTE O ARMAZENAMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Profa. Dra. Raquel Maria de Oliveira Pires
Orientadora

Prof. Dr. Everson Reis Carvalho
Coorientador

**LAVRAS – MG
2024**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Lima, Vitória Aparecida Porto.

Qualidade fisiológica de sementes de milho com danos
mecânicos e ardidos durante o armazenamento / Vitória Aparecida
Porto Lima. - 2024.

61 p. : il.

Orientador(a): Raquel Maria de Oliveira Pires.

Coorientador(a): Everson Reis Carvalho.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2024.

Bibliografia.

1. Danos. 2. Armazenamento. 3. Controle de qualidade. I. Pires,
Raquel Maria de Oliveira. II. Carvalho, Everson Reis. III. Título.

VITÓRIA APARECIDA PORTO LIMA

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE MILHO COM DANOS
MECÂNICOS E ARDIDOS DURANTE O ARMAZENAMENTO**

**PHYSIOLOGICAL QUALITY OF CORN SEEDS WITH MECHANICAL DAMAGE
AND BURNING DURING STORAGE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 17 de maio de 2024.

Dra. Édila Vilela de Resende Von Pinho

Dr. Márcio Deias Pereira

UFLA

UFRN

Profa. Dra. Raquel Maria de Oliveira Pires
Orientadora

Prof. Dr. Everson Reis Carvalho
Coorientador

**LAVRAS – MG
2024**

A Deus

Aos meus pais Wellington e Vilma, e ao meu irmão João Miguel

Dedico

“Pois nada é impossível para Deus (Lucas 1:37).”

AGRADECIMENTOS

A Deus, sem Ele nada disso seria possível, pois me deu forças para vencer as tribulações.

Aos meus pais Wellington e Vilma, que sempre apoiaram meus sonhos e me incentivaram a seguir em meio as adversidades, vocês são minha inspiração de vida, obrigada por tudo, amo vocês!

Ao meu irmão João Miguel por ser amoroso e carinhoso comigo, sempre me incentivando a ser uma pessoa melhor.

Ao meu noivo Deilson, que sempre me ajudou em tudo, inclusive nesse trabalho, sempre me incentivando a fazer cada dia mais, obrigada por toda ajuda, carinho e preocupação.

Aos amigos que a Universidade me deu e que levarei para a vida, obrigada Tamiris, Maíra, Ana Maria e Renata por fazer meus dias mais felizes.

À Juliana e sua família, pelo carinho, preocupação e acolhimento.

À minha orientadora, professora Raquel, pelos ensinamentos e oportunidade de desenvolver essa pesquisa. Ao professor Everson pelos conselhos e orientação.

Aos profissionais do setor de sementes, Jaqueline e Geraldo por todo o ensinamento, em especial ao Itamar, que se mostrou luz em meu caminho, agradeço pelos ensinamentos, conversas e conselhos.

Às minhas estrelinhas Selma, Anézia e Dori, que fizeram parte dos momentos mais especiais da minha vida. A saudade de vocês é grande, mas tenho certeza de que estão torcendo por mim.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Agricultura, pela oportunidade e por todo o apoio durante o desenvolvimento da pesquisa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia e à empresa Bayer pelo auxílio na realização do projeto.

Agradeço a todos que contribuíram para a realização do presente trabalho, a ajuda de vocês foi de extrema importância para o meu crescimento profissional e pessoal.

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPQ.

Muito obrigada!

RESUMO

O milho tem grande importância econômica para o Brasil, sendo uma das plantas mais cultivadas em muitas regiões do país. Dentre os danos encontrados na semente de milho, este estudo destaca o dano ardido e o mecânico, pelos efeitos negativos na qualidade dos lotes de sementes armazenadas. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a qualidade fisiológica de lotes de sementes de milho com danos ardidos leves, ardidos pesados e quebrados durante o armazenamento. O experimento e as avaliações foram conduzidos no Laboratório Central de Sementes do Departamento de Agronomia (DAG) na Universidade Federal de Lavras (UFLA). As sementes foram visualmente separadas em: sementes sadias, sementes com dano ardido leve, dano ardido pesado e dano quebrado. Após a separação, cada um dos danos foi misturado aos lotes de sementes sadias nas porcentagens: 0; 2,5%; 7,5%; 15% e 25%. Posteriormente, os lotes de sementes foram armazenados em temperatura ambiente em diferentes períodos de armazenamento (0, 3, 6, 9 e 12 meses). Foram realizados os testes umidade em estufa, germinação, primeira contagem da germinação, teste de frio e emergência. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, à regressão polinomial e à análise PCA. Com os resultados foi observado que lotes de sementes com dano ardido leve, quebrado e ardido pesado perdem qualidade fisiológica, e seu potencial de armazenamento depois de 3 meses de armazenamento e a partir de 2,5% de nível de presença em um lote de sementes. O teste de germinação, frio e emergência evidenciam essa diminuição, concluindo que a qualidade fisiológica dos lotes de sementes é afetada pelos danos: ardido leve, pesado e quebrado. Sementes de milho armazenadas com danos superiores a 2,5% nos lotes reduzem o potencial fisiológico.

Palavras-chave: danos; armazenamento; controle de qualidade; beneficiamento.

ABSTRACT

Corn has great economic importance for Brazil, being one of the most cultivated plants in many regions of the country. Among the damages found in corn seeds, this study highlights burning and mechanical damage, due to their negative effects on the quality of stored seed lots. The objective of the present work was to evaluate the physiological quality of batches of corn seeds with light burn damage, heavy burn damage and broken damage during storage. The experiment and evaluations were conducted at the Central Seed Laboratory of the Department of Agronomy (DAG) at the Federal University of Lavras (UFLA). The seeds were visually separated into: healthy seeds, seeds with light burn damage, heavy burn damage and broken damage. After separation, each of the damages was mixed with lots of healthy seeds in the following percentages: 0; 2.5%; 7.5%; 15% and 25%. Subsequently, seed lots were stored at room temperature for different storage periods (0, 3, 6, 9 and 12 months). Humidity tests in greenhouse, germination, first germination count, cold test and emergence were carried out. The data obtained were subjected to analysis of variance, polynomial regression and PCA analysis. With the results it was observed that batches of seeds with light burn damage, broken damage and heavy burn damage lose physiological quality and their storage potential after 3 months of storage and from 2.5% level of presence in a batch of seeds. The germination, cold and emergence tests show this decrease, concluding that the physiological quality of seed lots is affected by light, heavy and broken fire damage. Corn seeds stored with damage greater than 2.5% in batches reduce physiological potential.

Keywords: damage; storage; quality control; benefit.

INDICADORES DE IMPACTO

As sementes de milho podem ser afetadas por diversos fatores que causam danos, comprometendo o desenvolvimento e a produção. Danos mecânicos são causados por injúrias provocadas nas sementes, seja no momento da colheita realizada de forma inadequada, no processo de beneficiamento ou por doenças que podem enfraquecer as espigas. O dano ardido pode ser causado por fungos, calor, umidade ou fermentação, provocando o escurecimento nas sementes e alterando a sua bioquímica. Somado a esses danos, o armazenamento pode reduzir o vigor das sementes ao longo do período de armazenagem. Diante deste cenário, a indústria de produção de sementes na busca de melhoria de seus processos ao longo de sua cadeia produtiva, tem alto interesse em compreender os fatores que podem afetar diretamente na qualidade dos seus produtos. Os impactos podem ser classificados na temática da Política Nacional de Extensão, como Tecnologia e Produção (identificando melhorias no processo produtivo de sementes de milho e menor desperdício) e Consumo e produção responsáveis (por utilizar menos recursos para produção sustentável e na quantidade necessária). Os impactos da pesquisa estão alinhados com diversos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas por estar associado ao consumo de recursos de forma sustentável para obtenção de maior produtividade e com menor índice de desperdícios por meio do monitoramento da qualidade na cadeia produtiva do milho ao indicar os fatores que indicam a redução da qualidade dos lotes produzidos.

IMPACT INDICATORS

Corn seeds can be affected by several factors that cause damage, compromising development and production. Mechanical damage is caused by injuries caused to the seeds, whether at the time of improper harvesting, during the processing process or by diseases that can weaken the ears. Burning damage can be caused by fungi, heat, humidity, or fermentation, causing the seeds to darken, and altering their biochemistry. In addition to these damages, storage can reduce seed vigor throughout the storage period. Given this scenario, the seed production industry, in the search to improve its processes throughout its production chain, is highly interested in understanding the factors that can directly affect the quality of its products. The impacts can be classified under the theme of the National Extension Policy, such as Technology and Production (identifying improvements in the corn seed production process and less waste) and Responsible consumption and production (by using fewer resources for sustainable production and in the necessary quantity). The impacts of the research are aligned with several United Nations Sustainable Development Goals (SDGs) as it is associated with the consumption of resources in a sustainable way to obtain greater productivity and a lower rate of waste through quality monitoring in the corn production chain by indicating the factors that indicate a reduction in the quality of the batches produced.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

Figura 1 –	Sementes de milho com dano ardido pesado e ardido leve.	32
Figura 2 –	Sementes de milho com dano quebrado e sem danos.	33
Figura 3 –	Umidade relativa do ar (%) e temperatura (°C) do ambiente de armazenamento de sementes de milho durante o período de junho de 2022 até dezembro de 2023	34
Figura 4 –	Primeira contagem de germinação (a), germinação (b) e plântulas anormais no teste de germinação (c) de sementes de milho no teste de germinação para o dano ardido leve em função do armazenamento.....	37
Figura 5 –	Anormalidades encontradas no teste de germinação, sistema radicular atrofiado (a), parte aérea atrofiada (b), sistema radicular ausente (c) e parte aérea ausente (d).	38
Figura 6 –	Vigor de sementes de milho no teste frio para o dano ardido leve em função do armazenamento (a) e níveis de danos (b).	39
Figura 7 –	Emergência de sementes de milho com 4 e 7 dias para o dano ardido leve em função do armazenamento (a) e níveis de danos (b).	39
Figura 8 –	Índice de velocidade de emergência para o dano ardido leve em função do armazenamento (a) e níveis de danos (b).	40
Figura 9 –	Dispersão de autovetores ao longo de um plano circular e formação de grupos obtidos por análise de componentes principais de acordo com as variáveis: germinação (G), primeira contagem (PC), emergência inicial 4 dias (EI), emergência final 7 dias (E) e teste frio (TF) em função dos níveis de danos (a) e armazenamento (b) de sementes de milho para o dano ardido leve.	41
Figura 10 –	Primeira contagem de germinação de sementes de milho para o dano quebrado em função do armazenamento (a) e níveis de danos (b). Resultado do teste de germinação em função do armazenamento (c) e níveis de danos (d). Porcentagem de plântulas anormais em função do armazenamento (e).	43
Figura 11 –	Vigor de sementes no teste frio de sementes de milho para o dano quebrado em função do armazenamento (a) e níveis de danos (b). Teste de emergência com 4 e 7 dias em função do armazenamento (c) e níveis de danos (d).	45
Figura 12 –	Índice de velocidade de emergência de sementes de milho para o dano quebrado em função do armazenamento (a) e níveis de danos (b).	46

Figura 13 –	Dispersão de autovetores ao longo de um plano circular e formação de grupos obtidos por análise de componentes principais de acordo com as variáveis: germinação (G), primeira contagem (PC), emergência inicial 4 dias (EI), emergência final 7 dias (E) e teste frio (TF) em função do armazenamento (a) e níveis de danos (b) em sementes de milho para o dano quebrado.	47
Figura 14 –	Primeira contagem de germinação (a), germinação 7 dias (b) e porcentagem de plântula anormal (c) para o dano ardido pesado em função dos níveis de danos.	49
Figura 15 –	Vigor de sementes no teste frio em sementes de milho para o dano ardido pesado em função do armazenamento (a) e níveis de danos (b).	50
Figura 16 –	Teste de emergência em função do armazenamento (a) e níveis de danos (b) com 4 dias, e armazenamento (c) e níveis de danos (d) com 7 dias para o dano ardido pesado.	51
Figura 17 –	Índice de velocidade de emergência em sementes de milho para o dano ardido pesado em função do armazenamento (a) e níveis de danos (b).	52
Figura 18 –	Dispersão de autovetores ao longo de um plano circular e formação de grupos obtidos por análise de componentes principais de acordo com as variáveis: germinação (G), primeira contagem (PC), emergência inicial 4 dias (EI), emergência final 7 dias (E) e teste frio (TF) em função do armazenamento (a) e níveis de danos (b) em sementes de milho para o dano ardido pesado.	53

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 1 –	Quantidade de sementes de milho para cada nível de dano (ardido leve, ardido pesado e quebrado).	34
------------	--	----

SUMÁRIO

	CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO GERAL	13
1	INTRODUÇÃO	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	Panorama da produção e comercialização de sementes de milho.....	15
2.2	Produção, colheita de sementes de milho e aparecimento de defeitos	16
2.3	Processamento pós-colheita, operações do beneficiamento e eliminação de sementes defeituosas.....	18
2.3.1	Armazenamento de sementes de milho	20
2.3.2	Avaliação da qualidade de sementes de milho e tomada de decisão	22
	REFERÊNCIAS	25
	CAPÍTULO 2 QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE MILHO COM DANOS MECÂNICOS E ARDIDOS DURANTE O ARMAZENAMENTO	28
1	INTRODUÇÃO	30
2	MATERIAL E MÉTODOS	32
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
3.1	Sementes de milho com dano ardido leve.....	37
3.2	Sementes de milho com dano quebrado	42
3.3	Sementes de milho com dano ardido pesado.....	48
4	CONCLUSÕES	54
	REFERÊNCIAS	55
	ANEXOS	58

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO GERAL

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) tem grande importância econômica para o Brasil, sendo uma das plantas mais cultivadas em muitas regiões do país. Na produção agrícola, a semente é o insumo primordial, sendo produzida dentro de rigorosos padrões de qualidade, que juntamente com práticas culturais adequadas, potencializam o desenvolvimento no campo e a produtividade (Teichert; Peske, 2024).

O uso de sementes de qualidade é um dos fatores principais para o estabelecimento de qualquer cultura, pois é por meio da semente que se obtém os benefícios oriundos do melhoramento genético (Araújo *et al.*, 2021). Nesse sentido, as empresas produtoras de sementes têm buscado o aperfeiçoamento de tecnologias para melhorar os aspectos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários das sementes, nas diferentes etapas do processo de produção.

Com a premissa de que a qualidade da semente se estabelece em campo, a preocupação após a colheita se deve a manutenção e conservação da qualidade das sementes. É comum as sementes advindas do campo apresentarem alterações do aspecto físico, dentre elas, a presença de impurezas, sementes danificadas por quebra, sementes com furos e sementes manchadas por fungos, sendo que esses danos podem afetar a qualidade final do lote de sementes (Ribeiro, 2016).

Os danos em sementes de milho, dentre eles os danos chamados ardidos e quebrados, têm causado efeitos negativos na qualidade das sementes, existindo uma necessidade de redução da ocorrência dos mesmos nos lotes de sementes. Nesse sentido, o beneficiamento entra como uma etapa importante dentro do programa de produção de sementes. Constitui-se em uma etapa que tem como objetivo a melhoria das características boas de um lote com a uniformização da semente que será destinada à comercialização e a eliminação das impurezas dos processos produtivos antecedentes, visando uniformizar o tamanho, aprimorar e realçar as boas características de um lote de sementes (Araújo *et al.*, 2021).

O armazenamento de sementes é outro fator que pode afetar a qualidade, sendo que nessa etapa a interferência de fatores externos e o teor de água intrínseco às sementes, podem comprometer o potencial fisiológico das mesmas. Sementes quando armazenadas com danos, podem apresentar aumento da intensidade do processo de deterioração e, conseqüentemente, redução no vigor, comprometendo assim, sua armazenabilidade (Oliveira, 2018). Isso justifica o rigor no processo de beneficiamento, para que a quantidade de sementes defeituosas seja

minimizada, a fim de não comprometer o potencial fisiológico dos lotes, atender aos padrões de comercialização e garantir a produtividade em campo.

Diante do exposto, o objetivo nesse estudo, foi avaliar a qualidade fisiológica de sementes de milho em função dos danos ardidos leves, danos ardidos pesados e dano quebrado durante o armazenamento.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Panorama da produção e comercialização de sementes de milho

O Brasil é o terceiro maior produtor e o maior exportador de grãos de milho do mundo, com uma produção total estimada de 117,6 milhões de toneladas na safra 2023/24 (CONAB, 2024). As principais regiões produtoras no Brasil são Centro-Oeste, Sul e Sudeste, sendo as sementes híbridas as mais utilizadas, cerca de 90% da área cultivada (ABRASEM, 2022).

O cultivo do milho apresenta ampla dispersão geográfica, demonstrando sua importância social e econômica. As evidências de variações nas formas de produção e mercado, mudanças no cenário produtivo no Brasil decorrentes da expansão de área, desenvolvimento e adoção de tecnologias e as práticas de manejo, que buscam proporcionar aumento no potencial produtivo (Artuzo *et al.*, 2019).

Mundialmente, a produção e comercialização de milho é um mercado extremamente importante, principalmente nos Estados Unidos, China, Brasil e União Europeia (USDA, 2024). Com área mundial de 204 milhões de hectares e produção de 1.235,73 milhões de toneladas, a estimativa da safra 2023/24 tende a ser maior em 6,93% em relação à safra anterior de 2022/23, sendo que, somente os Estados Unidos correspondem a uma produção de 389,69 milhões de toneladas, seguido da China com 288,84 milhões de toneladas.

A produção e comercialização de milho está passando por diversas tendências e avanços. A indústria está investindo em pesquisa e desenvolvimento para criar variedades de milho que sejam mais resistentes às pragas e doenças, bem como mais adaptadas a diferentes condições climáticas (Terra, 2019). O Brasil é um dos países que mais investe em estudos para o aperfeiçoamento de tecnologias na produção de sementes de alta qualidade, e a parceria entre empresas privadas e as universidades têm fortalecido as pesquisas e favorecido cada vez mais a cadeia produtiva do milho (Martin *et al.*, 2007). Os recordes na produção a cada safra têm mostrado o quanto essa parceria tem trazido benefícios, pois, a cada safra observa-se o lançamento, com a alta qualidade de novos híbridos mostrando o empenho da indústria sementeira em produzir materiais melhorados e de qualidade (Silva, 2012).

Contudo, os principais desafios da produção e comercialização de sementes de milho no Brasil são aumentar a produtividade e a qualidade das sementes; reduzir os custos de produção; melhorar a competitividade do mercado e desenvolver novas cultivares adaptadas às diferentes condições climáticas e edáficas do país (Peske, 2021).

2.2 Produção, colheita de sementes de milho e aparecimento de defeitos

Aumentar a produtividade e a rentabilidade das lavouras de milho ainda é um desafio constante, que exige o desenvolvimento de híbridos que apresentem melhor desempenho em condições adversas de clima e aparecimento de doenças específicas, como é o caso da podridão da espiga, que acarreta o aparecimento de sementes ardidas (Ramos *et al.*, 2010).

No campo de produção de sementes é onde a qualidade é feita, sendo importante o planejamento da produção quanto a escolha da região de plantio, disponibilidade de água, temperatura e o fotoperíodo. Todos esses fatores podem influenciar nas outras etapas de secagem, beneficiamento e armazenamento. Os fatores externos influenciam diretamente na qualidade final de um lote de sementes e o acompanhamento das lavouras irá identificar previamente a presença de pragas e doenças, e auxiliar na tomada de decisões precisas para que a semente atenda aos atributos da qualidade (Terra, 2019).

Produzir sementes é algo altamente complexo e fortemente regulamentado por um arcabouço legal vigente (Terra, 2019). Para que as sementes sejam produzidas comercialmente, elas passam por pesquisas minuciosas de seleção e melhoramento. Antes de serem comercializadas, vários testes incluindo as vistorias de campos são realizados para comprovar a qualidade das sementes e se foi alcançado o padrão de comercialização estabelecido pelo Ministério da Agricultura e Pecuária, sendo de 85% de germinação para a cultura do milho (Santos; Baldoni, 2018).

As sementes são consideradas o elo entre a genética e a produtividade, mas para que isso ocorra é imprescindível o uso de sementes com altos índices de qualidade. É importante conhecer os fatores que são limitantes ao desenvolvimento inicial das plantas, e destaca-se inicialmente o planejamento da implementação do campo, onde a tomada de decisões sobre quando iniciar o plantio, pode garantir o sucesso ou o fracasso da lavoura. Outro fator é o desenvolvimento inicial do campo, o acompanhamento nas fases iniciais, como o a emergência de plântulas e desenvolvimento das plantas, é fundamental para a identificação de pragas, doenças, plantas daninhas e outros problemas que podem afetar o bom desempenho dos campos de produção (Gazolla Neto, 2023).

A semente após atingir o seu estado de maturidade fisiológica, período em que ela atinge o máximo de acúmulo de matéria seca, sofrem fortes influências ambientais e genéticas podendo reduzir gradativamente o ponto de máxima qualidade fisiológica (Araújo *et al.*, 2006).

Quanto menos as sementes ficam no campo após o seu ponto ideal de colheita, menores são as chances de exposição a condições ambientais adversas, insetos e patógenos. Dentre os

principais danos mecânicos que podem ser causados no momento da colheita das sementes, vale ressaltar as rachaduras, quebras das sementes, lesões no eixo embrionário, consequentemente deixando as sementes mais sensíveis a ação de patógenos (Rossetti *et al.*, 2023). O uso de sementes de alta qualidade permite ao produtor uma maior segurança ao longo do ciclo produtivo, assim, condições desfavoráveis têm seus efeitos minimizados a longo do tempo. Portanto, é vital que as empresas e os agricultores monitorem a qualidade das sementes em todas as etapas do processo de produção (Ambrose *et al.*, 2016).

Nas etapas da produção de sementes, o manejo de pragas e doenças é uma etapa importante para o desenvolvimento de sementes de qualidade. Uma das doenças que causam grandes prejuízos é a podridão da espiga, sendo um problema comum que pode afetar a qualidade das sementes. A doença é causada por diferentes tipos de fungos e pode ocorrer durante o desenvolvimento no campo (Ramos *et al.*, 2010).

A podridão da espiga pode ser causada pelos fungos: *Fusarium* spp., *Diplodia maydis*, *Gibberella* spp., *Colletotrichum graminicola*, *Penicillium* spp. Uma característica de todos esses fungos é a mudança de coloração das sementes, que consequentemente afeta sua bioquímica e qualidade. Estes, podem causar danos classificados em leve ou severo, de acordo com a extensão do dano na semente. Medidas preventivas podem ser adotadas, como a rotação de culturas, eliminação de restos culturais, práticas de plantio e colheita que minimizem danos, e o mais importante, a utilização de material de alta qualidade e, quando possível, de variedades resistentes a podridão (Ramos *et al.*, 2010).

Além dos danos causados por fungos, existe o dano quebrado que pode ser ocasionado por diferentes fatores durante o ciclo de produção, colheita ou pós-colheita. Este fator tem como uma das causas principais as condições climáticas extremas que podem levar à fragilização das espigas e, consequentemente, promover o aumento da quebra de sementes. Logo, os processos seguintes à produção em campo, como a regulação da colheita mecânica, a alocação do material nos meios de transporte na passagem nos equipamentos de beneficiamento, podem provocar danos no material (Ramos *et al.*, 2010).

Por seguinte, destaca-se os danos classificados como chochos ou imaturos, fermentados, germinados, gessados e mofados. Os danos classificados como chochos ou imaturos são classificados como desprovidos de massa interna, enrijecidos e apresentam um enrugamento pelo incompleto desenvolvimento fisiológico. Já os danos classificados como fermentados apresentam um escurecimento provocado por processo fermentativo ou calor. Enquanto os danos germinados apresentam início visível de germinação. Os gessados apresentam uma alteração na cor ficando esbranquiçado ao opaco. Por fim, os danos classificados como mofados

apresentam contaminações por fungos que são visíveis a olho nu com a colação esverdeada ou azulada. Na instrução normativa nº 60 de 2011 consta a classificação do milho e seus requisitos de identidade e qualidade, apresentando os limites toleráveis e as classificações em função das porcentagens de danos (Brasil, 2011).

A colheita ainda se mostra como uma fase crítica na qual se tem como objetivo a retirada das sementes de milho do campo nas melhores condições, visando sementes de alta qualidade. Quanto ao método de colheita foi observado que sementes colhidas em espiga apresentam maior qualidade fisiológica comparado com a colheita a granel, e quando as espigas são colhidas com alto teor de água, apresentam menor qualidade das sementes (Ferreira; Sá, 2010).

O controle de qualidade interno das empresas auxilia no rastreamento dos danos, buscando validar o cumprimento de especificações exigidas durante a cadeia de produção de sementes. Nas empresas classifica-se a severidade dos danos e avalia-se a qualidade dos lotes de sementes com determinado dano. É importante ressaltar que, a todo momento, decisões importantes são tomadas dentro das empresas de forma a garantir que os lotes de sementes produzidos cheguem com alta qualidade até o produtor (Teichert; Peske, 2024).

2.3 Processamento pós-colheita, operações do beneficiamento e eliminação de sementes defeituosas

O beneficiamento é uma etapa de grande importância, sendo que um lote de sementes deve ser beneficiado e manipulado adequadamente para que reduza a velocidade de deterioração das sementes obtidas no campo e consiga toda a expressão do seu potencial genético e fisiológico (Nerling *et al.*, 2014). Seu objetivo principal é melhorar ou aprimorar as características físicas de um lote de sementes, eliminar impurezas, uniformização por tamanho e proteção (tratamento), sendo que a qualidade final irá depender do cuidado em manter no processo de beneficiamento, a qualidade que foi adquirida no campo (Oliveira, 2021).

Em uma Unidade de Beneficiamento de Sementes comumente chamada de UBS, as etapas de beneficiamento são: recebimento, pré-limpeza, secagem, limpeza, classificação, tratamento e embalagem. Além disso, os equipamentos utilizados no beneficiamento como transportadeiras, secagem, limpeza e classificação, são alocados de forma a permitir o fluxo contínuo dos processos. A separação por densidade vem para finalizar o beneficiamento proporcionando ao lote características físicas e fisiológicas semelhantes, produzindo então, um lote homogêneo (Trogello *et al.*, 2013).

O beneficiamento de sementes de milho se apresenta muito especializado, comparado

com outras espécies. As sementes são colhidas, podendo ser à granel ou em espiga, seguem para a despalha, secagem, debulha, limpeza e classificação (Ferreira; Sá, 2010). A classificação do milho ocorre em função do tamanho (largura e espessura) e peso, pela remoção de impurezas leves e de materiais indesejáveis maiores ou menores que a semente. No tamanho, pelas dimensões, largura e comprimento, já na espessura, em sementes redondas e achatadas. A classificação permite que o lote de sementes a ser comercializado atinja maior eficiência de palatabilidade no campo através de lotes padronizados que facilite o manejo de maquinários no campo (Oliveira, 2021).

As sementes possuem diferenças entre si, e a escolha de uma ou mais máquinas durante o beneficiamento irá depender do tipo das sementes, natureza e quantidade de impurezas. A separação das sementes ou das impurezas quando baseada na largura ou espessura é realizada por peneiras planas ou cilíndricas (Vieira, 2013).

Para separação baseada em peso ou densidade relativa, se tem a mesa densimétrica, que consiste em uma mesa de superfície porosa que permite a passagem de corrente de ar. Nela, as sementes são estratificadas em camadas e com o fluxo vibratório elíptico da mesa, há a separação das sementes leves das mais pesadas e do material intermediário. Com a mesa densimétrica é possível ter uma separação gradual quanto ao peso das sementes, isso ocorre desde as mais leves até as mais pesadas (Barros *et al.*, 2014). Diante disso, a mesa densimétrica pode ser eficiente na separação de sementes quebradas e ardidas, pois as sementes irão apresentar peso diferente daquelas sem danos.

No trabalho desenvolvido por Ferreira e Sá (2010) foi analisada a qualidade fisiológica de sementes de milho nas etapas do beneficiamento e como cada equipamento contribuiu na qualidade, concluindo que o beneficiamento promove maior uniformidade das características boas de um lote de sementes, ocorrendo principalmente em lotes que passaram pela mesa densimétrica.

Além da separação por peso se tem os equipamentos de classificação de sementes pela cor, uma vez que o ataque de patógenos pode promover a alteração da coloração do tegumento (Barros *et al.*, 2014). A partir de imagens de alta resolução e filtros de cor, o equipamento denominado *Color sorter*, por exemplo, pode auxiliar na formação de um lote de sementes com alta qualidade.

O equipamento *Color sorter* pode ser utilizado em diversas etapas do beneficiamento para análise prévia das sementes. Isso permite que as sementes que foram classificadas tenham um direcionamento melhor na sequência dos equipamentos do beneficiamento. Em outras situações, o equipamento de classificação pela cor pode ser utilizado depois da mesa

densimétrica, o que pode reduzir o número de sementes com danos nos lotes, além de reduzir o reprocesso dos mesmos (Silva, 2012).

Mas deve-se ainda ter uma atenção maior quanto ao número de semente com outros tipos de danos, como o quebrado, que a *Color sorter* pode não detectar, para auxiliar na tomada de decisões sobre qual etapa o equipamento deve entrar no beneficiamento, se é antes, depois da mesa densimétrica ou se deve ser retirado das etapas (Silva, 2012). A escolha e a sequência dos equipamentos no beneficiamento variam em função da espécie e das condições físicas do lote, sendo que a qualidade física do lote vai depender dos equipamentos utilizados e das regulagens realizadas (Carvalho; Kakagawa, 2012).

O beneficiamento se mostra uma etapa de grande importância para a separação de sementes danificadas, sejam elas ardidas ou quebradas. Assim, nesta etapa do processo produtivo de sementes, fazer uso de equipamentos que permitam segregar e gerar lotes composto por sementes de alta qualidade fisiológica e física é de suma importância para que a semente possa manter a qualidade obtida no campo e expressar todo o seu potencial genético e fisiológico.

2.3.1 Armazenamento de sementes de milho

O armazenamento adequado de sementes é crucial para manter sua qualidade e viabilidade ao longo do tempo. A armazenabilidade das sementes varia com o genótipo, mas o seu período de conservação depende do teor de água e das condições de armazenamento, fatores que se não controlados, aceleram o processo de deterioração (Carvalho; Nakagawa, 2012).

A deterioração provoca a queda gradativa da viabilidade e do vigor das sementes, ocorre com o tempo e promove o decréscimo do potencial fisiológico e, conseqüentemente, reduz o desempenho pós semeadura, ou seja, diminui a porcentagem, velocidade e uniformidade de emergência das plântulas. À medida que as sementes deterioram, a respiração se torna menos intensa, e como consequência, ocorre um colapso metabólico da semente. Ao longo de um período de armazenamento com essa queda na taxa respiratória, o vigor é reduzido significativamente (Marcos Filho, 2015).

Os efeitos da umidade na deterioração irão depender da temperatura, que afeta diretamente a velocidade das reações químicas, acelerando a respiração, e aumentando a ação de microrganismos, sendo que a redução da temperatura traz benefícios no armazenamento (Marcos Filho, 2015).

As condições de armazenamento são seguras quando permitem a manutenção do potencial fisiológico, sem que as sementes perdam o vigor. A conservação das sementes armazenadas com teores de água de 10% em ambiente de câmara fria proporciona menor atividade metabólica, por meio da redução da taxa de respiratória. Consequentemente, reduz a degradação das reservas armazenadas nas sementes que são utilizadas no estágio inicial vegetativo das plantas, proporcionando melhor desempenho no campo (Bento *et al.*, 2014).

Heberle *et al.* (2019) avaliaram a influência de três ambientes na qualidade fisiológica de sementes de milho e sua atividade enzimática e concluíram que as sementes podem ser armazenadas durante 450 dias em câmara fria ($12\pm 2^{\circ}\text{C}/60\pm 5\%\text{UR}$) e 360 dias em ambiente não controlado ($30\pm 2^{\circ}\text{C}/70\pm 5\%\text{UR}$). Nas condições de temperatura elevada o período de armazenamento é de 180 dias, sem que haja perda do padrão mínimo exigido para comercialização, que segundo a Instrução Normativa nº. 45/2013 do Ministério da Agricultura (Brasil, 2013) é de 85% de germinação.

Em um estudo realizado por Caneppele *et al.* (2020) sobre o armazenamento em diferentes temperaturas e umidade relativa, foi constatado que a deterioração do milho aumentou com o tempo de armazenamento, nas temperaturas de 25° e 35°C , sendo maior na temperatura de 35°C . Os defeitos mais encontrados foram fermentados e mofados, que alteraram o enquadramento comercial. O armazenamento por períodos longos e com altas temperatura ainda conforme Caneppele *et al.* (2020), podem levar ao surgimento de defeitos e avariados como mofados e fermentados, devido aos altos valores de atividade metabólica e enzimática.

Além das condições em que as sementes são armazenadas, a preservação da qualidade também está relacionada aos tipos de embalagens e à facilidade de realizar trocas gasosas ou não. O armazenamento em embalagens plásticas demonstra menor incidência de insetos e fungos possibilitando a manutenção da qualidade das sementes (Antonello *et al.*, 2009).

Para um armazenamento mais eficiente o tratamento das sementes é primordial, apresentando como objetivo eliminar insetos e fungos, permitindo o aperfeiçoamento ou preservação do seu desempenho. Nesse sentido, logo após o beneficiamento é recomendado que as sementes sejam tratadas com inseticida e fungicida. O tratamento de sementes de milho com fungicidas e mistura de ativos, como pyraclostrobin+tiofanato metílico e carbendazim+thiram+micronutrientes, podem reduzir a incidência do fungo *Fusarium verticillioides*, um dos causadores do dano ardido, durante o armazenamento sem prejudicar a sua qualidade (Matos *et al.*, 2013).

O período de armazenamento de sementes que apresentam danos causados por impacto e, conseqüentemente, quebra das sementes, é um fator a ser considerado no momento de análise da qualidade, pois o armazenamento com esse dano, pode reduzir a germinação, vigor e a armazenabilidade, além de que, esse tipo de dano pode provocar o aparecimento de microrganismos patogênicos (Ribeiro, 2016).

Logo, a redução do vigor afeta a germinação reduzindo a velocidade emergência de plântulas, aumentando a heterogeneidade de desenvolvimento das plântulas e aumentando a porcentagem de plântulas anormais. O vigor das sementes causa efeitos no seu potencial de armazenamento, sendo que as sementes menos vigorosas deterioram com maior rapidez e atingem mais facilmente a inviabilidade (Carvalho; Nakagawa, 2012).

A etapa de armazenamento das sementes merece muita atenção, e quando as sementes apresentam danos é indispensável avaliar frequentemente a germinação e vigor e entender como o dano pode comprometer a armazenabilidade das sementes. O beneficiamento auxilia na melhora da performance do lote e o armazenamento auxilia a manter, sendo ambas as etapas de extrema importância no processo de produção de sementes.

2.3.2 Avaliação da qualidade de sementes de milho e tomada de decisão

A qualidade de sementes de toda espécie compreende a interação de uma série de atributos de natureza genética, fisiológica, física e sanitária. A qualidade genética refere-se à constituição intrínseca da cultivar, relacionado à homogeneidade, resistência ou tolerância a pragas e doenças, arquitetura da planta, potencial produtivo, dentre outras (Marcos Filho, 2015).

O potencial fisiológico refere-se à capacidade da semente de desempenhar funções vitais, manifestada pela longevidade, germinação e vigor, ou seja, é o potencial da semente de produzir uma plântula normal. Além disso, o potencial fisiológico também é influenciado por aspectos relativos ao campo de produção, como temperatura, umidade e danos durante as etapas de produção (Marcos Filho, 2015). A qualidade física diz respeito à ausência de contaminação por materiais estranhos, inertes ou sementes de outras espécies e sementes com danos. A qualidade sanitária consiste no efeito deletério causado por patógenos e pragas que podem estar associados às sementes desde o campo de produção até o armazenamento, incluindo fungos, bactérias e vírus (Oliveira, 2021).

Os fatores físicos e fisiológicos têm sua ação determinada, principalmente, pelo ambiente onde as sementes se formam e pelo manuseio das mesmas durante as fases de colheita, beneficiamento e armazenamento. A qualidade final da semente depende do cuidado e da busca

contante em melhorar os processos, durante o beneficiamento e o armazenamento, a qualidade obtida no campo, minimizando os danos que ocorrem durante o processamento, principalmente os danos mecânicos (Fessel *et al.*, 2003).

O uso de sementes com alta qualidade é o meio mais viável e econômico de reduzir custos de produção e assegurar a sustentabilidade de cultivos de grande interesse. O potencial fisiológico das sementes é o principal ponto discutido entre os tecnologistas de sementes, sendo avaliado pelos testes de germinação e vigor das sementes (Marcos Filho 2015). O controle de qualidade das sementes é de grande importância, sendo responsável pelo sucesso da lavoura. Quando a semente apresenta elevada qualidade, isso reflete na maximização dos demais insumos. A qualidade sofre interferência de vários fatores, como as condições climáticas, colheita, armazenamento e transporte (Maciel; Tunes, 2021).

A qualidade física é bastante importante, pois compreende a condição física da semente, a qual é caracterizada pelo grau de umidade, tamanho, cor, densidade, aparência, danos mecânicos e danos causados por insetos e infecções por doenças (Ferreira, 2010). Os danos mecânicos, quebraimento em sementes, podem destruir estruturas essenciais, aumentar a suscetibilidade a microrganismos e a sensibilidade a fungicidas. Além de reduzir a germinação, vigor, potencial de armazenamento e o desempenho em campo (Galvão *et al.*, 2014).

Avaliar o potencial fisiológico de sementes de milho é essencial no programa de controle de qualidade, e a escolha de testes de vigor deve ser realizada utilizando uma metodologia de análise adequada, sendo essencial para a obtenção de resultados confiáveis (Marinho *et al.*, 2021). Os testes de vigor devem ser rotineiramente empregados em empresas sementeiras, e quando escolhidos adequadamente, atendendo as necessidades das empresas produtoras, a obtenção das respostas é rápida, o que facilita a tomada de decisões com relação ao manuseio, descarte e comercialização dos lotes de sementes (Bittencourt *et al.*, 2012).

O acompanhamento das sementes em todos os processos de produção auxilia na identificação de pontos críticos e problemas que podem reduzir a qualidade das sementes (Ferreira; Sá, 2010), sendo que entender as exigências do mercado sobre a qualidade das sementes é importante para auxiliar na tomada de decisões importantes.

A cada ano as empresas apresentam uma reestruturação e modernização de seus processos de recepção, armazenamento, secagem, beneficiamento e armazenamento e o conhecimento de como cada processo pode impactar na qualidade do produto é essencial (Menegaz, 2023). O controle de qualidade das empresas atua fortemente em todas as etapas, incluindo no beneficiamento, nessa etapa se tem classificado a severidade dos danos e buscado entender como cada dano se comporta durante o armazenamento, exemplo disso são os danos

ardidos leves e ardidos pesados. E é na UBS que se toma as decisões sobre todos os equipamentos que podem ser utilizados ou não para reduzir a incidência de danos no lote de sementes (Carvalho; Nakagawa, 2012).

A coordenação eficiente de todas as atividades que envolvem esses processos, vai garantir uma competitividade das empresas no setor, ofertando para o mercado sementes com níveis elevados de qualidade (Junqueira; Morabito, 2006). Portanto, é imprescindível que as sementes venham do campo com alta qualidade para que os processos de beneficiamento e armazenamento promovam o realce das características boas do lote de sementes. Mas as sementes podem vir com danos, como o ardido e quebrado, e entender como esses danos se comportam em um lote de sementes é importante para auxiliar na tomada de decisões, se o lote vai perder valor de mercado ou não.

REFERÊNCIAS

- ABRASEM. Associação Brasileira de Sementes e Mudanças. **Anuário 2019/20**. 2022. 133 p. Disponível em: https://www.abrasem.com.br/wpcontent/uploads/2022/01/ANUARIO_2019_2020.pdf. Acesso em: 16 jan. 2024.
- AMBROSE, A. *et al.* High speed measurement of corn seed viability using hyperspectral Imaging. **Infrared Physics & Technology**, v. 75, p. 173-179, 2016.
- ANTONELLO, L.M. *et al.* Qualidade de sementes de milho armazenadas em diferentes embalagens. **Ciência Rural**, v. 39, n. 7, 2009.
- ARAÚJO, L.L. *et al.* Caracterização e gerenciamento dos resíduos gerados no beneficiamento das sementes de milho. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 14, n. 4, 2021.
- ARAÚJO, E.F. *et al.* Maturação de sementes de milho-doce – grupo super doce. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 2, p. 69-76, 2006.
- ARTUZO, F.D. *et al.* O potencial produtivo brasileiro: uma análise histórica da produção de milho. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 12, n. 2, p. 515-540, 2019.
- BARROS, J.J.S. *et al.* **Sementes: estudos tecnológicos**. Aracaju: IFS, 2014.
- BENTO, L.F. *et al.* Crescimento e acúmulo de biomassa de *Alibertia edulis* em função da secagem e do armazenamento de sementes. **Cadernos de Agroecologia**, v. 9, n. 4, 2014.
- BITTENCOURT, S.R.M. *et al.* Metodologia alternativa para condução do teste de envelhecimento acelerado em sementes de milho. **Ciência Rural**, v. 42, n. 8, 2012.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 60, de 22 de dezembro de 2011**. Disponível em: <https://sisistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=1739574738>. Acesso em: 01 mar. 2024.
- _____. **Instrução Normativa nº 45, de 18 de setembro de 2013**. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/sementes-e-mudas/publicacoes-sementes-e-mudas/copy_of_INN45de17desetembrode2013.pdf. Acesso em: 06 jan. 2024.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590 p.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos** Brasília, DF, jan. 2024. V. 11. Safra 2023/24. N. 4 (Quarto levantamento).
- CANEPPELE, C. *et al.* Qualidade de milho armazenados em diferentes temperaturas e umidades relativas do ar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, XLIX., 2020, Congresso On-line. **Anais [...]**. Congresso On-line, CONBEA, 23 a 25 de novembro de 2020

FERREIRA, R.L.; SÁ, M.E. Contribuição de etapas do beneficiamento na qualidade fisiológica de sementes de dois híbridos de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 4, p. 99-110, 2010.

FERREIRA, R.L. **Etapas do beneficiamento na qualidade física e fisiológica de sementes de milho**. 2010. 49 p. Dissertação (Mestrado Sistemas de Produção) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2010.

FESSEL, S.A. *et al.* Avaliação da qualidade física, fisiológica e sanitária de sementes de milho durante o beneficiamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 25, n. 2, p.70-76, 2003.

GALVÃO, J.C.C. *et al.* Alterações fisiológicas e enzimáticas em sementes de milho submetidas a diferentes épocas de colheita e métodos de debulha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 13, n. 1, p. 14-23, 2014.

GAZOLLA NETO, A. Os impactos da semeadura na construção de plantas uniformes. **Seed News**, n. 27, 2023.

HEBERLE, E. *et al.* Qualidade fisiológica e atividade enzimática de sementes de milho durante o armazenamento. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 3, p. 657-665, 2019.

JUNQUEIRA, R.A.R.; MORABITO, R. Um modelo de otimização linear para o planejamento agregado da produção e logística de sementes de milho. **Produção**, v. 16, n. 3, p. 510-525, 2006.

MACIEL, L.M.; TUNES, L.V.M. A importância do controle de qualidade nas sementes de milho. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 5, p. 49934-49938, 2021.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2. ed. Londrina: ABRATES, 2015. 660 p.

MARINHO, L.L. *et al.* Controlled deterioration test to evaluate the physiological potential of sweet corn seeds. **Semina - Ciências Agrárias**, v. 42, n. 3, p. 949-961, 2021.

MATOS, C.S.M. *et al.* Health and physiological quality of corn seeds treated with fungicides and assessed during storage. **Journal of Seed Science**, v. 35, n. 1, p. 10-16, 2013.

MENEGAZ, W. Semente ou grão?: a pergunta crucial na hora da colheita. **Seed News**, n. 27, 2023.

NERLING, D. *et al.* Qualidade física e fisiológica de sementes de milho durante o beneficiamento. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 13, n. 3, p. 238-246, 2014.

OLIVEIRA, J.A (Org.). **Processamento pós colheita de sementes**: Abordagem agrônômica visando aprimorar a qualidade. Lavras: UFLA, 2021.

OLIVEIRA, N.K. de. **Qualidade de sementes de milho armazenadas em diferentes embalagens e condições de armazenamento**. 2018. 107 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) -Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2018.

PESKE, S.T. O crescimento do milho no Brasil. **Seed News**, n. 24, 2021.

RAMOS, A.T.M. *et al.* Levantamento da micoflora presente em grãos ardidos e sementes de milho. **Summa Phytopathologica**, v. 36, n. 3, p. 257-259, 2010.

RIBEIRO, B.G. **Danos mecânicos e tratamento químico na qualidade de sementes de milho armazenadas**. 2016. 64 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal de Lavras, 2016.

ROSSETTI, C. *et al.* **Gestão dos processos para produção de sementes: do campo a pós-colheita**. Nova Xavantina-MT: Pantanal, 2023. V. 1. 145 p. il.

SANTOS, D.M.; BALDONI, A. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho. **Gestão, Tecnologia e Ciências**, v. 7, n. 19, 2018.

SILVA, C.A.T. da. **Efeito de manchas na qualidade de sementes híbridas de milho processadas em separador por cor**. 2012. 69 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

TEICHERT, S.; PESKE, F.B. Superando a complexidade na produção de sementes de milho híbrido. **Seed News**, n. 28, 2024.

TERRA, B.R.M. Produção e qualidade de sementes de milho. **Seed News**, n. 23, 2019.

TROGELLO, E. *et al.* Acompanhamento de uma unidade beneficiadora de sementes de milho - Estudo de Caso. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 12, n. 2, p. 193-201, 2013.

VIEIRA, R. A. **Avaliação de perdas no processo de beneficiamento de milho para semente**. 2013. 46 p. Monografia (Bacharelado em Agronomia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

USDA. United States Department of Agriculture. **World Agricultural Production**. 2024. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>. Acesso em: 16 jan. 2024.

CAPÍTULO 2 QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE MILHO COM DANOS MECÂNICOS E ARDIDOS DURANTE O ARMAZENAMENTO

RESUMO

As sementes de milho podem ser afetadas por diversos fatores que causam danos, comprometendo o desenvolvimento e a produção. Danos mecânicos são causados por injúrias provocadas nas sementes, seja no momento da colheita realizada de forma inadequada, no processo de beneficiamento ou por doenças que podem enfraquecer as espigas. O dano ardido pode ser causado por fungos, calor, umidade ou fermentação, provocando o escurecimento nas sementes e alterando a sua bioquímica. Somado a esses danos, o armazenamento pode reduzir o vigor das sementes. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a qualidade fisiológica de lotes de sementes de milho com danos mecânicos e ardidos durante o armazenamento. O experimento e as avaliações foram conduzidos no Laboratório Central de Sementes do Departamento de Agronomia (DAG) na Universidade Federal de Lavras (UFLA). As sementes foram visualmente separadas em dois grupos: sadias e com dano ardido leve, ardido pesado e quebrado. Após a separação, as sementes com danos foram misturadas aos lotes de sementes sadias, nas porcentagens de 0; 2,5%; 7,5%; 15% e 25%. Posteriormente, as sementes foram armazenadas em temperatura ambiente em diferentes períodos de armazenamento (0, 3, 6, 9 e 12 meses). Foram realizados os testes de germinação, umidade em estufa, teste de frio e emergência. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e à regressão polinomial. A partir do terceiro mês de armazenamento, o valor da germinação foi de 74%, sendo assim, independentemente do nível de dano ardido leve, os lotes não estão aptos para comercialização. Para o dano quebrado o teste de germinação demonstrou que o nível de dano a 25% foi de baixa qualidade em todo o armazenamento, intensificando aos 12 meses com média de 27% de germinação. O dano ardido pesado apresentou ao terceiro mês 72% de germinação com 0% de danos, indicando que o armazenamento em temperaturas não controladas provocou perda da qualidade no lote de sementes. Conclui-se que, a partir de 9 meses de armazenamento, o potencial fisiológico dos lotes de sementes com danos mecânicos foi reduzido. Os lotes de semente de milho que apresentam mais de 7,5% de dados ardidos leves no armazenamento ao 0 mês não podem ser comercializados, haja vista que a germinação se torna inferior a 85%. Qualquer presença de dano ardido leve, ardido pesado e quebrado em lotes de sementes inviabiliza a possibilidade de armazenagem.

Palavras-chave: danos; armazenamento; controle de qualidade; beneficiamento.

ABSTRACT

Corn seeds can be affected by several factors that cause damage, compromising development and production. Mechanical damage is caused by injuries caused to the seeds, whether at the time of improper harvesting, during the processing process or by diseases that can weaken the ears. Burning damage can be caused by fungi, heat, humidity or fermentation, causing the seeds to darken and altering their biochemistry. Added to these damages, storage can reduce seed vigor. The objective of the present work was to evaluate the physiological quality of batches of corn seeds with mechanical damage and burns during storage. The experiment and evaluations were conducted at the Central Seed Laboratory of the Department of Agronomy (DAG) at the Federal University of Lavras (UFLA). The seeds were visually separated into two groups: healthy and with light burn damage, heavy burn damage and broken seeds. After separation, damaged seeds were mixed with lots of healthy seeds, in percentages of 0; 2.5%; 7.5%; 15% and 25%. Subsequently, the seeds were stored at room temperature for different storage periods (0, 3, 6, 9 and 12 months). Germination, greenhouse humidity, cold test and emergence tests were carried out. The data obtained were subjected to analysis of variance and polynomial regression. From the third month of storage, the germination value was 74%, therefore, regardless of the level of light burn damage, the lots are not suitable for commercialization. For the broken damage, the germination test demonstrated that the damage level at 25% was of low quality throughout storage, intensifying after 12 months with an average of 27% germination. The heavy burn damage showed 72% germination with 0% damage in the third month, indicating that storage at uncontrolled temperatures caused a loss of quality in the seed batch. It is concluded that after 9 months of storage, the physiological potential of seed lots with mechanical damage was reduced. Lots of corn seed that present more than 7.5% of light burned data in storage for 0 months cannot be sold, given that germination becomes less than 85%. Any presence of light burn, heavy burn and broken damage in batches of seeds makes storage impossible.

Keywords: damage; storage; quality control; benefit.

1 INTRODUÇÃO

As sementes de milho podem ser afetadas por diversos fatores que causam danos, comprometendo o desenvolvimento e a produção. A produção de sementes de milho envolve várias etapas, desde o cultivo inicial até a colheita e o processamento das sementes (Terra, 2019). A semente para ser considerada de alta qualidade precisa atender aos atributos físico, fisiológico, sanitário e genético. Os fatores que podem influenciar nesses atributos podem ocorrer no campo de produção, colheita, secagem, beneficiamento, tratamento e armazenamento, sendo a etapa do beneficiamento de sementes, de extrema importância para garantir que um lote de sementes esteja dentro dos padrões de qualidade e diminua a incidência de sementes danificadas (Oliveira, 2021).

Sementes com dano ardido são causados por fungos, calor, umidade ou fermentação que provocam escurecimento nas sementes e alteram a sua bioquímica, sendo que esse dano pode ser classificado pela sua severidade. No ardido leve as sementes apresentam uma pequena mudança de coloração, podendo se apresentar em algumas partes das sementes, já no ardido pesado, praticamente toda a semente apresenta uma coloração mais escura (Ramos, 2010). O dano quebrado é causado por injúrias provocadas nas sementes, seja no momento da colheita realizada de forma inadequada, no processo de beneficiamento e por doenças que podem causar o enfraquecimento das espigas (Ribeiro, 2016).

Os danos nas sementes aumentam a intensidade e velocidade da deterioração e, consequentemente, ocorre a redução do vigor das sementes. A deterioração é um processo complexo, resultado de mudanças degenerativas que interferem na qualidade das sementes. Apesar de ser um processo natural, sua intensidade irá depender do genótipo, composição química e do grau de umidade das sementes e principalmente das condições em que as sementes são submetidas (Krzyzanowski; Dias; França Neto, 2021). Esse processo compromete a atividade respiratória e diminui a produção de energia e, consequentemente, reduz a qualidade de um lote de sementes (Oliveira, 2018).

O armazenamento de sementes com qualquer tipo de injúria pode reduzir gradativamente a sua qualidade, sendo importante estudos que auxiliem no entendimento sobre como esses danos atuam em lotes de sementes armazenadas, buscando maior entendimento da quantidade de determinado tipo de dano que é necessário para reduzir a germinação e vigor (Deuner *et al.*, 2014).

A armazenabilidade das sementes varia muito com o genótipo, as condições em que são armazenadas e do teor de água nas sementes. Esses fatores podem contribuir para redução do

vigor e aumento da deterioração (Marcos Filho, 2015). O controle de qualidade interno das empresas envolve uma série de tomadas de decisões em todas as etapas (secagem, beneficiamento, tratamento e armazenamento) para evitar que ocorra redução na qualidade das sementes, isso inclui a avaliação e classificação dos danos encontrados, podendo classificá-los em dano ardido leve e ardido pesado.

As sementes que são armazenadas com algum tipo de dano, seja o ardido ou quebrado, terão o seu potencial fisiológico reduzido devido a intensidade da deterioração. Nesse contexto, o objetivo no presente trabalho foi avaliar a qualidade fisiológica de sementes de milho em função dos danos ardidados leves, danos ardidados pesados e dano quebrado durante o armazenamento.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento e avaliações foram conduzidos no Laboratório Central de Sementes do Departamento de Agronomia (DAG) na Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras-MG. As sementes foram armazenadas em câmara fria até o início da realização dos testes, posteriormente foram tratadas com k-Obiol e Actellic e Maxin Advanced.

De forma visual as sementes foram divididas em sementes sadias, e sementes com os danos ardidos leves, ardidos pesados e danos quebrados conforme mostram as Figuras 1 e 2.

Figura 1 – Sementes de milho com dano ardido pesado e ardido leve.



Fonte: Da autora (2024).

Figura 2 – Sementes de milho com dano quebrado e sem danos.



Fonte: Da autora (2024).

Após a identificação e separação dos tipos de danos, foram realizadas as misturas dos danos aos lotes de sementes sadias, a fim de obter amostras com diferentes porcentagens de defeitos (0; 2,5%; 7,5%; 15% e 25%) conforme a Tabela 1. Ressalta-se que os valores das porcentagens de danos foram em função da quantidade de sementes disponíveis, que foram de 30 kg, devidamente separados para a formação de cada tratamento.

Tabela 1 – Quantidade de sementes de milho para cada nível de dano (ardido leve, ardido pesado e quebrado).

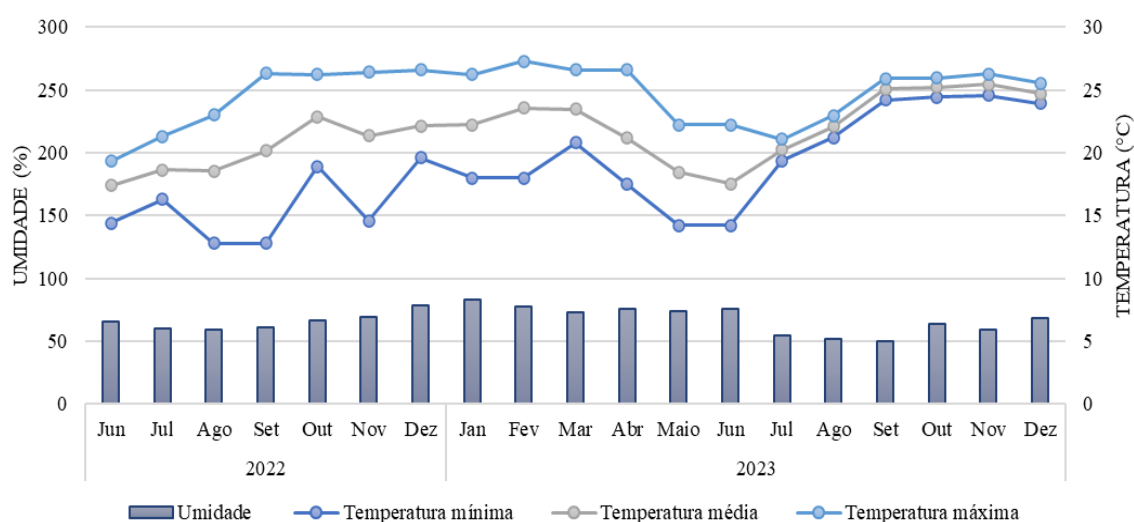
Níveis de danos (%)	Quantidade de sementes* (gramas)
0	350 g de sementes sem defeitos
2,5	8,75 g de sementes com o determinado defeito 341,25 g de sementes intactas, sem defeitos
7,5	26,25 g de sementes com o determinado defeito 323,75 g de sementes intactas, sem defeitos
15	52,5 g de sementes com o determinado defeito 297,5 g de sementes intactas, sem defeitos
25	87,5 g de sementes com o determinado defeito 262,5 g de sementes intactas, sem defeitos

*Foram 4 sacos com as devidas quantidades para cada nível de dano, com PMS de 300 g, considerando por segurança 350 g.

Fonte: Da autora (2024).

Uma vez identificados os danos e separadas as devidas proporções, as sementes de milho foram armazenadas em embalagem de papel Kraft e mantidas em temperatura ambiente na Unidade de Beneficiamento de Sementes da UFLA, sendo a temperatura (°C) e umidade relativa (%) acompanhadas utilizando equipamento *datalogger*. Na Figura 3 é possível observar a variação entre temperatura e umidade ao longo dos 12 meses de armazenamento.

Figura 3 – Umidade relativa do ar (%) e temperatura (°C) do ambiente de armazenamento de sementes de milho durante o período de junho de 2022 até dezembro de 2023



Fonte: Da autora (2024).

Para avaliação dos danos e seus efeitos na armazenabilidade, as sementes foram armazenadas durante 0, 3, 6, 9 e 12 meses. Cada lote com a mistura dos danos foi individualmente avaliado quanto a qualidade de acordo com as seguintes determinações e

testes:

- a) Determinação do **grau de umidade (U%)**: as amostras de sementes de todos os tratamentos foram dispostas em cápsulas de alumínio esterilizadas e pesadas em balança para a determinação do seu peso úmido. Posteriormente, foram levadas à estufa à 105 °C por 24 horas. Após esse período, as cápsulas de alumínio foram pesadas novamente e feito o cálculo em base úmida (Brasil, 2009).
- b) **Primeira contagem de germinação**: esse teste foi realizado computando-se as plântulas normais no quarto dia após o início do teste de germinação (Brasil, 2009).
- c) **Teste de germinação**: foi utilizado o papel *germitest*, umedecido com água destilada equivalente a 2,5 vezes o peso seco do papel, com quatro repetições de 50 sementes. Os rolos foram mantidos em germinadores à temperatura de 25 °C. Após, foram realizadas as contagens ao sétimo dia após a semeadura (Brasil, 2009). Os resultados obtidos foram expressos em porcentagens. As avaliações foram realizadas de acordo com Regra de Análise de Sementes (Brasil, 2009).
- d) **Teste de frio**: a semeadura foi realizada em bandejas de plástico, utilizando uma mistura de areia e terra na proporção 2:1, umedecido com 60% da sua capacidade de retenção de água. As bandejas foram mantidas em câmara fria a 10 °C durante sete dias. Após, as caixas foram acondicionadas em câmara de crescimento à temperatura de 25 °C durante sete dias. Ao final do teste, foi realizada a contagem de plântulas emergidas, com os resultados expressos em porcentagem (Krzyzanowski *et al.*, 2020).
- e) Emergência em bandeja: realizada com quatro repetições de 50 sementes para cada tratamento, semeadas em bandejas com substrato de areia e terra (2:1). Após a semeadura, as bandejas foram mantidas em câmara de crescimento vegetal à temperatura de 25 °C, em regime alternado de luz e escuro (12 horas). A partir da emergência da primeira plântula foram realizadas avaliações diárias, computando-se o número de plântulas emergidas até a estabilização. Foram considerados a porcentagem de plântulas emergidas aos 4 e 7 dias e o índice de velocidade de emergência (Pereira; Oliveira; Evangelista, 2005).
- f) **Índice de Velocidade de Emergência**: realizado simultaneamente ao teste de emergência, com a contagem de plântulas emergidas diariamente. A fórmula usada para o cálculo do IVE foi proposta por Maguire (1962), apresentada a seguir:

$$IVE = (G1/N1) + (G2/N2) + \dots + (Gn/Nn) \quad (1)$$

em que:

IVE = índice de velocidade de emergência;

G = número de plântulas normais computadas nas contagens;

N = número de dias da semeadura à 1ª, 2ª.. 14ª avaliação.

- g) **Análise estatística:** O procedimento estatístico adotado foi o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições de 50 sementes de cada tratamento. Foi utilizado fatorial 5×5, sendo 5 níveis de ocorrência de danos (0; 2,5%; 7,5%; 15% e 25%) e 5 tempos de armazenamento (0, 3, 6, 9 e 12 meses), totalizando 25 tratamentos, sendo que cada tipo de dano foi analisado individualmente. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e à regressão polinomial. Os critérios para a escolha dos modelos de regressão basearam-se no maior coeficiente de determinação e significância dos coeficientes de regressão. Foi realizada a análise de componentes principais (PCA) entre os resultados dos testes de germinação e vigor em função das porcentagens de cada dano e o armazenamento. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software “R. 4.1.2” (R CORE TEAM, 2022).

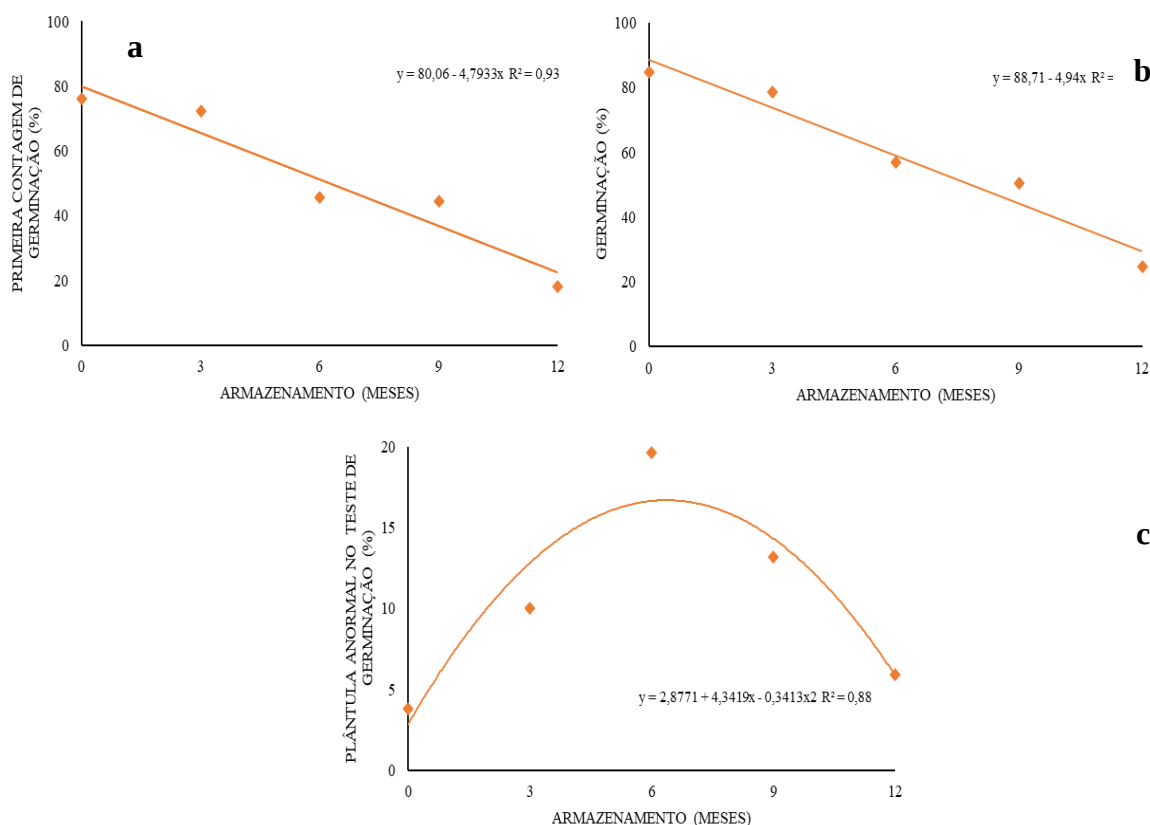
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Sementes de milho com dano ardido leve

A umidade inicial (0 mês) e final (12 meses) para os lotes de sementes com dano ardido leve foi de 12% e 16% respectivamente. Segundo Marcos Filho (2015), o teor de água das sementes está diretamente ligado à deterioração, sendo que o recomendado é que não ocorra grandes ganhos de umidade durante o armazenamento. Como as sementes foram armazenadas em temperatura ambiente ao invés do ambiente controlado, essas variações no teor de água das sementes podem ter proporcionado redução no potencial de armazenamento.

A interação foi significativa somente para o armazenamento, para os níveis de danos não houve interação. Na primeira contagem de germinação o aumento do tempo de armazenamento reduziu a porcentagem de plântulas normais. Aos 12 meses de armazenamento, a redução chegou a 72% e 67% em relação ao primeiro mês de avaliação (Figuras 4a, 4b e 4c).

Figura 4 – Primeira contagem de germinação (a), germinação (b) e plântulas anormais no teste de germinação (c) de sementes de milho no teste de germinação para o dano ardido leve em função do armazenamento.

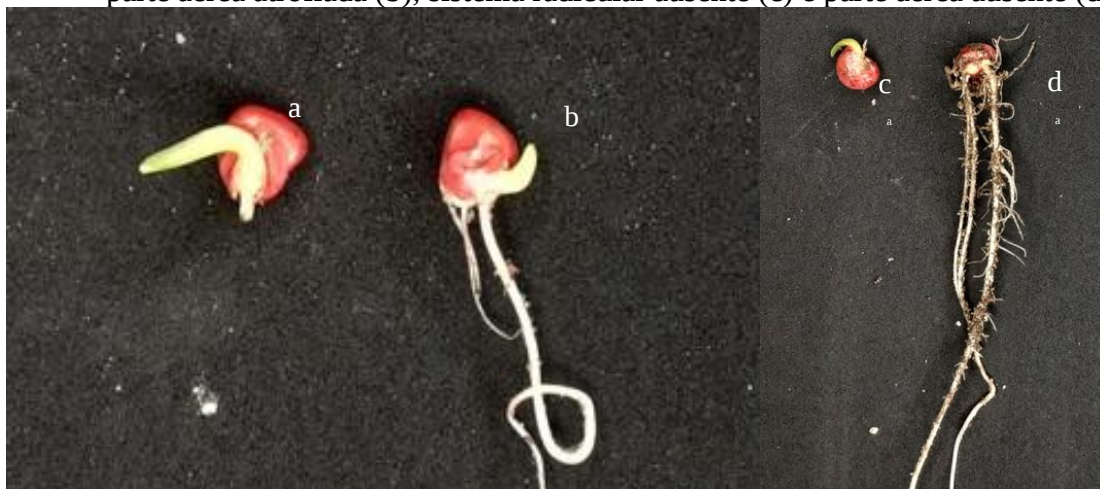


Fonte: Da autora (2024).

Observa-se que a partir do terceiro mês de armazenamento (Figura 4b), o valor de germinação é de 73,9%, o que indica que a partir desse mês, os lotes, independentemente do nível de dano, não estão aptos para armazenamento e comercialização em função da drástica redução de germinação, abaixo de valores considerados mínimos para a comercialização de sementes de milho, que é de 85% de germinação (Brasil, 2013).

Quanto a porcentagem de plântulas anormais (Figura 4c), foi observado um crescimento elevado com o passar do tempo de armazenamento, os tipos de anormalidades mais predominantes foram sistema radicular ausente, parte aérea e sistema radicular atrofiado, ausência de parte aérea e sistema radicular atrofiado (Figura 5). Segundo Carvalho e Nakagawa (2012), a redução no nível de vigor afeta diretamente a capacidade de germinação, reduzindo a sua velocidade e aumentando a porcentagem de plântulas anormais. Conforme foi observado nos resultados, o armazenamento provocou redução do vigor e germinação das sementes de milho.

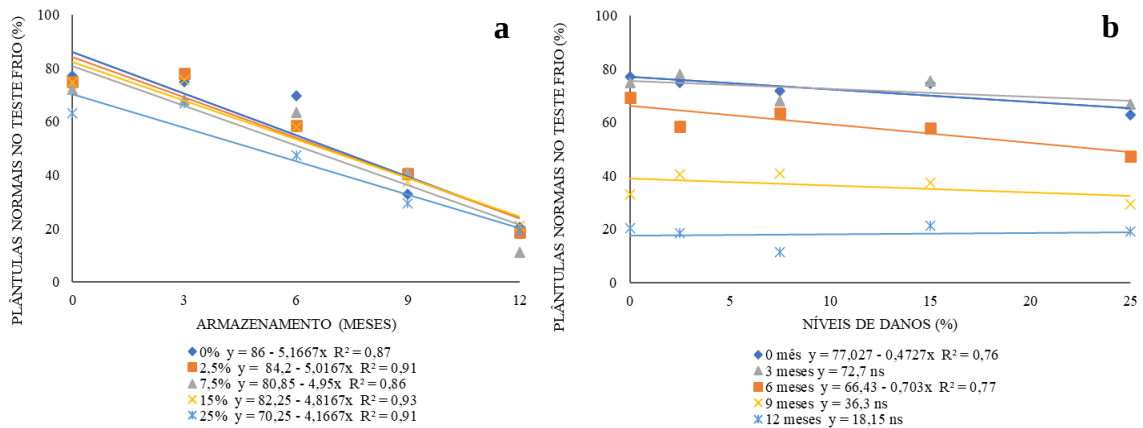
Figura 5 – Anormalidades encontradas no teste de germinação, sistema radicular atrofiado (a), parte aérea atrofiada (b), sistema radicular ausente (c) e parte aérea ausente (d).



Fonte: Da autora (2024).

No teste de frio, a interação não foi significativa para os níveis de danos no tempo 3 de armazenamento, o vigor das sementes reduziu com o aumento do armazenamento para todos os níveis de danos no lote de sementes (Figura 6a). Independentemente dos níveis de danos (0 a 25%) ocorre a redução do seu vigor (Figura 6b). É possível observar que lotes de sementes sem armazenamento (0 mês) e sem danos (0%) teve 86% de plântulas normais, enquanto lotes com danos de 7,5% foi de 66% de plântulas normais no mês 3. Esses resultados evidenciam que o dano ardido leve reduz o vigor das sementes quando presente a partir de 7,5% no lote de sementes.

Figura 6 – Vigor de sementes de milho no teste frio para o dano ardido leve em função do armazenamento (a) e níveis de danos (b).

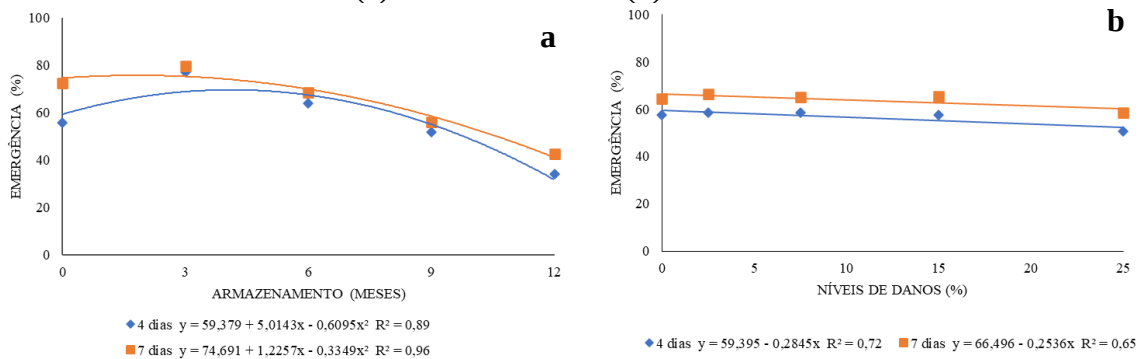


Fonte: Da autora (2024).

A pesquisa realizada por Ramos *et al.* (2010) com sementes de milho e com o fungo *Fusarium graminearum*, demonstra que esse fungo influenciou os resultados do teste de frio reduzindo o desempenho dos lotes de sementes. O dano ardido pode ser causado pelos fungos *Fusarium graminearum*, *Fusarium verticillioides*, *Stenocarpella maydis* e *S. macrospora*.

Foi observado redução da emergência de plântulas aos 4 e 7 dias comparando os 12 meses de armazenamento com 0 mês (sem armazenamento), e com o aumento do nível de ocorrência do dano no lote (Figura 7a e 7b). Esses resultados evidenciam como o dano afeta diretamente a emergência. A qualidade das sementes também está associada ao seu tipo de armazenamento, incluindo a embalagem, umidade e temperatura. É notável que os lotes de sementes armazenadas com danos em temperatura ambiente apresentam perdas na germinação e vigor. A emergência de plântulas no campo tem efeito no estabelecimento de populações uniformes e no desenvolvimento inicial das plantas (Marcos Filho, 2015; Ebone *et al.*, 2020; Reis *et al.*, 2022).

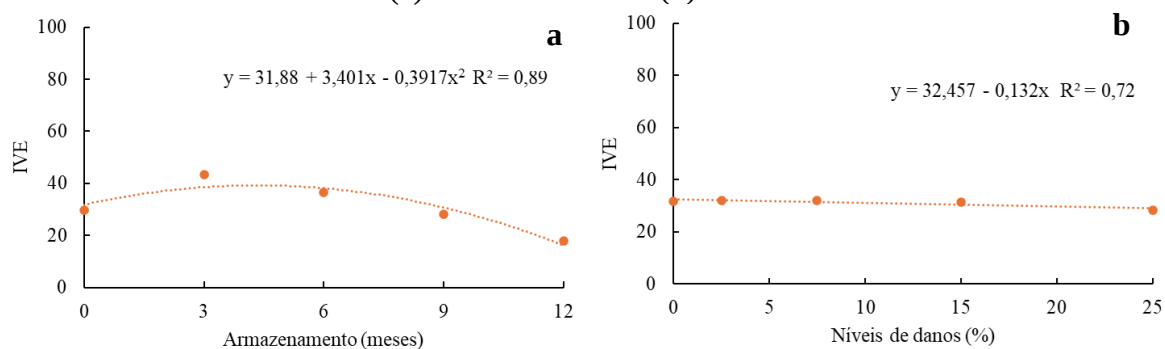
Figura 7 – Emergência de sementes de milho com 4 e 7 dias para o dano ardido leve em função do armazenamento (a) e níveis de danos (b).



Fonte: Da autora (2024).

O índice de velocidade de emergência demonstrou redução durante o armazenamento de 32% e 16%, para o tempo 0 mês e 12 meses, respectivamente (Figura 8a). Já quanto aos níveis de danos (Figura 8b). Em lotes de sementes com 25% de dano foi observado emergência de 29% comparado com 0% que foi de 32%. Segundo Marcos Filho (2015) a emergência de plântulas quando apresenta redução e/ou desuniformidade, pode ocasionar atrasos no desenvolvimento, problemas com o controle de plantas e desuniformidade das plantas. A uniformidade de emergência das plântulas tem influência do grau de umidade do solo, temperatura, profundidade de semeadura e principalmente do potencial fisiológico do lote de sementes.

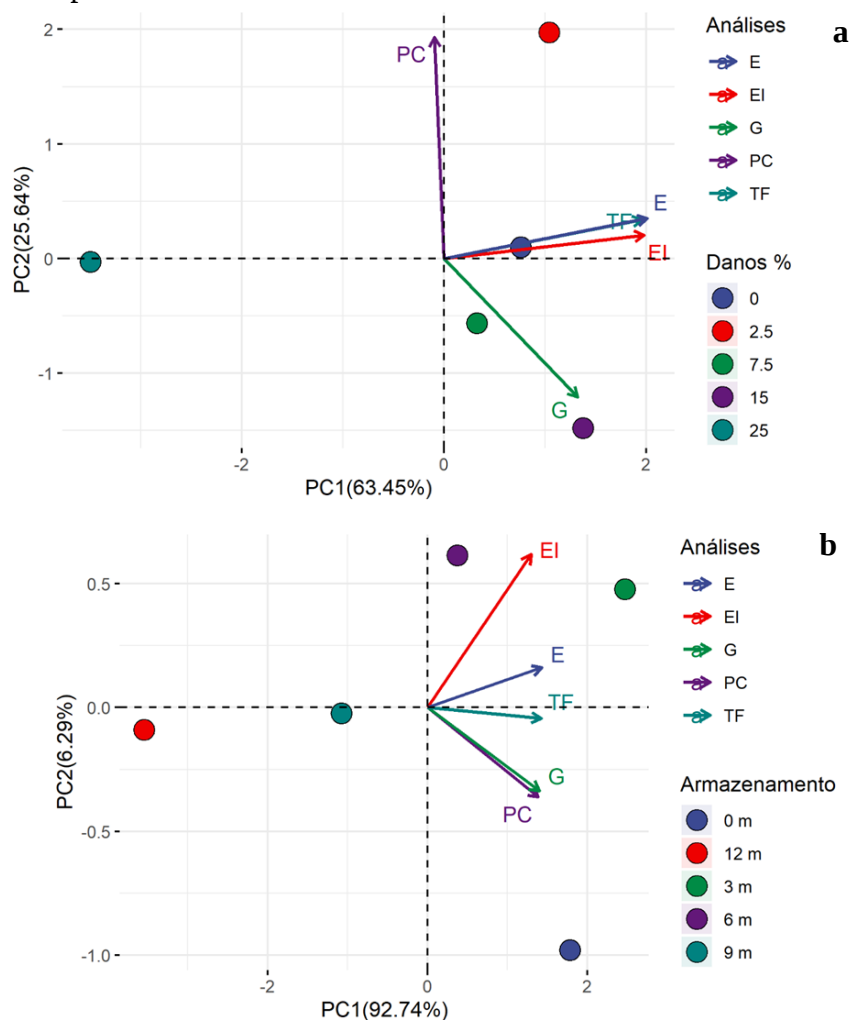
Figura 8 – Índice de velocidade de emergência para o dano ardido leve em função do armazenamento (a) e níveis de danos (b).



Fonte: Da autora (2024).

O resultado da análise de componentes principais (Figura 9) confirma aqueles verificados nos gráficos de regressão, porém, de modo mais simplificado e evidente. Confirmando que, com o aumento das porcentagens de danos (Figura 9a), ocorre redução do potencial fisiológico, foi observado que com 25% de dano ocorreu maior redução na germinação e vigor do lote. Já quanto ao armazenamento (Figura 9b) pode-se notar que os lotes de sementes com os danos ardidados leves são viáveis armazenar até 6 meses, sendo que com 9 e 12 meses apresenta redução no seu potencial de armazenamento.

Figura 9 – Dispersão de autovetores ao longo de um plano circular e formação de grupos obtidos por análise de componentes principais de acordo com as variáveis: germinação (G), primeira contagem (PC), emergência inicial 4 dias (EI), emergência final 7 dias (E) e teste frio (TF) em função dos níveis de danos (a) e armazenamento (b) de sementes de milho para o dano ardido leve.



Fonte: Da autora (2024).

Segundo Villela e Menezes (2009) durante o armazenamento o processo de deterioração das sementes não tem como ser impedido, mas a velocidade desse processo pode ser minimizada durante as etapas do processo de produção, colheita, secagem, beneficiamento e armazenamento. Esse processo acelera em sementes com danos e o beneficiamento se faz importante para a retirada de sementes danificadas, para que um lote de sementes não perca qualidade fisiológica durante o armazenamento. Como foi possível observar, mesmo o dano ardido leve, não sendo um dano muito severo, sua presença em um lote de sementes reduz a qualidade fisiológica, sendo notável que, com 25% de ocorrência, as sementes não toleram o armazenamento por 12 meses. O armazenamento em temperatura ambiente não foi favorável a germinação e vigor dos lotes de sementes, acelerando o processo de deterioração.

3.2 Sementes de milho com dano quebrado

O teor de água das sementes inicial (0 mês) e final (12 meses) foi de 12% e 17%, esse aumento pode ter provocado alterações nos resultados fisiológicos pelas sementes estarem armazenadas em temperatura ambiente, sendo susceptível as ações do ambiente. Foram observados decréscimos na germinação e no vigor, decorrentes do processo de degeneração em função do armazenamento em condições não ideais.

A primeira contagem de germinação foi reduzida com o aumento do tempo de armazenamento e dos níveis de danos no lote de sementes de milho (Figura 10a). Com 0 mês de armazenamento e 0% de danos a germinação foi de 88%, já com 3 meses de armazenamento e 2,5% de danos a germinação foi de 70% (Figura 10b). A primeira contagem está relacionada com a velocidade de germinação, sendo considerado um teste de vigor (Barros *et al.*, 2021). Com isso, é evidente que a partir de 3 meses de armazenamento e 2,5% de dano quebrado no lote de sementes, menor é a qualidade. Esse dano, por apresentar maiores chances de atingir o embrião (Gomes Júnior; Cicero, 2012) pode provocar maior depreciação do lote de sementes. Além da severidade do dano, o armazenamento em temperatura ambiente acelerou o processo de deterioração.

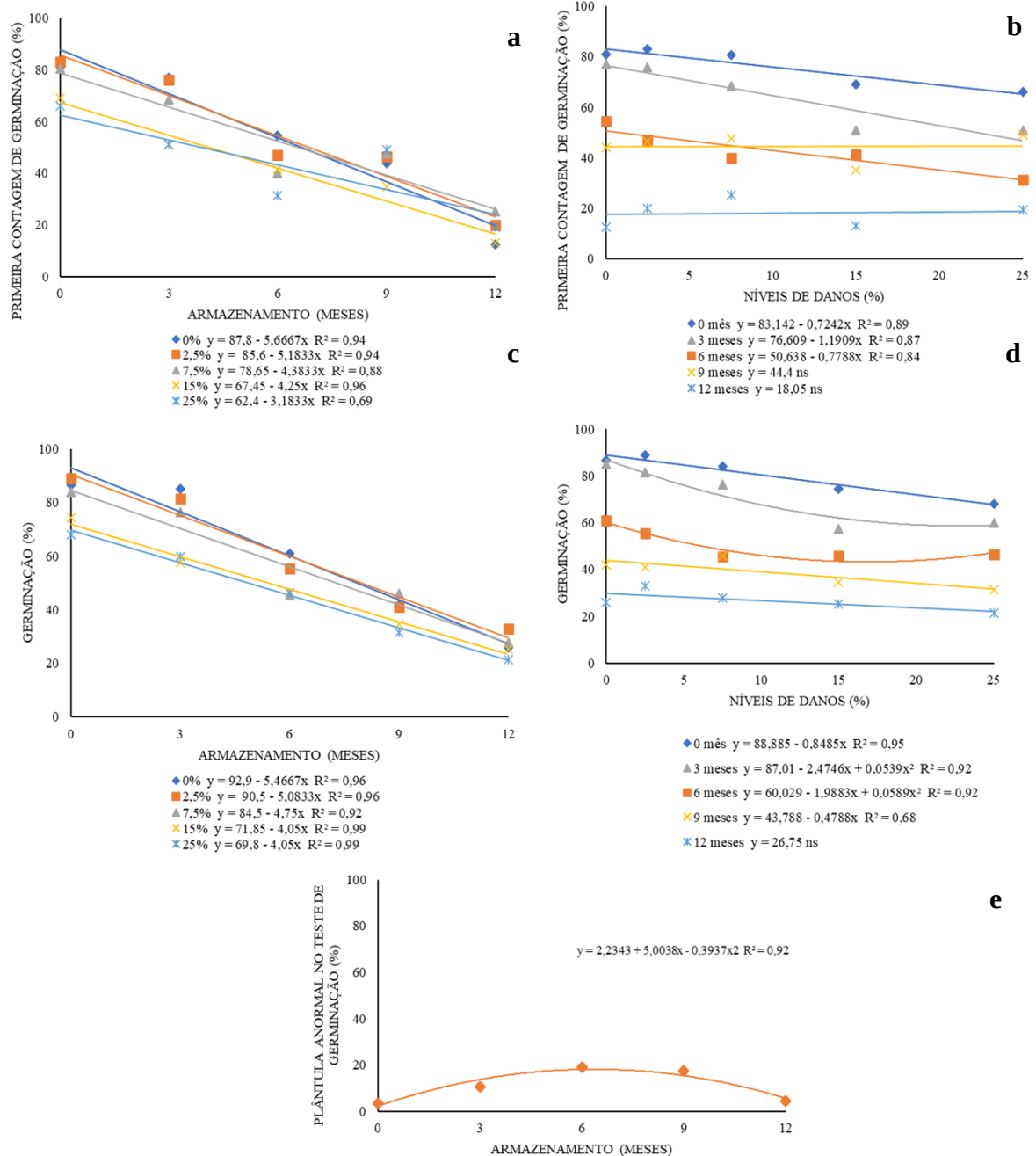
Quando o dano atinge o eixo embrionário, a porcentagem de germinação pode ser inferior em relação a um lote sem danos. Em lotes de sementes de milho com danos mecânicos no eixo embrionário ocorre efeito negativo na germinação e vigor, resultando em maior porcentagem de plântulas anormais (Gomes Júnior; Cicero, 2012).

No teste de germinação, com 7 dias foi possível observar que em lotes de sementes com nível de dano a 2,5% houve baixa porcentagem de germinação no tempo 3 de armazenamento, com 81%, ficando abaixo do padrão mínimo para comercialização (Figura 10c). Esses resultados demonstram o quanto esse dano é severo e, associado ao armazenamento a um longo período, pode inviabilizar a comercialização.

A Instrução Normativa nº60 define o dano quebrado como sendo os pedaços de sementes que passarem pelos crivos circulares de 5,00 mm de diâmetros e se ficarem retidos na peneira de 3,00 mm de crivos circulares (Brasil, 2011). É possível observar que mesmo em pequenas porcentagens esse dano reduz a germinação e vigor dos lotes de sementes, aumenta a deterioração e a porcentagem de plântulas anormais (Figura 10e) apresenta aumento com o tempo de armazenamento, sendo que com o alto índice de plântulas anormais se teve com 9 meses de armazenamento, com 15%. Esse resultado pode estar relacionado às condições de armazenamento, sendo nesse período em que ocorreu um aumento maior na temperatura,

provocando reduções na qualidade dos lotes.

Figura 10 – Primeira contagem de germinação de sementes de milho para o dano quebrado em função do armazenamento (a) e níveis de danos (b). Resultado do teste de germinação em função do armazenamento (c) e níveis de danos (d). Porcentagem de plântulas anormais em função do armazenamento (e).



Fonte: Da autora (2024).

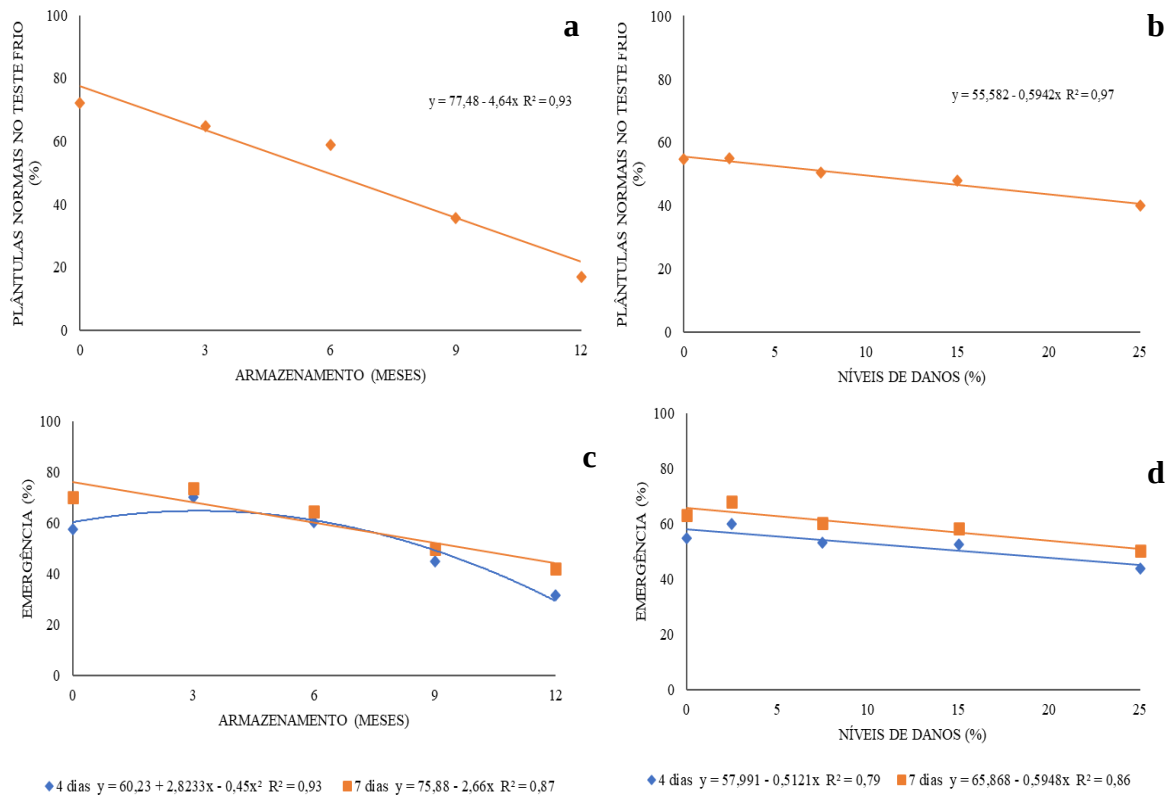
No teste frio é possível notar que com o passar do tempo de armazenamento e aumento dos níveis de danos ocorre uma diminuição na qualidade das sementes, sendo que com 2,5% de danos a porcentagem de plântulas normais foi de 54% (Figura 11b) e de 64% com 3 meses de armazenamento (Figura 11a). É evidente que o dano reduz a qualidade fisiológica das sementes

mesmo em baixar porcentagens, tornando o lote menos vigoroso.

Os danos mecânicos são considerados fatores que propiciam perdas qualitativas nas sementes, ocorrendo principalmente no momento da colheita e durante o processamento. As sementes entram em contato direto com superfícies rígidas de máquinas e equipamentos, que podem ocasionar danos graves que inviabilizam a germinação quando ocorre o dano ou após um período de armazenamento, o que compromete a sua qualidade fisiológica (Oliveira *et al.*, 2021). O estudo desenvolvido por Goneli (2005) retrata justamente o efeito dos danos mecânicos e o armazenamento em sementes de milho pipoca, concluindo que os danos mecânicos afetaram o vigor das sementes, independentemente do número de danificações, ocasionando a potencialização do processo de deterioração e causando interferências no armazenamento.

A emergência de plântulas foi reduzida com maior tempo de armazenamento e nível de dano do lote de sementes. O teste de emergência estima o desenvolvimento das plantas em nível de campo, e é possível observar que a emergência com 0 e 9 meses foi de 76% e 60%, respectivamente, aos 7 dias (Figura 11c). E com o nível de dano 7,5% a emergência foi de 61% aos 7 dias (Figura 11d). Avaliar a germinação e vigor é importante para análise do potencial fisiológico das sementes além de proporcionar sementes vigorosas no estabelecimento no campo (Ebene *et al.*, 2020).

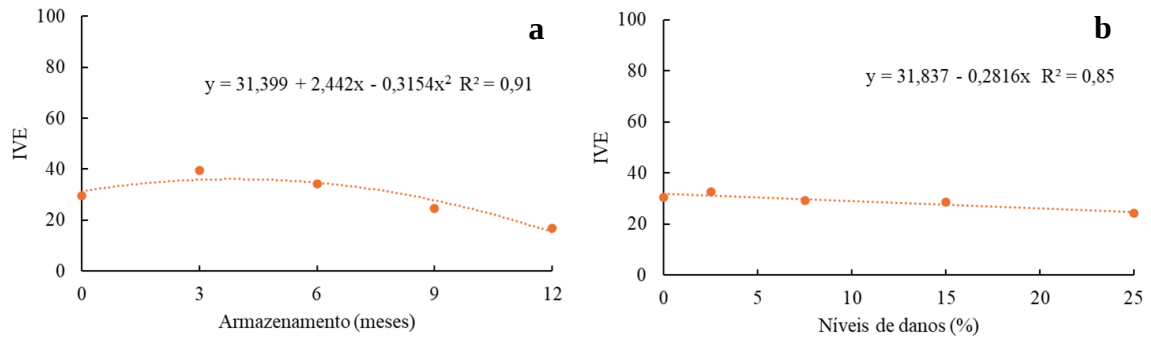
Figura 11 – Vigor de sementes no teste frio de sementes de milho para o dano quebrado em função do armazenamento (a) e níveis de danos (b). Teste de emergência com 4 e 7 dias em função do armazenamento (c) e níveis de danos (d).



Fonte: Da autora (2024).

O índice de velocidade de emergência em lotes de sementes com o dano quebrado demonstrou declínio com o tempo de armazenamento (Figura 12a), sendo que com 0 mês foi 31% e com 12 meses 15%. Para os níveis de danos quebrados (Figura 13b) com 25% no lote de sementes a emergência de plântulas foi de 25%. O estudo desenvolvido por Villiers (1973) foi evidenciado que a menor velocidade de germinação se deve ao fato de que as sementes de menor vigor, antes de começarem o crescimento embrionário, realizam a restauração das organelas e dos tecidos danificados. Sendo assim, o tempo que é consumido para isso e gera um atraso na emergência de plântulas.

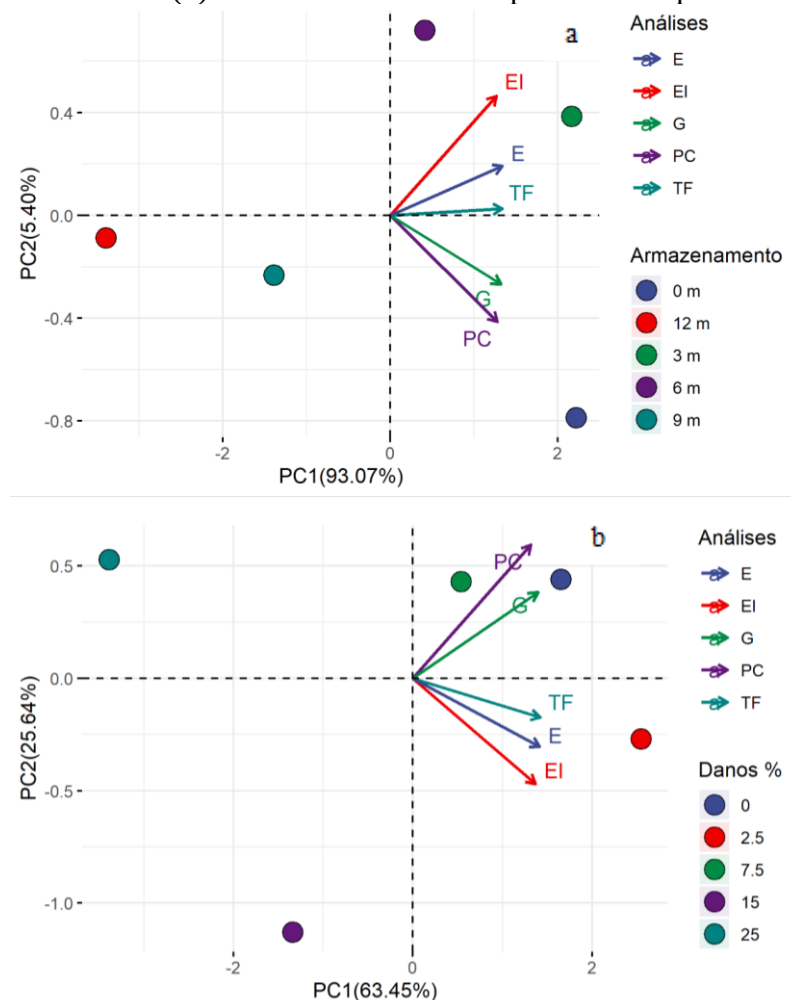
Figura 12 – Índice de velocidade de emergência de sementes de milho para o dano quebrado em função do armazenamento (a) e níveis de danos (b).



Fonte: Da autora (2024).

O resultado da análise de componentes principais demonstrou que o armazenamento de sementes com o dano quebrado (Figura 13a), a partir de 9 meses, reduz o potencial fisiológico de lotes de sementes com danos. Quanto aos níveis de danos (Figura 13b) é possível observar que as sementes dos lotes com 15% e 25% do dano apresenta menor qualidade fisiológica, podendo auxiliar em um processo de tomada de decisões em uma unidade de beneficiamento quanto ao reprocessamento de sementes.

Figura 13 – Dispersão de autovetores ao longo de um plano circular e formação de grupos obtidos por análise de componentes principais de acordo com as variáveis: germinação (G), primeira contagem (PC), emergência inicial 4 dias (EI), emergência final 7 dias (E) e teste frio (TF) em função do armazenamento (a) e níveis de danos (b) em sementes de milho para o dano quebrado.



Fonte: Da autora (2024).

Como é evidenciado nos resultados de germinação e vigor das sementes com o dano quebrado, a qualidade fisiológica das sementes armazenadas com esse dano apresenta um declínio. Entender as exigências do mercado sobre a qualidade das sementes é uma tarefa primordial para auxiliar na tomada de decisões. Segundo Oliveira (2021), o beneficiamento pode ser um grande aliado, mas todo cuidado é importante nessa etapa, principalmente quanto a presença de danos, e classificá-los pode auxiliar na avaliação da severidade e trazer benefícios nessa etapa.

3.3 Sementes de milho com dano ardido pesado

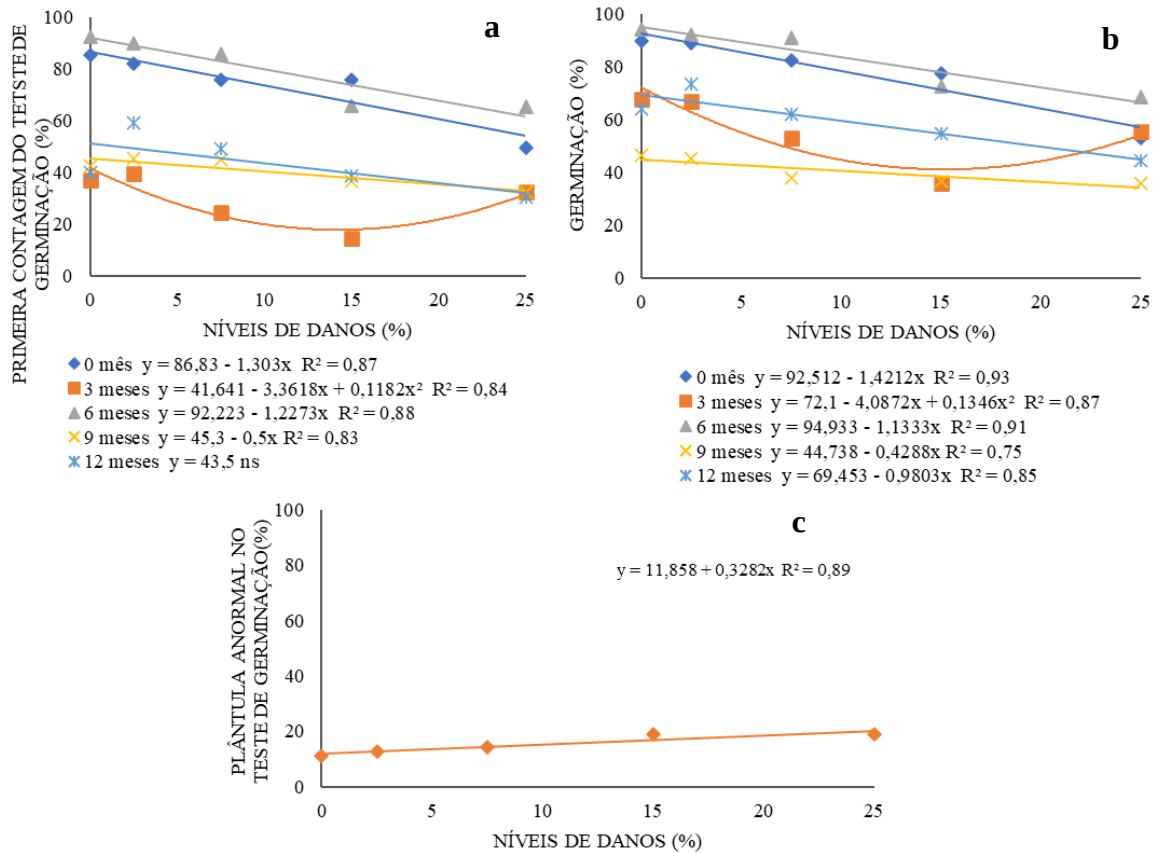
Os lotes de sementes com presença do dano ardido pesado obtiveram como umidade inicial e final de 11% e 14%, respectivamente. A primeira contagem de plântulas demonstrou que com 0 e 9 meses de armazenamento teve 87% e 43% de plântulas normais para o dano a 0%, respectivamente. Já com 2,5% de dano foi observado 84% de plântulas normais para o mês 0 (Figura 14a).

Esse dano é severo e as sementes apresentam coloração mais escura. Com a ação dos fungos, micotoxinas são produzidas e com isso as sementes ficam contaminadas e desvalorizadas comercialmente, pois o dano provoca uma alteração da cor, degradação de proteínas, carboidratos e açúcares. A tolerância máxima permitida desse dano em lotes comerciais de sementes de milho é de 3% (Brito, 2015), e no presente trabalho foi possível observar que a partir de 2,5% de danos até o nível máximo de 25% se tem um declínio na qualidade das sementes.

O teste de germinação evidenciou que, com o aumento dos níveis de danos, há redução da germinação em todos os meses de armazenamento (Figura 14b), indicando que a partir do terceiro mês de armazenamento com 2,5% de nível de dano no lote, a germinação foi de 63%. Com 0% foi observado menor porcentagem de plântulas anormais indicando que, quando não se tem nenhuma porcentagem do dano ardido pesado em um lote de sementes, a sua porcentagem de germinação é maior e, conseqüentemente, melhor a sua qualidade (Figura 15c).

A incidência dos fungos que provocam o dano ardido, normalmente ocorre pela infecção da espiga, e o fungo é favorecido por clima úmido e quente na fase de polinização. Tanto em condições de campo como no armazenamento o estudo desenvolvido por Ramos *et al.* (2010) evidenciou a ocorrência de decréscimo na germinação, transformações bioquímicas, produção de toxinas e modificações celulares.

Figura 14 – Primeira contagem de germinação (a), germinação 7 dias (b) e porcentagem de plântula anormal (c) para o dano ardido pesado em função dos níveis de danos.



Fonte: Da autora (2024).

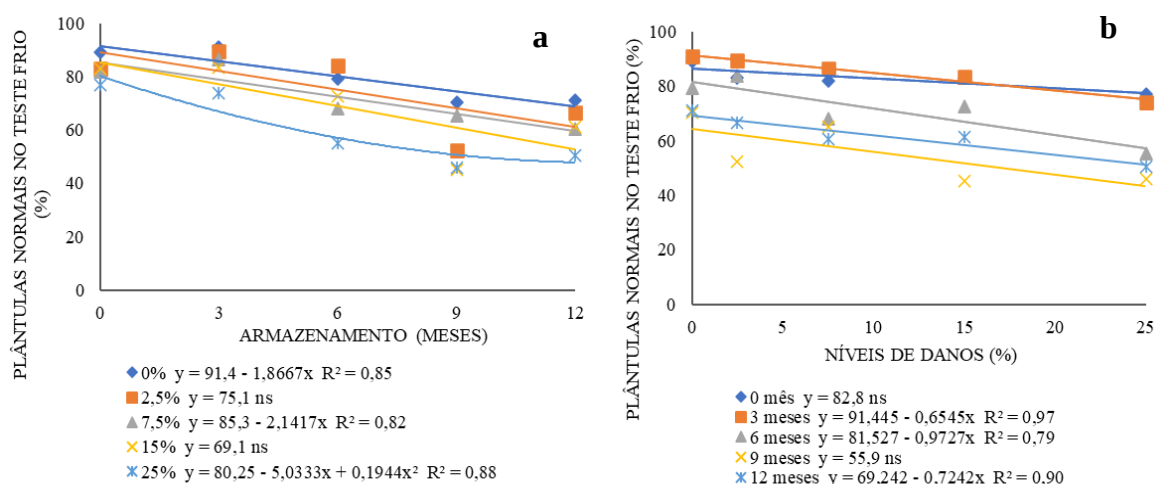
Observa-se que o vigor de sementes com dano ardido pesado é reduzido em função do tempo de armazenamento e dos níveis de danos (Figura 15). Para o tempo de armazenamento 0 e nível de danos 0%, a porcentagem de plântulas normais foi de 91%, já com 7,5% de danos e armazenamento com 3 meses, a porcentagem de plântulas normais foi de 79% (Figura 15a). Para os níveis de danos 2,5% e 15% os resultados não foram significativos.

O dano ardido provoca grandes alterações bioquímicas progredindo à deterioração e redução do vigor. As manifestações da deterioração estão relacionadas a desnaturação das membranas, que é decorrente da peroxidação fosfolipídica. Após, a atividade de biossíntese das moléculas essenciais ao metabolismo celular fica comprometida e começa a ocorrer redução na velocidade de germinação. O resultado disso é que as sementes ficam mais sensíveis às condições de armazenamento e aos estresses, o que compromete o seu desenvolvimento das plantas no campo (Krzyzanowski; Dias; França Neto, 2021).

Com o avanço do processo de deterioração muitas anormalidades nas plântulas começam a ocorrer, que é atribuída a morte dos tecidos meristemáticos, o que resulta no final,

a morte das sementes. A partir da maturidade fisiológica uma série de ações degenerativas aumentam a vulnerabilidade das sementes podendo reduzir a germinação e o vigor (Krzyzanowski; Dias; França Neto, 2021). Associado a isso é possível observar que sementes com danos têm o processo de deterioração antecipado, visto que o dano provoca alterações bioquímicas nas sementes e, consequentemente, redução no vigor.

Figura 15 – Vigor de sementes no teste frio em sementes de milho para o dano ardido pesado em função do armazenamento (a) e níveis de danos (b).

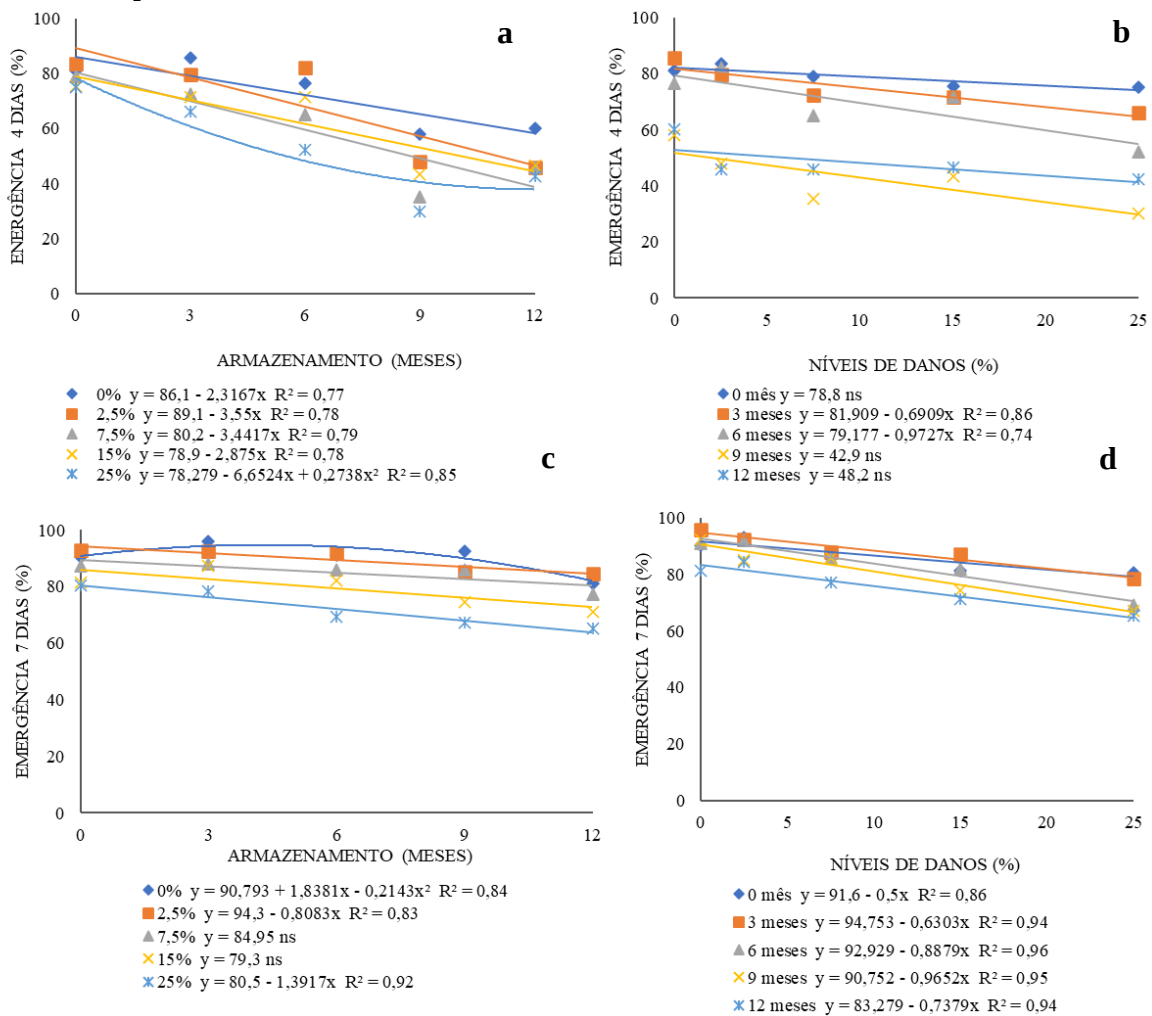


Fonte: Da autora (2024).

No teste de emergência de plântulas foi possível observar que, com 4 dias, houve redução na emergência em função do armazenamento e dos níveis de danos (Figura 16ab). Com 25% do dano ardido pesado a 7 dias, a emergência foi de 65% em 12 meses, apresentando uma diminuição se comparado com 0% que foi 92% (Figura 16c). Com o tempo de armazenamento também foi possível observar essa diminuição na qualidade do lote de sementes (Figura 16d).

É notável que o dano ardido pesado compromete o desenvolvimento das plântulas a nível de campo. O estudo desenvolvido por Scariot (2023) evidencia os cuidados que devem ser tomados no campo para os patógenos que causam os danos ardidos, sendo a escolha de cultivares resistentes, rotação de culturas, realizar a semeadura na época e na densidade adequada, avaliação da fertilidade do solo e a realização de aplicações de fungicidas, principalmente na fase reprodutiva em que há formação do pendão e estigma. Todos esses cuidados auxiliam no processo de chegada das sementes na UBS e, consequentemente, sementes com alta qualidade são armazenadas.

Figura 16 – Teste de emergência em função do armazenamento (a) e níveis de danos (b) com 4 dias, e armazenamento (c) e níveis de danos (d) com 7 dias para o dano ardido pesado.



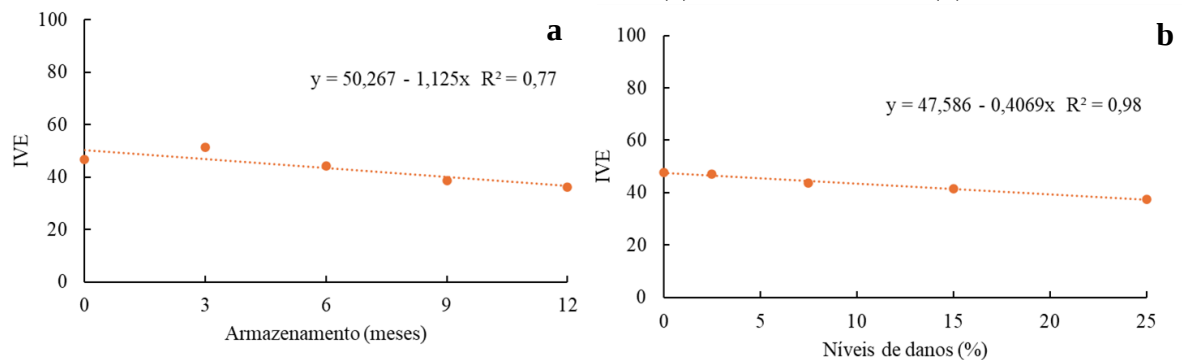
Fonte: Da autora (2024).

A maior atividade do fungo ocorre na germinação de sementes infectadas, o que irá resultar em plantas menos vigorosas, e mesmo que o fungo não cause danos no armazenamento das sementes, este terá uma contribuição na redução da germinação e vigor das plântulas. O estabelecimento dos fungos nos tecidos das sementes irá depender principalmente da sua constituição genética, por isso a importância de adotar cultivares que são resistentes aos fungos que causam os danos ardidos (Silva, 2012).

O índice de velocidade de emergência demonstrou que, com 12 meses (37%) houve redução na velocidade de emergência comparado com 0 meses (50%) (Figura 18a). Já quanto aos níveis de danos com 25% de dano ardido pesado no lote de sementes a emergência foi de 37% (Figura 17b). Esses resultados evidenciam diminuição na qualidade a partir de 9 meses de armazenamento e com 25% de incidência do dano no lote de sementes. Resultados semelhantes

foram obtidos por Ludwing *et al.* (2010) em que foi avaliado o desempenho de sementes e plantas de milho provenientes de lotes com diferentes níveis de qualidade fisiológica. Os resultados obtidos indicaram que sementes advindas de lotes de melhor qualidade fisiológica apresentaram maior emergência em campo, índice de velocidade de emergência, e os de baixa qualidade apresentaram redução na emergência e no índice de velocidade, sendo assim, lotes com maior presença de danos à emergência serão reduzidos.

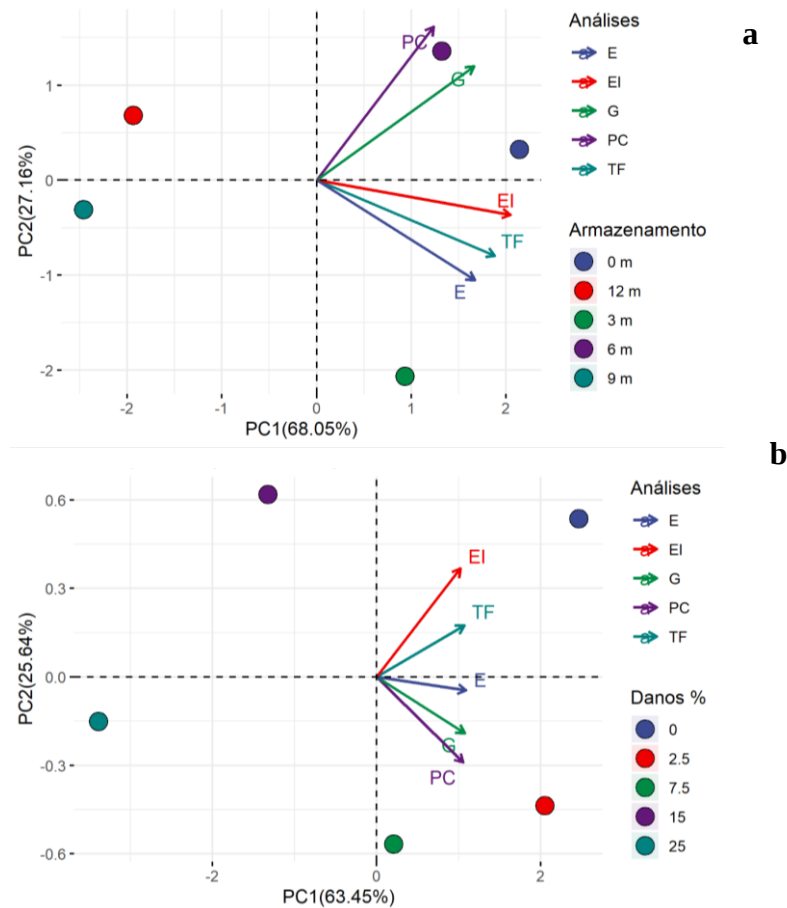
Figura 17 – Índice de velocidade de emergência em sementes de milho para o dano ardido pesado em função do armazenamento (a) e níveis de danos (b).



Fonte: Da autora (2024).

O resultado da análise de componentes principais demonstrou que o armazenamento (Figura 18a) de lotes de sementes com o dano ardido pesado aos 9 e 12 meses provocou redução no potencial fisiológico das sementes, sendo viável armazenar sementes com esse tipo de dano até 6 meses. Quanto aos níveis de danos as porcentagens de 15% e 25% (Figura 19b) proporcionaram redução da qualidade das sementes.

Figura 18 – Dispersão de autovetores ao longo de um plano circular e formação de grupos obtidos por análise de componentes principais de acordo com as variáveis: germinação (G), primeira contagem (PC), emergência inicial 4 dias (EI), emergência final 7 dias (E) e teste frio (TF) em função do armazenamento (a) e níveis de danos (b) em sementes de milho para o dano ardido pesado.



Fonte: Da autora (2024).

Qualquer dano presente nos lotes de sementes, seja ele o ardido leve, ardido pesado ou quebrado irá trazer sérios prejuízos para a germinação e vigor, como consequência o lote de sementes perderá valor. Todo cuidado é pouco quando o assunto é sementes, em todas as etapas: produção, secagem, beneficiamento e armazenamento. O controle de qualidade interno das empresas auxiliam na melhor tomada de decisões sobre qual equipamento é mais adequado na UBS para realizar a retirada de danos e entregar lotes de alta qualidade.

3 CONCLUSÕES

A qualidade fisiológica dos lotes de sementes é afetada pelos danos ardidos leves, ardidos pesados e quebrados.

Sementes de milho armazenadas após 3 meses e com danos ardidos leves, ardidos pesados e quebrados superiores a 2,5% o potencial fisiológico é reduzido.

REFERÊNCIAS

BARROS, R.T. de *et al.* Physiological quality of parsley seeds in function of size. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 42, n. 3, p. 1499–1510, 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 395 p. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/2946_regras_analisesementes.pdf. Acesso em 06 jan. 2025.

_____. **Instrução Normativa nº 45, de 18 de setembro de 2013**. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/sementes-e-mudas/publicacoes-sementes-e-mudas/copy_of_INN45de17desetembrode2013.pdf. Acesso em: 06 jan. 2024.

_____. **Instrução Normativa nº 60, de 22 de dezembro de 2011**. Disponível em: <https://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=1739574738>. Acesso em: 01 mar. 2024.

BRITO, S. EMBRAPA NOTÍCIAS. **Armazenamento inadequado de grãos resulta em cerca de 15% de perdas**. Embrapa Milho e Sorgo, 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/3860638/armazenamento-inadequado-de-graos-resulta-em-cerca-de-15-de-perdas>. Acesso em: 01 mar. 2024

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590 p.

DEUNER, C. *et al.* Physiological performance during storage of corn seed treated with insecticides and fungicide. **Journal of Seed Science**, v. 36, n. 2, p. 204-212, 2014.

EBONE, L.A.; CARVEZAN, A.; TAGLIARI, A.; CHIOMENT, J.L.T.; PRATA, D.C.; CHAVARRIA, G. Vigor de sementes de soja: uniformidade e crescimento como fatores-chave para melhorar a produtividade. **Agronomia**, v. 10, n. 4, p. 1-15, 2020.

GOMES JÚNIOR, F.G.; CÍCERO, S.M. X-Ray analysis assess mechanical damage insweet corn seeds. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 1, p. 78-85, 2012.

GONELI, A.L.D. *et al.* Efeito da danificação mecânica na qualidade fisiológica de sementes de milho-pipoca durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 7, n. 2, p. 101-111, 2005.

KRZYŻANOWSKI, F.C.; DIAS, D.C.F.S.; FRANÇA NETO, J.B. Deterioração e Vigor da Sementes. **Seed News**, n. 25, 2021.

KRZYŻANOWSKI, F.C. *et al.* Testes de vigor baseados em desempenho de plântulas. In: **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: Abrates, 2020. p. 601: il.

LUDWIG, M.P. *et al.* Desempenho de sementes e plantas de milho híbrido originadas de lotes de sementes com alta e baixa qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Milho e sorgo**, v. 8, n. 1, 2010.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seeding emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 2, p. 76-177, 1962.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: ABRATES, 2015. 660 p.

OLIVEIRA, G.R.F. *et al.* Treatment of soybean seeds with mechanical damage: effects on their physiological potential. **Journal of Seed Science**, v. 43, 2021.

OLIVEIRA, J.A (Org.). **Processamento pós colheita de sementes**: Abordagem agrônômica visando aprimorar a qualidade. Lavras: UFLA, 2021.

OLIVEIRA, N.K. de. **Qualidade de sementes de milho armazenadas em diferentes embalagens e condições de armazenamento**. 2018. 107 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) -Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2018.

PEREIRA, E.C.; OLIVEIRA, J.A.; EVANGELISTA, J.R.E. Qualidade fisiológica de sementes de milho tratadas associadas a polímeros durante o armazenamento. **Ciência Agrotecnologia**, v. 29, n. 6, 2005.

R CORE TEAM. A Language and Environment for Statistical Computing. **R Foundation for Statistical Computing**, 2022.

RAMOS, A.T.M. *et al.* Levantamento da micoflora presente em grãos ardidos e sementes de milho. **Summa Phytopathologica**, v. 36, n. 3, p. 257-259, 2010.

REIS, V.U.V. Vigor of maize seeds and its effects on plant stand establishment, crop development and grain yield. **Journal of Seed Science**, v. 42, 2022.

RIBEIRO, B.G. **Danos mecânicos e tratamento químico na qualidade de sementes de milho armazenadas**. 2016. 64 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal de Lavras, 2016.

SCARIOT, M.A. Estratégias para o manejo de grãos ardidos de milho e soja. **Aegro**, 2023. Disponível em: <https://blog.aegro.com.br/graos-ardidos/>. Acesso em: 05 mar. 2024.

SILVA, C.A.T. da. **Efeito de manchas na qualidade de sementes híbridas de milho processadas em separador por cor**. 2012. 69 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

TERRA, B.R.M. Produção e qualidade de sementes de milho. **Seed News**, n. 23, 2019.

VILLELA, F.A.; MENEZES, N.L. O armazenamento de cada semente. **Revista SeedNews**, v. 13, n. 4, p. 22-25, 2009.

VILLIERS, T.A. Ageing and longevity of seeds infield conditions. *In*: HEYDECKER, W. (Ed.). **Seed ecology**. London: The Pennsylvania State University, 1973. p. 265-288.

ANEXOS

Anexo 1 - Resumo da análise de variância para os testes de germinação (primeira contagem (PC), germinação (G), plântula anormal (PA)), frio (TF) e emergência (E4, E7, IVE) para o dano ardido leve.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio						
		PC	G	PA	TF	E4	E7	IVE
Armazenamento (A)	4	11168,40 ^{**}	11486,49 ^{**}	782 ^{**}	11436,94 ^{**}	5027,8 ^{**}	4320,86 ^{**}	1821,51 ^{**}
Nível de dano (D)	4	24,80 ^{ns}	42,49 ^{ns}	41,6 ^{ns}	306,27 ^{**}	233,15 ^{**}	204,24 ^{**}	49,78 [*]
A*D	16	107,58 ^{ns}	77,55 ^{ns}	46,73 ^{ns}	83,98 [*]	71,33 ^{ns}	61,31 ^{ns}	8,38 ^{ns}
Erro	75	80,07	54,32	28,49	45,72	54,64	47,69	15,76
Coeficiente de variação (%)		17,44	12,48	50,84	13,06	13,07	10,80	12,75

^{ns} não significativo. *, **, diferentes a 5% e 1% de probabilidade, pelo teste F.

Fonte: Da autora (2024).

Anexo 2 - Resumo da análise de variância para os testes de germinação (primeira contagem (PC), germinação (G), plântula anormal (PA)), frio (TF) e emergência (E4, E7, IVE) para o dano quebrado.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio						
		PC	G	PA	TF	E4	E7	IVE
Armazenamento (A)	4	9934,12**	10007,99**	996**	10365,16**	4451,94**	3657,14**	1515,74**
Nível de dano (D)	4	732,72**	954,59**	58,5 ^{ns}	750,54**	682,89**	848,92**	191,41**
A*D	16	177,84**	99,25*	40,38 ^{ns}	30,99 ^{ns}	59,52 ^{ns}	47,79 ^{ns}	13,32 ^{ns}
Erro	75	68,21	49,01	19,68	38,81	49,94	42,35	13,75
Coeficiente de variação (%)		16,79	13,01	40,33	12,55	13,37	10,86	12,78

^{ns} não significativo. *, **, diferentes a 5% e 1% de probabilidade, pelo teste F.

Fonte: Da autora (2024).

Anexo 3 - Resumo da análise de variância para os testes de germinação (primeira contagem (PC), germinação (G), plântula anormal (PA)), frio (TF) e emergência (E4, E7, IVE) para o dano ardido pesado.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio						
		PC	G	PA	TF	E4	E7	IVE
Armazenamento (A)	4	9785,59**	6142,24**	2880,96**	3204,74**	5291,04**	487,72**	743,56**
Nível de dano (D)	4	1598,84**	1931,56**	250,54**	1076,07**	1091,72**	1145,69**	347,57**
A*D	16	234,57**	195,06**	63,79 ^{ns}	109,02**	95,25*	33,28*	9,13 ^{ns}
Erro	75	33,3	34,14	43,01	37,43	53,28	15,69	9,41
Coeficiente de variação (%)		10,8	9,19	43,32	8,56	11,61	4,76	7,05

^{ns} não significativo. *, **, diferentes a 5% e 1% de probabilidade, pelo teste F.

Fonte: Da autora (2024).