

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes



Tese

**POSICIONAMENTO DE GENÓTIPOS DE MILHO: QUALIDADE
FISIOLÓGICA E ÍNDICE MULTIVARIADO DE VIGOR NO
ARMAZENAMENTO DE SEMENTES**

André Fernandes Capilheira

Pelotas – RS, 2021.

André Fernandes Capilheira

**POSICIONAMENTO DE GENÓTIPOS DE MILHO: QUALIDADE
FISIOLÓGICA E ÍNDICE MULTIVARIADO DE VIGOR NO
ARMAZENAMENTO DE SEMENTES**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências (área do conhecimento: Ciência e Tecnologia de Sementes).

Orientadora: Prof. Dra. Gizele Ingrid Gadotti

Pelotas - RS, 2021

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

C243p Capilheira, André Fernandes

Posicionamento de genótipos de milho: qualidade fisiológica e índice multivariado de vigor no armazenamento de sementes / André Fernandes Capilheira ; Gizele Ingrid Gadotti, orientadora ; Francisco Amaral Villela, coorientador. — Pelotas, 2021.

67 f. : il.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2021.

1. *Zea mays*. 2. Ranqueamento de lotes. 3. Variabilidade genética. I. Gadotti, Gizele Ingrid, orient. II. Villela, Francisco Amaral, coorient. III. Título.

CDD : 631.521

Elaborada por Gabriela Machado Lopes CRB: 10/1842

Banca examinadora:

Prof^a. Dra. Gizele Ingrid Gadotti.....(Orientadora)

Doutora em Ciência e Tecnologia de Sementes pela Universidade Federal de Pelotas – UFPel

Prof. Dr. Francisco Amaral Villela.....(Coorientador)

Doutor em Fitotecnia pela Universidade de São Paulo – USP

Prof. Dr. Ádamo, de Sousa Araújo.....

Doutor em Ciência e Tecnologia de Sementes pela Universidade Federal de Pelotas – UFPel

Prof. Dr. Ivan Ricardo Carvalho.....

Doutor em Ciência e Tecnologia de Sementes pela Universidade Federal de Pelotas – UFPel

Andrea Bica Noguez Martins.....

Pós Doutoranda no Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes pela Universidade Federal de Pelotas - UFPel

Daniele Brandstetter Rodrigues.....

Dr^a em Ciência e Tecnologia de Sementes pela Universidade Federal de Pelotas - UFPel

*Dedico esta dissertação a meu filho Joaquim
Herreira Capilheira, que sirva de exemplo
para o seu crescimento pessoal e
profissional....*

*Ofereço,
A minha esposa Bianca Herreira Capilheira
que sempre esteve ao meu lado torcendo pelo
meu sucesso, me auxiliando, me incentivando
e dando suporte, minha fortaleza.*

Agradecimentos

À Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel – Universidade Federal de Pelotas, pelo conforto de sua estrutura física. Também por proporcionar a realização do curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão da bolsa de estudos.

As empresas envolvidas, pela oportunidade de vincular o estudo em seus desafios diários.

A professora e amiga Prof^a. Dr^a. Gizele Ingrid Gadotti, minha orientadora, pela atenção, conhecimentos repassados, conselhos, paciência durante a realização do curso.

Aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes.

Aos amigos e colegas, pelo companheirismo, apoio, amizade e trabalho.

A minha família pelo incentivo, apoio, amor, carinho e paciência, que não mediram esforços para ajudar na realização deste trabalho.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

“Deus não evita, Ele muda o final”.

(Astrogildo)

Resumo

CAPILHEIRA, André Fernandes. **Posicionamento de genótipos de milho: qualidade fisiológica e índice multivariado de vigor no armazenamento de sementes.** 2021. 67f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Ciências e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Brasil.

Com este trabalho objetivou-se, classificar genótipos de milho quanto à capacidade de armazenamento sob condição de estresse. O trabalho foi conduzido em conjunto com uma empresa sementeira e dividido em capítulos. O primeiro capítulo consistiu na avaliação e no ranqueamento de lotes de sementes de 56 genótipos de milho em níveis de vigor (sem estresse). Na segunda etapa foram selecionados 37 genótipos, de sementes de milho de diferentes níveis de qualidade fisiológica e submetidos a uma simulação de ambiente desfavorável ao armazenamento (30°C e UR 75%) pelo período de 30 dias (com estresse). No segundo capítulo os 37 genótipos foram expostas a condições tropicais da região de Itumbiara - GO e refrigerada de armazenamento e em diferentes embalagens. As sementes foram avaliadas com os seguintes testes: teor de água, germinação, emergência em campo, teste de frio, condutividade elétrica e envelhecimento acelerado mais uma análise interna da empresa ("vigor"). A qualidade das sementes de milho é influenciada pela genética herdada de seus genitores, evidenciada pela análise dos dados do teste de envelhecimento acelerado, bem como pelas condições ambientais de armazenamento. No armazenamento em câmaras frias existe o controle da temperatura e umidade relativa do ar, sendo a melhor condição para esta região tropical. O armazenamento sob condições de 10°C de temperatura e 40% de umidade relativa do ar é o mais eficiente para a preservação da qualidade fisiológica de semente de milho independente do acondicionamento do lote.

Palavras-chave: *Zea mays*; ranqueamento de lotes; variabilidade genética

ABSTRACT

CAPILHEIRA, André Fernandes. **Positioning of corn genotypes: physiological quality and multivariate index of vigor in seed storage.** 2021. 67f. Thesis (Doctorate) - Graduate Program in Seed Science and Technology. Federal University of Pelotas, Pelotas, Brazil.

This work aimed to classify corn genotypes in terms of storage capacity under stress conditions. The work was conducted in conjunction with a seed company and divided into chapters. The first chapter evaluates and ranks seed lots of 56 corn genotypes in vigor levels (without stress). In the second stage, 37 corn seed genotypes of different levels of physiological quality and evolution of a simulation of an unfavorable storage environment (30 ° C and 75% RH) for 30 days (with stress) were selected. The 37 genotypes were exposed to tropical and refrigerated storage conditions and in different packages in the second chapter. The seeds were evaluated with the following tests: water content, germination, field emergence, cold test, electrical conductivity, and aging, plus an internal company analysis ("vigor"). The quality of corn seeds is influenced by genetics inherited from their parents, evidenced by the analysis of data from the accelerated aging test and the environmental conditions of storage. When storing in cold places, temperature and relative humidity control are the best conditions for tropical regions. Storage under conditions of 10°C temperature and 40% relative humidity is the most efficient way to preserve the physiological quality of corn seed regardless of the lot conditioning.

Keywords: *Zea mays; lot ranking; genetic variability*

Lista de Figuras

Figura 1 Árvore de decisão para classificação de cultivares de milho.....	23
Figura 2 Correlação de Pearson entre as análises.....	32
Figura 3 Dados do ambiente na condição de câmara fria. Curvas agrupadas, temperatura (cor preta) e umidade relativa do ar (cor azul) (A), curva da temperatura (B) e curva da umidade relativa do ar (C)	40
Figura 4 Dados do ambiente na condição de embalagem hermética. Curvas agrupadas, temperatura (cor preta) e umidade relativa do ar (cor azul) (A), curva da temperatura (B) e curva da umidade relativa do ar (C).....	40
Figura 5 Dados do ambiente na condição de embalagem de papel. Curvas agrupadas, temperatura (preto) e umidade relativa do ar (azul) (A), curva da temperatura (B) e curva da umidade relativa do ar (C).....	41
Figura 6 Teor de água médio das sementes das sementes de milho.....	44
Figura 7 Germinação de 37 genótipos de milho armazenadas em câmara fria por 180 dias.....	45
Figura 8 Germinação das sementes de milho acondicionadas em embalagem hermética e armazenadas em condições não controladas do ambiente por 180 dias.....	47
Figura 9 Germinação das sementes de milho acondicionadas em embalagem de papel e armazenadas em condições não controladas do ambiente por 180 dias.....	48
Figura 10 Teste de frio das sementes de milho armazenadas em câmara fria por 180 dias.....	50
Figura 11 Teste de frio das sementes de milho acondicionadas em embalagens herméticas e armazenadas em condições não controladas do ambiente por 180 dias.....	51

Figura 12 Teste de frio das sementes de milho acondicionadas em embalagens de papel e armazenadas em condições não controladas do ambiente por 180 dias.....	52
Figura 13 Condutividade elétrica em $\mu\text{Sm}^{-1}\text{g}^{-1}$ das sementes de milho armazenadas em câmara fria por 180 dias.....	53
Figura 14 Teste de condutividade elétrica em $\mu\text{Sm}^{-1}\text{g}^{-1}$ das sementes de milho acondicionadas em embalagens herméticas e armazenadas em condições não controladas do ambiente por 180 dias.....	54
Figura 15 Teste de condutividade elétrica em $\mu\text{Sm}^{-1}\text{g}^{-1}$ das sementes de milho acondicionadas em embalagens de papel e armazenadas em condições não controladas do ambiente por 180 dias.....	54
Figura 16 Teste de envelhecimento acelerado das sementes de milho acondicionadas em câmara fria por 180 dias.....	55
Figura 17 Teste de envelhecimento acelerado das sementes de milho acondicionadas em embalagens herméticas e armazenadas em condições não controladas do ambiente por 180 dias.....	56
Figura 18 Teste de envelhecimento acelerado das sementes de milho acondicionadas em embalagens de papel e armazenadas em condições não controladas do ambiente por 180 dias.....	57
Figura 19 Emergência em campo, em porcentagem das sementes de milho acondicionadas em câmara fria por 180 dias.....	58
Figura 20 Emergência em campo, em porcentagem das sementes de milho acondicionadas em embalagens herméticas e armazenadas em condições não controladas do ambiente por 180 dias.....	59
Figura 21 Emergência em campo, em porcentagem das sementes de milho acondicionadas em embalagens de papel e armazenadas em condições não controladas do ambiente por 180 dias.....	60

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Genótipos de milho, código da empresa, teor de água (%), germinação (%), teste de frio (%), condutividade elétrica ($\mu\text{Sm-1g-1}$), envelhecimento acelerado (%) e emergência em campo (%) antes do armazenamento.....	21
Tabela 2 - Resumo da análise de variância para as variáveis: Teor de água, porcentagem de germinação, teste de frio, condutividade elétrica, envelhecimento acelerado e emergência em campo de sementes de milho.....	24
Tabela 3 - Dados de teor de água (%), germinação (%), teste de frio (%), condutividade elétrica ($\mu\text{Sm-1g-1}$), envelhecimento acelerado (%) e emergência em campo (%), antes e depois do armazenamento das sementes dos genótipos de milho.....	26
Tabela 4 - Parâmetros genéticos e ambientais e índice de vigor e vigor genético de genótipos de milho em diferentes ambientes.....	32
Tabela 5 - Índice de vigor total (IVTotal) e índice de vigor genético (IV-GTGCEEAEC).....	35
Tabela 6 - Resumo da análise de variância para as variáveis: Teor de água, porcentagem de germinação, teste de frio, condutividade elétrica, envelhecimento acelerado e emergência em campo.....	43
Tabela 7 - Coeficiente de correlação de Pearson para as variáveis analisadas.....	58

Sumário

1. Introdução.....	13
2. Capítulo I: Caracterização da qualidade de diferentes cultivares de sementes de milho.....	16
2.1. Introdução.....	16
2.2. Material e métodos.....	17
2.3. Resultados e Discussão.....	21
2.4. Conclusões.....	37
3. Capítulo II: Monitoramento da qualidade de sementes de milho em três condições de armazenamento na região de Itumbiara – GO.....	38
3.1. Introdução.....	38
3.2. Material e métodos.....	39
3.3. Delineamento experimental e análise estatística.....	43
3.4. Resultados e Discussão.....	43
3.5. Conclusões.....	61
Considerações Finais.....	61
Referências Bibliográficas.....	62

1. Introdução

O milho (*Zea mays* L.) possui grande importância socioeconômica no cenário mundial, movimentando bilhões de dólares, além da sua ampla utilização na alimentação humana e animal.

O Brasil atualmente ocupa o terceiro lugar na produção mundial de milho, ficando atrás apenas dos Estados Unidos e da China (Anuário Brasileiro do milho, 2018). A produção nacional desse cereal é estimada em torno de 99,984 milhões de toneladas para a safra 2018/2019 (Conab, 2019).

Todavia, o uso de sementes de boa qualidade é requisito fundamental e de grande valia para o sucesso no estabelecimento dos cultivos e na obtenção de elevados rendimentos (Silva et al., 2008).

No entanto, a garantia da qualidade das sementes é determinada pela interação entre atributos fisiológicos, sanitários, genéticos e físicos, os quais interferem diretamente no potencial de desempenho em campo e durante o armazenamento (Marcos Filho, 2015).

Uma empresa produtora de sementes deve ter constante preocupação com a qualidade das sementes produzidas, buscando sempre manter essa qualidade ao longo do armazenamento (Peske et al., 2012).

O armazenamento é uma atividade fundamental, com a finalidade de garantir a manutenção do vigor e da viabilidade durante o período compreendido entre a maturidade fisiológica e a semeadura subsequente, que pode ser de alguns dias ou estender-se por vários meses, conforme espécie e cultivar, local de produção, condições ambientais prevalecentes e tecnologia de produção.

Algumas condições ambientais são fundamentais para a manutenção da viabilidade e longevidade das sementes durante o armazenamento, como o teor de água, temperatura de armazenagem, são fatores que determinam diretamente a redução de qualidade das sementes (DHINGRA, 1985).

Durante o armazenamento, as sementes continuam com suas atividades biológicas, como respiração, emissão de calor, vapor de água e dióxido de carbono, cuja intensidade depende do grau de umidade da semente e da temperatura do ambiente (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

O elevado teor de água é um dos fatores principais na causa da deterioração da semente, pois provoca o aumento da respiração e da quantidade de microrganismos e insetos, diminuindo a germinação e o vigor das sementes, dependendo da temperatura.

O aumento do processo respiratório das sementes reflete no aumento do consumo de reservas, tendo como consequência, a perda da massa seca e vigor (BAUDET; VILLELA, 2006).

Durante o processo de armazenamento, a deterioração das sementes é irreversível, todavia a velocidade do processo pode ser minimizada por meio de procedimentos adequados. A redução da velocidade de deterioração das sementes são prioridades durante o armazenamento. Assim, a função do armazenamento é manter a qualidade das sementes durante o período em que estas ficam armazenadas (Villela & Menezes, 2009).

A deterioração da semente também está relacionada às características do tipo de embalagem que contêm as sementes, pois existem materiais que não oferecem resistência às trocas gasosas de vapor d'água, entre as sementes e a atmosfera, representando as embalagens permeáveis, as resistentes a esta movimentação de vapor d'água e as embalagens herméticas ou impermeáveis, que não permitem essa troca (Marcos Filho, 2015).

Como embalagens permeáveis têm-se as de papel, juta, algodão e plástico trançado. Todas essas embalagens permitem livremente as trocas de umidade, o que quer dizer que se a semente estiver seca e o ambiente úmido, em pouco tempo a semente também estará úmida. (Peske, 2003). As sementes apresentam higroscopidade, ou seja, ganham ou perdem água num processo dinâmico em função de variações na umidade relativa do ar.

As embalagens impermeáveis apresentam como principais vantagens, além de evitar a troca de umidade dos grãos e sementes com o ambiente, a redução da disponibilidade de oxigênio devido a respiração das sementes armazenadas, fato este que reduz a perda de matéria seca, proliferação de insetos e mantém a qualidade fisiológica das sementes por períodos maiores de armazenamento (Baudet, 2003; Sauer, 1992).

Tendo assim como benefícios de sua utilização: aumento da vida útil do produto, retarda a deterioração da aparência, coloração, textura, aroma e qualidade nutricional, reduz perdas no manuseio pós-colheita, reduz perdas na

distribuição e estocagem e possibilita atingir mercados mais distantes, devido ao aumento da vida útil.

Dessa forma, o objetivo principal do armazenamento de sementes é, após atingir a maturidade fisiológica, preservar a máxima qualidade das sementes, retardando a deterioração, através do controle de três principais fatores: umidade das sementes, umidade relativa do ar e temperatura do ambiente de armazenamento (MINOR e PASCHAL, 1982; DHINGRA, 1985).

Pensando que a embalagem impermeável somado ao ambiente controlado para armazenamento em condições adversas pode trazer esses benefícios para a qualidade fisiológica das sementes de milho, os resultados do ensaio podem contribuir muito para o setor, principalmente para questões de manejo do processo após ensaque, época de entrega das sementes, transporte, local de armazenagem mantendo qualidade, onde hoje, dependendo da região, é um grande desafio enfrentado por sementeiras, principalmente quando distribuem suas sementes a seus clientes e canais de distribuição.

Nesse contexto, o objetivo com o trabalho foi avaliar a qualidade fisiológica das sementes de milho em condições de ambiente controlado comparado com a atual armazenagem por um determinado período.

2. Capítulo I – Emprego de diferentes metodologias para a caracterização fisiológica de genótipos de milho.

2.1. Introdução

A semente é considerada um dos mais importantes insumos agrícolas. Em primeiro lugar, porque traduz no campo as características genéticas determinantes pelo desempenho da cultivar; ao mesmo tempo, é responsável ou contribui decisivamente para o sucesso do estabelecimento do estande, constituindo a base para a produção rentável. Desta maneira, a interação do melhoramento genético e a organização da produção de sementes representa requisito básico para a agricultura qualificada (Marcos Filho, 2015).

O desenvolvimento de linhagens e híbridos são procedimentos adotados em programas de melhoramento. A análise das sementes utilizada neste processo é um campo que torna essas duas ciências um conjunto em crescimento, necessitando cada vez mais de sementes que se encaixem nos rígidos padrões de qualidade exigidos pelos órgãos oficiais (Gomes et al., 2000).

A utilização de sementes certificadas está interligada aos acréscimos tecnológicos em lavouras, nas mais diferentes culturas, as quais são desenvolvidas e produzidas conforme os exigentes padrões do Sistema Brasileiro de Sementes e Mudas. A taxa de utilização de sementes, para a cultura do milho é de 92%, distribuídas em 16,6 milhões de hectares entre lavouras comerciais e áreas de produção de sementes.

Essa elevada utilização deve-se ao lançamento de híbridos de milho com novos atributos, com elevado potencial produtivo e resistência ou tolerância a doenças e insetos-praga (Abrasem, 2018).

O uso de sementes de qualidade é um dos principais fatores determinantes para a população inicial de plantas. Além de propiciar estabelecimento rápido e uniforme da lavoura, o uso de sementes com alta qualidade, possibilita a população de plantas desejada, aumenta a eficiência no uso de fertilizantes e corretivos, bem como, reduz os prejuízos causados pela competição interespecífica com plantas daninhas.

Vários fatores podem influenciar na qualidade fisiológica das sementes, a exemplo das condições do ambiente, danificação mecânica, insetos-praga e

deterioração das sementes (Carvalho & Nakagawa, 2012). No entanto, a garantia da qualidade das sementes é determinada pela interação entre atributos fisiológicos, sanitários, genéticos e físicos, os quais interferem diretamente no potencial de desempenho durante o armazenamento e no campo de produção (Marcos Filho, 1999).

A avaliação correta da qualidade das sementes é o componente essencial do sistema de produção de sementes. A única maneira para identificação segura do nível de qualidade de um lote de sementes é efetuar as análises encontradas nas regras de análises de sementes (RAS) e interpretar corretamente os resultados (Marcos Filho, 2015).

Além disso, é de conhecimento que há cultivares com capacidade de armazenamento intrínseca a sua constituição genética, o que resulta em resultados diferenciais, de modo, os parâmetros genéticos e do ambiente devem ser analisados e compreendidos.

Desta forma, o objetivo com este trabalho foi empregar uma metodologia com o armazenamento em estresse para selecionar genótipos de milho.

2.2. Material e métodos

O trabalho foi conduzido em conjunto com uma empresa sementeira e dividido em duas etapas. A primeira etapa consistiu na avaliação e no ranqueamento de lotes de sementes de 56 genótipos de milho em níveis de vigor (sem estresse) e foi realizado no Laboratório Didático de Análise de Sementes "Flávio Farias da Rocha" da Universidade Federal de Pelotas.

Na segunda etapa foram selecionados 37 genótipos, dos 56 analisadas na primeira etapa, de sementes de milho de diferentes níveis de qualidade fisiológica e submetidos a uma simulação de ambiente desfavorável ao armazenamento (30°C e UR 75%) pelo período de 30 dias (com estresse). As sementes foram avaliadas empregando os seguintes testes: teor de água, germinação, emergência em campo, teste de frio, condutividade elétrica e envelhecimento acelerado mais uma análise interna da empresa denominada de "vigor" considerada segredo industrial.

Os procedimentos para condução dos testes estão descritos a seguir:

Teor de água: foi utilizado o método oficial de estufa 105°C/24h indicado pelas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009).

Germinação (G): foram utilizadas quatro repetições com 50 sementes, em rolos de papel germitest umedecidos, previamente, com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel. Os rolos foram colocados em germinador com temperatura de 25°C. A primeira e a segunda contagens foram realizadas aos quatro e sete dias, respectivamente, após a instalação do teste, de acordo com as Regras para Análise de Semente (Brasil, 2009).

Emergência das plântulas em campo (EC): foram empregadas quatro repetições de 100 sementes por lote. As sementes foram semeadas na profundidade de 3,0 cm, em sulcos com 5m de comprimento e distanciados de 0,50m entre si. A leitura foi realizada aos 21 dias após a semeadura, computando-se as plântulas emergidas (Nakagawa, 1994).

Teste de frio (TF): foi realizado, conforme descrito por Barros et al. (1999), utilizando quatro repetições de 50 sementes por lote, em rolo de papel germitest umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel. Os rolos de papel, acondicionados em sacos plásticos, foram mantidos à temperatura de 10°C por período de sete dias. Após esse período, os rolos foram transferidos para germinador, sendo o teste conduzido conforme descrito para o teste de germinação.

Condutividade elétrica (CE): foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes, pesadas em balança de precisão de 0,001g e colocadas para embebição em copos de plástico (capacidade de 200 mL) contendo 75 mL de água destilada, durante 24 horas, a temperatura de 25°C e leitura realizada em condutivímetro de laboratório modelo DM-32 (Marcos Filho et al., 1987).

Teste de envelhecimento acelerado (EA): seguindo a metodologia descrita por Marcos Filho (2015), empregando quatro repetições, distribuídas em camada única de sementes sobre telas de alumínio, suspensas no interior de caixas plásticas do tipo gerbox adaptadas, funcionando como compartimentos individuais (minicâmaras), sendo adicionados 40 mL de água e as caixas gerbox mantidas em uma estufa incubadora (tipo B.O.D.), a temperatura de 42°C, por 72h.

Após este período, seguiu-se o mesmo procedimento do teste de germinação, com avaliação aos quatro dias após a semeadura. A segunda etapa

foi realizada na Universidade Federal de Pelotas com a distribuição de sementes em camada única acondicionadas em embalagens de papel e mantidas em ambiente com temperatura de 30ºC e uma umidade relativa do ambiente de 75% (com estresse), para simular a condição mais adversa de armazenamento da empresa na sementeira.

As análises realizadas nesta etapa foram as mesmas já realizadas na etapa anterior: teor de água, germinação, emergência de plântulas em campo, teste de frio, condutividade elétrica e envelhecimento acelerado.

Para a análise dos dados de decisão para o segundo experimento foi realizada uma técnica de mineração de dados, utilizando os dados obtidos nas análises realizadas na primeira etapa.

O classificador utilizado foi J48, no qual se dividiu o conjunto de dados, treinamento e teste, em 10 subconjuntos. A média dessas precisões correspondeu ao desempenho do algoritmo sobre o conjunto de dados fornecido. Essa técnica reduz a probabilidade de que coincidências subavaliem ou sobreavaliem o desempenho para uma determinada configuração. As etapas descritas foram realizadas no software Weka. Resultando em uma árvore decisória.

O índice de vigor total foi obtido através do auxílio da metodologia de Szareski et al. (2018a), sendo este, baseado na razão entre os valores observados em cada unidade experimental ponderados pelos seus respectivos desvios-padrões intrínsecos da variável, estes foram conjugados pela ação de produtório. Para este índice, cada variável tem a sua unidade de medida, resultando no índice “IV” adimensional. A abordagem aqui adotada foi composta pelas análises já descritas anteriormente e baseada na seguinte equação:

$$IV \triangleq [((G_{ijk}SG) \times (TF_{ijk}STF) \times (CE_{ijk}SCE) \times (EA_{ijk}SEA) \times (EC_{ijk}SEC))]$$

Onde,

IV: corresponde ao índice multivariado de vigor das sementes de milho;

G_{ijk} : definido como o valor observado para a i -ésima cultivar no j -ésimo ambiente para o caráter germinação;

TF_{ijk} : definido como o valor observado para a i -ésima cultivar no j -ésimo ambiente dispostos no k -ésimo para o caráter teste de frio;

CE_{ijk}: definido como o valor observado para a i-ésima cultivar no j-ésimo ambiente dispostos para o caráter condutividade elétrica;

EA_{ijk}: definido como o valor observado para a i-ésima cultivar no j-ésimo ambiente para o caráter envelhecimento acelerado;

EC_{ijk}: definido como o valor observado para a i-ésima cultivar no j-ésimo ambiente para o caráter emergência em campo;

SG: corresponde ao desvio padrão do caráter G;

SEC: corresponde ao desvio padrão do caráter EC;

STF: corresponde ao desvio padrão do caráter TF;

SCE: corresponde ao desvio padrão do caráter CE;

SEA: corresponde ao desvio padrão do caráter EA.

Os dados obtidos foram submetidos ao diagnóstico de normalidade e homogeneidade das variâncias residuais, bem como, de aditividade do modelo estatístico.

Após procedeu-se a análise de variância para identificar a presença de interação entre genótipos de milho x ambientes de estresse a 5% de probabilidade, as variáveis que evidenciaram significância foram desmembradas aos efeitos simples baseando-se estas diferenciações através do agrupamento de médias por Scott Knott.

As variáveis e os índices multi-caráter foram submetidos a análise de correlação linear com o propósito de comprovar quais variáveis são relacionadas diretamente com os índices a significância foi amparada pelo teste t.

Posteriormente, com a finalidade de compreender o fracionamento da variação total do estudo aplicou-se o método da máxima verossimilhança (REML) restrita com a significância baseada na análise de Deviance a 5% de probabilidade pelo teste de χ^2 , estas significativas indicaram que os componentes de variância e parâmetros genéticos obtidos são confiáveis e fidedignos.

Estimou-se então, a variância genética, a variância da interação genótipos x ambientes de estresse, variância residual, variância fenotípica, herdabilidade com sentido amplo com e sem efeitos da interação, coeficiente de determinação dos efeitos da interação, acurácia, correlação genotípica entre os ambientes, coeficiente de variação residual e genético, bem como, a média geral do experimento.

Para as estimativas estatísticas utilizou-se os softwares Statistical Analysis System®, Selegen (Resende, 2007), GENES e R.

2.3. Resultados e Discussão

A primeira fase foram as análises de qualidade fisiológica dos 56 genótipos escolhidos pela empresa (Tabela 1) sem estresse para escolha da segunda etapa.

Tabela 1. Genótipos de milho, teor de água (%), germinação (%), teste de frio (%), condutividade elétrica ($\mu\text{Sm}^{-1}\text{g}^{-1}$), envelhecimento acelerado (%) e emergência em campo (%) antes do armazenamento.

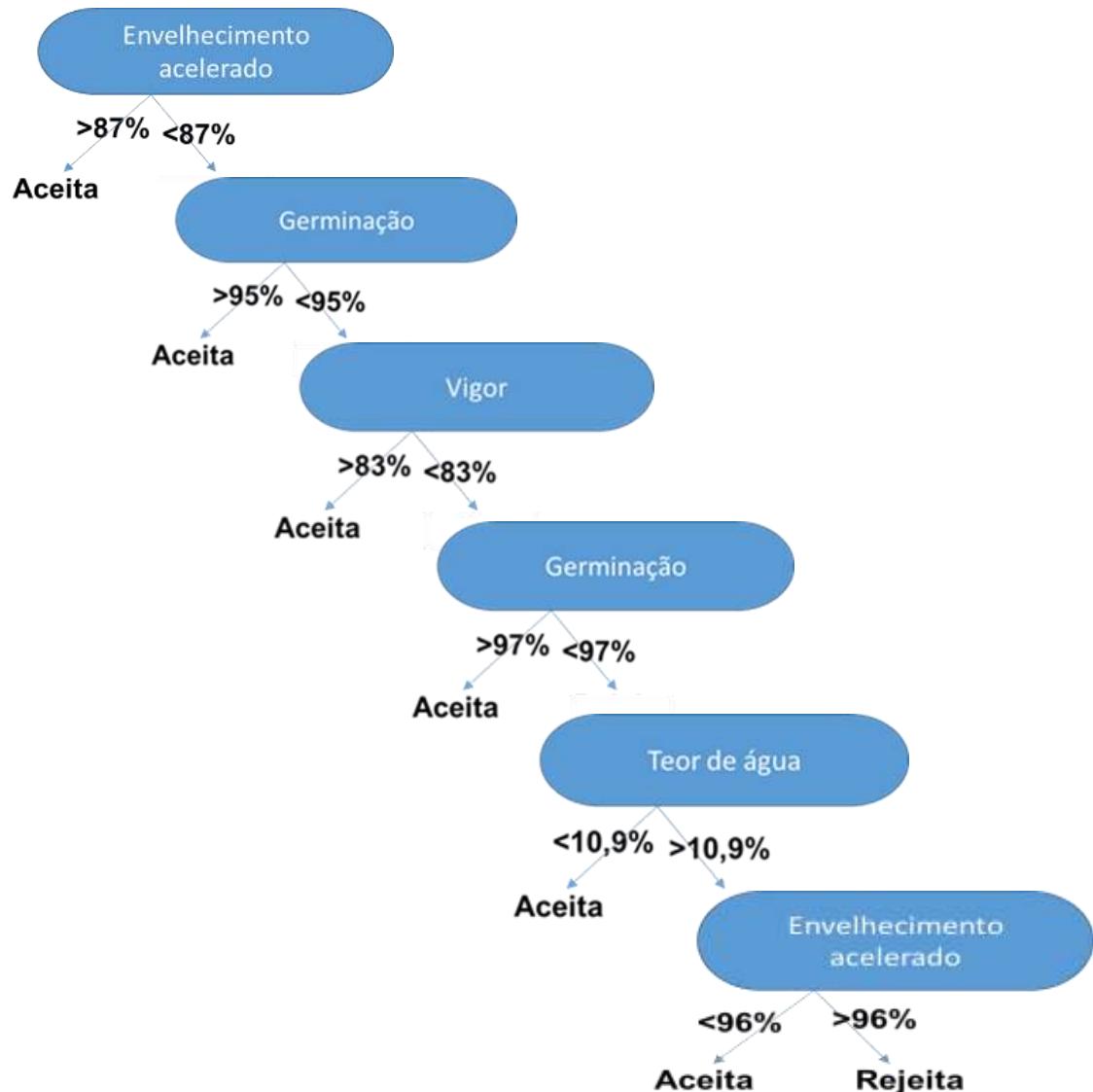
Genótipos	Teor de água (%)	Germinação (%)	Teste de Frio (%)	Condutividade Elétrica ($\mu\text{Sm}^{-1}\text{g}^{-1}$)	Envelhecimento acelerado (%)	Emergência em campo (%)
1	10,9 b	98 a	97 a	16,1905574 e	97 a	93 c
2	10,3 a	99 a	99 a	17,74332651 e	83 f	95 b
3	10,4 a	98 a	96 a	13,80930696 c	93 c	97 b
4	11,1 b	97 a	97 a	15,09353613 d	91 d	96 b
5	11,2 b	98 a	98 a	19,8128988 f	83 f	95 c
6	11,1 b	97 a	97 a	13,29337304 c	93 c	96 b
7	10,4 a	98 a	98 a	19,27653931 f	98 a	99 a
8	11,0 b	98 a	96 a	11,44316706 c	96 a	95 b
9	10,7 a	98 a	98 a	12,63214917 c	97 a	100 a
10	10,4 a	96 a	96 a	13,8295684 c	95 b	95 b
11	11,1 b	97 a	94 b	16,96690601 e	95 b	95 b
12	10,4 a	99 a	96 a	9,656182151 b	88 e	96 b
13	11,0 b	98 a	93 b	21,55116908 g	21 p	95 c
14	10,7 a	96 a	93 b	25,47879657 h	23 o	94 c
15	10,6 a	100 a	100 a	10,47669938 b	99 a	96 b
16	11,0 b	100 a	97 a	13,60665359 c	98 a	100 a
17	10,4 a	97 a	97 a	14,52191733 d	91 d	98 a
18	11,2 b	99 a	99 a	16,63893634 e	96 a	96 b
19	10,9 b	99 a	97 a	22,83020933 g	90 d	98 a
20	11,8 b	91 c	81 d	22,63975562 g	35 n	82 e
21	11,2 b	99 a	96 a	12,07838188 c	84 f	97 b
22	10,3 a	100 a	97 a	17,27905613 e	70 h	98 a
23	11,3 b	96 a	93 b	18,32430315 e	75 g	94 c
24	10,7 b	96 b	93 b	14,11655257 c	90 d	97 b
25	10,4 a	95 b	96 a	11,79318111 c	91 d	97 b
26	10,3 a	100 a	98 a	13,19349413 c	99 a	98 a
27	10,9 b	96 a	92 b	23,23667877 g	97 a	98 a

28	10,4 a	89 c	89 c	22,63244252 g	89 d	95 b
29	10,8 b	95 b	87 c	22,60329048 g	93 c	98 a
30	10,9 b	98 a	98 a	21,72678868 g	471	99 a
31	11,5 b	97 a	92 b	23,25309204 g	99 a	98 a
32	10,1 a	100 a	99 a	10,18569431 b	100 a	95 b
33	9,7 a	100 a	97 a	12,12868941 c	95 b	99 a
34	10,3 a	93 b	92 b	16,43878414 e	67 i	89 d
35	10,5 a	96 a	76 e	10,74278126 b	95 b	96 b
36	11,3 b	99 a	85 c	16,39499711 e	68 i	96 b
37	10,9 b	98 a	95 b	21,92995032 g	6 q	95 b
38	11,6 b	99 a	95 b	29,87566096 i	97 a	90 d
39	10,7 b	98 a	82 d	16,09184233 e	1 r	90 d
40	11,6 b	99 a	98 a	11,99799766 c	99 a	98 a
41	10,9 b	96 b	91 b	19,97230139 f	62 j	95 b
42	10,9 b	91 c	90 c	20,34040391 f	41 m	94 c
43	10,9 b	100 a	96 a	13,71763413 c	97 a	97 b
44	10,6 a	98 a	97 a	17,58209535 e	95 b	95 b
45	11,2 b	97 a	91 b	17,58832221 e	87 e	96 b
46	11,0 b	94 b	94 b	22,52239391 g	92 c	96 b
47	10,6 a	94 b	92 b	27,88931085 i	87 e	95 b
48	10,8 b	99 a	99 a	14,27176931 d	96 a	99 a
49	11,3 b	94 b	92 b	21,23871724 f	98 a	98 a
50	10,8 b	94 b	88 c	16,12359131 e	85 f	98 a
51	11,3 b	94 b	93 b	28,15025979 i	93 c	91 d
52	11,3 b	100 a	98 a	14,91707756 d	97 a	100 a
53	10,9 b	95 b	95 b	20,67421203 f	99 a	99 a
54	11,0 b	93 b	90 c	16,08202344 e	93 c	97 b
55	11,1 b	98 a	94 b	17,40949974 e	50 k	95 b
56	11,1 b	100 a	98 a	7,380460625 a	95 b	99 a

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey em nível de probabilidade de 5%.

A tomada de decisão, com relação aos 56 genótipos resultou nos 37 genótipos que deram continuidade à segunda etapa do trabalho. Esta decisão estabelecida pela empresa, não sendo conhecidos os parâmetros empregados nesta seleção dos genótipos, pois existia um contrato de confidencialidade com a empresa sobre as informações dos genótipos e dos critérios utilizados nesta tomada de decisão. Para isso, foi utilizada uma técnica de inteligência artificial que prediz a classificação de dados (Árvore de decisão classificador J48), que pode ser visualizada na Figura 1.

Figura 1. Árvore de decisão para classificação de cultivares de milho.



Assim, pode-se concluir que o especialista da empresa tomou as seguintes decisões: para valores de envelhecimento acelerado maior que 87%, os genótipos foram aceitos para a etapa seguinte e para valores menores que 87% só foram aceitos com germinação superior a 95%. Marcos Filho (2015) comenta que é de fundamental importância ter testes auxiliares aos oficiais, além de permitir uma melhor diferenciação entre os lotes.

Os genótipos que sobraram foram classificados para valores de germinação, os menores que 95% passaram para a decisão dos resultados do teste de vigor da empresa, que menores que 83% já foram rejeitados.

Novamente, a decisão se volta para os dados de germinação, sendo que os genótipos com dados menores que 97% foram rejeitados.

Finalmente, a tomada de decisão foi baseada em dados de teor de água. Para os valores maiores que 10,9% foram aceitos para a etapa seguinte e os menores que este foram novamente avaliados pelo teste de envelhecimento acelerado e só aceitos os que tivessem resultados superiores a 96%. Dessa forma, resultaram 66% dos genótipos para a etapa seguinte.

A tabela 2 nos informa, pela análise da variância (ANOVA), as significâncias dos lotes com a interação do ambiente de estresse através das análises realizadas na segunda etapa.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para as variáveis: Teor de água, porcentagem de germinação, teste de frio, condutividade elétrica, envelhecimento acelerado e emergência em campo de sementes de milho

Variável	Lote	Ambiente	Lote x Amb.	Média	Resíduo	CV(%)	H^2
	*****Quadrado médio*****	*****Quadrado médio*****	*****Quadrado médio*****				
Teor de água	2,43*	676,2*	2,40*	12,4	6,54	1,37	0,97
Germinação	872,18*	9240,05*	722,64*	91,01	1958,94	3,24	0,86
Teste de Frio	75191,17*	44984,22*	44984,27*	81,46	3203,96	4,63	0,92
Condutividade Elétrica	7614,97*	356,40*	355,28*	19,02	232,11	5,33	0,98
Envelhecimento acelerado	277887,09*	34894,89*	35167,22*	65,25	2735,39	5,34	0,99
Emergência em campo	51692,93*	93450,32*	40300,67*	77,94	1131,46	2,87	0,96
IVTotal	961977605,37*	309716907,7*	300821777,72*	3580,10	28113030,14	9,87	0,99
IV_GTGCEEAEC	17696637,54*	12154268,68*	5917798,53*	509,07	522867,34	9,46	0,99
GL	37	1	37	-	-	-	-

Quadrado médio ⁽¹⁾: (*) - significativo a 1%; CV – coeficiente de variação; GL – graus de liberdade.

A análise de variância revelou interação significativa entre os lotes x ambiente a 1% de probabilidade para todas as variáveis testadas, onde se constatou que os genótipos inseridos ao ambiente desfavorável de armazenamento (com estresse) foram influenciados em mais de 85%, observado pela proporção da variância fenotípica explicada pela variância genética (H^2).

Nesse contexto, o uso do método fenotípico como índice de vigor da semente (PIV) pode fornecer uma estimativa da resposta multi-características de qualidade de semente, como primeira contagem, germinação, acelerado envelhecimento e condutividade elétrica, a fim de obter estimativas precisas e confiáveis da fisiologia desempenho de sementes. A abordagem multifacetada

tem sido utilizado em maracujá (Oliveira et al., 2008) e eucalipto (Nunes, 2015; Santos et al., 2016) e trigo (Szareski, et al. (2018). Esta estratégia biométrica tem a vantagem de revelando a aleatoriedade dos efeitos genotípicos, mas não subestima os efeitos do Genótipo x Ambiente, permitindo classificar genótipos de acordo com seu desempenho baseado em efeitos genéticos (Resende et al., 2001).

Como verificado na Tabela 3, o ambiente de armazenamento e a embalagem utilizada (papel) permitiram a troca de vapor de água entre as sementes e o ambiente e com isso houve aumento do teor de água das sementes dos genótipos, devido sua higroscopidade.

Segundo Baudet e Villela (2019), ao serem armazenadas em embalagens permeáveis (papel), as sementes alteram seu teor de água conforme as variações da umidade relativa do ar, por serem higroscópicas.

Siqueira et al. (2012) afirmaram que produtos oleaginosos apresentam ligações mais instáveis com a água, portanto são mais hidrofóbicos que as sementes não oleaginosas, facilitando as movimentações de água durante o processo de secagem e armazenagem.

Milho é classificada como não oleaginosa, mas no entanto possui altos teores de óleo e é processada para sua extração.

Assim, para cada umidade relativa e a determinada temperatura, a semente terá um teor de água denominado ponto de equilíbrio higroscópico (PEH) das sementes definido como o grau de umidade alcançado pela semente depois de certo período de tempo submetido a condições de umidade relativa e temperaturas constantes (Peske et al., 2019).

Tabela 3. Dados de teor de água(%), germinação(%), teste de frio(%), condutividade elétrica ($\mu\text{Sm}^{-1}\text{g}^{-1}$), envelhecimento acelerado(%) e emergência em campo(%), antes e depois do armazenamento sob estresse dos genótipos de milho.

Genótipos	Teor de água (%)		Germinação (%)		Teste de Frio (%)		Cond. Elétrica ($\mu\text{Sm}^{-1}\text{g}^{-1}$)		Envelhecimento acelerado (%)		Emergência em campo (%)	
	sem estresse	com estresse	sem estresse	com estresse	sem estresse	com estresse	sem estresse	com estresse	sem estresse	com estresse	sem estresse	com estresse
2	10,4 Be	14,2 Af	99 Aa	97 Aa	99 Aa	87 Bb	17,715 Bf	20,147 Ae	83 Ad	24 Bi	95 Ab	46 Bi
5	11,2 Bb	14,7 Ae	98 Aa	95 Ab	98 Aa	81 Bc	19,607 Bd	21,522 Ad	83 Ad	59 Bg	95 Ab	25 Bp
6	11,1 Bc	14,7 Ae	97 Aa	96 Ab	97 Aa	91 Aa	13,325 Ah	14,547 Ai	93 Ab	68 Bf	96 Ab	77 Bf
7	10,4 Be	13,0 Aj	98 Aa	96 Ab	98 Aa	90 Ba	19,277 Be	23,575 Ac	98 Aa	4 Bi	99 Aa	68 Bh
8	11,0 Bc	12,7 Ak	98 Aa	99 Aa	96 Aa	95 Aa	11,490 Ai	12,442 Aj	96 Aa	91 Bb	95 Ab	84 Bd
13	11,1 Bc	14,7 Ae	98 Aa	84 Bd	93 Ab	76 Bd	21,550 Bc	26,277 Ab	21 Aj	9 Bk	95 Ab	61 Bj
14	10,7 Bd	16,1 Aa	96 Aa	68 Bf	93 Ab	41 Bh	25,350 Bb	28,160 Aa	24 Aj	9 Bk	94 Ab	54 Bk
15	10,6 Bd	13,6 Ah	100 Aa	99 Aa	100 Aa	99 Aa	10,472 Bj	12,172 Aj	99 Aa	99 Aa	97 Aa	81 Be
16	11,0 Bc	13,0 Aj	100 Aa	97 Aa	97 Aa	77 Bd	13,585 Bh	15,950 Ah	98 Aa	89 Bc	99 Aa	91 Bb
18	11,2 Bc	15,6 Ab	99 Aa	97 Aa	99 Aa	86 Bb	16,632 Ag	16,792 Ag	96 Aa	54 Bh	96 Ab	77 Bf
19	11,0 Bc	14,7 Ae	99 Aa	97 Aa	97 Aa	94 Aa	22,817 Ac	24,152 Ac	90 Ac	85 Ad	97 Aa	70 Bg
20	11,8 Ba	14,1 Ag	91 Ac	26 Bj	81 Ad	10 Bi	22,775 Bc	26,355 Ab	36 Ai	2 Bi	83 Ad	11 Br
21	11,2 Bb	14,0 Ag	99 Aa	95 Ab	96 Aa	85 Bb	12,107 Bi	18,660 Af	84 Ad	83 Ad	97 Aa	67 Bh
22	10,3 Be	15,2 Ac	100 Aa	79 Be	97 Aa	60 Bf	17,297 Bf	21,170 Ad	70 Ae	13 Bj	98 Aa	61 Bj
23	11,3 Bb	14,5 Ae	96 Aa	85 Bd	93 Ab	53 Bg	18,337 Ae	18,270 Af	75 Ae	57 Bg	94 Ab	78 Bf
25	10,4 Be	14,0 Ag	95 Ab	95 Ab	96 Aa	81 Bc	11,720 Bi	13,417 Ai	91 Ac	89 Ac	97 Aa	96 Aa
28	10,4 Be	13,5 Ai	89 Ac	86 Ad	89 Ac	39 Bh	22,627 Bc	25,465 Ab	89 Ac	50 Bh	95 Ab	76 Bf
29	10,8 Bc	14,3 Af	95 Ab	91 Ac	87 Ac	77 Bd	22,605 Bc	24,227 Ac	93 Ab	80 Bd	98 Aa	68 Bh
30	10,9 Bc	13,7Ah	98 Aa	95 Ab	98 Aa	73 Bd	21,745 Bc	24,262 Ac	47 Ag	17 Bj	99 Aa	80 Be
32	10,1 Bf	14,4 Af	100 Aa	99 Aa	99 Aa	95 Aa	10,187 Aj	10,732 Ak	100 Aa	95 Ab	95 Ab	94 Aa
34	10,3 Be	14,4 Af	93 Ab	33 Bi	92 Ab	14 Bi	16,440 Bg	24,627 Ac	67 Af	15 Bj	89 Ac	41 Bm

36	11,3 Bb	12,7 Ak	99 Aa	35 Bi	85 Ad	6 Bj	16,382 Ag	16,977 Ag	68 Af	5 Bl	96 Ab	18 Bq
37	10,9 Bc	12,6 Ak	98 Aa	51 Bh	95 Ab	49 Bg	21,920 Bc	29,485 Aa	6 Ak	0 Bl	93 Ab	24 Bp
39	10,7 Bd	12,1 Al	98 Aa	56 Bg	82 Ad	9 Bi	16,095 Bg	19,060 Ae	1 Al	0 Al	90 Ac	9 Br
40	11,6 Ba	14,4 Af	99 Aa	99 Aa	98 Aa	97Aa	11,995 Ai	12,597 Aj	99 Aa	99 Aa	98 Aa	93 Bb
41	10,9 Bc	12,2 Al	96 Ab	91 Bc	91 Ac	67 Be	19,980 Ad	19,805 Ae	64 Af	25 Bi	95 Ab	86 Bc
42	10,9 Bc	12,1 Al	91 Ac	70 Bf	90 Ac	6 Bj	20,335 Bd	25,530 Ab	41 Ah	1 Bl	94 Ab	45 Bl
43	10,9 Bc	14,0 Ag	100 Aa	97 Ab	96 Aa	88 Bb	13,687 Bh	15,297 Ah	97 Aa	95 Ab	97 Aa	86 Bc
45	11,2 Bb	12,5 Ak	97 Aa	91 Bc	91 Ac	68 Be	17,642 Af	18,152 Af	87 Ac	68 Bf	96 Ab	76 Bf
46	11,0 Bc	14,3 Af	94 Ab	89 Bc	94 Ab	87 Bb	22,530 Bc	24,265 Ac	92 Ab	82 Bd	96 Ab	78 Bf
47	10,6 Bd	14,2 Af	94 Ab	89 Bc	92 Ab	78 Bd	27,667 Aa	28,160 Aa	87 Ac	65 Bf	95 Ab	64 Bi
49	11,3 Bb	14,2 Af	94 Ab	96 Ab	92 Ab	86 Bb	21,252 Ac	22,460 Ad	98 Aa	89 Bc	98 Aa	57 Bk
51	11,3 Bb	12,7 Ak	94 Ab	95 Ab	93 Ab	81 Bc	28,140 Aa	26,522 Bb	93 Ab	86 Bc	91 Ac	32 Bo
52	11,4 Bb	15,3 Ac	100 Aa	100 Aa	98 Aa	96 Aa	14,910 Bg	17,027 Ag	97 Aa	93 Ab	99 Aa	35 Bn
53	11,0 Bc	14,5 Ae	95 Ab	99 Aa	95 Ab	83 Bc	20,735 Ad	19,445 Ae	99 Aa	89 Bc	99 Aa	29 Bo
55	11,1 Bc	14,3 Af	98 Aa	91 Bc	94 Ab	75 Bd	17,407 Bf	19,492 Ae	50 Ag	19 Bj	96 Ab	36 Bn
56	11,1 Bc	14,9 Ad	100 Aa	99 Aa	98 Aa	94 Aa	7,372 Ak	7,277 Al	95 Ab	93 Ab	99 Aa	72 Bg
Média	10,9	13,9	97	86	94	69	17,94	20,11	76	55	95	60
CV(%)	1,5		3.24		4,63		5,33		5,34		2,88	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal e minúscula na vertical constituem grupo estatisticamente homogêneo e grupo estatisticamente homogêneo, respectivamente, pelo teste de Tukey em nível de probabilidade de 5%.

No teor de água, todos os acessos apresentaram um acréscimo ao serem expostos à condição de estresse em virtude de as sementes entrarem em equilíbrio higroscópico, independentemente do nível de vigor (Tabela 3).

Destacam-se os genótipos 14, 18, 19, 40, 46, 49, 52 e 53 identificados como sementes de alto vigor, por apresentarem um maior ganho de água comparativamente às sementes de baixo vigor, sob a condição de alta umidade relativa e alta temperatura. Fessel et al. (2006) observaram pequenas variações no conteúdo de água durante o armazenamento, mas este parâmetro não mostrou uma tendência consistente e estava dentro de limites que não influenciaram negativamente os resultados.

Na germinação, a maioria dos genótipos (88%) comportaram-se de forma esperada, ou seja, houve uma redução na germinação nas sementes que foram expostas à condição desfavorável (30°C e 75% de umidade relativa do ambiente) de armazenamento.

Podem ser destacados para germinação, quatro genótipos, 43 (alto vigor), 6 (baixo vigor), 49 (alto vigor) e 51 (baixo vigor) que não apresentaram diferença de qualidade das sementes, tanto na condição de armazenamento com estresse quanto na diferença de níveis de vigor.

Ainda sobre a germinação das sementes, 29% dos genótipos não apresentaram diferença na comparação em diferentes condições de armazenamento (sem estresse e com estresse).

Destacam-se nesta comparação os mesmos genótipos, mas com qualidade fisiológica distinta 46 (alto vigor) e 28 (baixo vigor) cujo genótipo de maior vigor apresentou uma diferença nas sementes que foram submetidas à condição de estresse durante o armazenamento e o que não foi observado no genótipo de menor vigor. O de maior vigor já foi notado um acréscimo no teor de água. Pois apresentaram 1,8% a mais de água nas sementes no final da condição de estresse, iniciando com 11% e finalizando com 14,3%. Porém nas análises de verificação do vigor das sementes, o efeito deste comportamento não é demonstrado.

A viabilidade é a capacidade que a semente possui de demonstrar que está viva. Uma semente com alto potencial fisiológico possui mais chances de germinar em amplas condições climáticas do que uma com menor capacidade.

A classificação das sementes em diferentes níveis de vigor ajuda a separar os lotes, que são mais ou menos vigorosos. Assim, sementes com alto vigor possuem mais chance de se estabelecer, com rápida emergência e expressar alta produtividade (Peske, et al. 2019).

Ainda na germinação, foi identificado que 20% dos genótipos, ou seja, 15 genótipos de 74 no total (entre alto e baixo vigor) apresentaram diferença ao comparar somente às condições de armazenamento.

Dentro destes 15 genótipos em que houve diferença significativa, 86% foram nos genótipos que apresentavam o vigor de sementes mais baixo.

Observa-se nos 22 genótipos que foram comparadas por diferentes níveis de vigor, 100% dos que mostraram diferença sob a influência da condição de

estresse durante o armazenamento, ficaram nas sementes que apresentavam vigor mais baixo. Para os genótipos de alto vigor das sementes, 54% dos 22, ou seja, 12 genótipos mostraram diferença sob a mesma influência.

Analizando o teste de frio, houve somente 7 genótipos, ou seja, 38% do total de 18 genótipos com o nível de alto vigor que não apresentaram diferença significativa. Os demais genótipos tiveram o comportamento esperado de sofrer redução da qualidade fisiológica após o armazenamento com estresse.

Para os genótipos de baixo vigor de sementes, 94% responderam de forma esperada pela diminuição da qualidade fisiológica após o armazenamento em condição desfavorável baseado pelo teste de frio. É possível destacar ainda nesta análise o genótipo 6 (baixo vigor) que não apresentou diferença nas diferentes condições de armazenamento.

Este mesmo genótipo também não apresentou diferença na análise de germinação, mesmo que ao final do armazenamento sob condição desfavorável, as sementes tenham absorvido água, de 11,1% para 14,7%.

Observando se os resultados não apresentaram diferença entre os diferentes níveis de vigor pelo teste de frio, 8 genótipos, 14 (alto vigor), 37 (baixo vigor), 18 (alto vigor), 30 (baixo vigor), 43 (alto vigor), 6 (baixo vigor), 49 (alto vigor) e 51 (baixo vigor), que na condição normal de armazenamento, sendo 22% do total de genótipos analisados.

Nota-se novamente se repetem genótipos que não modificaram sua germinação mesmo com estresse o que já é esperado. O teste de frio também constitui parâmetro auxiliar para a seleção de materiais genéticos (em função da habilidade para germinar em solo úmido e frio), avaliar a deterioração resultante do armazenamento prolongado e efeitos de danos mecânicos (Hampton & TeKrony, 1995).

Na análise de condutividade elétrica ocorreu maior semelhança e o comportamento concordou com o esperado na maioria dos genótipos, ou seja, um crescente nos resultados desta análise, porém destacando 13 genótipos entre alto e baixo vigor de resultados que não apresentaram diferença entre elas.

Para os genótipos de alto vigor, identificados por 18, 19, 32, 56, 53, 40 e 49, os resultados da análise de condutividade elétrica não sofreram interferência, mesmo armazenados em condições de estresse pelo período de 30 dias. Grande

parte desses genótipos já não haviam demonstrado maiores teores de equilíbrio demonstrando melhor integridade física.

Para lotes de sementes de baixo vigor, os genótipos identificados por 23, 47, 36, 41, 6 e 45, os resultados da análise de condutividade elétrica também não indicaram interferência, mesmo ao serem armazenados em condições de estresse pelo período de 30 dias, porém com valores mais elevados em comparação com os de alto vigor. Corroborando com Fessel et al (2006) que mudanças de vigor em sementes armazenadas a 30°C seriam mais responsivas aos testes de Envelhecimento Acelerado e Teste de frio do que em Condutividade elétrica. O que também podemos verificar no posicionamento da empresa encontrada na árvore de decisão (Figura 1).

A comparação dos genótipos nos diferentes níveis de vigor pela condutividade elétrica, independentemente do armazenamento com ou sem estresse, os genótipos de maior vigor responderam com menores valores, indicando que sementes de maior qualidade fisiológica possam ter apresentado uma maior resistência das membranas celulares às condições adversas durante o armazenamento.

Na análise de envelhecimento acelerado, 8 genótipos de lotes de sementes de alto vigor apresentaram resultados que a condição de armazenamento sob estresse não mostrou diferença na comparação com a condição de armazenamento sem controle do ambiente.

Este comportamento está ligado à qualidade inicial das sementes armazenadas juntamente com a característica genética de cada genótipo, pois nos demais, o desempenho foi à redução da qualidade após as sementes ficarem armazenadas em condição desfavorável.

Pode ser destacado que somente para o genótipo 39 (baixo vigor) que não houve diferença entre as condições de armazenamento, pois desde a condição não controlada de armazenamento, este genótipo já apresentou decréscimo na qualidade, que através desta análise, mostra que o genótipo não tem um elevado potencial de armazenamento.

Os resultados dos genótipos na comparação entre os níveis de vigor e também as duas condições de armazenamento, o comportamento de todos os genótipos foi conforme o esperado, ou seja, obteve uma diminuição na qualidade fisiológica das sementes na análise das sementes de baixo vigor. Bitencourt e

Vieira (2006) já concluíam que a sensibilidade de sementes de milho às condições impostas pelo envelhecimento acelerado varia em função do genótipo e do tratamento fungicida.

Na análise de emergência em campo, praticamente todos os genótipos se comportaram de forma esperada ao comparar as condições de armazenamento, pois as sementes dos dois níveis de vigor apresentaram redução da qualidade fisiológica das sementes após enfrentarem uma condição de estresse.

Somente o genótipo 32 (alto vigor) não apresentou diferença significativa ao comparar as diferentes condições de armazenamento, isso ocorre devido à alta qualidade das sementes verificadas pelas análises.

Para identificar a análise mais sensível que responde a interação da genética com o ambiente de armazenamento, foi realizado uma correlação entre as análises, observados na figura 2.

Segundo os resultados da correlação das análises, o teste que melhor responde para identificar lotes com dificuldade de armazenamento relacionados à genética é o teste de envelhecimento acelerado, corroborando com os resultados de Bitencourt e Vieira (2006).

Podemos afirmar através dos valores observados que foram de 0,83 e 0,79 entre o envelhecimento acelerado com o IVTotal e GTGCEEAEC, respectivamente (Figura 2). Analisando os parâmetros genéticos e ambientais das análises (Tabela 4), é possível discutir que, após o armazenamento, o efeito do ambiente é preponderante na análise da interação do genótipo e ambiente.

Esta ocorrência pode ser atribuída às condições do ambiente (temperatura de 30°C e umidade de 75%) não serem as adequadas para o armazenamento de sementes de milho, superestimando a variável ambiente, exceto para as variáveis condutividade elétrica, envelhecimento acelerado, emergência em campo e índice de vigor genético nos quais a variável genética é determinante.

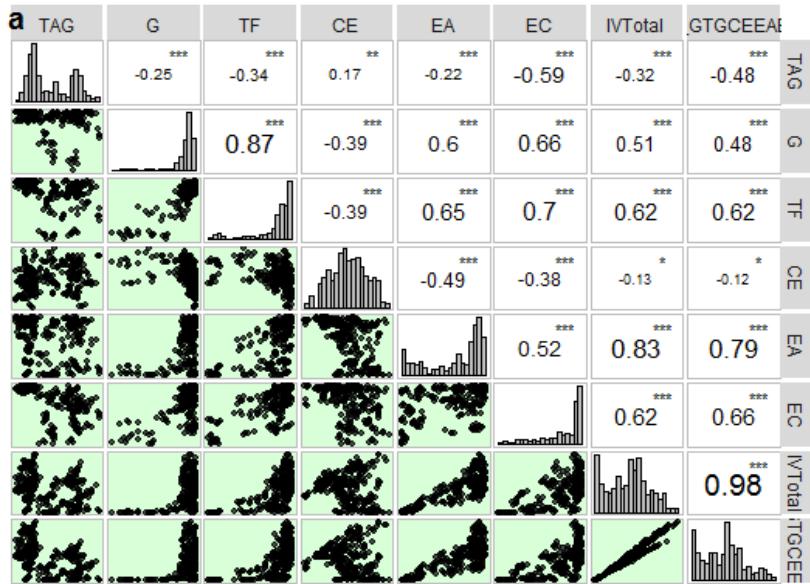


Figura 2: Correlação de Pearson entre as análises.

É de conhecimento que o teste de envelhecimento acelerado vem sendo um dos métodos usados com excelentes resultados para avaliar a qualidade fisiológica de sementes, visto que, o teste avalia o comportamento de sementes ao serem submetidas à temperatura e umidade relativa elevadas, procurando estimar o potencial relativo de armazenamento de lotes de sementes (DELOUCHE; BASKIN, 1973).

Atualmente, o teste é utilizado para avaliar o vigor de sementes de diversas espécies e tem sido incluído em programas de controle de qualidade conduzidos por empresas produtoras de sementes, pois, em poucos dias, pode-se obter informações relativamente seguras sobre o potencial de armazenamento dos lotes beneficiados e, dependendo do histórico do lote e do potencial de emergência das plântulas em campo.

Sendo o envelhecimento acelerado uma análise de base para o armazenamento e neste caso, com os genótipos do estudo, a base genética desses genótipos exerce expressiva influência nos resultados desse teste, sendo possível inferir que há genótipos com maior potencial de armazenamento, mantendo ao longo do tempo a sua qualidade fisiológica que outros genótipos.

Mota et al (2021) concluíram que os efeitos nos caracteres de qualidade das sementes foram atribuídos a genes de efeito aditivo e genes de efeito não aditivo baseado em testes de envelhecimento acelerado. O efeito materno da longevidade das sementes de milho foi altamente significativo.

Tabela 4. Parâmetros genéticos e ambientais e índice de vigor e vigor genético de acessos de milho em diferentes ambientes.

Componentes	Teor de água	Germinação	Teste de Frio	Condutividade Elétrica	Envelhecimento Acelerado	Emergência em Campo	IV	IV_GTGCEEAEC
Variância Genotípica	0,01226	18,813553	102,0883	24,52633	824,623131	38,37832	2.143.175,090326	41.079,239512
Variância decorrentes efeitos da interação genótipos x estresses	0,58626	178,390502	300,3504	2,142076	241,434128	271,168263	2.115.881,504811	40.158,247718
Variância residual	0,02923	8,683363	14,29403	1,031917	12,659612	4,876892	130.629,869176	2.430,892676
Variância fenotípica	0,62775	205,887417	416,7327	27,700323	1.078,71687	314,423475	4.389.686,464313	83.668,379906
Herdabilidade com sentido amplo com os efeitos da interação	0,01953	0,091378	0,244973	0,885417	0,764448	0,122059	0,488230	0,490977
Herdabilidade com sentido amplo sem os efeitos da interação	0,03968	0,172452	0,401843	0,953354	0,867855	0,219842	0,660243	0,662516
Acuracea	0,19919	0,415274	0,633911	0,976399	0,931587	0,468873	0,812554	0,813951
Coeficiente de determinação da interação	0,93391	0,866447	0,720727	0,07733	0,223816	0,86243	0,482012	0,479969
Correlação genotípica dos efeitos de genótipos entre os ambientes de estresse	0,02049	0,095401	0,253674	0,919677	0,773526	0,123982	0,503204	0,505669
Coeficiente de variação genotípico	0,89233	4,76575	12,4024	26,030866	44,000278	7,948372	40,744282	39,856782
Coeficiente de variação residual	1,37769	3,237724	4,640824	5,339428	5,451774	2,833393	10,059099	9,695583
Média geral da variável	12,4092	91,013158	81,46711	19,025132	65,263796	77,940789	3.593,040910	508,521081

O coeficiente de variação genotípico (CVg) que possibilita quantificar a fração genética determinante para a variação total do caráter de interesse evidenciou-se alto (44%) no envelhecimento acelerado, o que evidencia a presença de variabilidade genética dos genótipos deste trabalho.

No entanto, ao relacionar os coeficientes de variação genética e residual observou-se que a razão (CVg/CVe) foram superiores a 1.0. Nestas condições, as estratégias de seleção das cultivares superiores utilizando os parâmetros genéticos previamente estabelecidos pode ser uma boa informação.

Elevados coeficientes de variação genotípicos indicam maior possibilidade de seleção de cultivares superiores (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992; DE RESENDE; DUARTE, 2007; SZARESKI, et al. 2018a), que neste caso seriam ambientes de armazenamento diferenciados.

Pode-se verificar na tabela 4 que a análise de envelhecimento acelerado, com 76,44%, está ligado aos efeitos genéticos e do armazenamento. Observando o componente da herdabilidade com sentido amplo sem o efeito da interação, nos revela que 86,78% é somente efeito genético e 10% é somente efeito do armazenamento.

A análise de condutividade elétrica contribui nos resultados quando observamos os componentes genéticos de herdabilidade sem o fator de armazenamento, com 95% e ficando somente com 7% sobre os genótipos o efeito do armazenamento.

O componente genético da interação entre o genótipo e o estresse para o teor de água foi de 93,39%, a germinação é de 86,64%, a emergência em campo de 86,24% e finalmente o teste de frio de 72,07%.

Ao verificar o componente da interação genótipo e estresse proveniente do genótipo, constata-se que 91,9% ocorreu na condutividade elétrica e 77,3 % no envelhecimento acelerado. Houve interação simples em condutividade elétrica e envelhecimento acelerado e complexa nas demais avaliações.

É possível verificar na Tabela 5 que no “IV total” há diferenciação de 5 genótipos, 8, 21, e 56 (todos de alto vigor) como superiores aos genótipos 37 e 39 (ambos de baixo vigor).

Há uma ocorrência interessante em mais cinco genótipos 15, 25, 32, 40 e 43 (todos de alto vigor) pois eles após o estresse ambiental aumentaram seus índices

de vigor total. Alguns desses já haviam sido relacionados nos testes de germinação, condutividade elétrica, e teste de frio.

O componente IV está relacionado à genética e cinco genótipos se destacaram: 8, 15, 21, 25 e 32 (todos de alto vigor) e os inferiores continuam o 37 e 39 (ambos de baixo vigor).

Pelos dados da Tabela 2, verifica-se que esses genótipos também recebem destaque, enquanto os inferiores também foram 37 e 39 (ambos de baixo vigor), corroborando com os dados obtidos a partir dos componentes.

Da mesma forma, Szareski et al. (2018a) utilizando esse índice para separar cultivares de soja e Szareski et al (2018b) para cultivares de trigo, foi possível no presente trabalho o ranqueamento de cultivares de milho.

Tabela 5. Índice de vigor total (IVTotal) e índice de vigor genético (IV-GTGCEEAEC).

Genótipos	IVTotal		IV - GTGCEEAEC	
	Sem tratamento	Com tratamento	Sem tratamento	Com tratamento
2	5181,6750Ae	972,6825Bj	842,6200Ae	115,4150Bf
5	6070,3725Ad	1313,9050Bi	912,0625Ad	150,5075Bf
6	4485,3475Af	3624,3350Bf	683,2950Af	414,8150Bd
7	6785,1875Ac	263,0075Bk	1103,1125Ac	34,0675Bg
8	4000,1750Ag	4126,1450Ae	611,6975Ag	547,9950Ac
13	1596,4475Ak	514,6100Bk	243,5900Aj	59,1500Bg
14	1987,0625Ak	228,3900Bk	313,8900Aj	23,9925Bg
15	3842,6000Bh	4753,6875Ad	614,3300Ag	588,5850Ac
16	5093,2150Ae	4626,2375Ad	779,1600Ae	600,2900Bc
18	6166,3975Ad	3356,7575Bf	933,0025Ad	362,0325Bd
19	7581,5200Ab	7070,4050Ba	1168,0025Ab	812,3700Ba
20	2105,1575Ak	0,8125Bk	301,3775Aj	0,0975Bg
21	3839,4275Ah	4297,4350Ae	578,4100Ag	517,9325Ac
22	4326,7525Ag	447,8250Bk	707,2350Af	49,6175Bg

23	4734,2475Af	1944,3775Bh	708,1650Af	225,3075Be
25	3571,8450Bh	4498,5950Ae	579,0825Ag	543,9425Ac
28	5747,6150Ad	1577,5225Bi	936,3975Ad	197,8050Bf
29	6666,2525Ac	4791,1550Bd	1041,6575Ac	565,0100Bc
30	3873,9350Ah	1142,5400Bj	600,7225Ag	141,0450Bf
32	3517,0875Bh	4786,1675Ad	590,0100Ag	559,4550Ac
34	3165,0650Ai	36,5050Bk	517,0325Ah	4,2750Bg
36	3731,9150Ah	1,4375Bk	555,7575Ag	0,1900Bg
37	440,0400Al	0,0000Ak	67,9250Ak	0,0000Ag
39	34,3700Al	0,0000Ak	5,4000Ak	0,0000Ag
40	4768,5850Bf	5863,1975Ac	694,2275Af	686,2475Ab
41	4193,3750Ag	1158,5400Bj	651,4625Af	160,2125Bf
42	2566,5600Aj	3,9300Bk	397,3950Ai	0,5500Bg
43	4893,7350Be	5462,4225Ac	759,0725Ae	660,3475Bb
45	5330,5200Ae	2657,0950Bg	800,8900Ae	357,5475Bd
46	7065,6575Ac	6328,8075Bb	1081,6150Ac	746,4500Ba
47	7689,1275Ab	4233,3375Be	1221,0400Ab	501,8250Bc
49	7351,6325Ab	4873,7525Bd	1094,9875Ac	579,0825Bc
50	4391,8775Ag	1922,8175Bh	682,5675Af	265,9825Be
51	8606,9500Aa	2601,8875Bg	1284,3325Aa	345,6225Bd
52	5824,8825Ad	3022,3500Bf	865,6400Ad	333,1850Bd
53	7326,5500Ab	2237,6450Bg	1126,2575Ac	259,5550Be
55	3105,5000Ai	476,3200Bk	472,8550Ah	56,3125Bg
56	2741,1300Ai	2471,8700Ag	416,7075Ai	279,7500Be
<hr/>				
	458,9468	25,7075	70,9026	3,0912
<hr/>				
	9,8		9,5	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal e mesma letra minúscula na vertical, constituem grupo estatisticamente homogêneo.

A qualidade fisiológica das sementes é influenciada pelas características genéticas herdadas de seus genitores, além da germinação e vigor, sendo estes fatores afetados pelas condições ambientais de campo e de pré-colheita, métodos de colheita, operação de secagem, operações de beneficiamento, tratamento químico, condições de armazenamento e tipo de embalagem (ANDRADE et al., 2001).

Com os dados desse trabalho é possível considerar que o teste de envelhecimento acelerado é uma análise crucial para a tomada de decisão no que se refere ao ranqueamento de lotes de sementes de milho.

No entanto, se ocorrem outros fatores além dos referentes à qualidade fisiológica, como nesse caso a genética dos acessos, que exercem influência no efeito do estresse ambiental, além das análises de ANOVA típicas, se faz necessário entender o quanto a genética influencia o índice de vigor com essa consideração.

Cada vez mais encontram-se dificuldades de armazenamento de algumas cultivares de milho resultantes de determinados cruzamentos e com o índice de vigor é possível identificar o parental que apresenta essa característica.

2.4. Conclusões

A qualidade das sementes de milho é influenciada pela genética herdada de seus genitores, evidenciada pela análise dos dados do teste de envelhecimento acelerado, bem como pelas condições ambientais de armazenamento.

Em milho, lotes de sementes de genótipos identificados como alto nível de vigor, normalmente apresentam respostas superiores em comparação aos lotes de sementes de genótipos de baixo nível de vigor, independentemente do teste de vigor utilizado, possibilitando a seleção dos genótipos que apresentam desempenho superior em relação ao ambiente de armazenamento.

3. Capítulo II - Sementes de milho armazenadas em diferentes condições de armazenamento.

3.1 Introdução

Para alcançar resultados satisfatórios ao final da safra, de 93,4 milhões de toneladas de grãos de milho a depender das condições climáticas, faz-se necessário o uso de sementes de qualidade superior, as quais poderão apresentar maior tolerância às condições adversas e formar uma lavoura uniforme e de elevada produtividade agrícola (CONAB, 2021). Além da produção no campo, outras atividades pós colheita são relevantes no intuito de manter a qualidade da semente até que a mesma chegue ao produtor, como é o caso do armazenamento na entressafra.

O armazenamento é uma ferramenta de fundamental importância na conservação da viabilidade e do vigor em sementes de milho, principalmente, se forem usadas embalagens que amenizem a influência do ambiente externo, que influenciarão na respiração e consequente deterioração das sementes (Peske et al (2019).

No mercado de sementes, as embalagens possuem diversas funções, tais como: separação e identificação das sementes, facilidade de transporte e armazenamento, proteção das sementes contra o ataque de organismos e adversidades do ambiente. Para tanto devem apresentar as seguintes características: resistência ao transporte; porosidade ou impermeabilidade; flexibilidade ou rigidez; durabilidade e possibilidade de reutilização; facilidade de impressão; transparência ou opacidade e resistência a insetos e roedores (PESKE, 2003).

Segundo Luz et al. (2015) pode-se classificar as embalagens em permeáveis, semi-permeáveis e impermeáveis, em função das trocas de umidade que podem ocorrer entre as sementes e o ambiente circundante. As embalagens permeáveis geralmente são produzidas utilizando papel, juta, algodão e plástico trançado. Como principal característica, permitem as trocas de umidade, o que quer dizer que se a semente estiver seca e o ambiente com alta umidade, em pouco tempo a semente também estará úmida.

Portanto, as embalagens utilizadas no armazenamento devem ajudar a diminuir a velocidade do processo de deterioração, mantendo o teor de água inicial das sementes armazenadas, com o intuito de diminuir a respiração (TONIN e PEREZ, 2006).

Dentre os diversos tipos de embalagem, aquelas impermeáveis apresentam como principais características, além de evitar a troca de umidade entre a semente e o ambiente, a redução da disponibilidade de oxigênio devido à respiração das sementes, fato que reduz a diminuição de matéria seca, proliferação de insetos e mantém a qualidade fisiológica das sementes por maiores períodos de armazenamento (SAUER, 1992; BAUDET, 2012).

Embalagens confeccionadas em tecido de algodão (TONIN et al., 2014), embalagem de polietileno (PARAGINSKY et al., 2015), embalagem hermética (CAPILHEIRA, et al. 2019; CAPILHEIRA, et al; 2020 HORNKE, et al. 2020), entre outras, tem sido utilizada em diversos trabalhos com o intuito de conservar a qualidade fisiológica da semente.

Diante disso, objetivou-se avaliar neste capítulo a qualidade fisiológica de sementes de milho armazenadas em diferentes embalagens e submetidas a condições do armazenamento na região central do país.

3.2 Material e métodos

Este capítulo faz continuidade do capítulo anterior. Com isso, 37 genótipos de milho continuaram selecionados para o armazenamento. Sendo nesse caso não mais a nível experimental, mas sim em condições de empresa. Onde as amostras compostas por 2 kg de cada genótipo e tratamento, foram separadas em sacos de papel e transportadas para a unidade da empresa em Itumbiara/GO onde ficaram armazenadas em três condições de ambiente pelo período total de 180 dias, para isso foram reembaladas em três tratamentos descritos a seguir.

Uma das condições de armazenamento foi que os 37 genótipos foram acondicionados dentro de uma embalagem de papel multifoliado e armazenadas dentro de uma câmara fria (10°C de temperatura e 40% de umidade relativa do ar), condição essa, utilizada pela empresa em quase que a totalidade de sua produção de sementes de milho.

Outra condição de armazenamento foi que os 37 genótipos das sementes de milho foram acondicionados também em embalagem de papel multifoliado, porém armazenadas em condições não controladas de ambiente.

A última condição de armazenamento, os 37 genótipos de milho foram acondicionados em embalagens herméticas e também armazenadas em condições não controladas de ambiente.

Foram adicionados sensores no interior das embalagens, para registrar os valores de temperatura e umidade relativa do ar durante o período de condução do experimento.

Nas Figura 3, 4 e 5, são registros diários dos sensores com valores de temperatura e umidade relativa do ar que estavam acondicionadas no interior das embalagens durante o período de 180 dias em cada condição de armazenamento.

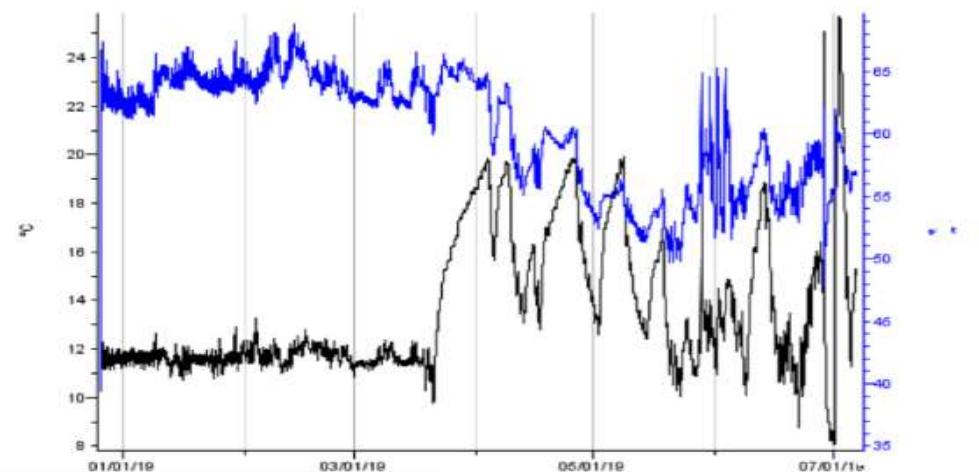


Figura 03: Dados do ambiente na condição de câmara fria. Temperatura (cor preta) e umidade relativa do ar (cor azul).

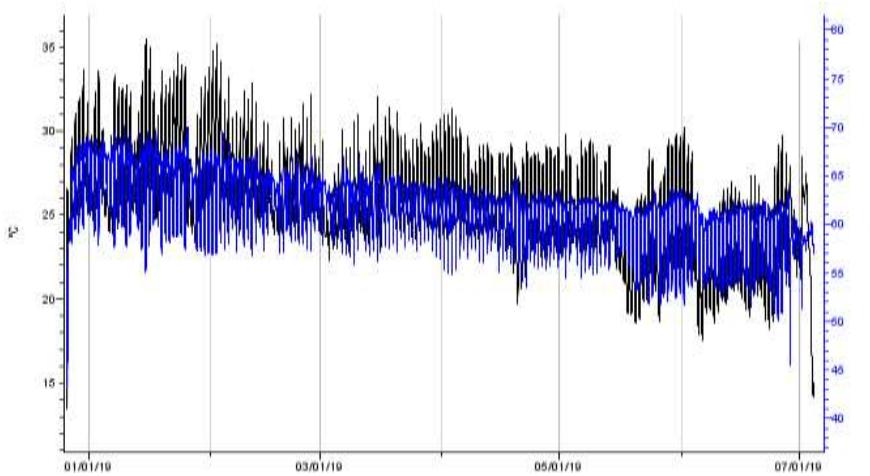


Figura 04: Dados do ambiente na condição de embalagem hermética. Temperatura (cor preta) e umidade relativa do ar (cor azul).

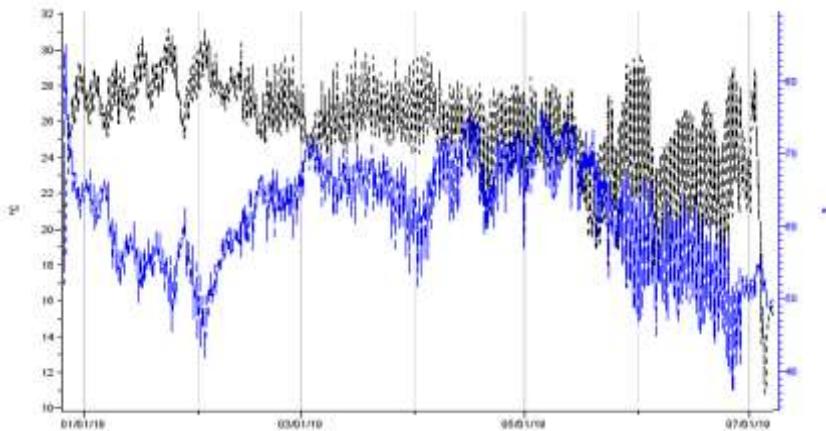


Figura 05: Dados do ambiente na condição de embalagem de papel. Temperatura (preto) e umidade relativa do ar (azul).

Esta pesquisa teve início no dia 26 de dezembro de 2018, onde foi à data de chegada das embalagens na unidade da empresa em Goiás e armazenadas em suas devidas condições (tratamentos). Cada período de armazenamento foi de 45 dias (fevereiro, março, abril e maio), totalizando ao final do ensaio 180 dias (quatro períodos de armazenamento).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento da qualidade dos genótipos de milho, nestas condições de armazenamento e compará-las, verificando qual a melhor condição. Para isso, os genótipos foram submetidos às mesmas avaliações anteriores:

Teor de água: utilizou-se o método da estufa com circulação forçada de ar, a temperatura de $105^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$, durante 24 horas, para obtenção dos resultados conforme as Regras para Análise de Sementes – RAS (BRASIL, 2009).

Teste de germinação: utilizaram-se quatro repetições de 50 sementes, em rolos de papel germitest umedecidos, previamente, com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco. Os rolos foram colocados no germinador à temperatura de 25°C . As contagens foram realizadas aos quatro e sete dias após semeadura, respectivamente, de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

Condutividade elétrica: foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes, pesadas em balança de precisão de 0,001g e colocadas para embebição em copos de plástico (capacidade de 200 mL) contendo 75 mL de água deionizada sendo a leitura realizada em 24 horas, a temperatura de 20°C , utilizando um condutivímetro digital. Os resultados foram expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ de sementes (VIEIRA & KRZYZANOWSKI, 1999).

Teste de envelhecimento acelerado: seguindo a metodologia adaptada conforme Marcos Filho (1999), foram empregados quatro repetições, distribuídas em camada única de sementes sobre telas de alumínio, suspensas no interior de caixas plásticas do tipo gerbox adaptadas, funcionando como compartimentos individuais (minicâmaras), sendo adicionadas 40 mL de água e as caixas gerbox mantidas em uma estufa incubadora (tipo B.O.D.), a temperatura de 42°C , por um período de 72 horas. Após este período, seguiu-se o mesmo procedimento do teste de germinação com avaliação aos quatro dias após a semeadura.

Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

Teste de frio sem solo: foi conduzido utilizando quatro amostras, com quatro subamostras de 50 sementes, em rolos de papel “germitest” umedecido com água destilada 2,5 vezes o seu peso seco. Após a semeadura, os rolos foram colocados em sacos de polietileno transparente, vedados com fita adesiva e mantidos a temperatura de 10°C , durante sete dias (CÍCERO & VIEIRA, 1994).

Após este período, os rolos foram retirados dos sacos de polietileno e transferidos para um germinador à temperatura de 25°C . Após quatro dias, foi determinado o número de plântulas normais (BRASIL, 2009).

Emergência em campo: foram utilizadas amostras com quatro subamostras de 50 sementes. A semeadura foi realizada em canteiros, contendo solo do tipo

Argissolo vermelho-amarelo, com textura franco-arenosa, pertencente à unidade de mapeamento de Pelotas-RS. A irrigação foi realizada manualmente quando necessário. A distribuição das sementes foi em linha com profundidade de 3cm e a avaliação final foi realizada aos 21 dias após semeadura, mediante a contagem de plântulas emergidas. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas emergidas.

3.3 Delineamento experimental e análise estatística

Foi utilizado delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro repetições, distribuídas em parcelas sub-subdivididas (3x2x4), constando na parcela principal dois níveis de vigor, na subparcela as três condições de armazenamento e na sub-subparcela os quatro períodos de armazenamento.

Os dados de germinação, envelhecimento acelerado, teste de frio e emergência em campo foram submetidos à transformação arco seno, antes da análise da variância.

Os dados foram submetidos à análise de variância e quando significativos, as médias serão comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% ($p\leq 0,05$) de probabilidade. Para realizar o procedimento estatístico, será utilizado o programa Sisvar.

3.4 Resultados e Discussão

A tabela 6 nos informa, pela análise da variância (ANOVA) que não houve interação significativa entre os lotes, ambientes e época de armazenamento para a variável teor de água, onde constatou-se que os genótipos inseridos nos diferentes ambientes e armazenados até o período de 180 dias, não apresentaram diferença significativa.

Tabela 6. Resumo da análise de variância para as variáveis: Teor de água, porcentagem de germinação, teste de frio, condutividade elétrica, envelhecimento acelerado e emergência em campo.

Variável	Lote	Ambiente	Época	Lote x Amb.	Lote X Época	Amb. X Época	Lote x Amb. x Época	Resíduo	Média	CV(%)
*****Quadrado médio*****										
Teor de água	10,786*	4,484ns	2,171ns	4,294ns	4,064ns	2,705ns	3,979ns	3,927	10,845	18,27
Germinação	1743,832*	4441,503*	4823,164*	338,168*	246,155*	746,217*	76,123*	1,576	94,592	1,33
Teste de Frio	6739,063*	66040,142*	51464,316*	1003,717*	595,526*	9310,689*	180,807*	6,013	82,132	2,99
Cond. Elétrica	1478,514*	87,055*	1772,005*	10,914*	8,387*	110,9*	4,112*	0,669	18,558	4,41
Env. acelerado	27564,553*	35799,5*	34359,172*	958,836*	650,718*	6309,902*	207,205*	5,289	77,837	2,95
Emerg. em campo	176,231*	1194,039*	5053,645*	53,064*	30,281*	183,228*	10,2*	1,026	96,180	1,05
GL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Quadrado médio ⁽¹⁾: (ns) – não significativo; (*) - significativo a 1%; CV – coeficiente de variação; GL – graus de liberdade.

Na Figura 06, observamos que os teores médios de água das sementes para a maioria dos genótipos, que ficaram entre 10 e 12%, não sofrendo alteração entre as diferentes condições de armazenamento durante o período armazenado.

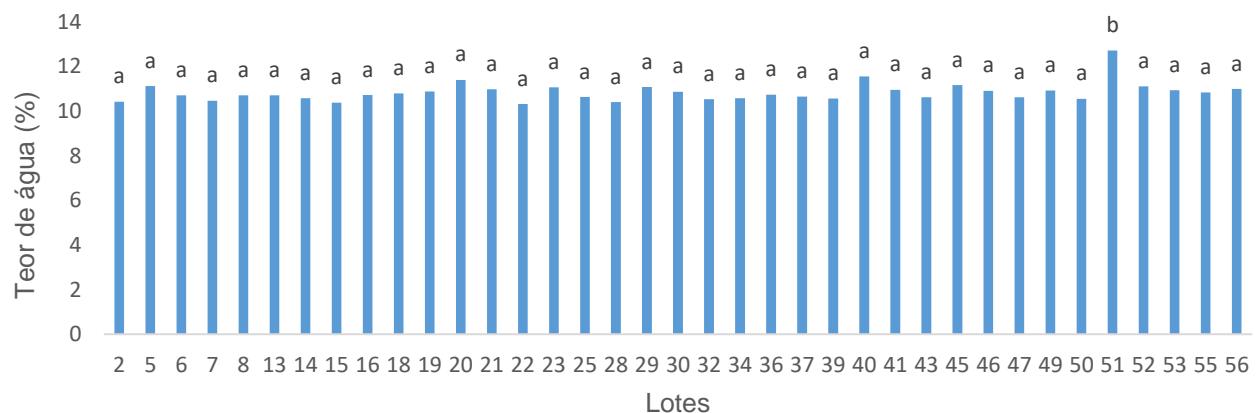


Figura 06. Teor de água médio das sementes de milho.

Segundo Carvalho & Nakagawa (2012), umidade relativa do ar tem relação direta com o teor de umidade das sementes, além de controlar a ocorrência dos diferentes processos metabólicos que ela pode sofrer, principalmente a degradação das reservas com o aumento da atividade respiratória.

Um único genótipo, identificado como lote 51, apresentou variação a 1% de probabilidade para a variável teor de água, conforme podemos observar na Figura 6, com 12,72%, mesmo assim o valor estaria dentro dos padrões aceitáveis de armazenamento.

Para as demais variáveis testadas, a análise da variância revelou interação significativa, como podemos observar pela análise da variância (ANOVA). As germinações para todos os genótipos apresentaram interação significativa a 1% de probabilidade entre os lotes, ambiente e época de armazenamento.

Na Figura 7, observamos que o comportamento dos genótipos para a análise de germinação na condição de armazenamento em câmara fria, a queda na porcentagem de germinação foi suavizada ao longo dos 180 dias de armazenamento para a maioria dos genótipos em estudo.

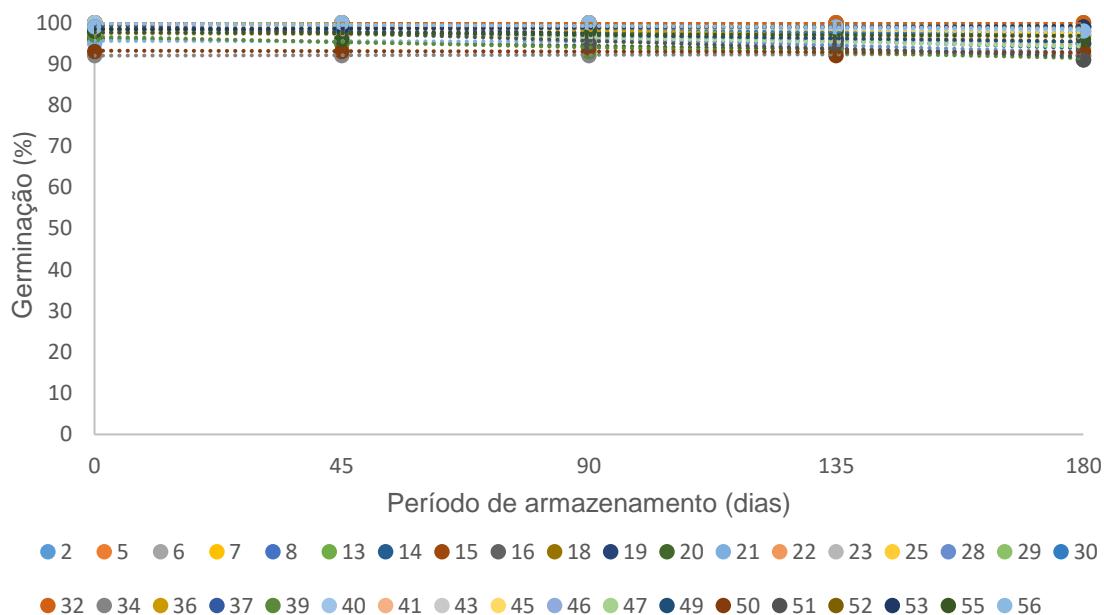


Figura 07. Germinação de 37 genótipos de milho armazenadas em câmara fria por 180 dias.

Quando comparamos a germinação das sementes de milho acondicionadas na câmara fria com as demais condições de armazenamento, observamos a influência positiva das condições de um ambiente controlado (temperatura e umidade relativa do ar) na qualidade das sementes ao longo do período armazenado.

Oliveira et al. (2011), estudando o efeito de diferentes embalagens e ambientes, durante o período de armazenamento, na qualidade fisiológica de sementes de milho, concluíram que sementes acondicionadas em garrafa PET mantêm a porcentagem de germinação e o vigor. E que a câmara fria é considerada o melhor ambiente para as sementes serem armazenadas mesmo com diferentes embalagens como Tetra Pak e sacos de algodão.

Nessas condições, a conservação das sementes é favorecida, pois a baixa temperatura reduz a atividade das enzimas envolvidas na respiração que é considerada um dos principais processos responsáveis pela perda da viabilidade das sementes (Harrington, 1972).

Observando a Figura 8, onde as sementes de milho foram acondicionadas em embalagens herméticas e armazenadas em ambiente não controlado, visualizamos que 80% destes 05 genótipos (lotes 14, 28, 34, 37 e 39), identificados como lotes de baixo vigor, apresentaram uma queda de germinação a partir dos 90 dias de armazenamento, que pela legislação, o valor mínimo estabelecido para comercialização de sementes milho no Brasil é de lotes com valores iguais ou superiores a 85 % de germinação (Brasil, 2013).

Ao longo do período de armazenamento como em um processo natural de deterioração das sementes, esta queda da porcentagem de germinação foi aumentando, sendo observado aos 135 dias um aumento da quantidade de genótipos (lotes 13, 14, 20, 22, 28, 34, 37 e 39). Dentro destes 08 genótipos, 88% são identificados como lotes de baixo vigor.

Conforme Arthur & Tonkin (1991) e Carvalho & Nakagawa (2000), o nível de vigor pode afetar o potencial de armazenamento do lote de sementes e persistir no campo, influenciando o desenvolvimento da planta, a uniformidade da lavoura e o seu rendimento.

Ao final do período de 180 dias de armazenamento, 10 genótipos (lotes 13, 14, 20, 22, 28, 34, 36, 37, 39 e 41), sendo destes 90% identificados como genótipos de baixo vigor, ficaram abaixo de 85% de germinação, ou seja, não permitido a comercialização destas sementes pois estão abaixo da germinação mínima exigida pela legislação.

Este decréscimo da germinação ao longo do período de 180 dias independente da embalagem não interferiu no comportamento desses genótipos que se mostram sensíveis e que foram influenciados pelas condições ambientais do local, podendo até se somar com o tratamento químico realizado nas sementes de milho, pois o número de sementes anormais e o tipo de anormalidade se caracterizavam como fitotoxidez e alto nível de deterioração.

Por sua vez, Tonin (2008) verificou que a manutenção da qualidade de sementes de milho híbrido tratadas com inseticidas depende do híbrido, do

produto químico empregado no tratamento e do controle da temperatura e umidade relativa do ar durante o armazenamento.

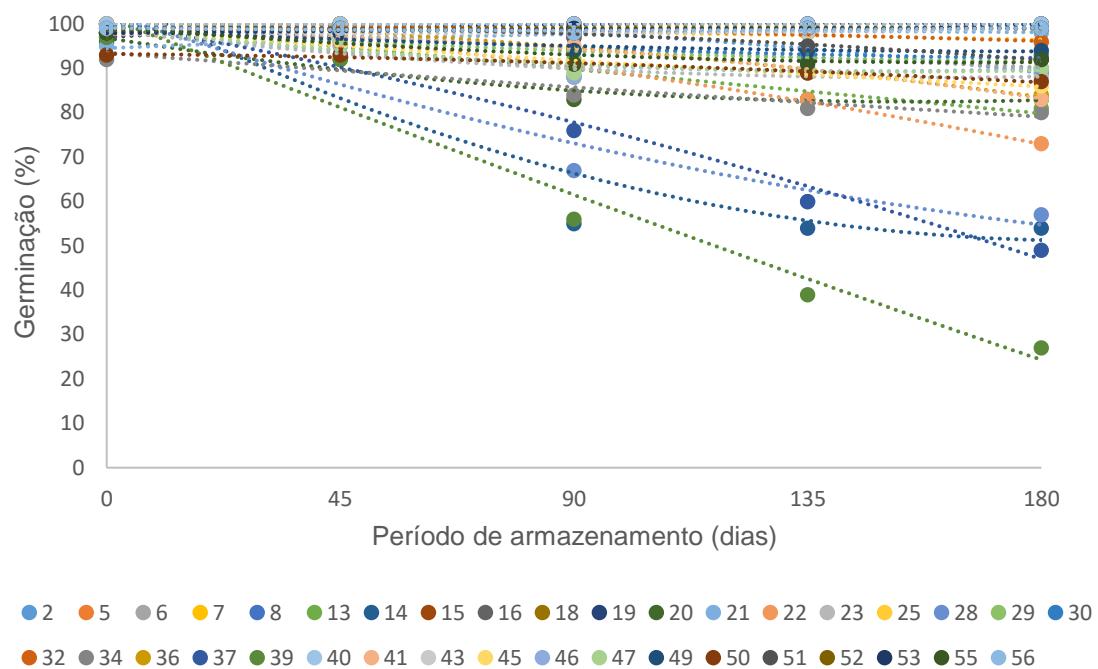


Figura 08. Germinação das sementes de milho acondicionadas em embalagem hermética e armazenadas em condições não controladas do ambiente por 180 dias.

Para a Figura 9, observamos o comportamento muito parecido com a Figura 8, onde as sementes de milho acondicionadas em embalagens de papel e armazenadas em condições de ambiente não controladas, apresentaram queda da porcentagem de germinação ao longo do período de armazenamento.

Aos 90 dias de armazenamento observamos os mesmos 4 genótipos (lotes 28, 34, 37 e 39) da condição de armazenamento hermético, todos identificados como lotes de baixo vigor, que também estariam descartados para a comercialização, pois apresentam uma porcentagem de germinação abaixo do mínimo exigido pela legislação.

Seguindo o tempo de armazenamento observa-se que nos períodos de 135 e 180 dias, mais dois genótipos, lotes 37 e 39, apresentam suas porcentagens de germinação abaixo de 85%, totalizando ao final do período de armazenamento em estudo, 06 genótipos em desacordo com a legislação de comercialização de sementes para a espécie em estudo.

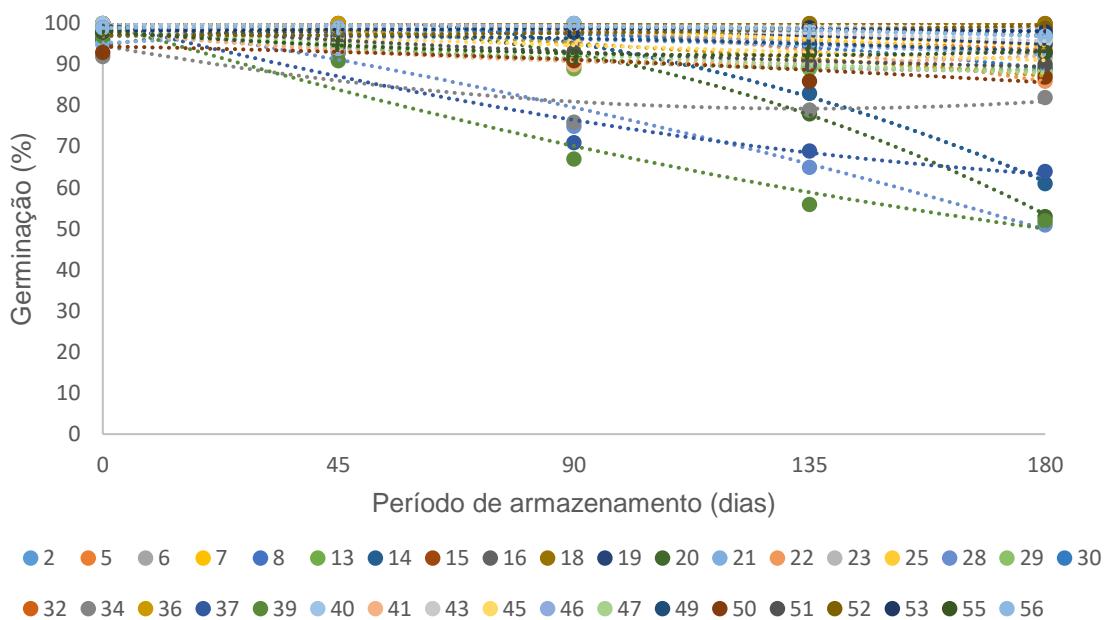


Figura 09. Germinação das sementes de milho acondicionadas em embalagem de papel e armazenadas em condições não controladas do ambiente por 180 dias.

As sementes sofrem uma série de alterações químicas, físicas, bioquímicas e biológicas, sendo que a velocidade em que estes processos ocorrem é diretamente dependente do tipo de embalagem escolhida para o armazenamento (SANTOS, 2015).

O comportamento destes 06 genótipos ao longo dos 180 dias de armazenamento em comparação aos demais genótipos, respondem desfavoravelmente às condições de armazenamento local e novamente podendo se somar com o tratamento químico realizado nas sementes de milho.

Estudando o efeito de inseticidas sistêmicos sobre a qualidade de sementes de milho tratadas e armazenadas por um período relativamente curto (0, 7, 14 e 21 dias), Baldo et al. (2006) observaram que mesmo em curto período de armazenamento, alguns inseticidas causaram fitotoxicidade às sementes de milho, reduzindo sua percentagem de germinação.

Neste trabalho os lotes foram diferenciados em baixo e alto vigor para evidenciar essa condição, pois, a classificação das sementes em diferentes níveis de vigor ajuda a separar os lotes, que são mais ou menos vigorosos. Assim, sementes com alto vigor possuem mais chance de se estabelecer, com rápida emergência e expressar alta produtividade (Peske, et al. 2019).

O teste de germinação apresenta menor sensibilidade para avaliar o nível de deterioração de um lote de sementes. Assim, a utilização de testes de vigor pode oferecer tal sensibilidade onde seja possível comparar o efeito do ambiente de armazenamento na deterioração de sementes.

Para isso, foi realizado o teste de frio onde a análise da variância revelou interação significativa, como podemos observar pela análise da variância (ANOVA - Tabela 6). As porcentagens do teste de frio em todos os genótipos apresentaram interação significativa a 1% de probabilidade entre os lotes, ambiente e época de armazenamento.

Na Figura 10, observamos o comportamento dos genótipos para a análise de vigor (teste de frio) na condição de armazenamento em câmara fria, obtendo a melhor resposta de acondicionamento das sementes de milho ao longo dos 180 dias de armazenamento, em comparação as demais condições.

Somente um genótipo apresentou comportamento inferior (lote 39), identificado como um genótipo de baixo vigor, porém, este comportamento vem sendo observado nas demais análises realizadas.

A análise leva a concluir que as sementes apresentaram melhor qualidade fisiológica (dada pelo teste de frio) para o armazenamento em condições controladas do que quando submetidas às condições ambientais, o que está de acordo com Almeida (1981), Figueirêdo et al. (1982) e Gomes (1992) quando ressaltam que a qualidade fisiológica das sementes armazenadas é melhor, quando mantida em ambiente onde há controle da temperatura e umidade relativa do ar.

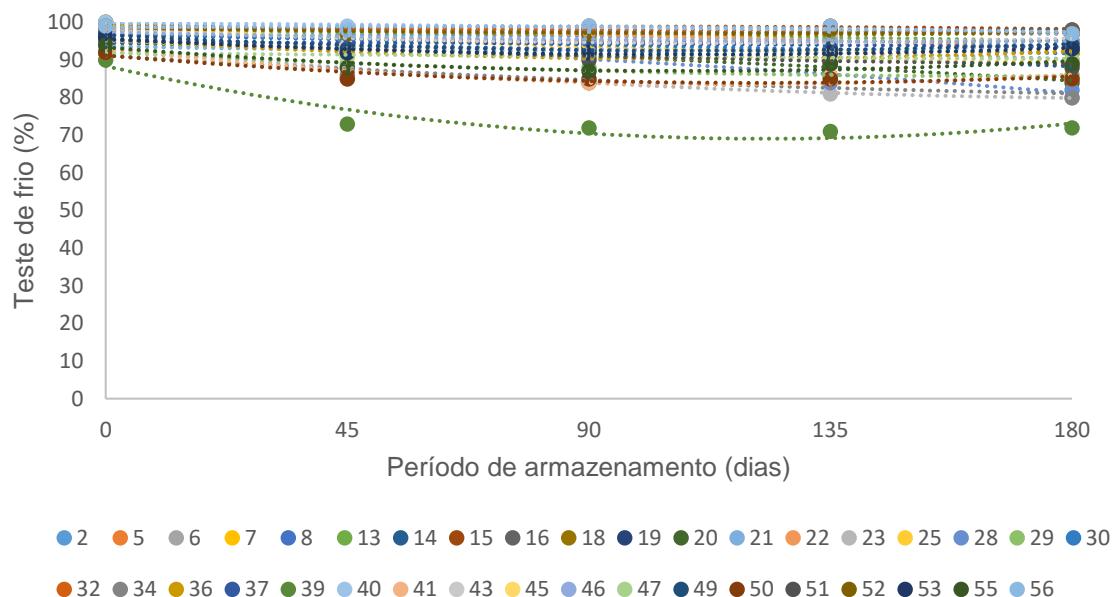


Figura 10. Teste de frio das sementes de milho armazenadas em câmara fria por 180 dias.

Oliveira (1997), concluiu que a semente de milho armazenada em condições de armazém convencional em embalagem semipermeável apresentou acentuada redução no nível de vigor, após 18 meses de armazenamento, enquanto, na condição de câmara refrigerada, a qualidade fisiológica permaneceu quase inalterada.

Nesta condição de armazenamento, onde obtemos o controle da temperatura e umidade relativa do ambiente local, unido a altas porcentagens de germinação, obtidas pelo teste de frio, são importantes, pois genótipos com alto desempenho sobre condições de baixas temperaturas tendem a apresentar melhores resultados no campo por suportarem maiores adversidades no ambiente e obterem uma emergência mais homogênea em solos com baixas temperaturas (CARVALHO et al., 2015).

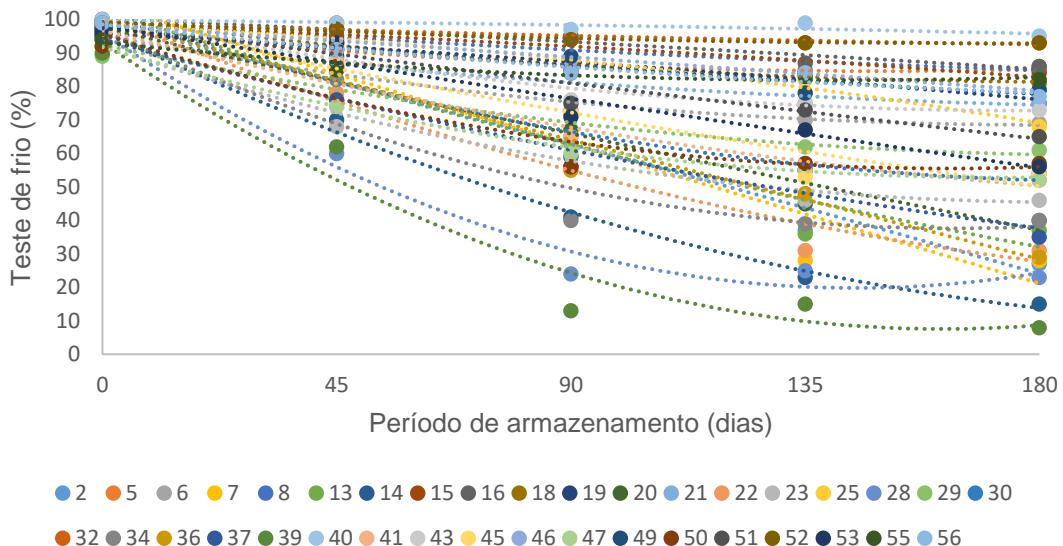


Figura 11. Teste de frio das sementes de milho acondicionadas em embalagens herméticas e armazenadas em condições não controladas do ambiente por 180 dias.

Na Tabela 6 acima, a análise da variância revelou interação significativa, como podemos observar pela análise da variância (ANOVA). As porcentagens do teste de frio em todos os genótipos apresentaram interação significativa a 1% de probabilidade entre os lotes, ambiente e época de armazenamento.

Verificamos a Figura 11 as mais variadas perdas da porcentagem de teste de frio ao longo do tempo armazenado, destaco dois genótipos, lotes 28 e 39, ambos identificados com lotes de baixo vigor, que aos 45 dias de armazenamento já apresentavam um vigor abaixo de 60%, que foram as porcentagens mais baixas neste período.

Baseando-se em trabalhos que vem sendo realizados comparando-se o efeito do vigor das sementes sobre o crescimento inicial de plantas (TeKrony et al., 1989; Schuch et al., 2000; Kolchinski et al., 2006), as plantas originadas de sementes de alto vigor foram superiores às originadas de sementes de baixo vigor.

Os 90 dias de armazenamento, o que já era esperado, observa-se um maior número de lotes com porcentagem de vigor pelo teste de frio inferior do mínimo observado aos 45 dias, que foi de 60%. Os lotes 14, 22, 28, 30, 34, 36, 37, 39 e 50, onde 89% destes identificados como lotes de baixo vigor.

Com o passar do período armazenado a quantidade de lotes abaixo do mínimo encontrado aos 45 dias foi aumentando, comportamento já esperado de alguns lotes, principalmente dos que apresentam baixo vigor das sementes.

Destaco neste último período de armazenamento (180 dias) 18 lotes nesta situação, destes, 14 lotes são identificados como de baixo vigor.

Na Figura 12, a análise da variância revelou interação significativa, como podemos observar pela análise da variância (ANOVA), as porcentagens do teste de frio em todos os genótipos apresentaram interação significativa a 1% de probabilidade entre os lotes, ambiente e época de armazenamento em embalagens de papel e armazenadas em condições não controladas do ambiente.

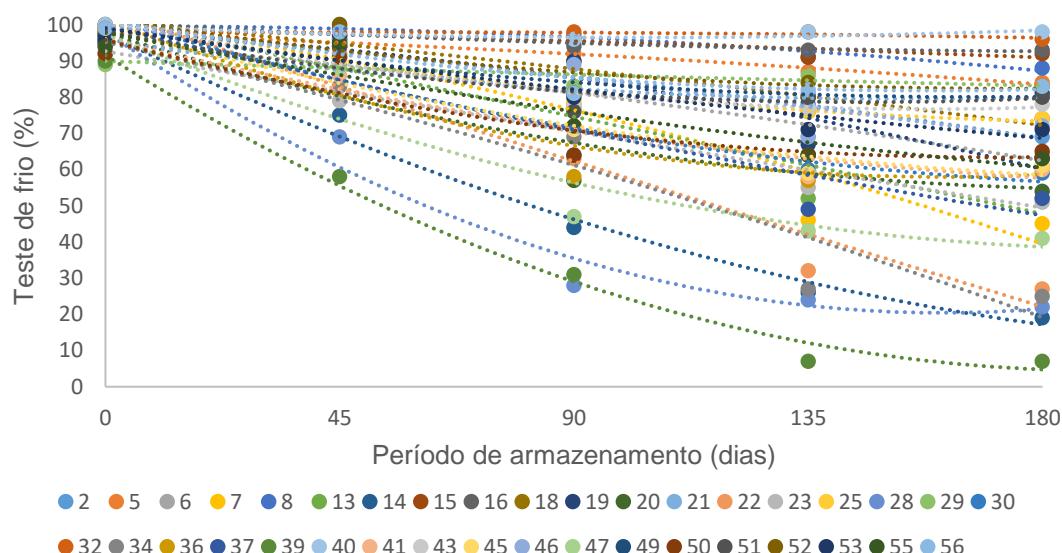


Figura 12. Teste de frio das sementes de milho acondicionadas em embalagens de papel e armazenadas em condições não controladas do ambiente por 180 dias.

Na Figura 12, observamos um comportamento muito parecido das sementes que também ficaram armazenadas em ambiente não controlado do ambiente, porém acondicionadas em outra embalagem. Isso se dá pela influência do ambiente e pela não interferência da embalagem com relação às variações do clima do local armazenado.

Destaca-se um único genótipo, lote 39, identificado como de baixo vigor, que aos 45 dias de armazenamento já apresentava uma porcentagem de vigor abaixo de 60%, que foi a porcentagem mais baixa neste período. Quanto mais

tempo armazenado, o número de genótipos abaixo de 60% de vigor pelo teste de frio foi aumentando. Tanto para os 90 dias quanto os 180 dias do estudo, os genótipos identificados como os de baixo vigor decresciam.

A análise da variância revelou interação significativa, como podemos observar pela análise da variância (ANOVA - Tabela 6) no, teste de condutividade elétrica em todos os genótipos apresentaram interação significativa a 1% de probabilidade entre os lotes, ambiente e época de armazenamento em câmara fria.

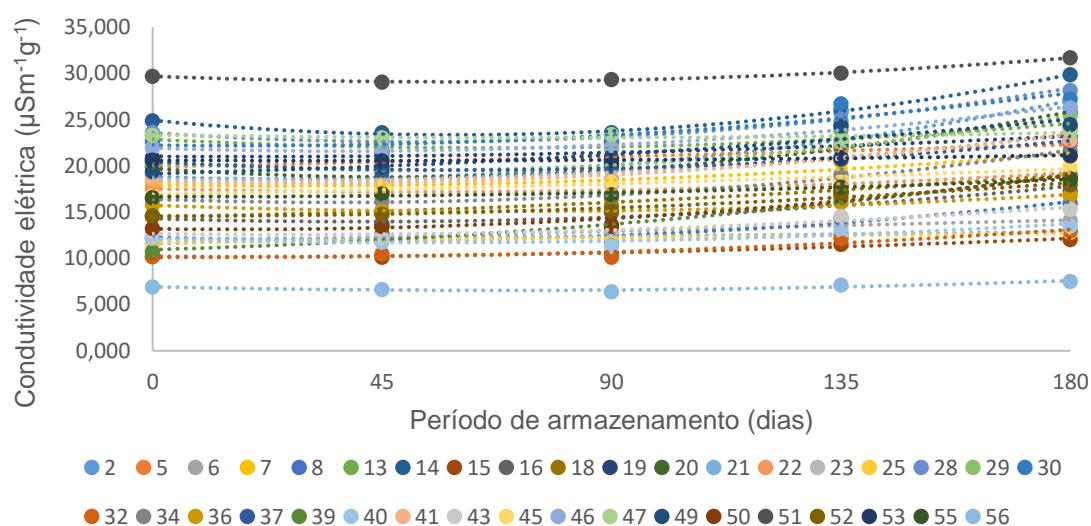


Figura 13. Condutividade elétrica em $\mu\text{Sm}^{-1}\text{g}^{-1}$ das sementes de milho armazenadas em câmara fria por 180 dias.

O comportamento dos genótipos para as três condições de armazenamento (Figuras 13, 14 e 15) se assemelha ao longo do período de armazenamento, com uma tendência linear positiva para todos os genótipos, independente do seu vigor (alto ou baixo).

O teste de condutividade elétrica não foi sensível para realizar a separação dos lotes em diferentes níveis de vigor das sementes de milho, pois é complexo encontrar um diferencial com a tendência apresentada nas Figuras 13, 14 e 15. De acordo com Loeffler et al. (1988), quanto menos acentuadas forem as diferenças de vigor entre os lotes, períodos de embebição mais longos serão necessários para a sua diferenciação.

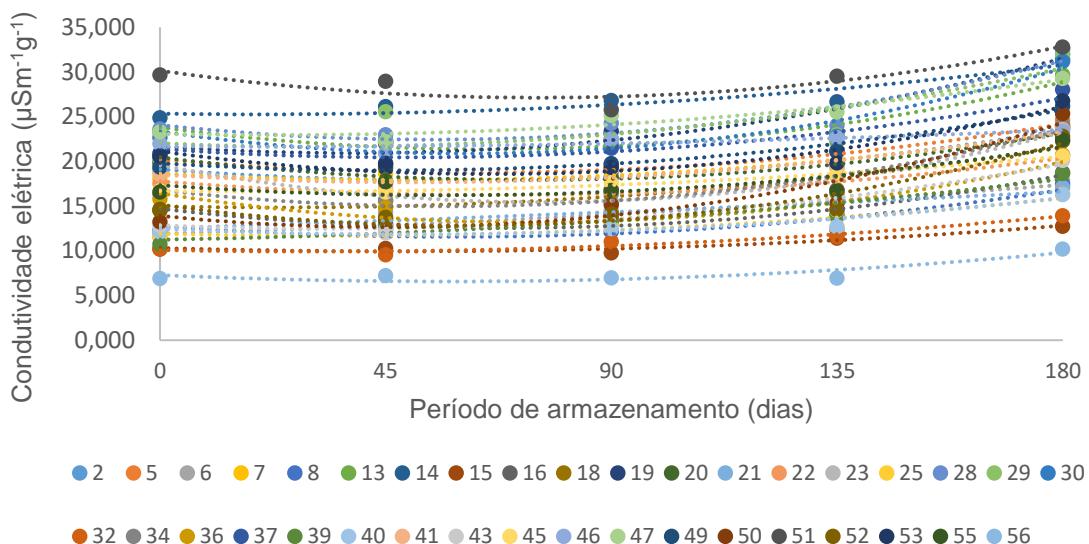


Figura 14. Teste de condutividade elétrica em $\mu\text{Sm}^{-1}\text{g}^{-1}$ das sementes de milho acondicionadas em embalagens herméticas e armazenadas em condições não controladas do ambiente por 180 dias.

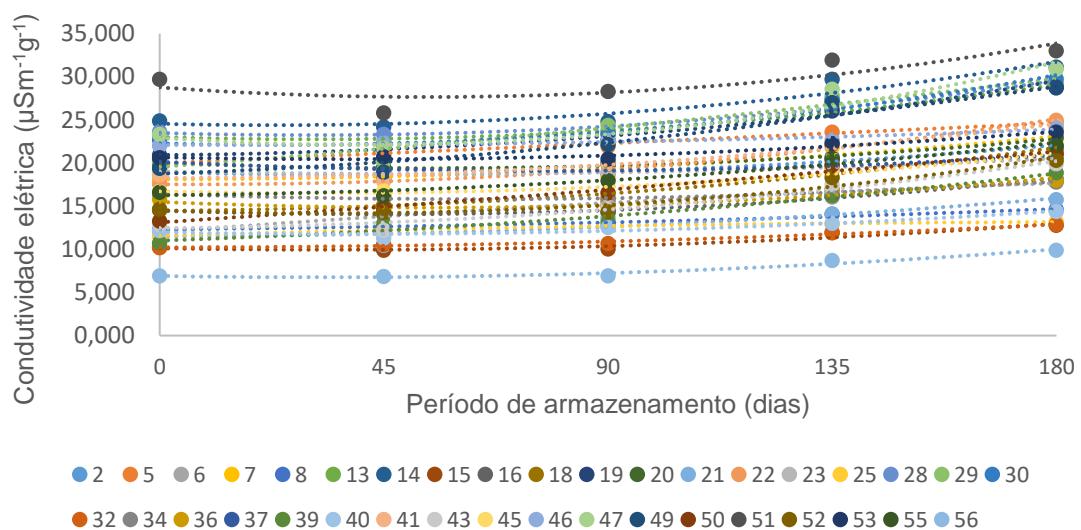


Figura 15. Teste de condutividade elétrica em $\mu\text{Sm}^{-1}\text{g}^{-1}$ das sementes de milho acondicionadas em embalagens de papel e armazenadas em condições não controladas do ambiente por 180 dias.

Para o teste de envelhecimento acelerado, novamente a análise da variância revelou interação significativa, como podemos observar pela análise da variância (ANOVA - Tabela 6), em todos os genótipos houve interação significativa a 1% de probabilidade entre os lotes, ambiente e época de armazenamento.

Podemos observar na Figura 16 que o comportamento dos genótipos ao longo do período armazenado na câmara fria em comparação as demais condições de armazenamento foram mais homogêneas.

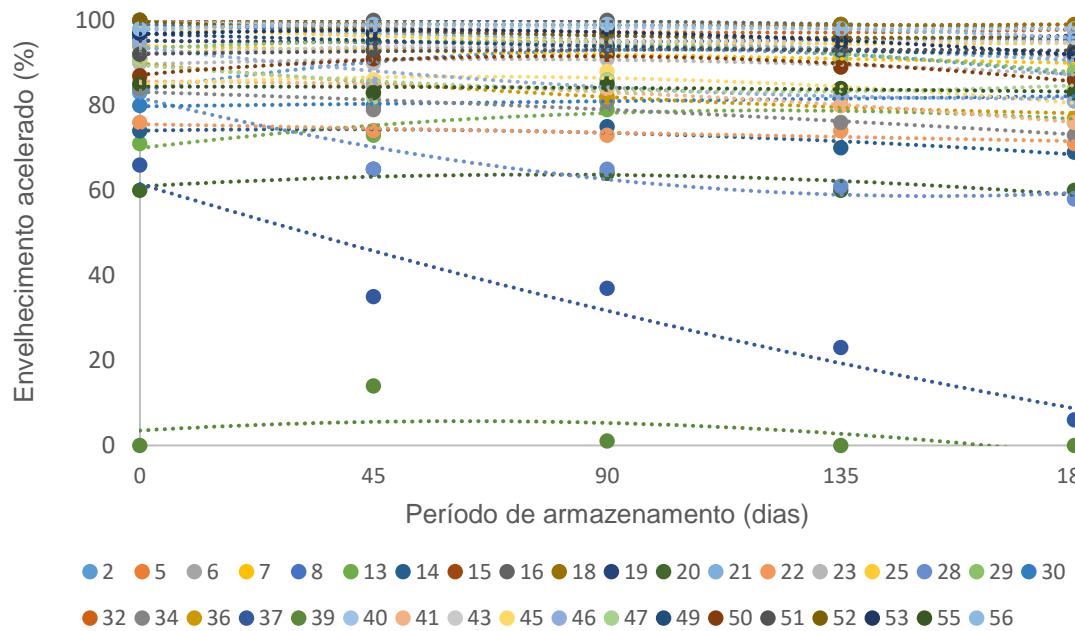


Figura 16. Teste de envelhecimento acelerado das sementes de milho acondicionadas em câmara fria por 180 dias.

A condição da câmara fria na qual ocorre a manutenção da umidade relativa do ar e temperatura, faz com que o metabolismo das sementes acondicionadas nela seja reduzido ao ponto de aumentar o potencial de armazenamento para a maioria destes genótipos em teste.

Sena et al. (2015) ao realizarem um estudo sobre qualidade fisiológica de milho, observaram que quanto maiores as taxas de germinação, maiores serão o desenvolvimento inicial destas plântulas. As sementes com alto desempenho fisiológico possuem processos metabólicos rápidos e estáveis, e por isso, uma emissão mais rápida e uniforme da raiz primária no processo de germinação (MINUZZI et al., 2010).

Neste teste podemos observar que a qualidade das sementes (vigor) nos permite selecionar os genótipos, onde, lotes de maior vigor apresentam suas curvas acima de 90% de envelhecimento acelerado até o período final de 180 dias.

Destaca-se dois lotes, 37 e 39, ambos identificados como lotes de baixo vigor, que nos confirmam que o atributo genético da qualidade de sementes interfere muito no potencial de armazenamento.

Mesmo as sementes de milho armazenadas na melhor condição de ambiente, o fato delas apresentarem um baixo vigor das sementes, terão seu potencial de armazenamento comprometido ao longo do tempo.

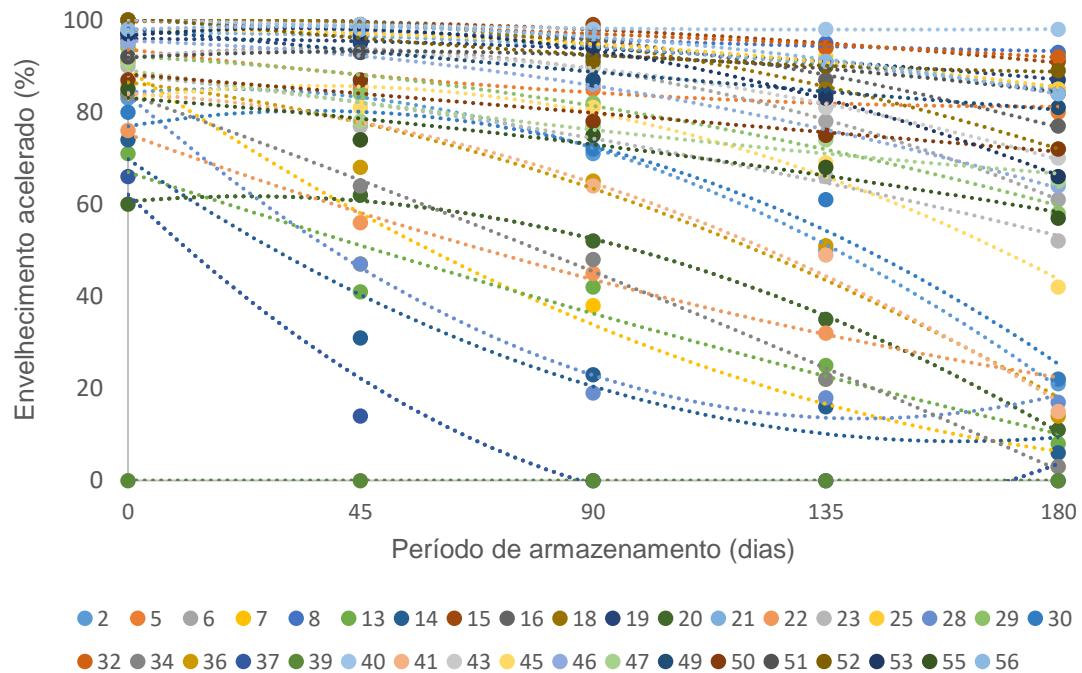


Figura 17. Teste de envelhecimento acelerado das sementes de milho acondicionadas em embalagens herméticas e armazenadas em condições não controladas do ambiente por 180 dias .

Para as sementes acondicionadas em embalagens herméticas e armazenadas em ambiente não controlado do ambiente, o comportamento foi bem diferente quando comparamos com a condição de câmara fria. Nesta condição observa-se que aos 45 dias de armazenamento alguns lotes já apresentam uma queda no vigor das sementes pelo teste de envelhecimento acelerado.

Destaca-se os lotes 13, 20, 22, 37 e 39, todos identificados como lotes de baixo vigor, onde já no início do armazenamento dá indícios de um potencial de armazenamento comprometido. Esses indícios se comprovam ao longo do período em que foi realizado a pesquisa.

Lotes de alto vigor tem uma maior capacidade de suportar uma condição de armazenamento não controlada, ficando muito dependente ao material genético que se está se referindo, quando comparamos com lotes de baixo vigor.

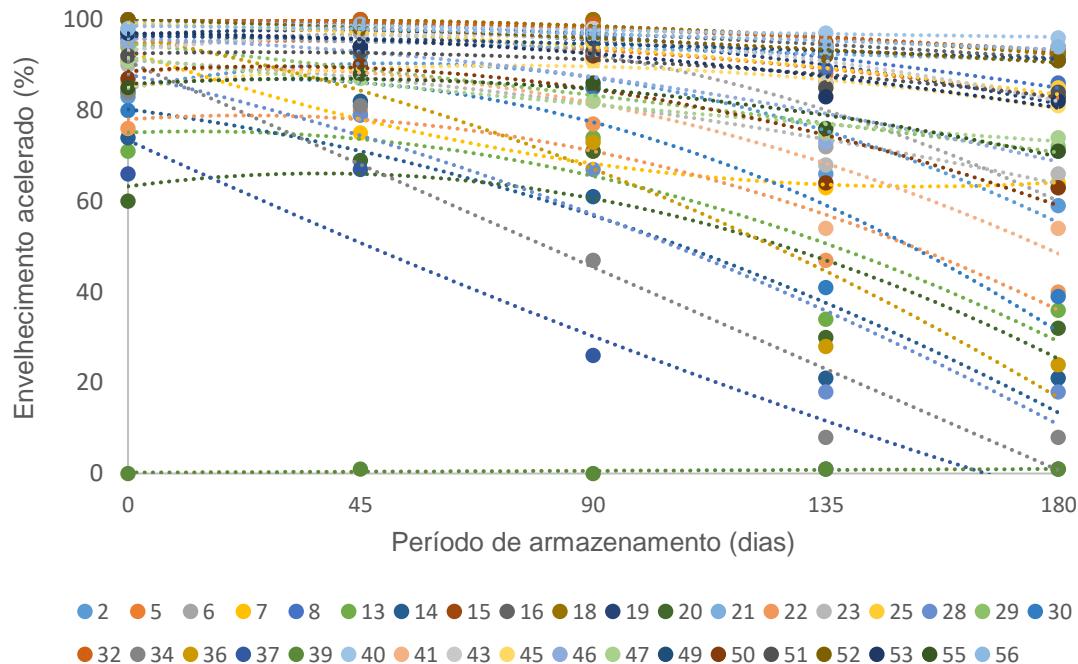


Figura 18. Teste de envelhecimento acelerado das sementes de milho acondicionadas em embalagens de papel e armazenadas em condições não controladas do ambiente por 180 dias.

Para esta condição, os lotes de baixo vigor das sementes de milho apresentaram um comportamento muito parecido em comparação a condição hermética a partir dos 90 dias do armazenamento.

Novamente, lotes de baixo vigor quando armazenados em condições não controladas observa-se uma maior a tendência de redução do potencial de armazenamento ao longo do tempo.

A tabela 7 nos indica que o teste de envelhecimento acelerado possui um coeficiente de correlação de 0,74, sendo o melhor para selecionar diferentes lotes de sementes pelo teste de vigor.

	Teor de água	Germinação	Teste de Frio	Condutividade Elétrica	Envelhecimento acelerado	Emergência em campo
Teor de água						
Germinação	0,0256 ns					
Teste de Frio	0,0533 **	0,0753*				
Condut. Elétrica	0,0410 ns	-0,274*	-0,343*			
Env. acelerado	0,0554 *	0,692 *	0,741*	-0,311*		
Emerg. em campo	0,0642 *	0,586 *	0,726*	-0,360*	0,612*	

Tabela 07: Coeficiente de correlação de Pearson para as variáveis analisadas

No teste de emergência em campo a análise da variância revelou interação significativa, como podemos observar pela análise da variância (ANOVA - Tabela 6) apresentando, interação significativa a 1% de probabilidade entre os lotes, ambiente e época de armazenamento.

A Figura 19 demonstra que a condição de armazenamento em câmara fria é a que apresenta o maior potencial de armazenamento dos genótipos em comparação as demais condições de armazenar ao longo do período total da pesquisa.

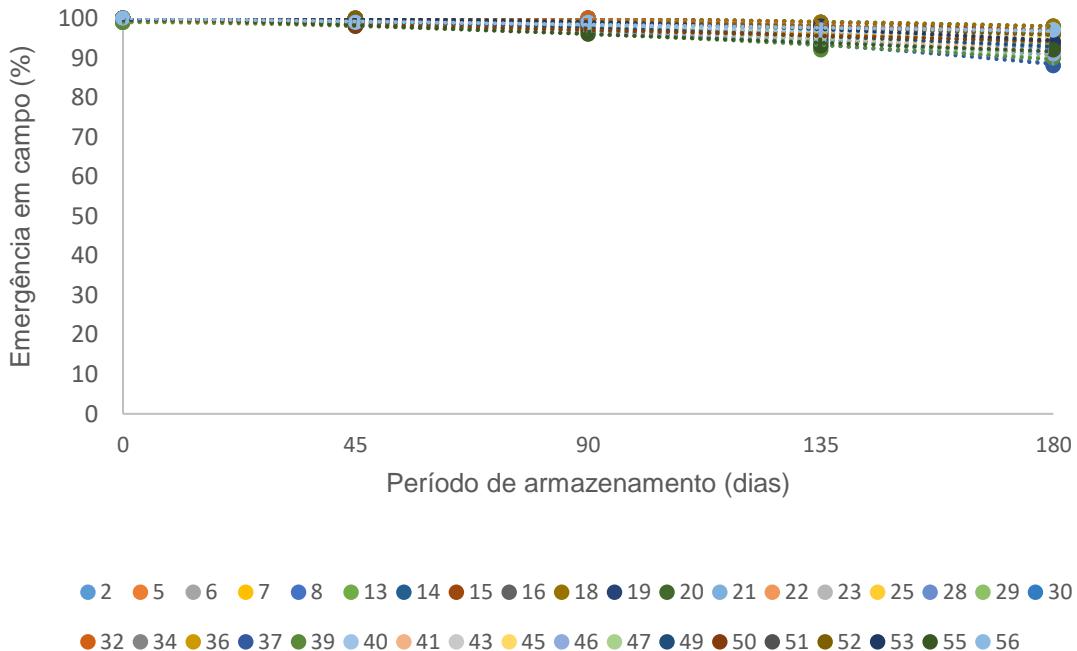


Figura 19. Emergência em campo, em porcentagem das sementes de milho acondicionadas em câmara fria por 180 dias.

A preocupação de obter o controle do ambiente (temperatura e umidade relativa do ar) em câmaras frias faz com que as sementes reduzam o seu metabolismo e com isso prolongue a qualidade fisiológica durante o período armazenado.

Condições de baixa temperatura do ar, as sementes também apresentarão redução de temperatura, e consequentemente, todo o metabolismo que necessita de energia térmica para ocorrer será reduzido, levando à diminuição das atividades fisiológicas e das perdas em virtude da respiração e oxidação dos carboidratos das sementes (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

A Figura 20 de embalagens herméticas e armazenadas em condições não controladas do ambiente apresenta um comportamento muito próximo das sementes que estão em câmara fria, porém é possível notar que alguns genótipos aos 45 dias apresentam indícios de uma queda na germinação durante o tempo total de armazenamento.

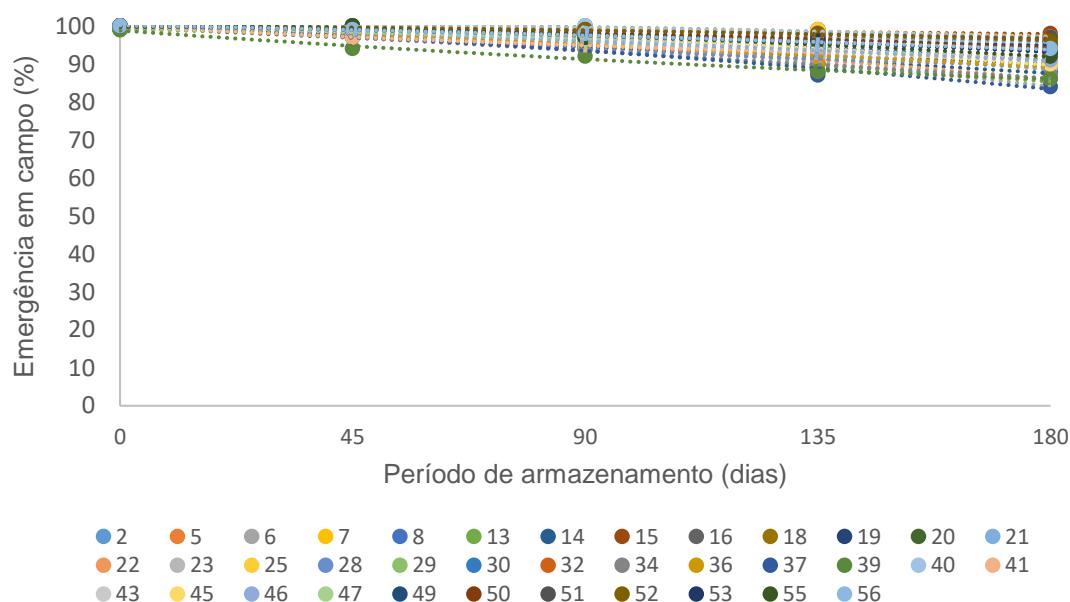


Figura 20. Emergência em campo, em porcentagem das sementes de milho acondicionadas em embalagens herméticas e armazenadas em condições não controladas do ambiente por 180 dias.

As sementes acondicionadas em embalagens herméticas apresentaram um melhor comportamento para esta análise quando comparadas com as respostas das sementes acondicionadas nas embalagens de papel.

Hornke et al. (2020) concluíram que sementes de cebola mantiveram sua qualidade fisiológica quando armazenadas em embalagem impermeável durante 360 dias, independente do ambiente. A qualidade fisiológica das sementes foi mantida nas demais embalagens quando acondicionadas em câmara fria ou fria e seca, com viabilidade e vigor acima de 80% até os 180 dias de armazenamento.

Para Pessoa (1996), o teor de água ideal para sementes de milho no armazenamento a vácuo não deve exceder 8,0%. Verificou-se, nessa condição de ambiente, que o armazenamento a vácuo na umidade de 8,0% se manteve com os maiores índices de IVE, praticamente durante todo o período de armazenamento. Uma alternativa para se obter um maior potencial de armazenamento em sementes de milho nas embalagens herméticas, seria alterar o teor de água das sementes em 2 a 3% abaixo do utilizado neste ensaio.

Na Figura 21 pode-se observar dois lotes, 13 e 14, que aos 90 dias de armazenamento apresentam uma maior tendência de decréscimo de emergência em campo em relação aos demais lotes, que de fato foi confirmado ao final da pesquisa.

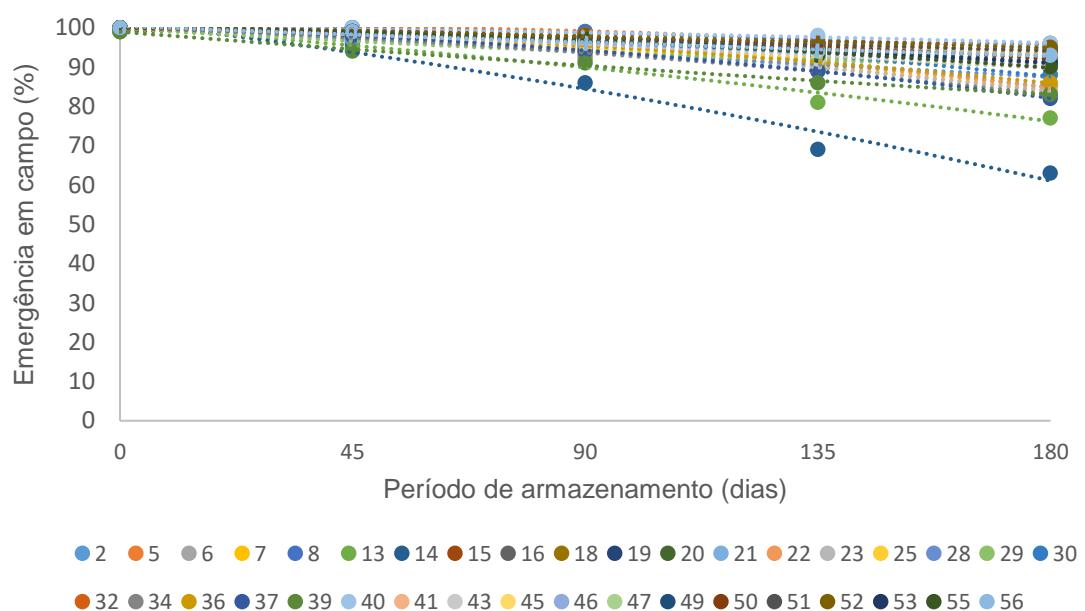


Figura 21. Emergência em campo, em porcentagem das sementes de milho acondicionadas em embalagens de papel e armazenadas em condições não controladas do ambiente por 180 dias.

3.5 Conclusões

No armazenamento em câmaras frias existe o controle da temperatura e umidade relativa do ar, sendo a melhor condição para a região onde foi realizado o ensaio.

O armazenamento sob condições de 10°C de temperatura e 40% de umidade relativa do ar é mais eficiente para a preservação da qualidade fisiológica de semente de milho em comparação as demais condições de acondicionamento em ambiente não controlado.

Considerações finais

A qualidade das sementes de milho é influenciada pela genética herdada de seus genitores, evidenciada pela análise dos dados do teste de envelhecimento acelerado, bem como pelas condições ambientais de armazenamento.

Seria interessante uma continuidade desse trabalho para verificar exatamente qual a herança genética que dá esse maior potencial de armazenamento, sendo pode estar ligado a membranas e com isso uma herança maternal pode ser evidenciada como essa característica de interesse para o armazenamento.

É interessante destacar que a indústria de sementes de milho usa maciçamente o teste de frio como seu balizador e neste trabalho não foi evidenciado esse teste como tal.

No armazenamento em câmaras frias existe o controle da temperatura e umidade relativa do ar, sendo a melhor condição para regiões tropicais. O armazenamento sob condições de 10°C de temperatura e 40% de umidade relativa do ar é o mais eficiente para a preservação da qualidade fisiológica de semente de milho independente do acondicionamento do lote.

Portanto, mesmo sendo um processo oneroso ainda é vantajoso manter lotes de milho em armazenamento a frio principalmente quando o genótipo possui baixo potencial de armazenamento.

Referências Bibliográficas

ABRASEM. Associação Brasileira de Sementes e Mudas. Anuário 2018. 130p. Brasília, 2018.

Almeida, F. de A.C. Efeitos da temperatura e umidade relativa do ar sobre a germinação, vigor e teor de umidade de sementes armazenadas de algodão. Areia: UFPB, 1981. 65p. Dissertação Mestrado

ANDRADE, RV.; AUZZA, S.A.Z.; ANDREOLI, C.; MARTINS NETTO, D.A & OLIVEIRA, A.C. Qualidade fisiológica das sementes do milho híbrido simples HS 200 em relação ao tamanho, **Ciência e Agrotecnologia**, v.25, n.3, p. 576-582, 2001.

ARTHUR, T.J., TONKIN, J.H.B. Testando o vigor da semente. Informativo ABRATES, Londrina, v.1, n.3, p.38-42, 1991.

BALDO, M.N.; FANCELI, A.L.; MARCONDES, L.P.; TSUMANUMA, G.M.; MARSON, D.J.M. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho (*Zea mays L.*) tratadas e armazenadas com inseticidas sistêmicos. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 26., 2006, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: SBMS, 2006. p.560.

BARROS, S.R.B.; DIAS, M.C.L.L.; CICERO, S.M.; KRZYZANOWSKI, F.C. Teste de frio. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.) **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. p.5.1–5.15.

BAUDET, L.; VILLELA, F. A. Armazenamento de sementes. In: PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G. E. (Ed.). **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 3. ed. Pelotas: UFPEL, 2012. cap. 7, p. 481-527.

BAUDET, L.; VILLELA, F. A. Armazenamento de sementes. In: PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G. E. **Sementes: Fundamentos científicos e tecnológicos**. Pelotas: UFPEL, 2019. Cap.7, p.481-527.

BITTENCOURT, S.R.M.; VIEIRA, R.D. Temperatura e período de exposição de sementes de milho no teste de envelhecimento acelerado. **Revista Brasileira de Sementes**, v.28, n.3, p.161-168, 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para Análise de Sementes. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399p.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n.45, de 17 de setembro de 2013. Estabelece padrões de identidade e qualidade para a produção e a comercialização de sementes de algodão, amendoim, arroz, arroz preto, arroz vermelho, aveia branca e amarela, canola, centeio, cevada, ervilha, feijão, feijão caupi, gergelim, girassol variedades, girassol cultivares híbridas, juta, linho, mamona variedades, mamona cultivares híbridas, milho variedades, milho cultivares híbridas, painço, soja, sorgo variedades, sorgo cultivares híbridas, tabaco, trigo, trigo duro, triticale e de espécies de grandes culturas inscritas no Registro Nacional de Cultivares - RNC e não contempladas com padrão específico. Diário Oficial da União, v.150, n. 183, seção 1, p. 6-27, 2013.

BEE, R.A.; BARROS, A.C.S.A. Sementes de abóbora armazenadas em condições de vácuo. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 21, p.120-126, 1999.

CAPILHEIRA, André F. et al. Storage of soybean seeds: Packaging and modified atmosphere technology. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental [online]. 2019, v. 23, n. 11 [Accessed 3 August 2021] , pp. 876-882. Available from: <<https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n11p876-882>>. Epub 14 Oct 2019. ISSN 1807-1929. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n11p876-882>.

CAPILHEIRA, A. F., Silva, J. G. da, Cavalcante, J. A., Hornke, N. F., & Gadotti, G. I. (2020). Quality of corn seeds stored in different types of packaging and stress conditions. Revista Engenharia Na Agricultura - Reveng, 28, 185-191. <https://doi.org/10.13083/reveng.v28i.972>

CARVALHO, I. R. et al. Efeitos fisiológicos atribuídos ao teste de frio e adição de reguladores vegetais em híbridos de milho. Scientia Plena, São Cristóvão, v. 11, n. 3, p. 1-9, 2015.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. Sementes: Ciência, Tecnologia e Produção. 5.ed. Jaboticabal: Funep, 2012. 590p.

CARVALHO, N.M., NAKAGAWA, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 429p.

CICERO, S.M.; VIEIRA, R.D. Teste de frio. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. (Ed.) Testes de vigor em sementes. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.151-164.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Levantamentos da safra brasileira de grãos (safra 2020/21). Décimo, Brasília, p. 1-110, julho 2021 levantamento.

DE RESENDE, M. D. V.; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, p. 182-194, 2007.

DELOUCHE, J.C.; BASKIN, C.C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.1, n.3, p.427-452, 1973.

FESSEL, S.A.; VIEIRA, R.D.; CRUZ, M.C.P. Electrical conductivity testing of corn seeds as influenced by temperature and period of storage. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília v.41, n.10, p.1551-1559, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v41n10/a13v4110.pdf>

FIGUEIREDO, F.J.C.; Frazão, D.A.C.; Oliveira, R.P. de; Carvalho, J.E.U. de. Conservação de sementes de caupi. Belém: EMBRAPA-CPATU. 23p. 1982. Circular Técnica, 31

GOMES, J.P. Comportamento da germinação e vigor de sementes de algodão herbáceo em diferentes tipos de embalagens, tratamentos e condições de conservação durante a sua armazenagem. Campina Grande: UFPB, 1992. 89p. Dissertação Mestrado

GOMES, M. S. et al. Efeito da heterose na qualidade fisiológica de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 7-17, 2000.

HAMPTON, J.G.; TEKRONY, D.M. Handbook of vigour testmethods. 3.ed. Zurich: International Seed Testing Association, 1995. 117p

HARRINGTON, J.F. (1972) – Thumb rules of drying seeds. *Crops and Soils*, vol. 13, p. 16-17.

HORNKE, Nander F et al. Physiological potential of onion seeds stored in different packings and environments. *Horticultura Brasileira* [online]. 2020, v. 38, n. 3 [Accessed 3 August 2021] , pp. 312-318. Available from: <<https://doi.org/10.1590/S0102-053620200312>>. Epub 14 Sept 2020. ISSN 1806-9991. <https://doi.org/10.1590/S0102-053620200312>.

JAYAS, D. S.; KHANGURA, B.; WHITE, N, D. G. Controlled atmosphere storage of grains. *Postharvest News and Information*, London, v. 2, n. 6, p. 422-427, 1991.

KOLCHINSKI, E.M.; SCHUCH, L.O.B.; PESKE, S.T. Crescimento de soja em função do vigor das sementes. *Revista Brasileira de Agrociência*, v.12, n.2, p.163-166, 2006.

LUZ, C.A.S.; PERES, W.B.; LUZ, M.L.G.S.; GUIMARÃES, D.S.; GADOTTI, G.I. Armazenamento de grãos e sementes. Pelotas: Santa Cruz, 2015. 192p.

LIMA, L.B.; MARCOS FILHO, J. Condicionamento fisiológico de sementes de pepino e germinação sob diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, n.1, p.138-147, 2010. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_pdf&pid=S0101-3122201000100016&lng=en&nrm=iso&tlang=pt

LOEFFLER T.M.; TEKRONY, D.M; EGLI, D.B. The bulk conductivity test as an indicator of soybean seed quality. *Journal of Seed Technology*, 12:37-53. 1988.

MARCOS FILHO, J.; CICERO, S.M.; SILVA, W.R. **Avaliação da qualidade das sementes**. Piracicaba: FEALQ, 1987. 230p.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F.C., VIEIRA, R.D., FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). *Vigor de sementes: Conceitos e Testes*. Londrina: ABRATES, 1999. cap.3, p.1-24.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2. ed, Londrina: ABRATES, 2015, 600p.

MINUZZI, A.; BRACCINI, A. L.; RANGEL, M. A. S.; SCAPIM, C. A.; BARBOSA, M. C.; ALBRECHT, L. P. Qualidade de sementes de quatro cultivares de soja, colhidas em dois locais no estado de Mato Grosso do Sul. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 32, n. 1, p. 176-185, 2010.

MOTA, Armando & Ribeiro, Camila & Carvalho, Regis & Gonçalves, Flávia. (2021). Genetic Effects on Corn Seed Longevity. *Journal of Agricultural Science*. 13. 56. 10.5539/jas.v13n2p56.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIEIRA, R.D., CARVALHO, N.M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP. 1994. p. 49-85

OLIVEIRA, J.A. **Efeito do método de colheita e do tipo de armazenamento na qualidade de sementes de milho**. 1997. 134f. Tese (Doutorado em Fitotecnia), Universidade Federal de Lavras, Lavras: UFLA-MG,1997.

OLIVEIRA, A. C. S. D. et al. **Armazenamento de sementes de milho em embalagens reutilizáveis, sob dois ambientes**. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo, Sete Lagoas*, v. 10, n. 1, p. 17-28, 2011.

OLIVEIRA, A.S.; CARVALHO, M.L.M.; NERY, M.C.; OLIVEIRA, J.A.; GUIMARÃES, R.M. Seed quality and optimal spatial arrangement of fodder radish. *Scientia Agricola*, v. 68, n.4, p.417-423, 2011. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_pdf&pid=S0103-90162011000400005&lng=en&nrm=iso&tlnq=en

PARAGINSKI, R.T.; ROCKENBACH, B.A.; SANTOS, R.F.; ELIAS, M.C.; OLIVEIRA, M.. **Qualidade de grãos de milho armazenados em diferentes temperaturas**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande – PB, v.19, n.4, p.358-363, 2015.

PESSOA, H.B.S.V. **Produção de sementes genéticas de milho doce (Zea mays var. sacharata, L.): um exemplo com a cultivar superdoce**. *Informativo ABRATES*, Brasília, v.6, n.1, p.62-72, 1996.

PESKE, S. T. **Embalagem para sementes**. *Revista Seednews*, v.7, n. 2, p. 28-35, 2003.

PESKE, S. T.; BARROS, A. C.S. A.; SCHUCH, L. O. B. **Produção de Sementes.** In: PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G.E. Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos. 3^a ed. Ed. Universitária UFPel, 2019. Pelotas. 573p.

REGINALDO DE CAMARGO, MARIA LAENE MOREIRA DE CARVALHO, Armazenamento a vácuo de semente de milho doce. **Revista brasileira de sementes** 30 (1). 2008 <https://doi.org/10.1590/S0101-31222008000100017>

RESENDE, Marcos Deon Vilela. Software SELEGEN-REML/BLUP: Sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 359 p.

SANTOS, S.C. Características nutricionais e físicas do milho com diferentes texturas e tempos de armazenamento . 2015. 106 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

SAUER, D.B. Storage of grains and their products. 4.ed. St. Paul, Minnesota: American Association of Cereal Chemists, Inc., 1992. 615p.

SCHUCH, L.O.B.; NEDEL, J.L.; ASSIS, F.N.; MAIA, M.S. Vigor de sementes e análise de crescimento de aveia preta. *Scientia Agricola*, v.57, n.2, p.305-312, 2000.

SENA, D. V. A.; ALVES, E. U. A.; MEDEIROS, D. S. de. Vigor de sementes de milho cv. „Sertanejo“ por testes baseados no desempenho de plântulas. *Ciência Rural*, v.45, n.11, p.1910-1916, 2015.

SIQUEIRA, V. C.; RESENDE, O.; CHAVES, T. H. Difusividade efetiva de grãos e frutos de pinhão-manso. **Semina: Ciências Agrárias**, v.33, n.1, 2919-2930, 2012.

SZARESKI, V. J. et al. Multivariate index of soybean seed vigor: a new biometric approach applied to the effects of genotypes and environments. **J. Seed Sci.**, Londrina, v. 40, n. 4, p. 396-406, 2018a. Available from http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2317-15372018000400396&lng=en&nrm=iso. access on 23 Mar. 2020. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v40n4198333>.

SZARESKI, Vinícius Jardel et al. Adaptability and stability of wheat genotypes according to the phenotypic index of seed vigor. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* [online]. 2018, v. 53, n. 06 [Accessed 11 August 2021] , pp. 727-735. Available from: <<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2018000600009>>. ISSN 1678-3921. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2018000600009>.

TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B.; WICKHAM, D.A. Corn seed vigor effect on no-tillage field performance: II. Plant growth and grain yield. *Crop Science*, v.29, p.1528-1531, 1989.

TONIN, R. F. B. Qualidade de sementes de milho híbrido tratadas com inseticidas, armazenadas em duas condições de ambiente. 2008, 41f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas 2008.

TONIN, G. A.; PEREZ, S. C. J. G. A. Qualidade fisiológica de sementes de Ocotea porosa (Nees et Martius ex. Nees) após diferentes condições de armazenamento e semeadura. *Revista Brasileira de Sementes*, Pelotas, v. 28, n. 2, p. 26-33, 2006.

TONIN, R.F.B.; LUCCA FILHO, O.A.; BAUDET, L.M.; ROSSETTO, M.. Potencial fisiológico de sementes de milho híbrido tratadas com inseticidas e armazenadas em duas condições de ambiente. *Scientia Agropecuaria*, Trujillo – PE, v.5, n.1, p.07-16, 2014.

VENCOVSKY, Roland; BARRIGA, Patrício. Genética biométrica no fitomelhoramento, **Revista Brasileira de Genética**, v., n. p. 496, 1992.

VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Londrina: Abrates, 1999. cap. 4, p. 1-26.