



**LUIZ FERNANDO DE SOUZA MORAES**

**ARMAZENAMENTO SEGURO (“SEED SAFETY”) DE  
SEMENTES DE MILHO TRATADAS COM INSETICIDAS EM  
FUNÇÃO DA TEMPERATURA**

**LAVRAS - MG  
2021**

**LUIZ FERNANDO DE SOUZA MORAES**

**ARMAZENAMENTO SEGURO (“SEED SAFETY”) DE SEMENTES DE MILHO  
TRATADAS COM INSETICIDAS EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA**

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.

Prof. Dr. Everson Reis Carvalho  
Orientador

Dra. Juliana Maria Espíndola Lima  
Coorientadora

**LAVRAS - MG  
2021**

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

Moraes, Luiz Fernando de Souza.

Armazenamento seguro (“seed safety”) de sementes de milho  
tratadas com inseticidas em função da temperatura/ Luiz Fernando  
de Souza Moraes. – Lavras: UFLA, 2021.

65 p.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de  
Lavras, 2021.

Orientador(a): Everson Reis Carvalho.

Coorientador(a): Juliana Maria Espíndola Lima

Bibliografia.

1. Zea mays L. 2. Tratamento industrial de sementes. 3.  
Deterioração. 4. Qualidade fisiológica. 5. Armazenabilidade. I.  
Carvalho, Everson Reis. II. Lima, Juliana Maria Espíndola. III.  
Título.

**LUIZ FERNANDO DE SOUZA MORAES**

**ARMAZENAMENTO SEGURO (“SEED SAFETY”) DE SEMENTES DE MILHO  
TRATADAS COM INSETICIDAS EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA**

**SAFE STORAGE (“SEED SAFETY”) OF CORN SEEDS TREATED WITH  
INSECTICIDES SUBMITTED TO DIFFERENT TEMPERATURES**

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 23 de abril de 2021.

Dr. Hugo Cesar Rodrigues Moreira Catão UFU

Dr. João Almir Oliveira UFLA

Prof. Dr. Everson Reis Carvalho  
Orientador

Dra. Juliana Maria Espíndola Lima  
Coorientadora

**LAVRAS-MG  
2021**

*Aos meus pais, Sheilla e Luiz, por todo  
o carinho e apoio na execução dos meus objetivos.*

*Dedico*

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de Lavras e ao programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, pela oportunidade de realização do mestrado na instituição.

Ao Setor de Sementes e seus servidores, por proporcionar ambiente propício para a construção do conhecimento na área.

Ao meu orientador, Dr. Everson Reis Carvalho, por viabilizar a execução do trabalho e pelas oportunidades oferecidas.

À minha coorientadora, Dra. Juliana Maria Espíndola Lima, pela amizade, apoio, confiança, e por ter me guiado no período de execução do mestrado.

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Muito obrigado!

## RESUMO

O tratamento sanitário é uma técnica consolidada para preservar a qualidade das sementes contra danos causados por pragas e doenças, favorecendo o estabelecimento do estande em campo. No entanto, o tratamento de sementes antecipado à sementeira, seguido de armazenamento, prática necessária no tratamento industrial de sementes (TSI), pode afetar a qualidade das sementes. Por isso o conhecimento da relação ingrediente ativo, armazenamento e manutenção da qualidade (“seed safety”) é necessário. Objetivou-se avaliar o efeito do tratamento industrial de sementes de milho com moléculas inseticidas sobre a qualidade fisiológica ao longo do armazenamento em diferentes temperaturas. Sementes dos híbridos BM950 PRO3 e BM709 PRO2 foram submetidas ao tratamento industrial com inseticidas a base de Clorantniliprole, Ciantraniliprole, Clotianidina e Controle e armazenadas em diferentes temperaturas (10, 20 e 30 °C) por períodos distintos (0, 90, 180, 270 e 360 dias), compondo esquema fatorial 4x3x5, para cada híbrido, em delineamento inteiramente casualizado. Para avaliar a qualidade das sementes foram realizados os testes de grau de umidade, germinação, primeira contagem de germinação, germinação com vermiculita, primeira contagem de germinação com vermiculita, emergência de plântulas em condições controladas, índice de velocidade de emergência de plântulas, envelhecimento acelerado com germinação em papel, envelhecimento acelerado com sementeira em substrato e teste de frio. Os tratamentos de sementes não prejudicam o potencial de germinação durante o armazenamento, mesmo após 360 dias em ambientes distintos. Em baixas temperaturas, os inseticidas não são prejudiciais ao vigor ao longo do armazenamento, no entanto, em 30 °C a deterioração é significativa, principalmente após 180 dias. Após 180 dias em 30 °C, ocorre maior efeito fitotóxico sobre o vigor com a utilização do tratamento à base de Clotianidina em relação aos demais. Maiores temperaturas favorecem o processo de deterioração das sementes e potencializam o efeito fitotóxico por moléculas inseticidas.

Palavras-chave: *Zea mays* L. Tratamento industrial de sementes. Deterioração. Qualidade fisiológica. Armazenabilidade.

## ABSTRACT

Sanitary treatment is a consolidated technique to preserve the quality of seeds against damage caused by pests and diseases, favoring the establishment of the stand in the field. However, seed treatment prior to sowing followed by storage, a necessary practice in industrial seed treatment (TSI), can affect seed quality. That is why knowledge of the active ingredient, storage and maintenance of quality (“seed safety”) relationship is necessary. The objective was to evaluate the effect of industrial treatment of corn seeds with insecticidal molecules on the physiological quality during storage at different temperatures. Seeds of the hybrids BM950 PRO3 and BM709 PRO2 were subjected to industrial treatment with insecticides based on Chlorantraniliprole, Cyantraniliprole, Clothianidin and Control, stored at different temperatures (10, 20 and 30 °C) for different periods (0, 90, 180, 270 and 360 days), composing a 4x3x5 factorial scheme, for each hybrid, in a completely randomized design. To assess the physiological quality of the seeds the following tests were performed: moisture content, germination, first germination count, germination with vermiculite, first germination count with vermiculite, seedling emergence under controlled conditions, seedling emergence speed index, accelerated aging with germination in paper, accelerated aging with seeding in substrate and cold test. Seed treatments do not affect the germination potential during storage, even after 360 days in different environments. At low temperatures, insecticides are not harmful to vigor during storage, however, at 30 °C the deterioration is significant, especially after 180 days. After 180 days at 30 °C, there is a greater phytotoxic effect on vigor when using the treatment based on Clothianidin compared to the others. Higher temperatures favor the seed degradation process and enhance the phytotoxic effect by insecticidal molecules.

Keywords: *Zea mays* L. Industrial seed treatment. Deterioration. Physiological quality. Storability.



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Valores médios da temperatura e umidade relativa do ambiente em Lavras durante o período de armazenamento.....26
- Figura 2 - Grau de umidade (%) de sementes de milho híbrido BM950 PRO3 em função das temperaturas de 10 (●), 20 (○) e 30 °C (▼), avaliados após períodos de armazenamento (0, 90, 180, 270 e 360 dias)..... 30
- Figura 3 - Porcentagens de germinação (GERM, %, ●), primeira contagem de germinação (PCG, %, ○) e germinação com vermiculita (GERMV, %, ▼) de sementes de milho híbrido BM950 PRO3 em função de períodos de armazenamento (0, 90, 180, 270 e 360 dias). ..... 31
- Figura 4 - Porcentagens de emergência de plântulas quatro (EM4, %, ●) e sete dias (EM7, %, ○) e teste de frio (TF, %, ▼) de sementes de milho híbrido BM950 PRO3 em função de períodos de armazenamento (0, 90, 180, 270 e 360 dias) ..... 33
- Figura 5 - Índice de velocidade de emergência (IVE) de plântulas de milho híbrido BM950 PRO3, em função de períodos de armazenamento (0, 90, 180, 270 e 360 dias).34
- Figura 6 - Porcentagens de vigor após envelhecimento acelerado com semeadura em substrato de sementes de milho híbrido BM950 PRO3, em função das temperaturas de 10 (●), 20 (○) e 30 °C (▼) e períodos de armazenamento (0, 90, 180, 270 e 360 dias). ..... 36
- Figura 7 - Porcentagens de plântulas normais na primeira contagem de germinação com vermiculita (PCGV) de sementes de milho híbrido BM950 PRO3, em função dos tratamentos Controle (●), Dermacor<sup>®</sup> (○), Fortenza<sup>®</sup> (▼) e Poncho<sup>®</sup> (△) em períodos de armazenamento (0, 90, 180, 270 e 360 dias) ..... 39
- Figura 8 - Porcentagens de vigor após envelhecimento acelerado com germinação em papel de sementes de milho híbrido BM950 PRO3, em função dos tratamentos Controle (●), Dermacor<sup>®</sup> (○), Fortenza<sup>®</sup> (▼) e Poncho<sup>®</sup> (△), nas temperaturas de 10 (A), 20 (B) e 30 °C (C) e períodos de armazenamento (0, 90, 180, 270 e 360 dias)..41
- Figura 9 - Grau de umidade (%) de sementes de milho híbrido BM709 PRO2 em função das temperaturas de 10 (●), 20 (○) e 30 °C (▼), avaliadas após períodos de armazenamento (0, 90, 180, 270 e 360 dias)..... 45

Figura 10 - Porcentagens de germinação (GERM, %, ●), primeira contagem de germinação (PCG, %, ○) germinação com vermiculita (GERMV, %, ▼) e primeira contagem de germinação com vermiculita (PCGV, %, △) de sementes de milho híbrido BM709 PRO2, em função de períodos de armazenamento (0, 90, 180, 270 e 360 dias) .....	46
Figura 11 - Porcentagens da emergência de plântulas após quatro (A) e sete (B) dias da semeadura de milho híbrido BM709 PRO2, em função das temperaturas de 10 (●), 20 (○) e 30 °C (▼) e períodos de armazenamento (0, 90, 180, 270 e 360 dias).	48
Figura 12 - Índice de velocidade de emergência de plântulas (IVE) de milho híbrido BM709 PRO2, em função das temperaturas de 10 (●), 20 (○) e 30 °C (▼) e períodos de armazenamento (0, 90, 180, 270 e 360 dias).....	49
Figura 13 - Porcentagens de vigor após envelhecimento acelerado com germinação em papel (A) e semeadura em substrato (B) de milho híbrido BM709 PRO2, em função das temperaturas de 10 (●), 20 (○) e 30 °C (▼) e períodos de armazenamento (0, 90, 180, 270 e 360 dias) .....	50
Figura 14 - Porcentagens de vigor após envelhecimento acelerado com semeadura em substrato (A) e teste de frio (B) de sementes de milho híbrido BM709 PRO2, em função dos tratamentos Controle (●), Dermacor <sup>®</sup> (○), Fortenza <sup>®</sup> (▼) e Poncho <sup>®</sup> (△) e períodos de armazenamento (0, 90, 180, 270 e 360 dias) .....	53
Figura 15 - Porcentagens da emergência de plântulas após quatro dias (A) e índice de velocidade de emergência de plântulas (IVE) (B) de milho híbrido BM709 PRO2, em função dos tratamentos Controle (●), Dermacor <sup>®</sup> (○), Fortenza <sup>®</sup> (▼) e Poncho <sup>®</sup> (△) e períodos de armazenamento (0, 90, 180, 270 e 360 dias) .....	54

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Composição da calda padrão utilizada no tratamento das sementes de milho....	13
Tabela 2 -	Produtos comerciais e doses utilizadas para o tratamento das sementes de milho.....	14
Tabela 3 -	Médias de germinação (GERM, %), primeira contagem de germinação (PCG, %), germinação com vermiculita (GERMV, %), primeira contagem de germinação com vermiculita (PCGV, %), emergência de plântulas quatro (EM4, %) e sete dias (EM7, %), velocidade de emergência de plântulas (IVE, índice) e teste de frio (TF, %) de sementes de milho híbrido BM 950 PRO3 em função das temperaturas de armazenamento (TEMP, °C) .....	24
Tabela 4 -	Médias de germinação (GERM, %), germinação com vermiculita (GERMV, %), envelhecimento acelerado com semeadura em substrato (EAS, %) e teste de frio (TF, %) de sementes de milho híbrido BM 950 PRO3, em função de diferentes inseticidas .....	26
Tabela 5 -	Médias de vigor (%) após envelhecimento acelerado com germinação em papel de sementes de milho híbrido BM950 PRO3, em função de períodos de armazenamento (ARM), temperaturas (TEMP) e inseticidas .....	32
Tabela 6 -	Médias da primeira contagem de germinação (PCG, %), germinação com vermiculita (GERMV, %) e teste de frio (TF, %) de sementes de milho híbrido BM 709 PRO2, em função das temperaturas de armazenamento (TEMP, °C) ..	36
Tabela 7 -	Médias da germinação (GERM, %) e primeira contagem de germinação com vermiculita (PCGV, %) de sementes de milho híbrido BM 709 PRO2 em função de diferentes inseticidas e temperaturas de armazenamento .....	41
Tabela 8 -	Médias da primeira contagem de germinação (PCG, %), germinação com vermiculita (GERMV, %), envelhecimento acelerado com germinação em papel (EAP, %) e emergência de plântulas sete dias (EM7, %) de sementes de milho híbrido BM709 PRO2, em função de diferentes inseticidas .....	41

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>14</b>
<b>2.1</b>	<b>A cultura do milho .....</b>	<b>14</b>
<b>2.2</b>	<b>Qualidade de sementes .....</b>	<b>15</b>
<b>2.3</b>	<b>Armazenamento de sementes e a deterioração .....</b>	<b>17</b>
<b>2.4</b>	<b>Tratamento de sementes e a qualidade fisiológica.....</b>	<b>20</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>24</b>
<b>3.1</b>	<b>Tratamento e armazenamento das sementes .....</b>	<b>24</b>
<b>3.2</b>	<b>Avaliação da qualidade fisiológica .....</b>	<b>26</b>
<b>3.3</b>	<b>Delineamento experimental e análise estatística .....</b>	<b>28</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>29</b>
<b>4.1</b>	<b>Híbrido BM950 PRO3 .....</b>	<b>29</b>
<b>4.2</b>	<b>Híbrido BM709 PRO2.....</b>	<b>44</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>56</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>57</b>
	<b>ANEXO.....</b>	<b>64</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O cultivo do milho apresenta grande importância na agricultura familiar e no agronegócio, com produção mundial estimada na safra 2020/21 de 1,144 bilhão de toneladas (USDA, 2020). A estimativa para a produção brasileira na safra 2020/21 é de 102,589 milhões de toneladas (CONAB, 2020). Os avanços significativos observados na produção ao longo dos anos só são possíveis devido a implementação de tecnologias, sendo a semente, um dos principais veículos de inovações (MENEGHELLO; PESKE, 2013).

O desempenho da lavoura depende diretamente da qualidade das sementes utilizadas, sementes com alto potencial fisiológico proporcionam campos com estabelecimento rápido e uniforme (MARCOS FILHO, 2013; PEREIRA *et al.*, 2019). Dentre os fatores envolvidos na produção de sementes de alta qualidade, a colheita e pós-colheita são fatores determinantes na manutenção da qualidade fisiológica das sementes, sendo a condição ambiental de armazenamento primordial (TIMÓTEO; MARCOS FILHO, 2013).

Em conjunto com a alta umidade relativa do ar, temperaturas elevadas favorecem o processo de deterioração, ativando enzimas responsáveis pela respiração celular, conseqüentemente, perdendo qualidade e viabilidade no armazém (AGUIAR *et al.*, 2012). A tolerância ao armazenamento é também variável em relação ao genótipo, além do contato com produtos fitossanitários aplicados por meio do tratamento de sementes, que podem prejudicar, em alguns casos, a viabilidade das sementes durante o período de armazenamento (CARVALHO *et al.*, 2015; DELIAN *et al.*, 2016).

O tratamento químico consiste na aplicação de produtos para minimizar danos durante o armazenamento ou após a semeadura, causados por pragas ou patógenos (VAZQUEZ *et al.*, 2014). Dentre os produtos fitossanitários utilizados por meio do tratamento de sementes estão os nematicidas, fungicidas e inseticidas, aplicados na modalidade *On farm*, quando é realizado pelo agricultor em sua propriedade, ou por meio do tratamento industrial de sementes (TSI), realizado na linha de produção das sementes antes do envase e armazenamento (ROCHA *et al.*, 2020).

Apesar dos ganhos operacionais e ambientais, o tratamento industrial de sementes possui limitações, principalmente em relação aos possíveis efeitos fitotóxicos dos produtos fitossanitários sobre as sementes durante o armazenamento, causando perdas do potencial de germinação e queda do vigor das plântulas no campo (SANTOS *et al.*, 2018; XU *et al.*, 2016). Considerando o avanço da adoção do TSI pelas empresas produtoras de sementes, é

necessário esclarecer a relação entre produtos fitossanitários e diferentes temperaturas no período de armazenamento seguro (“*seed safety*”), em que a qualidade fisiológica das sementes não é afetada significativamente, principalmente envolvendo a cultura do milho e moléculas inseticidas (OLIVEIRA *et al.*, 2020).

Sementes de milho podem permanecer nas mais diversas condições de armazenamento até a comercialização e semeadura, com acondicionamento na empresa produtora, revenda ou em posse do produtor. À medida que o tratamento sanitário ganha espaço no mercado, utilizando moléculas inseticidas com maior potencial de dano ao embrião antes do envase, é necessário avaliar o “*seed safety*” envolvendo diferentes híbridos e produtos fitossanitários, além de avaliar temperaturas e períodos de armazenamento distintos (SILVA *et al.*, 2020).

Assim, objetivou-se avaliar o efeito do tratamento industrial de sementes de milho com moléculas inseticidas sobre a qualidade fisiológica de dois híbridos ao longo armazenamento em diferentes temperaturas.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 A cultura do milho

O milho (*Zea mays* L.) é uma espécie que tem origem nas Américas caracterizada como monocotiledônea, pertencente à família Poaceae, de ciclo anual, alógama e de metabolismo C4 (DAYAL *et al.*, 2014). Características morfológicas incluem a presença de raízes primárias, seminais, adventícias e de suporte, com folhas lanceoladas apresentando pilosidades que se inserem aos nós no colmo, este que atua como órgão de reserva e serve de suporte para estruturas vegetativas e florais. Os constituintes masculinos se agrupam em panícula no topo da planta, enquanto a estrutura feminina se agrupa nas espigas, característica de uma planta monóica. O período de florescimento até a produção de sementes é variável, principalmente em função do ciclo, determinado pelo genótipo das plantas e condições edafoclimáticas do local de cultivo (EMBRAPA, 2010).

A semente do milho é classificada botanicamente como cariopse, apresentando três estruturas principais: pericarpo, endosperma e embrião. O pericarpo é uma camada externa que envolve o endosperma, é composto principalmente por amido e outros carboidratos, ao seu lado se encontra o embrião que apresenta todos os primórdios da planta desenvolvida. A parte mais externa ao endosperma denomina-se camada de aleurona, que é rica em proteínas e enzimas cujo papel no processo de germinação é essencial para o estabelecimento das plântulas no campo (BARROS; CALADO, 2014). O bom estabelecimento das plântulas após a semeadura é dependente das sementes utilizadas, sendo que essas afetam diretamente a formação satisfatória do estande e constituem um dos fatores para a construção de lavouras de altas produtividades.

A produção mundial do grão em 2019 foi de aproximadamente 1,1 bilhão de toneladas, sendo o cereal mais produzido no mundo (FAOSTAT, 2020). A cultura do milho ocupa grande destaque no mercado de *commodities* e o Brasil tem participação determinante nesse cenário. O Brasil ocupa atualmente o terceiro lugar entre os maiores produtores mundiais do cereal, sendo superado apenas por China e Estados Unidos (USDA, 2020). A estimativa para a produção nacional da cultura na safra 2020/21 é de 102,589 milhões de toneladas, o país ainda conta com projeções para a importação de 1 milhão de toneladas para suprir a demanda do mercado interno na safra 2020/21 (CONAB, 2020).

O cultivo do milho durante o ano agrícola brasileiro é composto pela produção na primeira e segunda safra, estes já consolidados, além da terceira safra, com plantios de abril a junho, predominantemente na região nordeste. A primeira safra ou safra de verão é caracterizada pela boa disponibilidade hídrica e maiores temperaturas, que favorecem a alta produtividade. Já a segunda safra é semeada no verão/outono, convenientemente após a colheita de soja (CONTINI *et al.*, 2019), era denominada ‘safrinha’ pelas baixas produtividades causadas pelas condições ambientais menos favoráveis e menores investimentos em insumos (OLIVEIRA, 2019). Atualmente, a segunda safra supera a primeira em produção, a exemplo de estimativas do ano agrícola 2020/21, que projetam a produção de milho segunda safra em 76,763 milhões de toneladas, sendo a primeira safra estimada em 24,187 milhões de toneladas, além da terceira safra emergente com 1,638 milhões de toneladas (CONAB, 2020).

Os avanços significativos da produção do milho segunda safra, e recentemente com a terceira safra, só são possíveis devido a implantação de inovações tecnológicas (CONTINI *et al.*, 2019). Estas inovações são veiculadas por meio de aprimoramentos no manejo e novos insumos que dão suporte aos ganhos observados, onde a semente ganha destaque, pois é ‘veículo’ de inovações até o agricultor (TONIN *et al.*, 2014). Pela capacidade da semente em dar suporte as demais fases da produção agrícola, a garantia de alta qualidade desse insumo é primordial para os ganhos do setor (MENEGHELLO; PESKE, 2013).

## **2.2 Qualidade de sementes**

A qualidade das sementes se expressa através das suas características físicas, fisiológicas, sanitárias e genéticas. O estabelecimento satisfatório do estande de plântulas no campo depende diretamente da qualidade das sementes utilizadas, de forma que a alta qualidade das sementes vai favorecer a emergência de plântulas em menor tempo e com maior uniformidade (MARCOS FILHO, 2013; PEREIRA *et al.*, 2019). Para garantir o bom desempenho desse insumo após a comercialização, os lotes de sementes são avaliados pela sua capacidade de desempenhar funções vitais nos testes de germinação e vigor.

Por meio do teste de germinação é possível analisar a capacidade de formação de plântulas normais em condições ambientais próximas do ideal, com temperatura controlada e sem restrições de umidade, além de um ambiente de crescimento livre de pragas e patógenos. As manifestações das limitações da qualidade fisiológica das sementes podem ser observadas pela diminuição da velocidade de germinação, com desenvolvimento retardado pela



necessidade da reparação de membranas e organelas antes do início da retomada do crescimento do embrião (MARCOS FILHO, 2016). No entanto, somente o teste de germinação pode não ser suficiente para estimar ou comparar a qualidade entre lotes de sementes, já que pela própria definição ele é feito em condições ideais, diferindo do ambiente de campo (PEREIRA *et al.*, 2019).

Para simular as condições adversas no campo e auxiliar na avaliação de lotes de sementes, surgiu o conceito de vigor, em conjunto com diversos testes para quantificar esse atributo (BALDINI *et al.*, 2018). O vigor pode ser definido como as propriedades da semente que determinam o potencial para emergência rápida e uniforme, com o crescimento de plântulas normais, sob ampla faixa de condições do ambiente (AOSA, 1983). Objetiva-se com os testes de vigor detectar as diferenças entre lotes de sementes com germinação semelhante (MARCOS FILHO, 1998), simulando a emergência de plântulas em campo e potencial de armazenamento, dentre outros aspectos análogos a condições de estresse para as sementes (LOVATO *et al.*, 2005).

Em uma condição de semeadura com vigor heterogêneo entre as sementes de milho, a produção de grãos dessas plantas não é prejudicada se o ambiente não for limitante, já que o baixo crescimento das plântulas menos vigorosas tende a se estabilizar até a colheita (VAZ MONDO *et al.*, 2013). Entretanto, como observado por Vaz Mondo *et al.* (2012), em lotes de sementes de milho com diferentes níveis de vigor e ambiente limitante, ocorre a dominação das plântulas mais vigorosas sobre as menos vigorosas, o que causa o sombreamento e menor índice de área foliar, com menor acúmulo de biomassa e produção de grãos prejudicada das plantas dominadas. As plantas de milho são sensíveis à competição intraespecífica, sendo importante a uniformidade no vigor das sementes na formação do estande (VAZ MONDO *et al.*, 2012).

As diferenças entre plântulas de milho provenientes de sementes de baixo e alto vigor foram observadas por Vaz Mondo *et al.* (2013), quando constataram maior diâmetro de colmo, peso seco e índice de área foliar em plântulas de milho oriundas de sementes de alto vigor, nas fases fenológicas de quatro (V4) e oito (V8) folhas. Assim, estandes provenientes de sementes de alto vigor tem vantagem na maior capacidade de cobertura vegetal da área de cultivo, favorecendo o controle de plantas daninhas e ganho de biomassa, que é essencial para maiores produtividades (VAZ MONDO *et al.*, 2013). Mas a produção de sementes de elevada qualidade não é simples e depende de diversos fatores e de um processo produtivo eficiente. Devido à competitividade do mercado, a demanda por sementes de alta qualidade está cada vez maior,

sendo todas as etapas de produção e pós-colheita responsáveis pela determinação e manutenção dessa qualidade.

A partir da maturidade fisiológica e desligamento com a planta-matriz, a deterioração se torna um processo irreversível, pois a semente fica exposta a predação e ação de patógenos, além de variações no grau de umidade e estresses térmicos pela flutuação das condições ambientais no campo (GU *et al.*, 2017). Sementes expostas a condições adversas, como períodos de chuva e seca após a maturidade fisiológica, provocam expansões e retrações do tegumento, proporcionando a desestruturação dos sistemas de membranas, conseqüentemente prejudicando a permeabilidade seletiva das paredes celulares, o que aumenta significativamente a deterioração dessas sementes (DELIAN *et al.*, 2016). Estes fatores podem provocar alterações no balanço hormonal e morfologia das sementes, com impactos negativos sobre a qualidade.

As etapas de colheita e pós-colheita também são essenciais para determinar e manter a qualidade de sementes de milho, já que danos físicos nessas etapas podem influenciar a deterioração (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Os danos mecânicos são causados por abrasão, cortes, trincas ou quebras, principalmente no momento da colheita e no processo de beneficiamento das sementes, causando queda da qualidade fisiológica imediatamente após a lesão, quando ocorre o dano mecânico imediato, ou após o armazenamento na ocorrência do dano latente (ARAÚJO *et al.*, 2002).

Um dos principais fatores que influenciam a qualidade das sementes de milho é a condição ambiental de armazenamento, com destaque para a temperatura e umidade relativa no armazém, que são aspectos essenciais para conservar a viabilidade dos lotes (TIMÓTEO; MARCOS FILHO, 2013), além da presença de produtos fitossanitários aplicados às sementes, que podem acentuar a deterioração. Sementes de milho tratadas com inseticidas podem apresentar maior queda do vigor e germinação durante o período de armazenamento (OLIVEIRA *et al.*, 2020).

### **2.3 Armazenamento de sementes e a deterioração**

Após o processo de colheita e beneficiamento, o armazenamento das sementes deve ocorrer para preservar a qualidade até o momento da comercialização e semeadura (BEWLEY *et al.*, 2006). Em grande parte das regiões produtoras, o armazenamento de sementes de milho é inevitável por no mínimo 6 meses, devido ao descompasso entre o período de colheita e o

próximo momento em que ocorre a demanda de novas sementes no mercado (DEUNER *et al.*, 2014), ou mesmo por questões comerciais.

A manutenção da viabilidade e vigor das sementes durante o armazenamento é regulada por muitos fatores, dentre eles estão a qualidade inicial das sementes, composição física e química, trocas gasosas, estrutura de armazenamento, embalagens utilizadas, temperatura e umidade relativa no armazém e grau de umidade das sementes (SHASHIBHASKAR *et al.*, 2019). O ambiente de armazenamento deve ser protegido, se possível climatizado, de forma a proporcionar condição para a preservação do potencial de germinação e vigor das sementes por um período maior.

O processo de deterioração em sementes é inevitável, irreversível e cumulativo (DEUNER *et al.*, 2014), sendo o início do processo marcado pela atividade de enzimas ligadas a atividades antioxidantes, que agem ao reparar os danos nas membranas celulares causados, principalmente, pelas espécies reativas de oxigênio (COPELAND; MCDONALD, 2001). Os sinais de deterioração podem ser observados em mudanças na atividade respiratória e no metabolismo, modificações na atividade enzimática e na síntese de proteínas, acumulação de substâncias tóxicas, danos ao DNA e membranas, peroxidação de lipídios e lixiviação de solutos (CARDOSO, 2004; MANSOURI FAR *et al.*, 2015; MARCOS FILHO, 2016; OLIVEIRA *et al.*, 2020; SANTOS *et al.*, 2004). No entanto, em condições de baixa temperatura e umidade relativa, a sobrevivência das sementes é aumentada por um período (BAUDET, 2012).

Por possuir tecidos higroscópicos, a massa de sementes tende a equilibrar seu teor de água com a do ambiente por meio da pressão de vapor. Em uma situação de alta umidade relativa as sementes irão absorver a umidade do ambiente, aumentar sua taxa respiratória e metabólica, conseqüentemente degradando suas reservas (MARCOS FILHO, 2016). O baixo grau de umidade das sementes é um dos principais fatores para manter a qualidade fisiológica de sementes ortodoxas ao longo do tempo, já que a atividade de água nas células é a principal responsável pelo aumento da taxa respiratória ao longo do armazenamento (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Em regiões de clima tropical, com umidade relativa acima de 65%, a manutenção do grau de umidade das sementes de milho em níveis seguros se torna um desafio no armazenamento em condições de armazém não climatizado, sendo uma opção para essas regiões a utilização de embalagens herméticas que impossibilitam a troca de umidade das sementes com o ambiente (ABBA; LOVATO, 1999). Analisando o efeito na germinação e

vigor de sementes de milho, utilizando embalagens permeáveis e impermeáveis, Bhandari *et al.* (2017) observaram maior estabilidade das membranas e porcentagem de germinação superior em sementes armazenadas durante 360 dias em embalagens impermeáveis, isso provavelmente se deve à menor variação do teor de água e menor grau de umidade observado nessas sementes, favorecendo a preservação da qualidade fisiológica durante o período de armazenamento.

Em conjunto com a alta umidade relativa do ar, temperaturas elevadas favorecem o processo de deterioração, que nessa condição ocorre de forma mais acelerada, ativando enzimas responsáveis pela respiração celular, conseqüentemente perdendo qualidade e tempo de viabilidade no armazém (AGUIAR *et al.*, 2012). Sementes de cereais normalmente tem sua temperatura ideal de armazenamento abaixo de 20 °C em umidade relativa em torno de 50% (RAHMAWATI; MUHAMMAD, 2020), com queda significativa do vigor acima dessa temperatura. Essa diminuição do vigor pode ser afetada com a utilização de alguns inseticidas aplicados antes do período de armazenamento (BALDINI *et al.*, 2018; DELIAN *et al.*, 2016; ESPINDOLA *et al.* 2018).

Diversas pesquisas foram realizadas relacionando temperatura de armazenamento e qualidade fisiológica em sementes de milho (DEUNER *et al.*, 2014; MARIUCCI *et al.*, 2018; STEFANELLO *et al.*, 2015; TIMÓTEO; MARCOS FILHO, 2013). Menores temperaturas preservam a qualidade das sementes por maiores períodos, pois a baixa temperatura reduz a atividade de enzimas envolvidas na respiração, que é um dos principais processos responsáveis pela perda de viabilidade das sementes (MARCOS FILHO, 2016). Em condições não controladas de armazenamento (média de 25 °C e UR de 70%), Deuner *et al.* (2014) observaram diminuição na porcentagem de germinação de sementes de milho após 360 dias, o que não ocorreu no mesmo período em ambiente de câmara fria (16 °C e UR de 60%).

A tolerância ao armazenamento é também variável em relação ao genótipo, de forma que o metabolismo das sementes pode reagir de forma diferenciada aos fatores que causam a deterioração (CARVALHO *et al.*, 2015; CARVALHO *et al.*, 2020; OLIVEIRA *et al.*, 2020; SANTOS *et al.*, 2018; TIMÓTEO; MARCOS FILHO, 2013). A ação diferenciada de isoenzimas do sistema antioxidante como a catalase, peroxidase e álcool-desidrogenase influenciam diretamente nessa resposta (TIMÓTEO; MARCOS FILHO, 2013), como também a capacidade de mobilização de reservas proporcionadas pela  $\alpha$ -amilase, que é responsável por mais de 90% da atividade amilolítica das reservas em sementes de milho (JOSÉ *et al.*, 2004), influenciando diretamente o vigor e germinação.

Outro fator envolvido nessa relação armazenamento e qualidade, que atualmente tem grande relevância no contexto de produção e comercialização de sementes é o tratamento com produtos fitossanitários, sobretudo na utilização de ingredientes ativos inseticidas (CARVALHO *et al.*, 2020; OLIVEIRA *et al.*, 2020). A relação entre a temperatura de armazenamento e a influência direta sobre a toxidez de inseticidas (“*seed safety*”) via tratamento de sementes é pouco explorada, e, atualmente, muito demandada frente a crescente adoção do TSI, onde o tratamento e armazenamento são necessários.

#### **2.4 Tratamento de sementes e a qualidade fisiológica**

O tratamento químico de sementes consiste na aplicação de produtos fitossanitários, de forma a envolver o tegumento em uma camada protetora contra organismos que causam danos, como pragas e patógenos (VAZQUEZ *et al.*, 2014). Estes produtos podem ter função fungicida, inseticida ou nematicida (TONIN *et al.*, 2014), atuando de forma individual ou em misturas de ingredientes ativos, atuando em uma faixa ampla de agentes de deterioração e evitando a seleção de organismos resistentes (SÁNCHEZ BAYO *et al.*, 2013). A ação dos produtos fitossanitários pode ser classificada como de contato ou sistêmica.

A ação de contato é caracterizada quando o controle ocorre apenas no contato direto do ingrediente ativo com o alvo, esses produtos são difundidos na zona em torno da semente no momento da embebição, devido à baixa pressão de vapor e solubilidade dos produtos, porém, não são absorvidos pela plântula (SÁNCHEZ BAYO *et al.*, 2013). Por outro lado, produtos com atividade sistêmica são absorvidos pela plântula no momento da protrusão da radícula, e podem ter mobilidade limitada ou translocar livremente pelos tecidos da plântula, protegendo-a nas primeiras semanas do crescimento e desenvolvimento (SÁNCHEZ BAYO *et al.*, 2013). O tratamento pode ser efetuado não só para proteção contra danos a partir da semeadura, como também, em alguns casos, para manter a qualidade durante o armazenamento (DEUNER *et al.*, 2014; TONIN *et al.*, 2014).

Estudos envolvendo os princípios ativos Clorraniliprole e Ciantraniliprole (com o uso dos produtos comerciais Dermacor<sup>®</sup> e Fortenza<sup>®</sup>, respectivamente) aplicados por meio do tratamento de sementes em milho, comprovaram a eficiência desses inseticidas no controle da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*). Ficou comprovada a translocação por xilema dos inseticidas, causando mortalidade satisfatória dos insetos desde a emergência das plântulas

(VE) até 30 dias após a emergência (V6), este nível de controle não foi atingido pela aplicação foliar dos mesmos ingredientes ativos (PES *et al.*, 2020).

Os ganhos em produtividade pela formação de estantes mais uniformes, com menor perda de plântulas, já justificam o investimento no tratamento de sementes (VAZQUEZ *et al.*, 2014). Além do baixo custo do tratamento, outros pontos positivos podem ser citados como o impacto ambiental reduzido na aplicação localizada dos produtos (XU *et al.*, 2016) e maior eficiência, rapidez e economia de agroquímicos, quando comparada à aplicação em sulco ou área total (COSTA *et al.*, 2018). Estimativas indicam que já em 2016, 100% das sementes de milho eram comercializadas com fungicida e 35% com produtos inseticidas, por meio do tratamento industrial de sementes (ABRASEM, 2016).

O tratamento químico das sementes na sua origem foi projetado para ser realizado em pré-semeadura, não só pela comercialização individualizada das sementes e produtos fitossanitários, como também pela possibilidade de danos à semente pela ação fitotóxica dos produtos utilizados (COSTA *et al.*, 2018). Porém, com o avanço tecnológico na agricultura e desenvolvimento de moléculas menos tóxicas, as empresas produtoras de sementes vêm adotando técnicas que buscam otimizar a logística (MARIUCCI *et al.*, 2018). Nesse sentido, tem-se utilizado o tratamento industrial de sementes, em que a aplicação dos produtos ocorre na própria linha de beneficiamento, sendo necessário o armazenamento das sementes tratadas até a semeadura (BRZEZINSKI *et al.*, 2015).

Todavia, o tratamento industrial de sementes possui limitações, principalmente em relação aos possíveis efeitos fitotóxicos dos produtos fitossanitários sobre as sementes no armazenamento, podendo provocar perda do potencial de germinação e vigor em algumas situações (CARVALHO *et al.*, 2020; OLIVEIRA *et al.*, 2020; SANTOS *et al.*, 2018). No contexto atual do tratamento de sementes de milho, sobretudo o industrial (TSI), tem-se utilizado diversas moléculas inseticidas, dentre elas, o Clorantraniliprole, Ciantraniliprole e Clotianidina.

O Clorantraniliprole é uma molécula de ação sistêmica e o Ciantraniliprole tem ação de contato e sistêmica, ambos pertencentes a classe inseticida das Diamidas antranílicas. Na década de 40, moléculas com atividade inseticida foram descobertas a partir de estudos com extratos da casca de *Ryania speciosa* (Flacourtiaceae), uma planta nativa da América do Sul e Central (WARE, 1982), essas moléculas foram denominadas rianoides (EDWARDS *et al.*, 1948; JEFFERIES *et al.*, 1992), que, posteriormente, seriam a base de desenvolvimento para os inseticidas da classe Diamida. Estes compostos agem sobre os canais de cálcio dos insetos,

rapidamente causando paralização e morte das pragas (TEIXEIRA; ANDALORO, 2013). Pelo seu mecanismo de ação incomum, as Diamidas são uma boa alternativa no manejo de resistência dos insetos, sendo efetivo contra espécies lepidópteras, coleópteras e dípteras, apresentando baixa toxicidade a mamíferos (TEIXEIRA; ANDALORO, 2013).

A Clotianidina é um inseticida de ação sistêmica, pertencente a classe Neonicotinóide, similar em ação ao Tiametoxam e Imidacloprid. Neonicotinóides estão entre as moléculas inseticidas mais difundidas no uso agrícola, com utilização extensiva a partir de 1990 (BLACQUIÈRE *et al.*, 2012). Essas moléculas foram desenvolvidas para substituir os compostos derivados da nicotina, que são mais tóxicos e degradam facilmente no ambiente, conferindo aos Neonicotinóides um aspecto de melhor persistência nas aplicações (SÁNCHEZ BAYO *et al.*, 2013). A Clotianidina pode ser uma alternativa aos Organofosforados, Carbamatos e Piretróides, pois é menos tóxica a mamíferos e previne a resistência dos insetos pela possibilidade de rotação de princípios ativos (SÁNCHEZ BAYO *et al.*, 2013).

Nos estudos de armazenamento seguro de sementes tratadas, os inseticidas possuem grande importância por representar adoção significativa em sementes de milho submetidas ao TSI, além de relatos de redução da qualidade durante o armazenamento (DEUNER *et al.*, 2014; MARIUCCI *et al.*, 2018; OLIVEIRA *et al.*, 2020; SALGADO; XIMENES *et al.*, 2013; TONIN *et al.*, 2014). Entretanto, alguns autores, analisando os efeitos de diferentes moléculas inseticidas na qualidade fisiológica de sementes, observaram efeitos positivos após a aplicação de produtos inseticidas mesmo sem a ação de pragas, atribuindo os benefícios ao fato que os ingredientes ativos estimularam a produção de proteínas precursoras de hormônios vegetais, favorecendo o vigor e germinação (ALMEIDA *et al.*, 2011; ALMEIDA *et al.*, 2012; CASTRO *et al.*, 2008).

Analisando os efeitos do TSI em sementes de milho, Silva *et al.* (2020) observaram perdas significativas de vigor pelo teste de envelhecimento acelerado, após 90 dias de armazenamento em sementes (Híbrido BM915 PRO) tratadas com Clotianidina, quando comparada aos tratamentos contendo Tiametoxam e Fipronil nas mesmas condições de armazém não climatizado. Com a possibilidade de fitotoxidez causada pelo inseticida durante o armazenamento, destacando a necessidade de maiores estudos quanto ao armazenamento seguro de sementes utilizando essa molécula.

Sementes de milho tratadas industrialmente com inseticida à base de Ciantraniliprole e Clotianidina, após 90 dias de armazenamento em temperatura ambiente demonstraram pior desenvolvimento na primeira contagem de germinação, comparado aos tratamentos individuais

de Clotianidina, Ciantraniliprole e Clorantraniliprole (DELIAN *et al.*, 2016). É possível observar que eventualmente a interação entre produtos pode intensificar os efeitos deletérios da fitotoxidez durante o armazenamento (DELIAN *et al.*, 2016; MARIUCCI *et al.*, 2018).

A concentração dos ingredientes ativos também tem grande importância no efeito fitotóxico exercido pelos produtos inseticidas. Kilic *et al.* (2015) avaliaram os efeitos negativos de doses crescentes de Clorantraniliprole no tratamento de sementes de milho, observando perdas na germinação e menor taxa de crescimento de plântulas à medida que a concentração do princípio ativo é aumentada. Os autores também notaram queda na qualidade das sementes mesmo nas concentrações recomendadas.

Nesse sentido, fica evidente a necessidade de estudos para avaliar e monitorar o armazenamento seguro para a qualidade fisiológica de sementes de milho tratadas com inseticidas, em função de diferentes moléculas e condições de armazenamento, para que assim, o tratamento possa ser realizado com antecedência para ganhos logísticos e tecnológicos, mantendo a qualidade fisiológica e a eficiência na proteção das sementes e plântulas.



### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Tratamento e armazenamento das sementes

O experimento foi realizado no Laboratório Central de Análise de Sementes, Departamento de Agricultura, localizado na Universidade Federal de Lavras, estado de Minas Gerais, Brasil. Segundo a classificação Köppen, o clima da região é temperado chuvoso (mesotérmico) (Cwa), com inverno seco e verão chuvoso (DANTAS *et al.*, 2007). Foram utilizadas sementes de milho dos híbridos simples BM950 PRO3 e BM709 PRO2, classificados em peneira C1M e R3M respectivamente, cedidos pela empresa Helix Sementes, Patos de Minas, MG. Os lotes são provenientes da safra 2019/2019, produzidas na cidade de Paracatu, MG, e apresentavam qualidade fisiológica inicial semelhante.

Ambos os genótipos foram tratados a priori com calda padrão composta pelos inseticidas K-Obiol<sup>®</sup> 25 CE (Deltametrina) e Actellic<sup>®</sup> 500 CE (Pirimifós-metílico) para pragas de armazenamento e o fungicida Derosal Plus<sup>®</sup> (Carbendazim + Tiram) (TABELA 1).

Tabela 1 – Composição da calda padrão utilizada no tratamento das sementes de milho.

Produto comercial	Ingrediente ativo	Classe	Dose do ingrediente ativo	Dose do produto comercial
Derosal Plus <sup>®</sup>	Carbendazim	Fungicida	9,00 g i.a. 60000 <sup>-1</sup> sementes	60 mL 60000 <sup>-1</sup> sementes
	Tiram	Fungicida	21,00 g i.a. 60000 <sup>-1</sup> sementes	
K-obiol <sup>®</sup>	Deltametrina	Inseticida	0,20 g i.a. 100 kg <sup>-1</sup> de sementes	8,00 mL 100 kg <sup>-1</sup> de sementes
Actellic <sup>®</sup>	Pirimifós metílico	Inseticida	0,80 g i.a. 100 kg <sup>-1</sup> de sementes	1,60 mL 100 kg <sup>-1</sup> de sementes

Fonte: Do autor (2020).

Em seguida as sementes foram tratadas com inseticidas adicionais por meio da tecnologia do tratamento industrial de sementes (TSI). Foram utilizados os produtos inseticidas Dermacor<sup>®</sup> (625 g L<sup>-1</sup> de Clorantraniliprole, inseticida sistêmico e de ingestão, grupo químico das Diamidas Antranílicas, suspensão concentrada para tratamento de sementes - FS; classificação toxicológica IV - pouco tóxico); Fortenza<sup>®</sup> 600 FS (600 g L<sup>-1</sup> de Ciantraniliprole, inseticida sistêmico de contato e ingestão, grupo químico das Diamidas Antranílicas, suspensão concentrada para tratamento de sementes - FS; classificação toxicológica I - extremamente tóxico) e Poncho<sup>®</sup> (600 g L<sup>-1</sup> de Clotianidina, inseticida sistêmico, grupo químico

Neonicotinóide, suspensão concentrada para tratamento de sementes - FS; classificação toxicológica III - medianamente tóxico). Na calda de tratamento também foi utilizado polímero (Biocroma<sup>®</sup>, densidade 1,05 a 1,15 g mL<sup>-1</sup>, viscosidade de 300 a 1000 cPs 25 °C<sup>-1</sup>, ph de 6 a 8) e água destilada, com finalização aplicando pó secante (Biogloss<sup>®</sup>, característica química de mistura de cargas minerais, 2,8 a 3,2 g mL<sup>-1</sup>, insolúvel em água). O detalhamento da calda de tratamento é apresentado na Tabela 2, todos os volumes finais de calda foram de 1500 mL 100 kg<sup>-1</sup> de sementes.

Tabela 2 – Produtos comerciais e doses utilizadas para o tratamento das sementes de milho.

Princípio ativo	Produto comercial <sup>1</sup>		Ingrediente ativo <sup>2</sup>	Pó secante <sup>2</sup>	Polímero <sup>1</sup>	Água <sup>1</sup>
Clorantraniliprole	Dermacor <sup>®</sup>	336	210	100	582	582
Ciantraniliprole	Fortenza <sup>®</sup>	350	210	100	575	575
Clotianidina	Poncho <sup>®</sup>	350	210	100	575	575
–	Controle	0	0	100	750	750

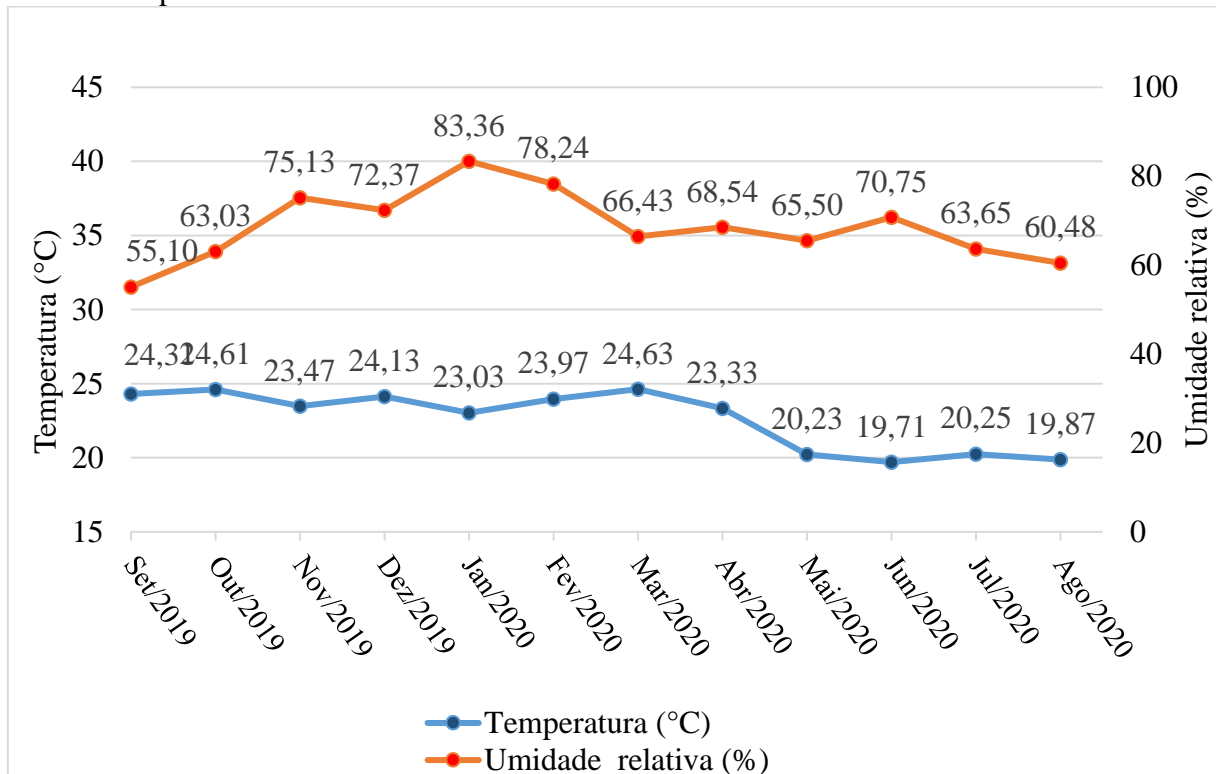
<sup>1</sup> mL 100 kg<sup>-1</sup> de sementes; <sup>2</sup> g 100 kg<sup>-1</sup> de sementes.

Fonte: Do autor (2020).

Para a realização dos tratamentos foi utilizada a máquina modelo Momesso Arktos Laboratório L5K com calibração de 15 hertz no inversor do equipamento, simulando o processo de tratamento industrial de sementes em bateladas. Foi realizada a aplicação subdividindo os lotes em 2,5 kg de sementes por tratamento, dividindo o volume total da calda em duas aplicações de 20 segundos para garantir a uniformidade da cobertura, seguido por 10 segundos para finalização com pó secante.

Em seguida, as sementes foram acondicionadas em saco de papel multifoliado e armazenadas em câmaras tipo BOD (Biochemical Oxygen Demand), com controle de temperatura. As temperaturas constantes simuladas ao longo do armazenamento foram 10, 20 e 30 °C. Não foi realizado o controle interno ou externo da umidade relativa nas câmaras. O tratamento e armazenamento foi realizado em quatro de setembro de 2019, e as avaliações da qualidade fisiológica das sementes foram feitas a 0 dia (logo após o tratamento), 90, 180, 270 e 360 dias após o armazenamento. As condições ambientais de temperatura e umidade relativa do ambiente durante o período de armazenamento estão na Figura 1.

Figura 1 – Valores médios da temperatura e umidade relativa do ambiente em Lavras durante o período de armazenamento.



Fonte: INMET (2021).

### 3.2 Avaliação da qualidade fisiológica

As análises da qualidade fisiológica das sementes foram realizadas por meio dos seguintes testes:

a) Grau de umidade: Foi avaliado pelo método de estufa a 105 °C durante 24 horas, em 4 repetições, conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem.

b) Germinação: As sementes foram distribuídas uniformemente entre duas folhas de papel germitest, com volume de água destilada para embebição na quantidade de 2,5 vezes o peso do papel seco. A seguir, os rolos foram acondicionados em germinador, tipo Mangelsdorf, à temperatura de 25 °C. Foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes. As avaliações foram realizadas aos sete dias após a semeadura e os resultados expressos em porcentagem, de acordo com os critérios estabelecidos nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

c) Primeira contagem de germinação: foi realizada em conjunto com o teste de germinação, contando-se o número de plântulas normais aos quatro dias após semeadura, os resultados foram expressos em porcentagem (BRASIL, 2009).

d) Germinação com vermiculita: a vermiculita expandida super fina foi umedecida com água destilada em 2,5 vezes o seu peso seco e os papéis germitest umedecidos com água destilada em quantidade equivalente a 2,5 vezes o seu peso seco. As sementes foram distribuídas sobre uma camada uniforme de 100 ml de vermiculita, disposta sobre o papel. Os rolos foram mantidos em germinador a 25 °C e as avaliações realizadas aos sete dias após a semeadura, semelhante ao teste de germinação descrito nas Regras para análise de sementes (BRASIL, 2009).

e) Primeira contagem de germinação com vermiculita: foi realizado em conjunto com o teste de germinação com vermiculita entre papel, contando-se o número de plântulas normais aos quatro dias após semeadura, os resultados foram expressos em porcentagem.

f) Emergência de plântulas sob condições controladas: o substrato utilizado foi composto pela mistura de areia + solo (na proporção 2:1, respectivamente), em seguida levado a bandejas plásticas. Após semeadura, sementes foram cobertas com uma camada entre 2-3 cm do substrato e umedecida a 60% da capacidade de retenção. As bandejas foram mantidas em câmara de crescimento vegetal à temperatura de 25 °C. Foram conduzidas quatro repetições de 50 sementes. A partir da emergência do primeiro coleótilo visível, foram realizadas avaliações diárias, computando-se o número de plântulas emergidas até o sétimo dia após a semeadura. Os resultados foram expressos em porcentagem da emergência de plântulas aos quatro e sete dias após a semeadura.

g) Velocidade de emergência de plântulas: foi realizado em conjunto com a emergência de plântulas, a partir da emergência das primeiras plântulas, foram feitas contagens diárias até o sétimo dia, com os resultados expressos em índice de velocidade de emergência (IVE), de acordo com cálculo proposto por Maguire (1962).

h) Envelhecimento acelerado com germinação em papel: o método utilizado foi o da caixa plástica tipo gerbox adaptada, contendo 40 mL de água destilada e uma camada única de sementes cobrindo toda a tela suspensa. Posteriormente, as caixas tampadas foram mantidas em câmara tipo BOD a 42 °C por 96 horas (MARCOS FILHO, 1999). Em seguida, quatro repetições de 50 sementes foram submetidas a metodologia descrita para o teste de germinação (BRASIL, 2009), e a avaliação foi realizada quatro dias após a semeadura, com os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais.

i) Envelhecimento acelerado com semeadura em substrato: Foi utilizada caixa plástica tipo gerbox adaptada, contendo 40 mL de água destilada e uma camada única de sementes cobrindo toda a tela suspensa. As caixas foram mantidas em câmara tipo BOD a 42 °C por 96 horas (MARCOS FILHO, 1999). A semeadura de quatro repetições de 50 sementes foi realizada em bandejas plásticas contendo como substrato areia + solo na proporção 2:1. Após a semeadura, o substrato foi molhado até 60% da sua capacidade de retenção e as bandejas foram mantidas em câmara de crescimento vegetal à temperatura de 25 °C. Foi considerada a porcentagem da emergência de plântulas normais aos quatro dias após a semeadura.

j) Teste de frio: Foi utilizado substrato constituído de 2/3 de areia e 1/3 de solo, depositado em caixas plásticas. As sementes foram distribuídas uniformemente e cobertas com uma camada de aproximadamente 2-3 cm do substrato, que foi molhado até atingir 70% da sua capacidade de retenção. Foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes. As sementes permaneceram em câmara fria durante sete dias a 10 °C. Em seguida, foram levadas até a câmara de crescimento vegetal regulada a 25 °C por sete dias, ao final do período foi feita a contagem de plântulas normais emergidas e os resultados expressos em porcentagem (CASEIRO; MARCOS FILHO, 2002).

### **3.3 Delineamento experimental e análise estatística**

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, constituindo fatorial 4x3x5, sendo quatro tratamentos de sementes com ingredientes ativos descritos na Tabela 2, três temperaturas ao longo do armazenamento (10, 20 e 30 °C) e cinco períodos de armazenamento (0, 90, 180, 270 e 360 dias). Os híbridos de milho foram analisados de forma independente.

As análises estatísticas foram realizadas por meio da análise de variância com auxílio do software Sisvar<sup>®</sup> (FERREIRA, 2014), a 5% de probabilidade pelo teste F ( $p < 0,05$ ), com o uso do teste de Tukey para análise das médias das fontes de variação qualitativas. Para as fontes quantitativas foram realizadas análises de regressão polinomial, com a escolha de modelos matemáticos significativos a 5%, com maior coeficiente de determinação.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Por meio das análises de variância foi possível observar diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) nos diferentes inseticidas, temperaturas e períodos de armazenamento, com ou sem interações entre os fatores, em função de cada parâmetro fisiológico (TABELA 1A, ANEXO).

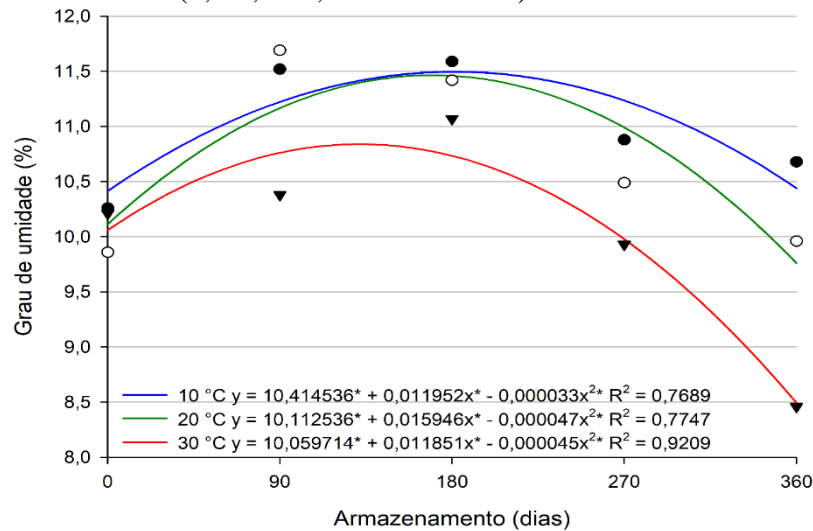
Para o híbrido BM950 PRO3 os coeficientes de variância oscilaram de 1,43 a 4,24%. Os testes de umidade e envelhecimento acelerado com germinação em papel apresentaram interação tripla entre os fatores, para umidade a interação armazenamento e temperatura também foi significativa. A primeira contagem de germinação com vermiculita e o envelhecimento acelerado com emergência de plântulas em substrato tiveram interações duplas significativas. Nas avaliações de primeira contagem de germinação, germinação com vermiculita, emergência de plântulas quatro e sete dias, índice de velocidade de emergência de plântulas e teste de frio, foram constatados efeitos isolados das fontes de variação (TABELA 1A, ANEXO).

Para o híbrido BM709 PRO2 os coeficientes de variância foram de 1,67 a 3,94%. Para o teste de umidade ocorreu interação tripla significativa, como também interação armazenamento e temperatura. As avaliações de germinação, primeira contagem de germinação com vermiculita, emergência de plântulas quatro e sete dias, índice de velocidade de emergência de plântulas, envelhecimento acelerado com germinação em papel, envelhecimento acelerado com emergência de plântulas em substrato e teste de frio apresentaram interações duplas significativas. A primeira contagem de germinação e germinação com vermiculita tiveram significância isolada com os fatores (TABELA 1A, ANEXO).

### 4.1 Híbrido BM950 PRO3

De modo geral, os graus de umidade apresentaram tendências semelhantes ao longo do armazenamento, com baixa umidade inicial das sementes seguida de elevação do teor de água até 180 dias e posterior queda (FIGURA 2). Isso pode ser explicado pelo equilíbrio higroscópico entre as sementes e o ambiente, o início do armazenamento ocorreu no mês de setembro, início da primavera, assim com a elevação da umidade relativa do ambiente em função das estações primavera e verão (FIGURA 1), com conseqüente aumento da umidade das sementes nos primeiros 180 dias.

Figura 2 – Grau de umidade (%) de sementes de milho híbrido BM950 PRO3 em função das temperaturas de 10 (●), 20 (○) e 30 °C (▼), avaliados após períodos de armazenamento (0, 90, 180, 270 e 360 dias).



\*Significativo a 5%.

Fonte: Do autor (2021).

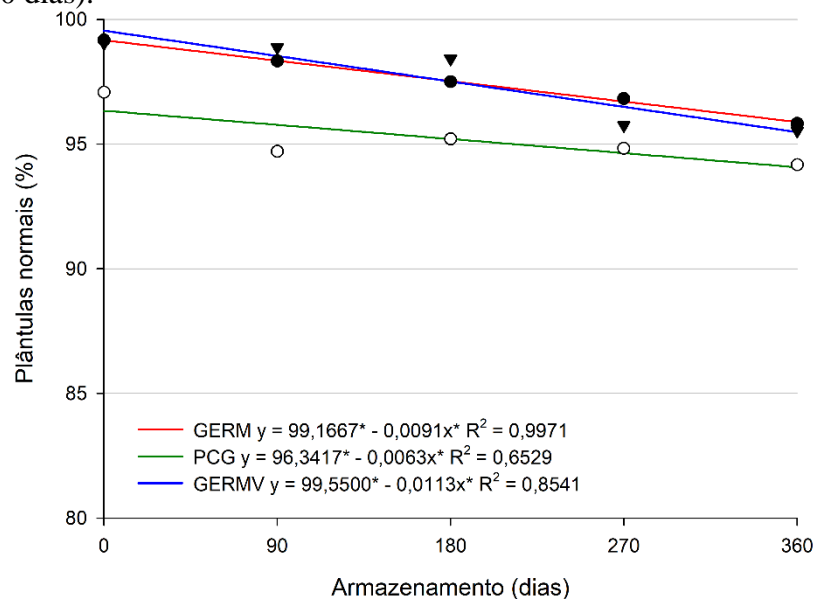
As umidades oscilaram entre 8,5 e 11,5%, sementes armazenadas a 30 °C apresentaram teores de água inferiores às demais temperaturas após 90 dias de armazenamento. Já entre 10 e 20 °C, a diferenciação dos valores ocorreram após 180 dias. Temperaturas maiores no armazenamento proporcionaram menores umidades relativas, com aumento da diferença entre tratamentos à medida que o período de armazenamento é prolongado. Ao final do período, sementes armazenadas a 30 e 10 °C apresentaram umidades de aproximadamente 8,5% e 10,5%, respectivamente (FIGURA 2).

Este fato está relacionado a alguns fatores envolvidos no equilíbrio higroscópico das sementes, como temperatura e umidade relativa do ambiente. As variações da umidade das sementes ocorrem de acordo com o ambiente de armazenamento, sendo maiores temperaturas favoráveis a secagem gradual (SANTOS *et al.*, 2020). A elevação da capacidade de retenção de água do ar em maiores temperaturas proporciona maior perda de água das sementes para o ambiente (MARCOS FILHO, 2016).

O tempo e condições de armazenamento são importantes fatores a serem considerados na produção de sementes (CARVALHO *et al.*, 2015). Dessa forma, em função da análise dos dados, para as variáveis respostas germinação, primeira contagem de germinação, germinação com vermiculita, emergência de plântulas quatro e sete dias após a semeadura, teste de frio e índice de velocidade de emergência de plântulas, o efeito isolado do período de armazenamento foi significativo (FIGURAS 3, 4 e 5).

A germinação média após a aplicação dos produtos fitossanitários e anterior ao armazenamento foi de 99,17%, o que comprova a alta qualidade inicial do material, então apto para ser utilizado no tratamento industrial de sementes (TSI). A queda de germinação estimada ao longo do armazenamento foi linear inversa, com taxa de deterioração de 0,82% a cada 90 dias e perda de aproximadamente 1% do potencial de germinação aos 110 dias de armazenamento. Proporcionando aos 90, 180, 270 e 360 dias valores estimados de 98,35%, 97,53%, 96,71% e 95,89%, respectivamente (FIGURA 3).

Figura 3 – Porcentagens de germinação (GERM, %, ●), primeira contagem de germinação (PCG, %, ○) e germinação com vermiculita (GERMV, %, ▼) de sementes de milho híbrido BM950 PRO3 em função de períodos de armazenamento (0, 90, 180, 270 e 360 dias).



\*Significativo a 5%.

Fonte: Do autor (2021).

Mesmo com redução significativa da germinação durante o período de armazenamento, não houve queda da qualidade abaixo de 85% mesmo após 360 dias de armazenamento, assim, poderia ser comercializada de acordo com a legislação nacional (BRASIL, 2013). Comportamentos semelhantes foram observados para a germinação entre papel e vermiculita (FIGURA 3), com valores próximos, indicando a possibilidade de utilização desse substrato quando pertinente. Com o uso da vermiculita, a taxa de deterioração estimada é de aproximadamente 1% a cada 90 dias de armazenamento.

De forma semelhante, a primeira contagem de germinação demonstra tendência de queda da qualidade à medida que período de armazenamento é prolongado, evidenciando não só a perda gradual da capacidade de formar plântulas normais, como também o tempo

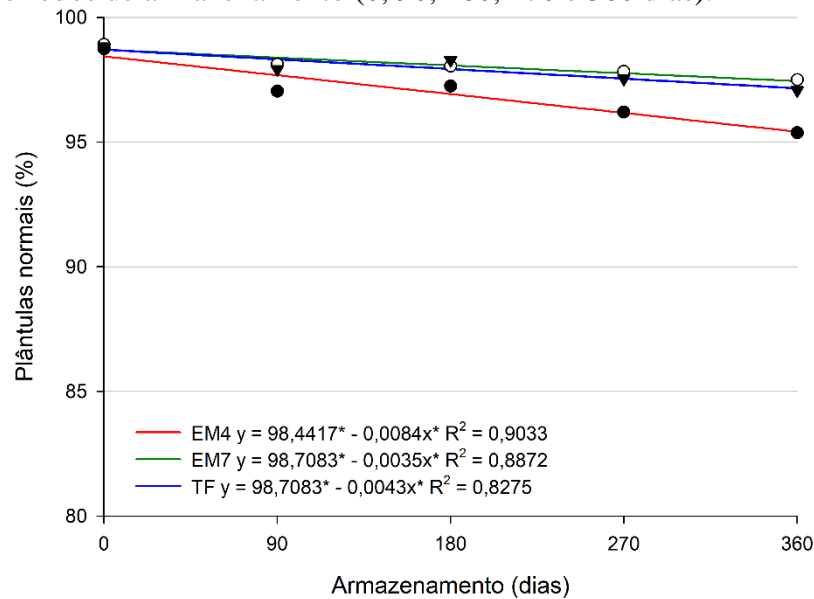


necessário para concluir o processo de germinação até a formação de plântulas normais. O que reforça a importância da segunda contagem, principalmente para sementes tratadas e armazenadas por um período maior. A perda de vigor, por meio desse teste é estimada de 0,57% a cada 90 dias, proporcionando os valores de 95,77%, 95,21%, 94,64% e 94,07% aos 90, 180, 270 e 360 dias, respectivamente (FIGURA 3).

Avaliando o potencial de germinação de sementes de milho no decorrer do armazenamento, Heberle *et al.* (2019) também constataram queda nas curvas de tendência de todos os lotes após 90 dias, independente do ambiente de armazenamento. No entanto, os autores destacaram a importância de temperaturas baixas e menor umidade relativa do ambiente na manutenção da qualidade por maior período, com qualidade mínima de comercialização ( $GEM \geq 85\%$ ) até 450 dias após o armazenamento em câmara fria.

A queda da qualidade fisiológica das sementes pode ser observada não só em testes realizados em condições ideais, como também sob circunstâncias que simulam o estabelecimento no campo. Por isso, a emergência de plântulas em substrato aos quatro e sete dias, e do teste de frio, apresentaram tendências semelhantes às observadas para a germinação, com tendência linear inversa, porém, com intensidades distintas. As taxas de degradações estimadas foram de 0,76%, 0,35% e 0,39% a cada 90 dias para as emergências aos quatro dias, sete dias e teste de frio, respectivamente (FIGURA 4). Evidenciando a perda não só de germinação, mas também do vigor das sementes ao longo do armazenamento.

Figura 4 – Porcentagens de emergência de plântulas quatro (EM4, %, ●) e sete dias (EM7, %, ○) e teste de frio (TF, %, ▼) de sementes de milho híbrido BM950 PRO3 em função de períodos de armazenamento (0, 90, 180, 270 e 360 dias).



\*Significativo a 5%.

Fonte: Do autor (2021).

Ficou evidente a alta qualidade fisiológica inicial do lote, pois todos os valores dos testes, mesmo após 360 dias de armazenamento, apresentaram valores acima de 90% (FIGURAS 3 e 4). Desempenho similar foi observado por Heberle *et al.* (2019) utilizando a cultivar de milho BR 106, com valores iniciais de germinação de 99%, que após 360 dias de armazenamento em câmara fria ( $12 \pm 2$  °C/ $60 \pm 5$ % UR) apresentou 92%.

Salienta-se que os testes de emergência aos sete dias e teste de frio, nas avaliações aos 360 dias, proporcionaram maiores resultados, com 97,50% e 97,08% respectivamente, em relação ao teste de germinação em papel com 95,83% (FIGURAS 3 e 4). Fato que gera questionamentos quanto a metodologia do teste padrão de germinação de sementes de milho (BRASIL, 2009), que pode ser utilizada para emissão de boletins dos lotes comercializados, principalmente envolvendo produtos fitossanitários.

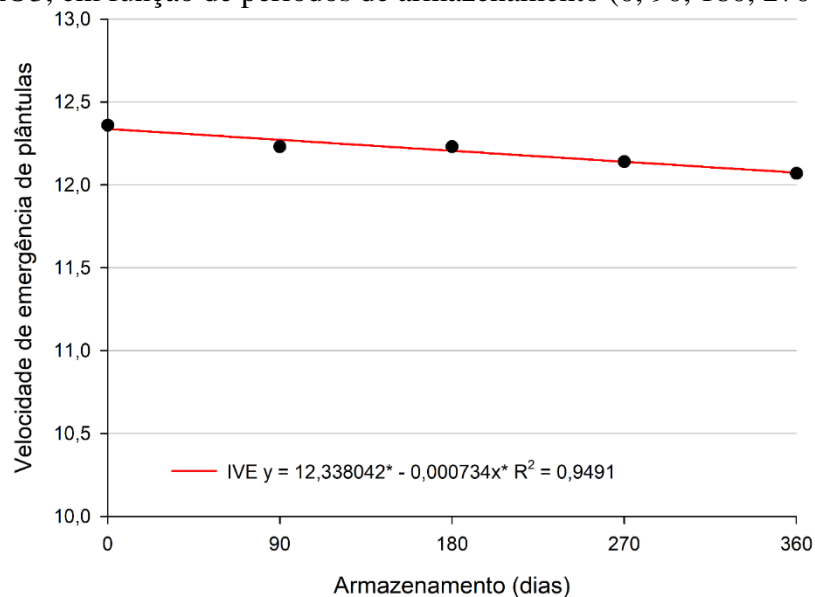
Avaliando a correlação entre emergência de plântulas em campo e testes de vigor como forma de estimar a formação do estande de milho, Lovato *et al.* (2005) observaram maior representatividade do teste de frio ( $r = 0,71$ ) em relação a germinação padrão em laboratório ( $r = 0,51$ ).

A área de contato entre produtos agroquímicos e sementes tratadas é exponencialmente maior nos testes de germinação entre papel, quando comparado à sementeira em substrato (ALVARENGA *et al.*, 2020). Isso pode explicar o baixo desempenho das sementes tratadas nos

testes realizados em papel, causado pela maior exposição a produtos potencialmente tóxicos às sementes, principalmente com relação aos inseticidas (ROCHA *et al.*, 2020).

Não só o total de plântulas emergidas é afetado por maiores períodos de armazenamento, a velocidade de emergência das plântulas também sofre quedas expressivas. Por meio de cálculo do índice de velocidade de emergência, foi constatado valor médio de 12,36 no início do armazenamento, com efeito linear inverso e taxa de deterioração estimada de aproximadamente 0,007 a cada 90 dias. Quanto maior período de armazenamento, menor o índice de velocidade de emergência, proporcionando queda até 12,07 após 360 dias, evidenciando a perda de vigor das sementes no decorrer do armazenamento (FIGURA 5).

Figura 5 – Índice de velocidade de emergência (IVE) de plântulas de milho híbrido BM950 PRO3, em função de períodos de armazenamento (0, 90, 180, 270 e 360 dias).



\*Significativo a 5%.

Fonte: Do autor (2021).

Em condição de campo, esse fato pode ser determinante para o estabelecimento satisfatório do estande. Menores velocidades de crescimento e desenvolvimento podem expor as plântulas a deterioração nos momentos iniciais do estabelecimento, em que a sensibilidade ao ataque de pragas e doenças é maior, causando perda de plantas e, conseqüentemente, queda na produtividade (VAZ MONDO *et al.*, 2012).

Avaliando as diferenças de vigor entre sementes de milho híbrido, Noli *et al.* (2008) também constataram queda da velocidade de emergência de plântulas provenientes de sementes armazenadas por maior período.

Considerando a temperatura de armazenamento como um fator essencial para a manutenção da viabilidade de sementes de milho, essa fonte de variação afetou significativamente os resultados dos testes de germinação, primeira contagem de germinação, germinação com vermiculita, primeira contagem de germinação com vermiculita, emergência de plântulas quatro e sete dias após a semeadura, índice de velocidade de emergência de plântulas e teste de frio (TABELA 3).

Tabela 3 – Médias de germinação (GERM, %), primeira contagem de germinação (PCG, %), germinação com vermiculita (GERMV, %), primeira contagem de germinação com vermiculita (PCGV, %), emergência de plântulas quatro (EM4, %) e sete dias (EM7, %), velocidade de emergência de plântulas (IVE, índice) e teste de frio (TF, %) de sementes de milho híbrido BM950 PRO3 em função das temperaturas de armazenamento (TEMP, °C).

TEMP	GERM	PCG	GERMV	PCGV	EM4	EM7	IVE	TF
10	98,15 a*	95,78 a	97,95 a	96,05 a	97,53 a	98,60 a	12,27 a	98,43 a
20	97,65 a	95,18 ab	97,60 ab	95,36 ab	96,88 ab	98,00 b	12,19 b	98,00 ab
30	96,80 b	94,65 b	97,03 b	94,85 b	96,38 b	97,65 b	12,15 b	97,38 b
Média	97,53	95,2	97,53	95,43	96,93	98,08	12,21	97,93
CV (%)	1,5	2,04	1,78	2,26	1,9	1,51	1,43	1,83

\*Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste Tukey, significativo a 5%.

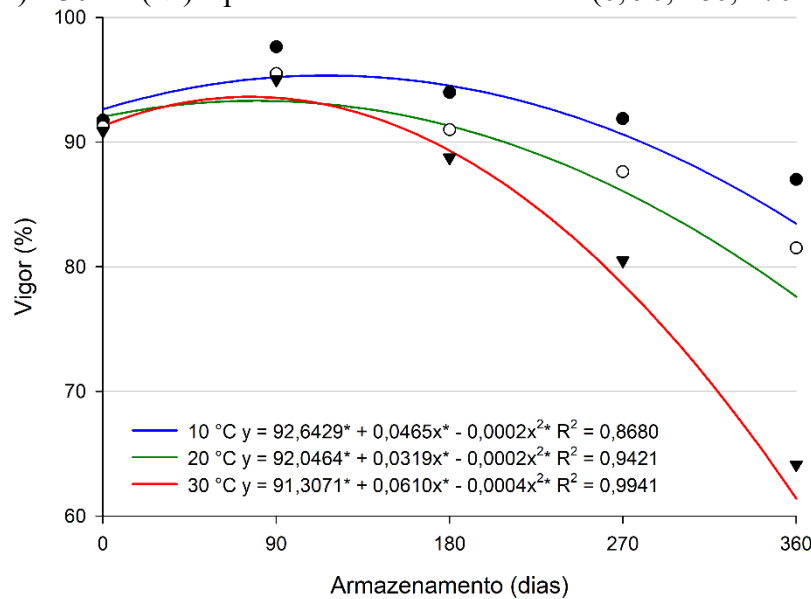
Fonte: Do autor (2021).

A temperatura inadequada de armazenamento de 30 °C proporcionou médias inferiores em todos os testes em relação à 10 °C (TABELA 3). O que reforça a importância da temperatura na manutenção da qualidade das sementes armazenadas. A utilização de menores temperaturas é crucial para preservar a qualidade de sementes de milho durante o armazenamento, com sua faixa ideal abaixo de 20 °C (RAHMAWATI; MUHAMMAD, 2020).

Sementes armazenadas na temperatura de 20 °C apresentaram germinação superior às armazenadas em 30 °C, no entanto, nos testes de vigor, houve igualdade estatística com a temperatura de 30 °C (TABELA 3). O que demonstra a queda de vigor antes da perda do potencial germinativo (DELOUCHE, 2002), isto é um indicativo da condição de estresse que posteriormente poderá prejudicar a germinação caso o armazenamento em 20 °C se prolongue.

A importância da temperatura de armazenamento fica evidente, principalmente sobre o vigor das sementes, conforme pode ser observado na Figura 6, com os resultados do teste de envelhecimento acelerado com semeadura em substrato, onde as temperaturas de armazenamento foram significativas na expressão do vigor das sementes.

Figura 6 – Porcentagens de vigor após envelhecimento acelerado com semeadura em substrato de sementes de milho híbrido BM950 PRO3, em função das temperaturas de 10 (●), 20 (○) e 30 °C (▼) e períodos de armazenamento (0, 90, 180, 270 e 360 dias).



\*Significativo a 5%.

Fonte: Do autor (2021).

Os desempenhos foram próximos até 90 dias, no entanto, com o avanço do período de armazenamento os efeitos da temperatura sobre o vigor se acentuam (FIGURA 6). Apesar de 10 °C já proporcionar desempenho superior aos 90 dias de armazenamento, a partir de 180 dias fica claro a relação entre menores temperaturas e maior vigor no armazenamento. Após 360 dias, o armazenamento com as temperaturas de 10, 20 e 30 °C proporcionaram 87%, 77% e 64%, respectivamente. De modo geral, ao final de 360 dias de armazenamento, no intervalo entre 10 e 30 °C, a cada 1 °C de elevação de temperatura de armazenamento, foi perdido 1% de vigor. O que demonstra a importância da condição de armazenamento, mesmo para lote de elevado vigor inicial, sobretudo em períodos superiores a 180 dias.

Para sementes híbridas de milho tratadas, a predição do período seguro de armazenamento é muito importante, já que estas sementes, comercialmente, podem ficar armazenadas por mais de seis meses antes da semeadura (DEUNER *et al.*, 2014), e os efeitos latentes que prejudicam o desenvolvimento das plântulas é intensificado quando o armazenamento é prolongado em ambiente inadequado, conforme constatado na Figura 6.

Maiores temperaturas no armazenamento são responsáveis pela aceleração da taxa metabólica e respiração, favorecendo reações bioquímicas que degradam proteínas e membranas, além de consumir as reservas das sementes, inibindo o vigor e, posteriormente, a germinação, diminuindo o tempo de viabilidade no armazém (STEFANELLO *et al.*, 2015). Em

associação com produtos inseticidas para o tratamento de sementes esses efeitos degenerativos podem ser potencializados (DEUNER *et al.*, 2014).

Com relação aos produtos inseticidas utilizados no tratamento de sementes, houve efeito significativo dos produtos fitossanitários nas avaliações de germinação, germinação com vermiculita e envelhecimento acelerado com emergência de plântulas em substrato, além do teste de frio (TABELA 4).

Tabela 4 – Médias de germinação (GERM, %), germinação com vermiculita (GERMV, %), envelhecimento acelerado com semeadura em substrato (EAS, %) e teste de frio (TF, %) de sementes de milho híbrido BM950 PRO3, em função de diferentes inseticidas.

Inseticidas	GERM	GERMV	EAS	TF
Controle	97,47 ab*	98,23 a	90,23 a	98,23 a
Dermacor <sup>®</sup>	97,13 b	98,10 a	89,67 a	97,60 a
Fortenza <sup>®</sup>	98,03 a	96,97 b	87,67 b	98,33 a
Poncho <sup>®</sup>	97,50 ab	96,80 b	86,67 b	97,57 a
Média	97,53	97,53	88,56	97,93
CV (%)	1,5	1,78	4,24	1,83

\*Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste Tukey, significativo a 5%.

Fonte: Do autor (2021).

Nenhum dos tratamentos de sementes com inseticidas diferiu significativamente do Controle na porcentagem de germinação, indicando que os ingredientes ativos utilizados nas formulações não foram prejudiciais à germinação das sementes híbridas de milho, com o armazenamento de até 360 dias, independente da temperatura (TABELA 4). Por isso, mesmo na ocorrência de danos às membranas causadas pelos tratamentos, as enzimas antioxidantes podem atuar para mitigar os efeitos negativos e garantir uma germinação satisfatória (ALSCHER *et al.*, 2002), principalmente quando a qualidade inicial do lote é elevada. Sementes tratadas com Fortenza<sup>®</sup> apresentaram germinação superior às tratadas com Dermacor<sup>®</sup> (TABELA 4), indicando que os efeitos são distintos entre moléculas inseticidas.

No teste de germinação com utilização de vermiculita entre os papéis, para sementes tratadas com o Controle e Dermacor<sup>®</sup>, foram constatados resultados superiores aos demais (TABELA 4).

Vale salientar a alta qualidade inicial do lote utilizado, visto que, mesmo envolvendo o tratamento com inseticidas e períodos de armazenamento de até 360 dias, os valores médios de germinação, em ambas as metodologias, ficaram acima de 96% (TABELA 4). Portanto, demonstrando para sementes com elevado nível de qualidade inicial baixo efeito fitotóxico

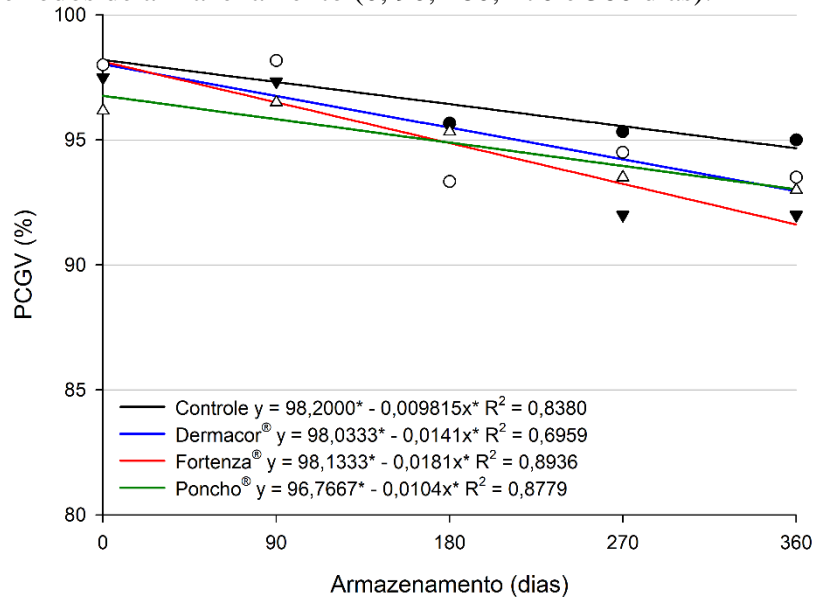
desses produtos à germinação, característica desejável, principalmente no tratamento industrial de sementes (TSI).

A utilização da vermiculita entre os papéis tem a função de simular as interações com os coloides do solo e sua capacidade de retenção da solução no entorno das sementes (ALVARENGA et al., 2020). Assim, no momento da embebição a semente não absorverá os produtos rapidamente e/ou em concentrações muito elevadas, amenizando possíveis efeitos danosos ao embrião, situação mais próxima à que ocorre em semeadura no campo pela ação das partículas do solo.

Semelhante ao observado para germinação com vermiculita, o vigor por meio de envelhecimento acelerado com semeadura em substrato, foi maior nas sementes Controle e nas tratadas com Dermacor<sup>®</sup> (TABELA 4), mas todos os tratamentos apresentaram valores acima de 86%. Alguns produtos inseticidas podem afetar o vigor das sementes de milho, como observado por Oliveira *et al.* (2020) no tratamento seguido de armazenamento com Clotianidina, Tiametoxam e Fipronil, que proporcionou os menores valores com relação ao Controle. Observa-se também, pelos resultados da Tabela 4, que no teste de frio não houve diferenças significativas entre os tratamentos, com vigor acima de 97%.

Para a primeira contagem de germinação com vermiculita (FIGURA 7), sementes do tratamento Controle apresentaram valores superiores ao longo do armazenamento, principalmente em períodos mais avançados, e a taxa de deterioração estimada foi de 0,88% a cada 90 dias, com média estimada de aproximadamente 95% após 360 dias de armazenamento. Já para as sementes tratadas, a taxa de deterioração foi de 1,30%, 0,94% e 1,63% a cada 90 dias para Dermacor<sup>®</sup>, Poncho<sup>®</sup> e Fortenza<sup>®</sup>, respectivamente. Ao final do período de armazenamento, sementes com esses tratamentos apresentaram média de 93,5%, 93,0% e 92,0%, respectivamente. Reiterando que os tratamentos com esses inseticidas, mesmos após 360 dias de armazenamento, apresentaram baixo efeito fitotóxico para sementes de alta qualidade inicial.

Figura 7 – Porcentagens de plântulas normais na primeira contagem de germinação com vermiculita (PCGV) de sementes de milho híbrido BM950 PRO3, em função dos tratamentos Controle (●), Dermacor® (○), Fortenza® (▼) e Poncho® (△) em períodos de armazenamento (0, 90, 180, 270 e 360 dias).



\*Significativo a 5%.

Fonte: Do autor (2021).

Os tratamentos inseticidas demonstraram tendências semelhantes ao Controle, no entanto, com intensidades distintas, apresentando taxa de deterioração mais acentuada ao longo do armazenamento (FIGURA 7). O desempenho inicial das sementes tratadas com Poncho® (Clotianidina) foi inferior na primeira avaliação, essa menor porcentagem de plântulas normais pode ser causada por leve toxidez inicial ao produto após a aplicação. Vale salientar, que esse produto utiliza como ingrediente ativo a Clotianidina, que é o único do grupo químico dos Neonicotinóides, os demais inseticidas avaliados são do grupo das Diamidas antranílicas.

O comportamento semelhante na tendência dos dados referentes aos produtos Dermacor® (Clorantraniliprole) e Fortenza® (Ciantraniliprole) (FIGURA 7) provavelmente se deve a característica semelhante de seus ingredientes ativos, ambos pertencentes ao grupo químico das Diamidas antranílicas, em contraste com a ação da Clotianidina, um Neonicotinóide, na formulação do inseticida Poncho®, que possui relatos de toxidez após o tratamento de sementes de milho (SILVA *et al.*, 2020). Segundo Antonello *et al.* (2009), os ingredientes ativos de inseticidas podem prejudicar o desenvolvimento embrionário de sementes de milho após o tratamento ou em curto período de armazenamento.

Relatos adicionais de toxidez foram reportados por Oliveira *et al.* (2020), que observaram perda de vigor em sementes de milho tratadas com Clotianidina, Tiametoxam e Fipronil, sendo os dois primeiros pertencentes ao grupo dos Neonicotinóides e o último do



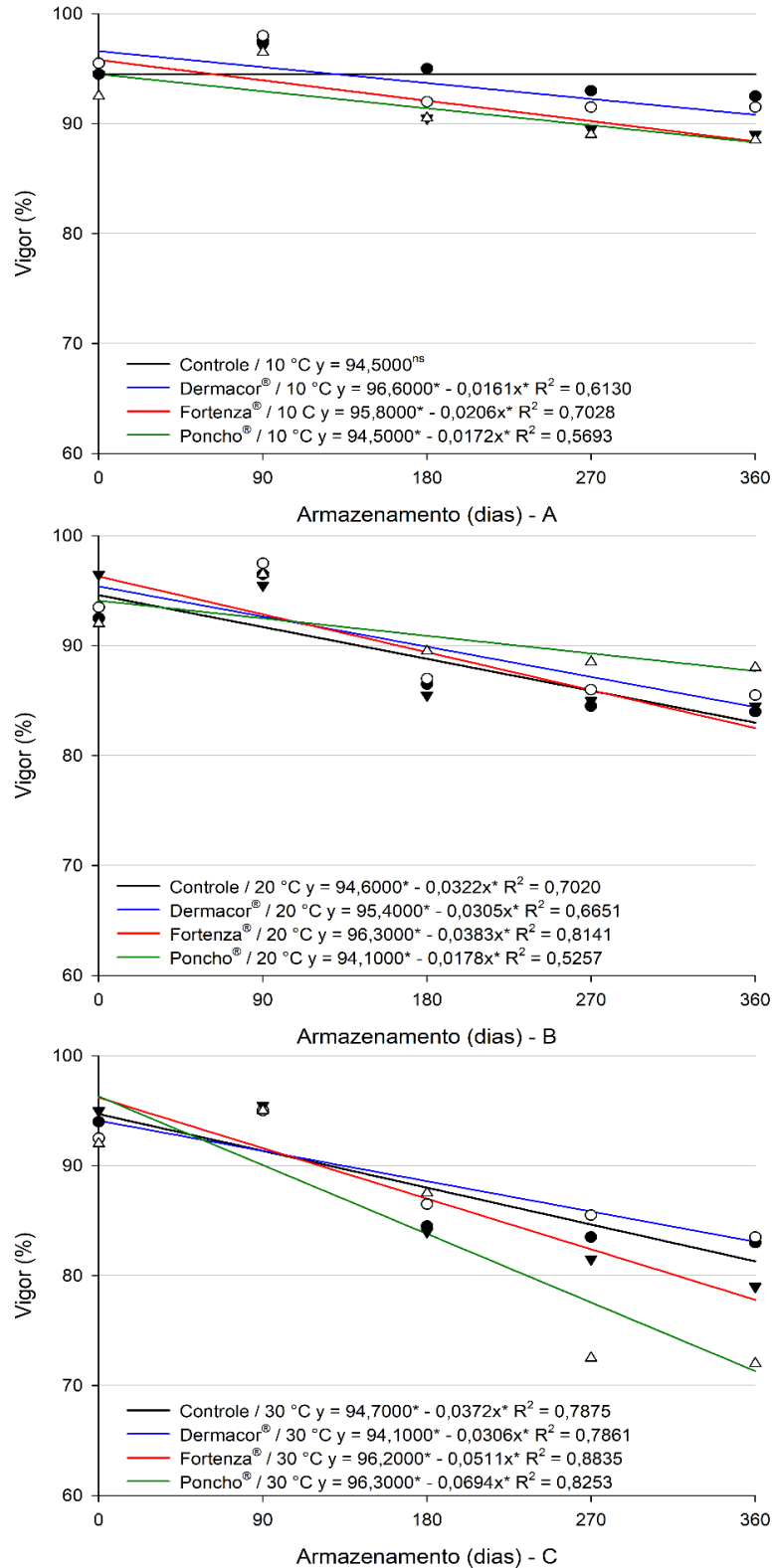
grupo químico Pirazol, após armazenamento por nove meses. Estudando os efeitos da fitotoxidez de inseticidas no tratamento de sementes após o armazenamento, Delian *et al.* (2016) relataram fitotoxidez com Ciantraniliprole e Clotianidina em sementes de milho, destacando que os resultados podem variar de acordo com misturas e concentrações de ingredientes ativos, além de características do ambiente e período de armazenagem.

Para o vigor por meio do envelhecimento acelerado com germinação em papel, o tratamento Controle a 10 °C não demonstrou diferença significativa no decorrer do período de avaliações, mantendo-se com valor médio de 94,5%, em decorrência do bom desempenho dessa temperatura em preservar a qualidade por até 360 dias sem a aplicação dos tratamentos inseticidas (FIGURA 8A). Já para as sementes tratadas houve deterioração moderada do vigor mesmo com armazenamento a 10 °C, com taxas estimadas em 1,45%, 1,55% e 1,85% a cada 90 dias para Dermacor<sup>®</sup>, Poncho<sup>®</sup> e Fortenza<sup>®</sup>, respectivamente (FIGURA 8A). Dentre todas as temperaturas, as taxas de deterioração em temperatura de 10 °C foram as menores em todos os tratamentos inseticidas, reafirmando essa temperatura como a mais adequada para preservar a qualidade das sementes tratadas por períodos maiores.

Com a temperatura de armazenamento de 20 °C a tendência de deterioração ocorreu, de forma linear inversa também para o Controle, e maior queda do vigor em relação a 10 °C. Os tratamentos Poncho<sup>®</sup>, Dermacor<sup>®</sup>, Controle e Fortenza<sup>®</sup> proporcionaram respectivamente as taxas de deterioração de 1,60%, 2,75%, 2,90% e 3,45% a cada 90 dias de armazenamento em 20 °C (FIGURA 8B), reiterando a capacidade da temperatura do ambiente em acelerar o processo de deterioração.

Em 30 °C, o inseticida Dermacor<sup>®</sup>, seguido pelo tratamento Controle apresentaram os maiores valores de vigor, em relação aos demais tratamentos inseticidas, similar aos resultados observados em 10 °C após 360 dias de armazenamento. As taxas de deterioração estimadas para os tratamentos Dermacor<sup>®</sup>, Controle, Fortenza<sup>®</sup> e Poncho<sup>®</sup> foram de 2,75%, 3,35%, 4,60% e 6,25%, respectivamente, a cada 90 dias de armazenamento em condição de 30 °C (FIGURA 8C). Mesmo utilizando sementes de alta qualidade inicial, houve danos cumulativos causados pelo armazenamento em alta temperatura, associado aos ingredientes ativos inseticidas para o vigor das sementes. O que demonstra a importância das condições de armazenamento sobretudo para sementes tratadas com moléculas inseticidas.

Figura 8 – Porcentagens de vigor após envelhecimento acelerado com germinação em papel de sementes de milho híbrido BM950 PRO3, em função dos tratamentos Controle (●), Dermacor® (○), Fortenza® (▼) e Poncho® (△), nas temperaturas de 10 (A), 20 (B) e 30 °C (C) e períodos de armazenamento (0, 90, 180, 270 e 360 dias).



\*Significativo a 5%; <sup>ns</sup> não significativo.

Fonte: Do autor (2021).

Analisando o efeito dos inseticidas no vigor das sementes, quando armazenadas em condições adequadas em 10 e 20 °C, foi possível observar que os produtos não agravaram a deterioração, tendo em vista que ocorreu igualdade estatística com o tratamento Controle por até 360 dias após o envelhecimento acelerado com germinação em papel (TABELA 5). Este fato é importante para destacar a aptidão dos produtos comerciais na utilização para o TSI em sementes de milho, desde que estas sejam armazenadas em condições adequadas de baixa temperatura (10 e 20 °C) após o tratamento.

No entanto, em ambiente inadequado de armazenamento de 30 °C ficou claro o efeito negativo que alguns princípios ativos podem provocar no vigor das sementes, principalmente em períodos de armazenamento prolongados. Este fato pôde ser comprovado pelo desempenho de sementes tratadas com inseticida Poncho® após 270 e 360 dias em 30 °C, atingindo valores inferiores aos demais tratamentos (TABELA 5). O efeito negativo no vigor, provavelmente é devido ao seu princípio ativo distinto dos demais, com ação a base de Clotianidina, um Neonicotinóide de segunda geração, em que existem relatos da sua toxidez no uso do TSI em sementes de milho (OLIVEIRA *et al.*, 2020). Já os demais ativos testados são diamidas antranílicas.

Tabela 5 – Médias de vigor (%) após envelhecimento acelerado com germinação em papel de sementes de milho híbrido BM950 PRO3, em função de períodos de armazenamento (ARM), temperaturas (TEMP) e inseticidas.

TEMP (°C)	ARM (dias)	Inseticidas			
		Controle	Dermacor <sup>®</sup>	Fortenza <sup>®</sup>	Poncho <sup>®</sup>
10	0	94,50 aA*	95,50 aA	94,50 aA	92,50 aA
	90	97,50 aA	98,00 aA	97,00 aA	96,50 aA
	180	95,00 aA	92,00 aA	90,50 aA	90,50 aA
	270	93,00 aA	91,50 aA	89,50 aA	89,00 aA
	360	92,50 aA	91,50 aA	89,00 aA	88,50 aA
20	0	92,50 aA	93,50 aA	96,50 aA	92,00 aA
	90	96,50 aA	97,50 aA	95,50 aA	96,50 aA
	180	86,50 bA	87,00 abA	85,50 abA	89,50 aA
	270	84,50 bA	86,00 bA	85,00 abA	88,50 aA
	360	84,00 bA	85,50 bA	84,50 aA	88,00 aA
30	0	94,00 aA	92,50 aA	95,00 aA	92,00 aA
	90	95,00 aA	95,00 aA	95,50 aA	95,00 aA
	180	84,50 bA	86,50 bA	84,00 bA	87,50 aA
	270	83,50 bA	85,50 bA	81,50 bA	72,50 bB
	360	83,00 bA	83,50 bA	79,00 bA	72,00 bB
Média		89,84			
CV (%)		3,33			

\*Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas linhas entre inseticidas e minúsculas nas colunas entre temperaturas não se diferenciam entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

Fonte: Do autor (2021).

Analisando os efeitos da inibição no crescimento de plântulas de milho, em duas concentrações do inseticida Poncho<sup>TM</sup>, Wozniak e Martineau (2004) observaram efeitos de toxidez inicial no crescimento de plântulas após a aplicação em tratamento de sementes desse inseticida, destacando que a sensibilidade das plântulas pode variar de acordo com o genótipo.

Dessa forma, o questionamento quanto ao período de armazenamento seguro é função do ambiente e período que as sementes ficam armazenadas, dos produtos fitossanitários utilizados e sua concentração, além da interação entre princípios ativos, considerando que as empresas produtoras de sementes utilizam tratamentos de base que podem interagir negativamente com tratamentos adicionais, direcionados a pragas e patógenos no campo.

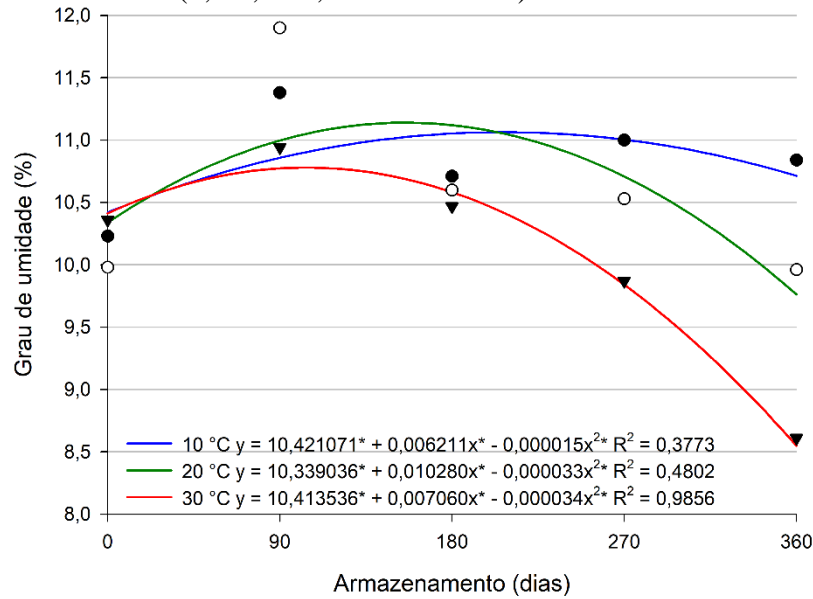
Tanto o efeito de um único inseticida aplicado pelo tratamento de sementes, quanto a interação de dois ou mais produtos necessitam ser esclarecidos antes da sua implantação comercial (DELIAN *et al.*, 2016; MARIUCCI *et al.*, 2018). As interações, principalmente entre inseticidas, podem intensificar os efeitos negativos dos princípios ativos na viabilidade das sementes de milho durante o armazenamento (BALDINI *et al.*, 2018).

#### **4.2 Híbrido BM709 PRO2**

O grau de umidade das sementes ao longo do armazenamento apresentou tendências semelhantes ao observado para sementes do híbrido BM950 PRO3. Na análise anterior ao armazenamento (0 dias), as sementes apresentavam de 10 a 10,5% de umidade, sendo que até 90 dias os valores aumentaram, com valores próximos entre as temperaturas (FIGURA 9). No entanto, à medida que o período de armazenamento se estendeu, ficou evidente a influência da temperatura de armazenamento e variações da umidade relativa do ambiente, em função das estações climáticas do ano, principalmente após 180 dias (FIGURA 9).

A exemplo do discutido para o BM950 PRO3, em cada temperatura de armazenamento, as oscilações foram devido às condições climáticas do local em função das estações do ano, com o aumento da umidade relativa do ambiente, elevando os teores de água das sementes. As variações também são dependentes das temperaturas de armazenamento, devido à capacidade do ar em reter água, ou seja, em temperatura mais elevada a capacidade do ar em reter umidade é aumentada, dessa forma, proporcionando a diminuição do teor de água das sementes pela sua característica de equilíbrio higroscópico com o ambiente de armazenamento (MARCOS FILHO, 2016; SANTOS *et al.*, 2020).

Figura 9 – Grau de umidade (%) de sementes de milho híbrido BM709 PRO2 em função das temperaturas de 10 (●), 20 (○) e 30 °C (▼), avaliadas após períodos de armazenamento (0, 90, 180, 270 e 360 dias).



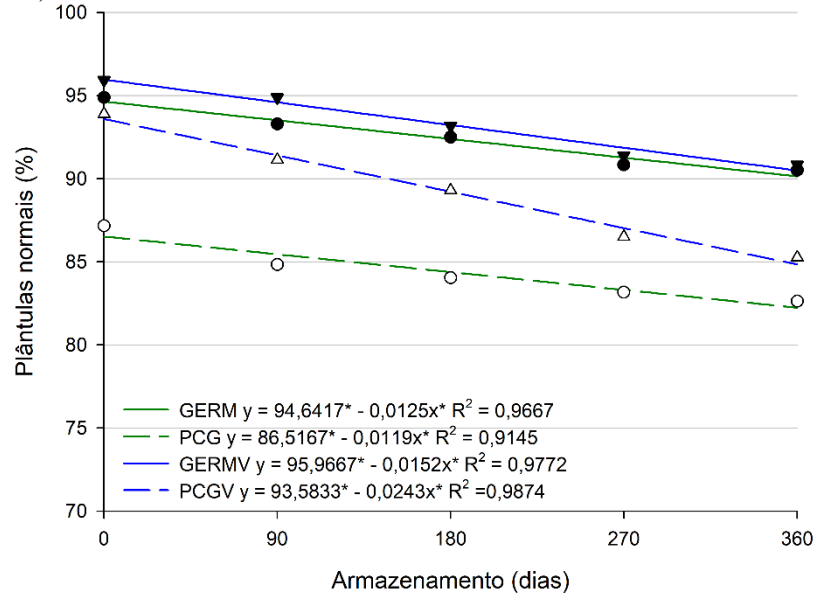
\*Significativo a 5%.

Fonte: Do autor (2021).

Os parâmetros de germinação, primeira contagem de germinação, germinação com vermiculita e primeira contagem de germinação com vermiculita, diminuíram com o avanço do período de armazenamento (FIGURA 10).

A média da germinação inicial foi de 94,88%, demonstrando a alta qualidade fisiológica das sementes antes do armazenamento, característica importante para o tratamento industrial de sementes (TSI). À medida que o período de armazenamento se estendeu, ocorreu queda gradativa da germinação, com taxa de deterioração estimada de aproximadamente 1,13% a cada 90 dias de armazenamento. Proporcionando assim, aos 90, 180, 270 e 360 dias, valores de 93,52%, 92,39%, 91,27% e 90,14%, respectivamente (FIGURA 10).

Figura 10 – Porcentagens de germinação (GERM, %, ●), primeira contagem de germinação (PCG, %, ○), germinação com vermiculita (GERMV, %, ▼) e primeira contagem de germinação com vermiculita (PCGV, %, △) de sementes de milho híbrido BM709 PRO2, em função de períodos de armazenamento (0, 90, 180, 270 e 360 dias).



\*Significativo a 5%.

Fonte: Do autor (2021).

Considerando a queda significativa da germinação no decorrer do período de armazenamento, a qualidade fisiológica das sementes ainda se enquadra nos padrões mínimos de germinação estabelecidos pela legislação brasileira (GERM  $\geq 85\%$ ), mesmo após 360 dias (BRASIL, 2013). Heberle *et al.* (2019) também reportaram perda da germinação após 90 dias de armazenamento em sementes de milho, mesmo com a utilização de ambientes de armazenamento distintos.

A germinação com utilização de vermiculita proporcionou tendência semelhante, apresentando qualidade inicial de 95,92%, demonstrando o potencial desse substrato na realização do teste, quando pertinente, principalmente em sementes tratadas com inseticidas, apresentando taxa estimada da perda de germinação de aproximadamente 1,37% a cada 90 dias de armazenamento. Com os valores obtidos em patamares superiores à germinação em papel (padrão). Os valores estimados no decorrer do armazenamento foram de 94,60%, 93,23%, 91,86% e 90,49% em 90, 180, 270 e 360 dias, respectivamente (FIGURA 10).

Nas avaliações da primeira contagem de germinação, a diferença de valores entre os tipos de substrato foi evidente (FIGURA 10). Para germinação em rolo de papel, após o tratamento (0 dias), a porcentagem média de plântulas normais foi de 87,17%, com taxa de deterioração estimada de 1,07% a cada 90 dias de armazenamento, os valores estimados foram

de 85,45%, 84,38%, 83,31% e 82,24%, correspondentes a 90, 180, 270 e 360 dias, respectivamente.

De forma semelhante, no entanto, com menor perda do vigor inicial, a primeira contagem de germinação com substrato rolo de papel e vermiculita proporcionou 93,88% na avaliação após o tratamento (0 dias). No decorrer do armazenamento a taxa de deterioração estimada foi de 2,19%, proporcionando 91,40%, 89,21%, 87,02% e 84,83%, correspondentes respectivamente a 90, 180, 270 e 360 dias de armazenamento (FIGURA 10).

Os resultados mais elevados dos testes com utilização de vermiculita, para os mesmos lotes de sementes, sobretudo na primeira contagem, mas também na contagem final de germinação, apontam para a possíveis ajustes na metodologia dos testes para sementes de milho tratadas, principalmente envolvendo moléculas inseticidas, já que pode ocorrer subestimativa da qualidade dos lotes em algumas situações. A presença da vermiculita entre os papéis propicia maior retenção de produtos fitossanitários e umidade, de forma que no momento da embebição não ocorre absorção de compostos tóxicos em alto volume pelas sementes, o que pode causar inibição da germinação (ALVARENGA *et al.*, 2020; ROCHA *et al.*, 2020).

Outro fator de grande importância na preservação do vigor de sementes durante o armazenamento são as condições ambientais favoráveis. As temperaturas de armazenamento foram significativas de forma isolada na avaliação dos testes de primeira contagem de germinação, germinação com vermiculita e teste de frio. Sementes armazenadas a 10 °C apresentaram qualidade superior, seguida respectivamente por 20 °C e 30 °C (TABELA 6).

Tabela 6 – Médias da primeira contagem de germinação (PCG, %), germinação com vermiculita (GERMV, %) e teste de frio (TF, %) de sementes de milho híbrido BM 709 PRO2, em função das temperaturas de armazenamento (TEMP, °C).

TEMP	PCG	GERMV	TF
10	85,73 a*	94,63 a	93,80 a
20	84,15 b	93,48 b	92,90 b
30	83,23 c	91,60 c	92,00 c
Média	84,37	93,23	92,90
CV (%)	2,92	2,4	1,74

\*Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste Tukey, significativo a 5%.

Fonte: Do autor (2021).

Ficou evidente a influência marcante que as temperaturas de armazenagem têm, principalmente no vigor de sementes de milho, não só em avaliações realizadas em papel, a

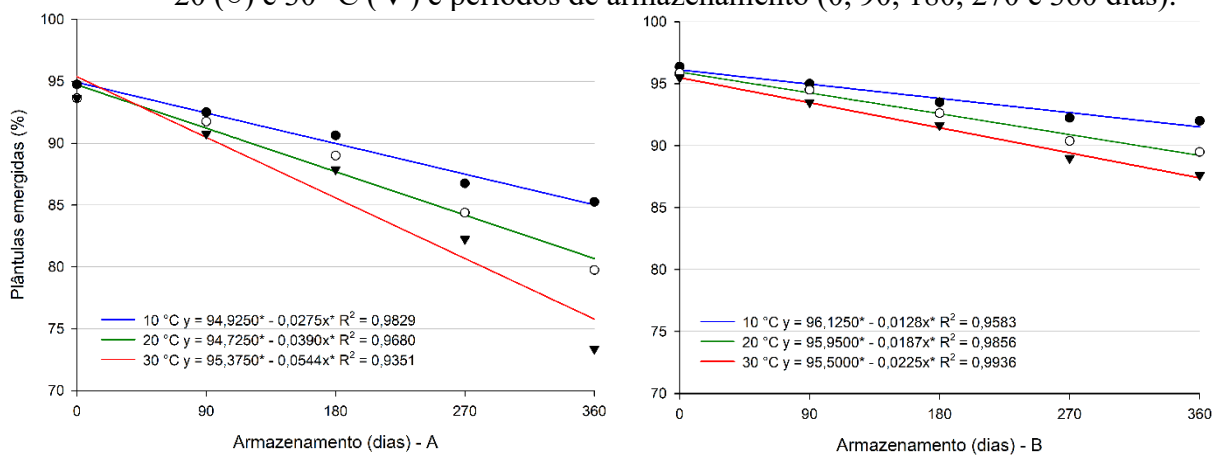


exemplo da primeira contagem de germinação, como também em condição simulada de estabelecimento no campo, como no teste de frio.

Ocorreram interações significativas entre temperaturas e épocas de armazenamento na avaliação da emergência de plântulas após quatro e sete dias da sementeira, além da velocidade de emergência de plântulas (FIGURAS 11 e 12).

Considerando a porcentagem de plântulas emergidas após quatro dias de sementeira, a média geral inicial foi de 94%, com variação inferior a 1% entre tratamentos, à medida que o armazenamento é prolongado a diferença em função das temperaturas é maior (FIGURA 11A). A taxa estimada de deterioração a cada 90 dias de armazenamento, para as temperaturas de 10, 20 e 30 °C são de aproximadamente 2,48%, 3,51% e 4,90%, respectivamente. Após 360 dias, as médias de plântulas normais emergidas são de 85,25%, 79,75% e 73,38% respectivamente a 10, 20 e 30 °C (FIGURA 11A). Ou seja, após 360 dias de armazenamento ocorre queda de vigor de 0,6% a cada grau elevado no ambiente de armazenamento, isso reforça a importância das condições de armazenamento para o vigor das sementes.

Figura 11 – Porcentagens da emergência de plântulas após quatro (A) e sete (B) dias da sementeira de milho híbrido BM709 PRO2, em função das temperaturas de 10 (●), 20 (○) e 30 °C (▼) e períodos de armazenamento (0, 90, 180, 270 e 360 dias).



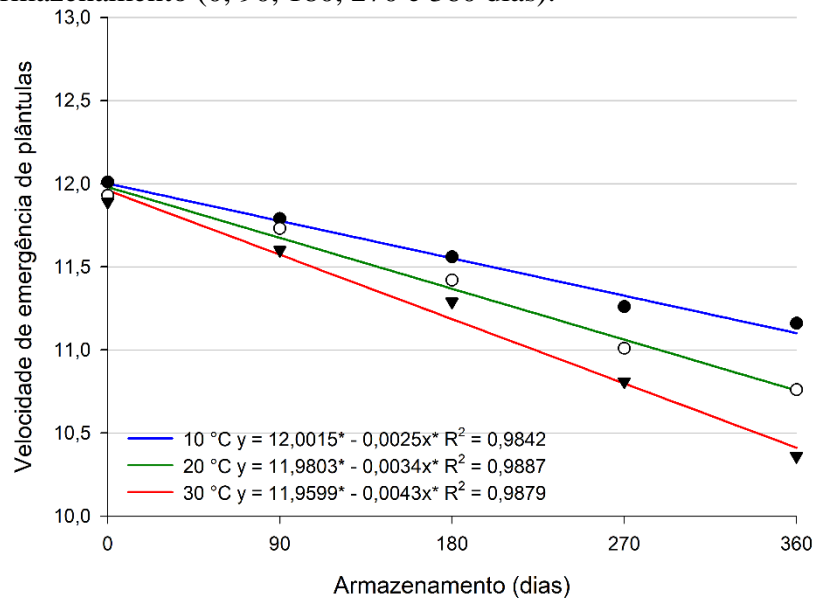
\*Significativo a 5%.

Fonte: Do autor (2021).

Análises da velocidade de emergência de plântulas confirmaram a superioridade de menores temperaturas na manutenção do vigor durante o armazenamento. À medida que o período de armazenamento é estendido, o índice de velocidade de emergência sofre quedas em tendência linear inversa, com taxa de deterioração estimada de 0,23, 0,31, e 0,39 a cada 90 dias de armazenamento nas temperaturas de 10, 20 e 30 °C, respectivamente. Os índices observados

no final do período de armazenamento foram de 11,16; 10,76 e 10,36, referentes a 10, 20 e 30 °C, respectivamente (FIGURA 12).

Figura 12 – Índice de velocidade de emergência de plântulas (IVE) de milho híbrido BM709 PRO2, em função das temperaturas de 10 (●), 20 (○) e 30 °C (▼) e períodos de armazenamento (0, 90, 180, 270 e 360 dias).



\*Significativo a 5%.

Fonte: Do autor (2021).

A boa qualidade inicial das sementes é confirmada pela média geral de plântulas emergidas após sete dias (FIGURA 11B), que foi de 95,92%, com variação inferior a 1% entre os tratamentos, no entanto, no decorrer do período de armazenamento ficou claro a influência das temperaturas na manutenção da qualidade. As taxas de deterioração estimadas a cada 90 dias de armazenamento para as temperaturas de 10, 20 e 30 °C foram de aproximadamente 1,15%, 1,68% e 2,03%, respectivamente. Com a elevação da temperatura ambiente em 20 °C a taxa de deterioração do vigor dobrou. Ao final do período de armazenamento, as médias de plântulas normais emergidas foram de 92,00%, 89,50% e 87,63%, correspondendo respectivamente a 10, 20 e 30 °C (FIGURA 11B).

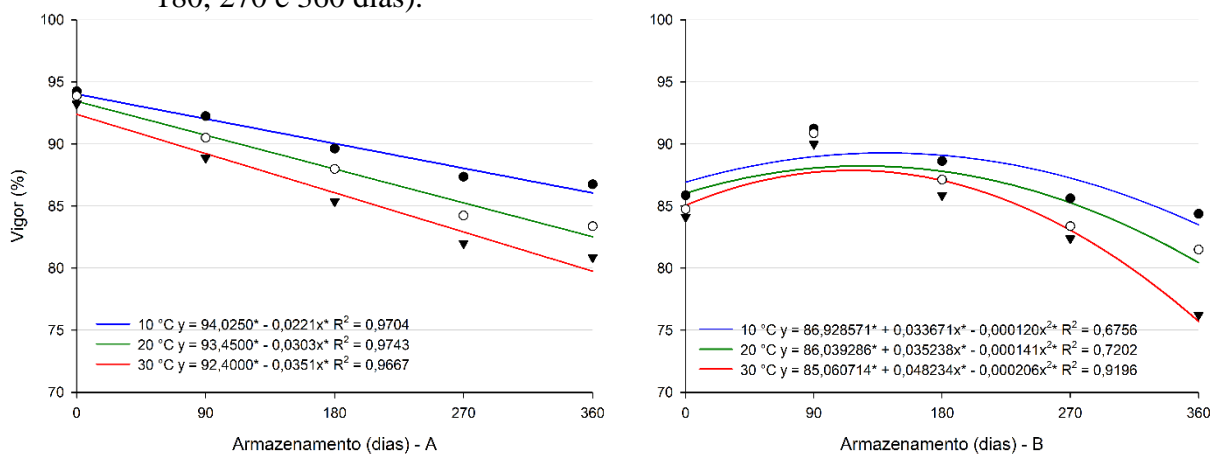
A manutenção do vigor em menores temperaturas é devido a menor taxa respiratória e atividade metabólica das sementes durante o armazenamento, proporcionando estabilidade das membranas pela inibição da produção de espécies reativas de oxigênio (ABBA; LOVATO, 1999). Avaliando a perda de qualidade de sementes de milho no decorrer do armazenamento, em câmara fria e seca (10 °C e 30% de UR) e em ambiente sub-ótimo controlado (20 °C e 70%

de UR), Timóteo e Marcos Filho (2013) puderam confirmar maior atividade de deterioração no armazenamento em 20 °C.

De forma semelhante, avaliando o vigor por meio dos testes de envelhecimento acelerado com germinação em papel, e com emergência de plântulas em substrato, a interação entre temperaturas e períodos de armazenamento foi significativa (FIGURA 13).

Considerando o vigor por envelhecimento acelerado em papel, a média geral após o tratamento foi de aproximadamente 94%, com variação inferior a 1% entre tratamentos (FIGURA 13A). A taxa estimada de deterioração a cada 90 dias de armazenamento para as temperaturas de 10, 20 e 30 °C foi de aproximadamente 1,99%, 2,73% e 3,16%, respectivamente. Após 360 dias, as médias de plântulas normais observadas foram de 86,75%, 83,38% e 80,88%, referentes respectivamente a 10, 20 e 30 °C (FIGURA 13A). Representando uma perda de aproximadamente 0,35% de vigor a cada 1 °C de elevação no ambiente, ao final de 360 dias variações menores em relação à observada para sementes do híbrido BM950 PRO2. É esperado que os diferentes genótipos desempenhem tolerância diferenciada à deterioração durante o armazenamento (TIMÓTEO; MARCOS FILHO, 2013).

Figura 13 – Porcentagens de vigor após envelhecimento acelerado com germinação em papel (A) e sementeira em substrato (B) de milho híbrido BM709 PRO2, em função das temperaturas de 10 (●), 20 (○) e 30 °C (▼) e períodos de armazenamento (0, 90, 180, 270 e 360 dias).



\*Significativo a 5%.

Fonte: Do autor (2021).

O teste de envelhecimento acelerado com sementeira em substrato se mostrou um teste mais exigente em relação à avaliação em papel, devido aos valores em patamares mais baixos (FIGURA 13).

Os valores do vigor por meio desse teste, se mantiveram próximos até 180 dias de armazenamento. No entanto, a partir desse período, as diferenças de vigor em função da temperatura foram evidentes, com menores valores com o aumento da temperatura de armazenamento. Como exemplo, após 360 dias de armazenamento, a temperatura de 10 °C proporcionou média de 84,38%, enquanto 20 e 30 °C propiciaram 81,50% e 76,25%, respectivamente (FIGURA 13B). O que leva a inferir que a cada 1°C a mais na temperatura ambiente de armazenamento ocorreu a perda de 0,4% de vigor ao final de 360 dias.

À medida que o período de armazenamento é prolongado ocorre estresse cumulativo no aparato metabólico das sementes, principalmente em maiores temperaturas, com desgaste dos mecanismos de reparação das membranas e perda de vigor quando submetidas a metodologia do envelhecimento acelerado, com queda da atividade isoenzimática (fosfatase ácida e peroxidase), que atua na remoção de compostos tóxicos, como os peróxidos (SPINOLA *et al.*, 2000). Já nos tratamentos armazenados em 10 °C, a diminuição da atividade metabólica preserva o aparato enzimático de reparo das células por maior período (MARCOS FILHO, 2016), proporcionando maior capacidade de supressão dos efeitos da deterioração (TIMÓTEO; MARCOS FILHO, 2013).

Interação significativa entre temperaturas de armazenamento e inseticidas foram constatadas para de germinação e primeira contagem de germinação com vermiculita (TABELA 7). Em ambas as variáveis, a temperatura de 30 °C proporcionou desempenho inferior a 10 °C em todos os tratamentos analisados, reforçando a importância de menores temperaturas no armazenamento para a manutenção da qualidade das sementes (TABELA 7).

Para a germinação em função dos tratamentos inseticidas ocorreram variações de pequena amplitude (TABELA 7), com valores médios acima de 90%, mesmo sob armazenamento a 30 °C por 360 dias e tratamento adicional com inseticida. O que reitera a importância da qualidade inicial do lote a ser tratado e menor toxidez das moléculas inseticidas utilizadas. De forma semelhante, os resultados da primeira contagem de germinação em papel com vermiculita ficaram acima de 85% (TABELA 7).

Tabela 7 – Médias da germinação (GERM, %) e primeira contagem de germinação com vermiculita (PCGV, %) de sementes de milho híbrido BM 709 PRO2 em função de diferentes inseticidas e temperaturas de armazenamento.

Inseticidas	GERM			PCGV		
	10 °C	20 °C	30 °C	10 °C	20 °C	30 °C
Controle	94,70 aA*	92,90 abA	90,60 aB	92,10 aA	89,50 abB	86,80 abC
Dermacor <sup>®</sup>	94,20 aA	93,70 aA	91,50 aB	89,60 bA	88,50 bA	85,10 bB
Fortenza <sup>®</sup>	93,80 abA	91,50 bB	91,00 aB	91,30 abA	88,50 bB	88,40 aB
Poncho <sup>®</sup>	91,90 bA	93,00 abB	90,00 aC	91,70 aA	90,50 aA	88,50 aB
Média		92,40			89,21	
CV (%)		2,57			2,61	

\*Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas entre inseticidas e maiúsculas nas linhas entre temperaturas não diferem entre si pelo teste de Tukey, significativo a 5%.

Fonte: Do autor (2021).

Para as avaliações de germinação com vermiculita, com significância isolada dos tratamentos de sementes, o inseticida Poncho<sup>®</sup> proporcionou menores resultados em relação aos demais (TABELA 8).

Tabela 8 – Médias da primeira contagem de germinação (PCG, %), germinação com vermiculita (GERMV, %), envelhecimento acelerado com germinação em papel (EAP, %) e emergência de plântulas sete dias (EM7, %) de sementes de milho híbrido BM709 PRO2, em função de diferentes inseticidas.

Inseticidas	GERMV	PCG	EAP	EM7
Controle	93,87 a*	86,20 a	88,60 a	93,43 a
Dermacor <sup>®</sup>	93,43 a	85,63 a	88,73 a	92,03 a
Fortenza <sup>®</sup>	93,43 a	82,30 b	87,77 ab	93,03 b
Poncho <sup>®</sup>	92,20 b	83,33 b	87,07 b	91,97 b
Média	93,23	84,37	88,04	92,62
CV (%)	2,4	2,92	2,41	1,8

\*Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste Tukey, significativo a 5%.

Fonte: Do autor (2021).

Quanto às variáveis de vigor apresentadas na Tabela 8, sementes do tratamento Controle e com Dermacor<sup>®</sup> apresentaram valores mais elevados, com Fortenza<sup>®</sup> ocorreu desempenho intermediário e com Poncho<sup>®</sup> valores mais baixos. O inseticida Poncho<sup>®</sup>, dentre os produtos analisados, é o único pertencente a classe dos Neonicotinóides, sendo seu princípio ativo a Clotianidina, sendo os demais pertencentes à classe das diamidas antranílicas. Avaliando a fitotoxicidade de inseticidas em sementes híbridas de milho após tratamento e armazenamento, Oliveira *et al.* (2020) constataram queda na germinação após nove meses em sementes tratadas

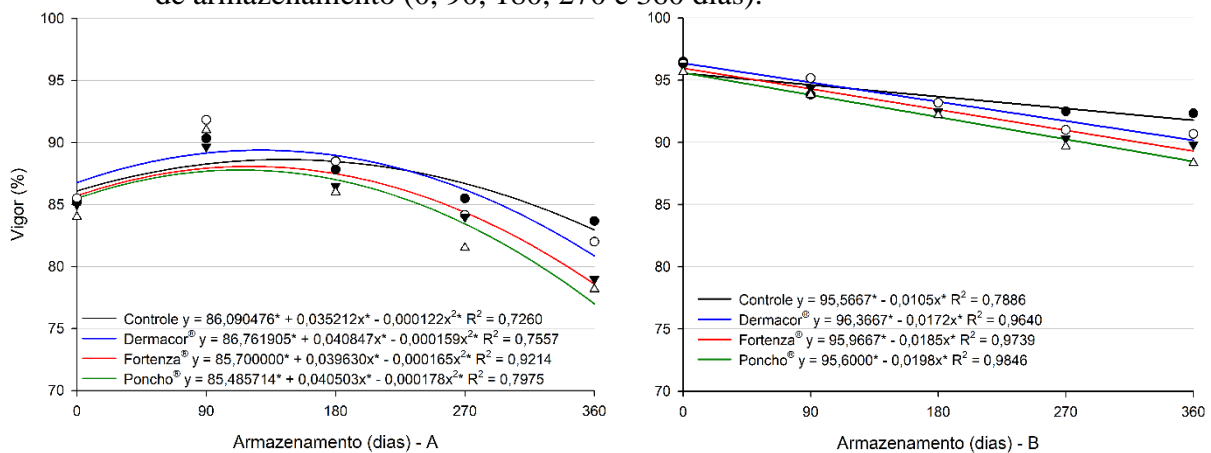
com Clotianidina, Tiametoxam e Fipronil, sendo os dois primeiros do grupo químico dos Neonicotinoides, e o último do grupo Pirazol.

A seletividade e baixa toxidez à qualidade fisiológica das sementes armazenadas é uma característica importante dos produtos inseticidas para o tratamento de sementes, sobretudo para aqueles utilizados no tratamento industrial de sementes (ROCHA *et al.*, 2020).

Para o vigor por envelhecimento acelerado com semeadura em substrato, teste de frio, emergência de plântulas após quatro dias e velocidade de emergência de plântulas, houve interação significativa entre períodos de armazenamento e inseticidas (FIGURAS 14 e 15).

Considerando o vigor avaliado pelo envelhecimento acelerado com semeadura em substrato, os valores se mantiveram próximos e elevados, acima de 85%, entre todos os tratamentos de sementes (FIGURA 14A). Porém, com o avanço do armazenamento, houve distinção entre os valores, sobretudo após 360 dias. Com o tratamento Controle apresentando desempenho superior de 83,67%, enquanto Dermacor<sup>®</sup>, Fortenza<sup>®</sup> e Poncho<sup>®</sup> proporcionaram 82,00%, 79,00% e 78,17%, respectivamente (FIGURA 14A).

Figura 14 – Porcentagens de vigor após envelhecimento acelerado com semeadura em substrato (A) e teste de frio (B) de sementes de milho híbrido BM709 PRO2, em função dos tratamentos Controle (●), Dermacor<sup>®</sup> (○), Fortenza<sup>®</sup> (▼) e Poncho<sup>®</sup> (△) e períodos de armazenamento (0, 90, 180, 270 e 360 dias).



\*Significativo a 5%.

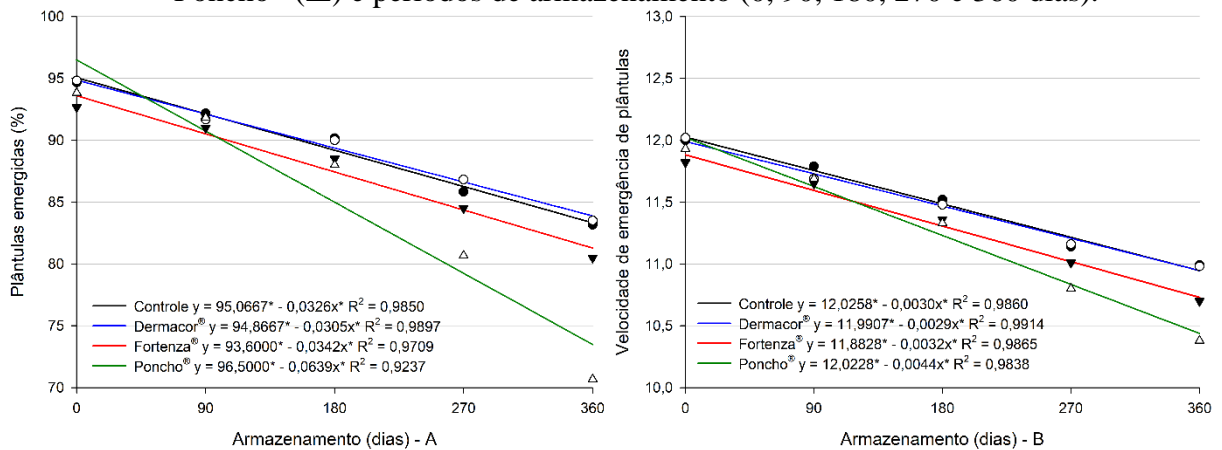
Fonte: Do autor (2021).

O vigor avaliado pelo teste de frio apresentou deterioração constante ao longo do armazenamento, para todos os tratamentos (FIGURA 14B). Ocorrendo diferenciação entre os inseticidas também já observada anteriormente, com Controle, Dermacor<sup>®</sup>, Fortenza<sup>®</sup> e Poncho<sup>®</sup> em ordem decrescente de vigor. Sementes do tratamento Controle apresentaram valores superiores no final do armazenamento, com taxa de deterioração estimada de 0,95% a cada 90

dias e média de 92,33% após 360 dias de armazenamento. Já para as sementes tratadas com inseticidas, as taxas de deterioração foram de 1,55%, 1,67% e 1,78% a cada 90 dias para Dermacor<sup>®</sup>, Fortenza<sup>®</sup> e Poncho<sup>®</sup>, respectivamente. Após 360 dias esses tratamentos proporcionaram 90,67%, 89,83%, e 88,33% de plântulas normais, respectivamente (FIGURA 14B).

Com relação a emergência de plântulas, quatro dias após a semeadura ao longo do armazenamento, as degradações foram lineares inversas (FIGURA 15A). As taxas de deteriorações estimadas dos tratamentos Dermacor<sup>®</sup>, Controle, Fortenza<sup>®</sup> e Poncho<sup>®</sup> foram de 2,75%, 2,93%, 3,08% e 5,75% respectivamente, a cada 90 dias de armazenamento. Após 360 dias esses tratamentos proporcionaram 83,50%, 83,17%, 80,50% e 70,67% de plântulas normais, respectivamente (FIGURA 15A).

Figura 15 – Porcentagens da emergência de plântulas após quatro dias (A) e índice de velocidade de emergência de plântulas (IVE) (B) de milho híbrido BM709 PRO2, em função dos tratamentos Controle (●), Dermacor<sup>®</sup> (○), Fortenza<sup>®</sup> (▼) e Poncho<sup>®</sup> (△) e períodos de armazenamento (0, 90, 180, 270 e 360 dias).



Legenda: \*Significativo a 5%.

Fonte: Do autor (2021).

Não só o total de plântulas emergidas foi afetado pelos tratamentos inseticidas, a velocidade de emergência das plântulas sofreu quedas em tendência linear inversa, variável de acordo com o tratamento e período de armazenamento. As taxas de deterioração do vigor estimadas a cada 90 dias de armazenamento foram de 0,26, 0,27, 0,29 e 0,40, referentes respectivamente ao Dermacor<sup>®</sup>, Controle, Fortenza<sup>®</sup> e Poncho<sup>®</sup>. Ao final do armazenamento esses tratamentos proporcionaram os índices de 10,98, 10,99, 10,70 e 10,38, respectivamente (FIGURA 15B).

Para sementes desse híbrido, ficou evidente a maior fitotoxidez em sementes tratadas com Clotianidina (Poncho<sup>®</sup>), principalmente com o avanço e ao final dos 360 dias de armazenamento (FIGURAS 14 e 15). Esse resultado provavelmente é devido a exposição prolongada ao ingrediente ativo Clotianidina, um Neonicotinóide que apresenta relatos de toxidez variável em função dos diferentes genótipos, ambientes e períodos de armazenamento em sementes de milho tratadas (DELIAN *et al.*, 2016; OLIVEIRA *et al.*, 2020; SILVA *et al.*, 2020). Sendo os demais inseticidas (Ciantraniliprole, Clorantraniliprole) de um grupo químico distinto, das diamidas antranílicas.

Avaliando os efeitos de diferentes concentrações no crescimento de plântulas de milho após aplicação dos inseticidas Poncho<sup>™</sup> (Clotianidina), Wozniak e Martineau (2004) puderam constatar o efeito de inibição no crescimento das plântulas após o tratamento de sementes com esse inseticida da classe Neonicotinóide. Relatos adicionais de perdas do vigor foram observadas em sementes híbridas de milho, tratadas e armazenadas com os princípios ativos Clotianidina e Tiametoxam, estes pertencentes ao grupo dos Neonicotinoides, após nove meses de armazenamento (OLIVEIRA *et al.*, 2020).

Em resumo, para ambos os híbridos, a germinação ficou acima de 90%, utilizando as metodologias com apenas papel e com vermiculita, mesmo após 360 dias de armazenamento, demonstrando a alta qualidade inicial dos híbridos e a seletividade dos produtos no potencial de germinação das sementes. No entanto, ocorreu queda do vigor no armazenamento em maiores temperaturas em associação com os inseticidas, apresentando diferentes intensidades em função das moléculas, demonstrando a importância do ambiente de armazenamento na manutenção da qualidade, principalmente após o tratamento industrial com inseticidas para pragas de campo. Em ambiente de menor temperatura a perda de vigor com relação aos inseticidas é minimizada, porém, em condição de armazenamento inadequado, como temperaturas acima de 20 °C, os produtos comerciais diferiram de forma significativa, principalmente com o avanço do armazenamento após 180 dias.



## 5 CONCLUSÕES

Para lotes de sementes de híbridas de milho de alta qualidade inicial:

Os tratamentos de sementes com os inseticidas Dermacor<sup>®</sup>, Fortenza<sup>®</sup> e Poncho<sup>®</sup> não agravam o processo de deterioração quando se refere ao potencial de germinação, mesmo após 360 dias em ambiente de 10, 20 ou 30 °C no armazenamento.

Quando as sementes são armazenadas em baixa temperatura (10 e 20 °C), os inseticidas não são prejudiciais ao vigor ao longo do armazenamento por até 360 dias. A 30 °C a deterioração é significativa e cumulativa, diminuindo a expressão do vigor das plântulas principalmente após 180 dias.

Após o período de 180 dias em condição inadequada (30 °C), ocorre maior efeito fitotóxico no vigor com a utilização do tratamento Poncho<sup>®</sup> em relação aos demais, um inseticida com ação do grupo Neonicotinóide (Clotianidina), quando comparado a Dermacor<sup>®</sup> e Fortenza<sup>®</sup>, pertencentes ao grupo das Diaminas Antranílicas (Clorantraniliprole e Ciantraniliprole).

Maiores temperaturas favorecem o processo de deterioração das sementes e potencializam o efeito fitotóxico por moléculas inseticidas. No intervalo entre 10 e 30 °C no armazenamento, cada grau elevado na temperatura causa perdas variáveis entre 0,4 e 1% no vigor após 360 dias, em função de cada híbrido e inseticidas aplicados.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, E. F.; MIRANDA, G. V.; GALVÃO, J. C. C.; ARAÚJO, R. F. Qualidade fisiológica de sementes de milho-doce submetidas à debulha, com diferentes graus de umidade. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, [S.l.], v. 1, n. 2, p. 101-110, 2002.
- ABBA, E. J.; LOVATO, A. Effect of seed storage temperature and relative humidity on maize (*Zea mays L.*) seed viability and vigour. **Seed Science and Technology**, [S.l.], v. 27, p. 101-114, 1999.
- ABRASEM. Associação Brasileira de Sementes e Mudanças. **Anuário 2016**. Disponível em: [http://www.abrasem.com.br/wp-content/uploads/2013/09/Anuario\\_ABRASEM\\_2016\\_SITE.pdf](http://www.abrasem.com.br/wp-content/uploads/2013/09/Anuario_ABRASEM_2016_SITE.pdf). Acesso: 20 jul. 2020.
- AGUIAR, R. W. S.; BRITO, D. R.; OOTANI, M. A.; FIDELIS, R. R.; PELUZIO, J. N. Efeito do dióxido de carbono, temperatura e armazenamento sobre sementes de soja e micoflora associada. **Revista Ciência Agronômica**, Ceará, v. 43, n. 3, 2012.
- ALMEIDA, A. S.; CARVALHO, I. L.; DEUNER, C.; TILLMANN, M. A. A.; VILLELA, F.A. Bioativador no desempenho fisiológico de sementes de arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 3, p. 501-510, 2011.
- ALMEIDA, A. S.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G. E.; LAUXEN, L. R.; DEUNER, C. Desempenho fisiológico de sementes de aveia-preta tratadas com tiametoxam. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 5, p. 1619- 1628, 2012.
- ALSCHER, R. G.; ERTURK, N.; HEATH, L. S. Role of superoxide dismutases (SODs) in controlling oxidative stress in plants. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 53, n. 372, p. 1331–1341, 2002.
- ALVARENGA, G.; ROSSETTI, C.; ALMEIDA, A. S.; RODRIGUES, D. B.; MARTINS, A. B. N.; AGUIAR, R. N.; EVANGELISTA, E. A.; TUNES, L. V. M. Sementes de milho tratada: substratos e metodologia alternativa para o teste de germinação. **Brazilian Journal of Development**, [S.l.], v. 6, n. 6, p. 41190-41210, 2020.
- ANTONELLO, L. M.; MUNIZ, M. B.; BRAND, S. C.; VIDA, M. D.; GARCIA, D.; RIBEIRO, L.; SANTOS, V. Qualidade de sementes de milho armazenadas em diferentes embalagens. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 7, p. 2191- 2194, 2009.
- AOSA. Association of Official Seed Analysts. **Seed vigor testing handbook**. East Lansing: AOSA, 1983. 88 p.
- BALDINI, M.; FERFUIA, C.; PASQUINI, S. Effects of some chemical treatments on standard germination, field emergence and vigour in hybrid maize seeds. **Seed Science and Technology**, [S.l.], v. 46, n. 1, p. 41-51, 2018.
- BARROS, J.; CALADO, J. **A Cultura do Milho**. Évora: Universidade de Évora, 2014. p. 1-52.

BAUDET, L. M. L. Armazenamento de sementes. In: PESKE, S.T.; VILLELA, F.A.; MENEGHELLO, G.E. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 3. ed. Pelotas: UFPel, 2012. p. 370-418.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M.; HALMER, P. **The encyclopedia of seeds: science, technology and uses**. CABI, 2006.

BHANDARI, G.; GHIMIRE, T. B.; KADUWAL, S.; SHRESTHA, J.; ACHARYA, R. Effects of storage structures and moisture contents on seed quality attributes of quality protein maize. **Journal of Maize Research and Development**, Nepal, v. 3, n. 1, p. 77-85, 2017.

BLACQUIÈRE, T.; SMAGGHE, G.; GESTEL, C. A. M. V.; MOMMAERTS, V. Neonicotinoids in bees: a review on concentrations, side-effects and risk assessment. **Ecotoxicology**, [S.l.], v. 21, p. 973-992, 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 45, de 17 de setembro de 2013**. Estabelece os padrões de identidade e qualidade para a produção e a comercialização de sementes. Brasília, DF. 18 de setembro de 2013. Seção 1, p. 16.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: MAPA, SDA, ACS, 2009. 395p.

BRZEZINSKI, C. R.; HENNING, A. A.; ABATI, J.; HENNING, F. A.; FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; ZUCARELI, C. Seeds treatment times in the establishment and yield performance of soybean crops. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 37, n. 2, p. 147-153, 2015.

CARDOSO, V. J. M. Germinação. In: Kerbauy, G. B. **Fisiologia Vegetal**. São Paulo: Guanabara Koogan, 2004. p. 386-408.

CARVALHO, E. R.; MAVAIÉIE, D. P. R.; OLIVEIRA, J. A.; CARVALHO, M. V.; VIEIRA, A. R. Alterações isoenzimáticas em sementes de cultivares de soja em diferentes condições de armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 49, n. 12, p. 967-976, 2015.

CARVALHO, E. R.; ROCHA, D. K.; ANDRADE, D. B.; PIRES, R. M. O.; PENIDO, A. C. REIS, L. V. Phytotoxicity in soybean seeds treated with phytosanitary products at different application times. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 42, e202042036, 2020.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5 ed. Botucatu: Funep, 2012. 590 p.

CASEIRO, R. F.; MARCOS FILHO, J. Procedimentos para a condução do teste de frio visando a avaliação do vigor de sementes de milho. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, p. 459-466, 2002.

CASTRO, G. S. A; BOGIANI, J. C.; SILVA, M. G.; GAZOLA, E.; ROSOLEM, C. A. Tratamento de sementes de soja com inseticidas e um bioestimulante. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, p. 1311-1318, 2008.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Análise mensal:** Milho, dezembro/2020. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 24 dez. 2020.

CONTINI, E.; MOTA, M. M.; MARRA, R.; BORGHI, E.; MIRANDA, R. A.; SILVA, A. F.; SILVA, D. D.; MACHADO, J. R. A.; COTA, L. V.; COSTA, R. V.; MENDES, S. M. **Milho:** caracterização e desafios tecnológicos. Brasília: Embrapa, 2019. (Desafios do Agronegócio Brasileiro, 2).

COPELAND, L. O.; MCDONALD, M. B. **Seed science and technology**. 4 ed, Chapman & Hall, 409 p. 2001.

COSTA, E. M.; NUNES, B. M.; VENTURA, M. V. A.; ARANTES, H. T.; MENDES, G. R. Efeito fisiológico de inseticidas e fungicida sobre a germinação e vigor de sementes de soja. **Científic@ - Multidisciplinary Journal**, Cleveland, v. 5, n. 2, 2018.

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, 2007.

DAYAL, A.; RANGARE, N. R.; KUMAR, A.; KUMARI, M. Effect of physiological maturity on seed quality of maize (*Zea Mays L.*). **Forage Research**, [S.l.], v. 40, n. 1, p. 1-6, 2014.

DELIAN, E.; SĂVULESCU, E.; SĂVULESCU, I.; TEBAN, A. M. Insecticides impact on seed germination and early seedlings growth in maize (*Zea mays L.*). Scientific Papers: Series A. **Agronomy**, [S.l.], v. 59, 2016.

DELOUCHE, J. C. Germinação, deterioração e vigor de sementes. **Seed News**, [S.l.], v. 6, n. 6, p. 24-31, 2002.

DEUNER, C.; ROSA, K. C.; MENEGHELLO, G. E.; BORGES, C. T.; ALMEIDA, A. DA S.; BOHN, A. Physiological performance during storage of corn seed treated with insecticides and fungicide. **Journal of Seed Science**, [S.l.], v. 36, n. 2, p. 204-212, 2014.

EDWARDS, G. A.; WEIANT, E. A.; SLOCOMBE, A. G. The action of ryanodine on the contractile process in striated muscle. **Science**, [S.l.], v. 108, p. 330-332, 1948.

ESPINDOLA, F.; LIMA, P.; BORSOI, A.; ECCO, M.; RAMPIM, L. Qualidade fisiológica de sementes de milho tratadas com diferentes inseticidas. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 26, n. 4, 306-312, 2018.

EMBRAPA. Cultivo do milho. Embrapa milho e sorgo: **Sistemas de produção**. 6. ed. 2010. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/27037/1/Plantio.pdf>. Acesso: 16 fev. 2021.

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization. FAO, 2020. **FAOSTAT provides free access to food and agriculture data for over 245 countries and territories and covers all FAO regional groupings from 1961 to the most recent year available**. Disponível em: <http://faostat.fao.org>. Acesso: 24 dez. 2020.

- FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.
- GU, R.; LI, L.; LIANG, X.; WANG, Y.; FAN, T.; WANG, Y.; WANG, J. The ideal harvest time for seeds of hybrid maize (*Zea mays L.*) XY335 and ZD958 produced in multiple environments. **Scientific Reports**, [S.l.], v. 7, n. 1, 2017.
- HEBERLE, E.; ARAUJO, E. F.; FILHO, A. F. L.; CECON, P. R.; ARAUJO, R. F.; AMARO, H. T. R. Qualidade fisiológica e atividade enzimática de sementes de milho durante o armazenamento. **Revista de Ciências Agrárias**, Portugal, v. 42, n. 3, p. 657-665, 2019.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Banco de Dados Meteorológicos**, Brasília-DF, 2021. Disponível em: <https://tempo.inmet.gov.br>. Acesso em: 16 maio 2021.
- JEFFERIES, P. R.; TOIA, R. F.; BRANNIGAN, B.; PESSAH, I.; CASIDA, J. E. Ryania insecticide: analysis and biological activity of 10 natural ryanoids. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [S.l.], v. 40, n. 1, p. 142-146, 1992.
- JOSÉ, S. C. B. R.; VON PINHO, E. V. R.; VON PINHO, R. G.; SILVEIRA, C. M. Padrões eletroforéticos da enzima  $\alpha$ -amilase em sementes de milho submetidas a alta temperatura de secagem. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 26, n. 1, p. 77-83, 2004.
- KILIC, S.; DURAN, R. E.; COSKUN, Y. Morphological and physiological responses of maize (*Zea Mays L.*) seeds grown under increasing concentrations of chlorantraniliprole insecticide. **Polish Journal of Environmental Studies**, [S.l.], v. 24, n. 3, p. 1069-1075, 2015.
- LOVATO, A.; NOLI, E.; LOVATO, A. F. S. The relationship between three cold test temperatures, accelerated ageing test and field emergence of maize seed. **Seed Science and Technology**, [S.l.], v. 33, p. 249-253, 2005.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, [S.l.], v. 2, n. 2, p. 176-77, 1962.
- MANSOURI FAR, C.; GOODARZIAN-GHAHFAROKHI, M.; ABDOLI, M. Antioxidant enzyme activity and germination characteristics of different maize hybrid seeds during ageing. **Environmental and Experimental Biology**, [S.l.], v. 13, p. 177-182, 2015.
- MARCOS FILHO, J. Importância do potencial fisiológico da semente de soja. **Informativo Abrates**, Londrina, v. 23, n. 1, p. 21-24, 2013.
- MARCOS FILHO, J. New approaches to seed vigor testing. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.55, p.27-33, 1998.
- MARCOS FILHO, J. Seed Physiology of Cultivated Plants. Londrina: **Abrates**, 2016.
- MARCOS FILHO, J. Testes de vigor: importância e utilização. *In*: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: Abrates, 1999. p. 1-21.

- MARIUCCI, G. E. G.; SUZUKAWA, A. K.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; LIMA, L. H. S.; ANGELOTTI, P.; PONCE, R. M.; MARTELI, D. C. V. Physiological potential of maize seeds submitted to different treatments and storage periods. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 40, n. 1, p. 60-66, 2018.
- MENEGHELLO, G. E.; PESKE, S. T. A grandeza do negócio de sementes de soja no Brasil. **Seed News**, [S.l.], v. 18, n. 4, 2013.
- NOLI, E.; CASARINI, E.; URSO, G.; CONTI, S. Suitability of three vigour test procedures to predict field performance of early sown maize seed. **Seed Science and Technology**, [S.l.], v. 36, p. 168-176, 2008.
- OLIVEIRA, T. L. **Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de milho submetidas a diferentes tratamentos químicos e armazenamento**. 2019. 46 p. Dissertação (Dissertação em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2019.
- OLIVEIRA, T. L.; VON PINHO, R. G.; SANTOS, H. O.; SILVA, K. M. J.; PEREIRA, E. M.; SOUZA, J. L. D. Biochemical changes and physiological quality of corn seeds subjected to different chemical treatments and storage times. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 42, e202042038, 2020.
- PEREIRA, L. C.; CORREIA, L. V.; FELBER, P. H.; PEREIRA, R. C.; MATERA, T. C.; SANTOS, R. F.; BRACCINI, A. L. Correlation between physiological tests and field emergence in treated corn seeds. **Plant, Soil and Environment**, [S.l.], v. 65, n. 12, p. 569–573, 2019.
- PES, M. P.; MELO A. A.; STACKE R. S.; ZANELLA R.; PERINI C. R.; SILVA F. M. A.; GUEDES, J. V. C. Translocation of chlorantraniliprole and cyantraniliprole applied to corn as seed treatment and foliar spraying to control *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **PLoS ONE**, [S.l.], v. 15, n. 4, 2020.
- RAHMAWATI, A e MUHAMMAD, A. The effect of temperature and humidity of storage on maize seed quality. IOP Conf. Series: **Earth and Environmental Science**, [S.l.], v. 484, n. 12116, 2020.
- ROCHA, D. K.; CARVALHO, E. R.; PIRES, R. M. O.; SANTOS, H. O.; PENIDO, A. C.; ANDRADE, D. B. Does the substrate affect the germination of soybean seeds treated with phytosanitary products? **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 44, 2020.
- SALGADO, F. H. M. e XIMENES, P. A. Germinação de sementes de milho tratadas com inseticidas. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, Goiás, v. 4, n. 1, p. 49-53, 2013.
- SÁNCHEZ BAYO, F.; TENNEKES, H. A.; GOKA, K. Impact of systemic insecticides on organisms and ecosystems. In: TRDAN, S. Insecticides: Development of safer and more effective technologies. **IntechOpen**, [S.l.], p. 367-416, 2013.
- SANTOS, C. M. R.; MENEZES, N. L.; VILLELA, F. A. Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de feijão envelhecidas artificialmente. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 26, n. 1, p. 110-119, 2004.

- SANTOS, S. F.; CARVALHO, E. R.; ROCHA, D. K.; NASCIMENTO, R. M. Composition and volumes of slurry in soybean seeds treatment in the industry and physiological quality during storage. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 40, n. 1, p. 67-74, 2018.
- SANTOS, S. G. F.; SILVA, H. W.; QUEIROZ, J. S.; RODOVALDO, R. S.; MORGADO, V. N. M. Isotermas de adsorção e calor latente de vaporização de grãos de milho. **Científica**, Jaboticabal, v. 48, n. 1, p. 17-24, 2020.
- SHASHIBHASKAR, M. S.; PRASAD, S. R.; PUTTARAMANAİK, K. T.; RAME, G.; NARAYANASWAMY, S. Effect of seed treatment chemicals on storability of maize (*Zea mays L.*) Hybrids and their parental lines. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, [S.l.], v. 8, n. 1, p. 2496-2499, 2019.
- SILVA, K. M. J; VON PINHO, R. G.; VON PINHO, E. V. R.; OLIVEIRA, R. M. SANTOS, H. O.; SILVA, T. S. Chemical treatment and size of corn seed on physiological and sanitary quality during storage. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 42, 2020.
- SPINOLA, M. C. M.; CÍCERO, S. M.; MELO, M. Alterações bioquímicas e fisiológicas em sementes de milho causadas pelo ao envelhecimento acelerado. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 2, p. 263-270, 2000.
- STEFANELLO, R.; MUNIZ, M. F. B.; NUNES, U. R.; DUTRA, C. B.; SOMAVILLA, I. Physiological and sanitary qualities of maize landrace seeds stored under two conditions. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 39, n. 4, p. 339-347, 2015.
- TEIXEIRA, L. A.; ANDALORO, J. T. Diamide insecticides: Global efforts to address insect resistance stewardship challenges. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v. 106, n. 3 p.76-78, 2013.
- TIMÓTEO, T. S. e MARCOS FILHO, J. Seed performance of different corn genotypes during storage. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 35, n. 2, p. 207-215, 2013.
- TONIN, R. F. B.; LUCCA FILHO, O. A.; BAUDET, L. M. E ROSSETTO, M. Potencial fisiológico de sementes de milho híbrido tratadas com inseticidas e armazenadas em duas condições de ambiente. **Scientia Agropecuaria**, [online], v. 5, n. 1, p. 7-16, 2014.
- USDA. United States Department of Agriculture. **World Agricultural Supply and Demand Estimates**. Disponível em: <https://www.usda.gov/oce/commodity/wasde/wasde1220.pdf>. Acesso em: 24 dez. 2020.
- VAZQUEZ G. H.; CARDOSO R. D.; PERES A. R. Tratamento Químico de Sementes de Milho e o Teste de Condutividade Elétrica. **Bioscience Journal**, Unesp, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 773-781, 2014.
- VAZ MONDO, V. H.; CICERO, S. M.; DOURADO NETO, D.; PUPIM, T. L.; DIAS, M. A. N. Seed vigor and initial growth of corn crop. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 35, n. 1, p. 64-69, 2013.

VAZ MONDO, V. H.; CICERO, S. M.; DOURADO NETO, D.; PUPIM, T. L.; DIAS, M. A. N. Vigor de sementes e desempenho de plantas de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 34, n. 1 p. 143 - 155, 2012.

WARE, G. W. **Fundamentals of pesticides: a self-instruction guide**. ed. 3, Fresno, CA, p. 78-79, 1982.

WOZNIAK E.; MARTINEAU, J. Effects of nutriplant SD<sup>TM</sup> on seedling development of corn seed pretreated with Poncho<sup>TM</sup> 600. **Agrseedandsupply**, p. 1-6, 2004. Disponível em: [http://agrseedandsupply.weebly.com/uploads/7/1/6/9/7169736/\\_effects\\_of\\_nutriplant\\_sd\\_on\\_poncho.pdf](http://agrseedandsupply.weebly.com/uploads/7/1/6/9/7169736/_effects_of_nutriplant_sd_on_poncho.pdf). Acesso em: 24 dez. 2020.

XU, T.; DYER, D. G.; MCCONNELL, L. L.; BONDARENKO S.; ALLEN R.; HEINEMANN O. Clothianidin in agricultural soils and uptake into corn pollen and canola nectar after multiyear seed treatment applications. **Environmental Toxicology and Chemistry**, Nova York, v. 35, p. 311-321, 2016.



## ANEXO

Tabela 1A - Análise de variância dos quadrados médios do grau de umidade (GU), primeira contagem de germinação (PCG), germinação (GERM), primeira contagem de germinação com vermiculita (PCGV), germinação com vermiculita (GERMV), emergência de plântulas quatro (EM4) e sete dias (EM7), velocidade de emergência de plântulas (IVE), envelhecimento acelerado com germinação em papel (EAP), envelhecimento acelerado com semeadura em substrato (EAS) e teste de frio (TF) de sementes de milho, híbridos BM950 PRO3 e BM709 PRO2, tratadas com diferentes produtos inseticidas (I), acondicionadas em diferentes temperaturas (T) e submetidas a armazenamento (A). (continua)

FV	GL	BM950 PRO3										
		GU	PCG	GERM	PCGV	GERMV	EM4	EM7	IVE	EAP	EAS	TF
A	4	11,989*	59,892*	80,267*	184,808*	144,025*	76,392*	13,208*	0,551*	1177,443*	2347,942*	21,775*
I	3	0,711*	5,378 <sup>ns</sup>	8,311*	32,194*	33,394*	4,728 <sup>ns</sup>	3,311 <sup>ns</sup>	0,026 <sup>ns</sup>	51,306*	168,150*	9,911*
T	2	9,988*	25,350*	37,267*	28,950*	17,450*	26,600*	18,467*	0,324*	738,617*	1519,217*	22,317*
A*I	12	0,348*	4,336 <sup>ns</sup>	1,089 <sup>ns</sup>	10,542*	2,103 <sup>ns</sup>	0,936 <sup>ns</sup>	0,908 <sup>ns</sup>	0,006 <sup>ns</sup>	18,444*	20,942 <sup>ns</sup>	3,842 <sup>ns</sup>
A*T	8	1,769*	2,079 <sup>ns</sup>	1,704 <sup>ns</sup>	1,408 <sup>ns</sup>	2,075 <sup>ns</sup>	2,704 <sup>ns</sup>	1,196 <sup>ns</sup>	0,023 <sup>ns</sup>	86,846*	358,904*	4,463 <sup>ns</sup>
I*T	6	0,262 <sup>ns</sup>	1,261 <sup>ns</sup>	3,044 <sup>ns</sup>	4,394 <sup>ns</sup>	1,428 <sup>ns</sup>	0,378 <sup>ns</sup>	1,511 <sup>ns</sup>	0,143 <sup>ns</sup>	48,239*	13,283 <sup>ns</sup>	3,094 <sup>ns</sup>
A*I*T	24	0,340*	2,323 <sup>ns</sup>	0,760 <sup>ns</sup>	2,158 <sup>ns</sup>	1,969 <sup>ns</sup>	0,899 <sup>ns</sup>	0,463 <sup>ns</sup>	0,006 <sup>ns</sup>	19,024*	15,888 <sup>ns</sup>	1,379 <sup>ns</sup>
Resíduo	180	0,158	3,778	2,133	4,661	3,006	3,383	2,189	0,030	8,950	14,106	3,244
CV (%)		3,76	2,04	1,50	2,26	1,78	1,90	1,51	1,43	3,33	4,24	1,84
Média		10,55	95,20	97,53	95,43	97,53	96,93	98,08	12,21	89,84	88,56	97,93

Tabela 1A - Análise de variância dos quadrados médios do grau de umidade (GU), primeira contagem de germinação (PCG), germinação (GERM), primeira contagem de germinação com vermiculita (PCGV), germinação com vermiculita (GERMV), emergência de plântulas quatro (EM4) e sete dias (EM7), velocidade de emergência de plântulas (IVE), envelhecimento acelerado com germinação em papel (EAP), envelhecimento acelerado com semeadura em substrato (EAS) e teste de frio (TF) de sementes de milho, híbridos BM950 PRO3 e BM709 PRO2, tratadas com diferentes produtos inseticidas (I), acondicionadas em diferentes temperaturas (T) e submetidas a armazenamento (A). (conclusão)

FV	GL	BM709 PRO2										
		GU	PCG	GERM	PCGV	GERMV	EM4	EM7	IVE	EAP	EAS	TF
A	4	8,489*	151,642*	155,942*	581,542*	229,358*	1631,958*	319,225*	11,184*	850,500*	675,100*	274,358*
I	3	1,871*	206,089*	26,533*	66,594*	30,978*	247,578*	32,067*	0,992*	36,328*	82,356*	30,889*
T	2	6,377*	127,817*	173,750*	316,117*	186,517*	387,350*	112,917*	2,706*	316,117*	234,817*	64,800*
A*I	12	0,988*	10,797 <sup>ns</sup>	3,575 <sup>ns</sup>	4,608 <sup>ns</sup>	7,547 <sup>ns</sup>	75,647*	2,525 <sup>ns</sup>	0,153*	3,369 <sup>ns</sup>	15,411*	5,736*
A*T	8	2,120*	7,192 <sup>ns</sup>	6,229 <sup>ns</sup>	6,117 <sup>ns</sup>	3,308 <sup>ns</sup>	77,121*	8,313*	0,300*	15,700*	32,650*	3,196 <sup>ns</sup>
I*T	6	0,346 <sup>ns</sup>	1,306 <sup>ns</sup>	14,217*	13,628*	7,428 <sup>ns</sup>	9,394 <sup>ns</sup>	1,317 <sup>ns</sup>	0,004 <sup>ns</sup>	2,228 <sup>ns</sup>	4,239 <sup>ns</sup>	1,756 <sup>ns</sup>
A*I*T	24	0,295*	3,347 <sup>ns</sup>	3,279 <sup>ns</sup>	4,267 <sup>ns</sup>	1,581 <sup>ns</sup>	8,526 <sup>ns</sup>	0,629 <sup>ns</sup>	0,010 <sup>ns</sup>	0,978 <sup>ns</sup>	4,044 <sup>ns</sup>	0,874 <sup>ns</sup>
Resíduo	180	0,171	6,067	5,633	5,417	5,000	6,856	2,789	0,036	4,506	4,411	2,622
CV (%)		3,94	2,92	2,57	2,61	2,40	2,98	1,80	1,67	2,41	2,46	1,74
Média		10,49	84,37	92,40	89,21	93,23	87,75	92,62	11,37	88,04	85,47	92,90

\*significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F ( $p < 0,05$ ). <sup>ns</sup> não-significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F ( $p < 0,05$ ).

Fonte: Do autor (2021).