

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

EMANUELI PEREIRA DA SILVA

QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA SUBMETIDAS
À AR RESFRIADO E MANTIDAS EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE
ARMAZENAMENTO

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO

2021

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

EMANUELI PEREIRA DA SILVA

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA SUBMETIDAS
À AR RESFRIADO E MANTIDAS EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE
ARMAZENAMENTO**

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO

2021

EMANUELI PEREIRA DA SILVA

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA SUBMETIDAS À
AR RESFRIADO E MANTIDAS EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE
ARMAZENAMENTO**

**Physiological quality of soybean seeds submitted to cooled air and kept
in different storage conditions**

Dissertação apresentada como requisito parcial à
obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área
de Concentração: Produção Vegetal da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR).

Orientador: Jean Carlo Possenti

Coorientador: Carlos André Bahry

PATO BRANCO

2021



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite o download e o compartilhamento da obra desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-la ou utilizá-la para fins comerciais.



**Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Pato Branco**



EMANUELI PEREIRA DA SILVA

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA SUBMETIDAS À AR RESFRIADO E MANTIDAS EM
DIFERENTES CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO.**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestra Em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Produção Vegetal.

Data de aprovação: 18 de Fevereiro de 2021

Prof Jean Carlo Possenti, - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.a Adriana Paula D Agostini Contreiras Rodrigues, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Francisco Amaral Villela, Doutorado - Universidade Federal de Pelotas (Ufpel)

Prof.a Nadia Graciele Krohn, - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 18/02/2021.

À minha amada avó Ivete Carvalho Pereira (*In Memoriam*)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a meu amável Criador, aquele que tornou possível todas as coisas, concedendo-me o dom da vida e carinhosamente conduzindo meus passos a caminhos agradáveis ao coração.

Agradeço a minha mãe, Elizangela, por me ensinar a persistir e depositar dedicação e carinho em todas as coisas a mim destinadas.

Agradeço a meu pai, Eliezer, por me encorajar a prosseguir diante as dificuldades e superar meus limites.

Agradeço a minha irmã, Julia, minha amiga e confidente, responsável por “colorir” minha vida, tornando-a mais leve e feliz.

Agradeço a meu irmão, Felipe, que sendo ainda pequeno desempenha enorme cuidado com meus sentimentos, adicionando doçura aos meus dias.

Agradeço a minha amada avó Ivete (In Memoriam), a qual o Criador decidiu levar para consigo durante a finalização deste trabalho, mas foi a pessoa que sempre me apoiou durante a vida acadêmica e foi durante sua belíssima vida, meu exemplo pessoal de força, determinação e amor.

Agradeço ao meu avô Erico, por todo auxílio, incentivo e carinho.

Agradeço ao meu orientador, professor Dr. Jean Carlo Possenti, por todo conhecimento compartilhado e por desempenhar paciência e amabilidade durante todo período de realização deste trabalho.

Agradeço ao meu coorientador, professor Dr. Carlos André Bahry, pela contribuição na organização deste trabalho.

Agradeço a Cooperativa Agropecuária Tradição, por tornar possível a realização deste trabalho.

Agradeço a equipe do Laboratório de Análises de Sementes da Coopertradição, de forma especial a Renata e Ana Cláudia, que desempenharam papel de imprescindível importância durante a condução dos experimentos.

Agradeço a Universidade Tecnológica Federal do Paraná, por possibilitar esta pesquisa.

Pensava que nós seguíamos caminhos já feitos, mas parece que não os há. O nosso ir faz o caminho.

C. S Lewis

RESUMO

SILVA, Emanuelli Pereira. Qualidade fisiológica de sementes de soja submetidas à arrefriado e mantidas em diferentes condições de armazenamento. 71f Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2021.

Para atender à demanda logística de produção e comercialização de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) de uma safra à outra, o armazenamento seguro é fator importante para auxiliar na manutenção da qualidade dos lotes de sementes e, conseqüentemente, no sucesso do estabelecimento das lavouras subseqüentes. Para isso, algumas técnicas, como o arrefriamento dinâmico de sementes, na hora do ensaque, e o armazenamento em ambientes controlados, vêm sendo utilizadas. O objetivo do trabalho foi avaliar se a aplicação de arrefriamento dinâmico em sementes de soja, de diferentes tamanhos, mantém sua qualidade fisiológica por mais tempo em diferentes condições de armazenagem. O experimento foi realizado na Unidade de Beneficiamento de Sementes e no Laboratório de Análise de Sementes da Cooperativa Agropecuária Tradição em Pato Branco; testando-se dois lotes de sementes, distintos em tamanho das sementes (5,5 e 6,5mm), da cultivar BMX 50I52RSF IPRO®. Parte das sementes recebeu foi submetida ao arrefriamento dinâmico pré ensaque e parte não. Após essa etapa, parte foi armazenada em câmara fria e seca e parte em armazém se condições controladas. Para a avaliação da qualidade das sementes, as amostras foram coletadas em diferentes tempos de armazenagem (0, 2, 4 e 6 meses) e, posteriormente, submetidas aos testes de germinação, envelhecimento acelerado, índice de velocidade de emergência de plântulas, massa seca de plântulas e comprimento de plântulas. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema trifatorial 2x2x4. Os dados foram submetidos à análise de variância. Havendo significância ou interação, os dados foram submetidos ao Teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade, para os fatores qualitativos. Para o efeito do fator quantitativo, realizou-se análise de regressão polinomial, com ajuste de equações para as curvas representativas. Concluiu-se que o arrefriamento artificial dinâmico seguido de manutenção em câmara fria e seca (10 ° C e 20%UR), garantiu a preservação da qualidade fisiológica das sementes de soja por até 180 dias. Sementes de soja submetidas ao arrefriamento dinâmico durante ensaque, apresentam qualidade fisiológica superior durante o armazenamento, em comparação a sementes não arrefriadas. Sementes de soja armazenadas em câmara fria e seca (10 ° C e 20%UR) apresentam qualidade fisiológica superior durante o armazenamento, em comparação a sementes armazenadas em ambiente sem controle de temperatura.

Palavras-chave: Sementes. Arrefriamento dinâmico. Tempos de armazenamento. Vigor de sementes.

ABSTRACT

SILVA, Emanuelli Pereira. Physiological quality of soybean seeds submitted to cooled air and kept in different storage conditions. 71p. Dissertation (Master in Agronomy) – Postgraduate Program in Agronomy (Concentration Area: Plant Production), Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Paraná. Pato Branco, 2021.

In order to meet the logistic demand for the production and commercialization of soybean seeds (*Glycine max* (L.) Merrill) the storage technique is very important in helping to maintain the quality of seed lots, and consequently the success of the crop establishment. For this, some techniques such as storage in controlled environments or dynamic seed cooling at the bagging time are being used. The objective of the work was to evaluate whether the application of cold in soybean seeds, maintains its physiological quality for a longer time under different storage conditions. The experiment was carried out in the seed beneficiation unit and in the Seed Analysis Laboratory of the agricultural cooperative Tradição, in Pato Branco, Paraná, and in the Didactic Laboratory of Seed Analysis at UTFPR, Campus Dois Vizinhos; two seed lots were tested, different in seed size (5.5 and 6.5 mm). Samples were collected at four times (0, 2, 4 and 6 months), and then submitted to: first count, germination, accelerated aging, mechanical damage, seedling emergence test, weight of dry mass and weight of 1,000 seeds. The experimental design was completely randomized in a 2x2x4 trifactorial scheme (dynamic cooling: with and without; storage location: cold chamber and conventional warehouse; four evaluation periods). After compilation, the dataset was tabulated and submitted to the Lilliefors test to verify the homogeneity of the variance. Fulfilling the assumptions, the analysis of variance was performed to verify the level of significance ($P < 0.05$) of the isolated factors and also the interaction between the factors. In case of significance between the qualitative factors, the data were subjected to the Skott-Knott test at the level of 5% probability of error, and for the quantitative factors, polynomial regression analysis. It was concluded that the dynamic artificial cooling followed by maintenance in a cold and dry chamber (10 ° C and 20% RH), guaranteed the preservation of the physiological quality of soybean seeds for up to 180 days. Soybean seeds subjected to dynamic cooling during bagging, present superior physiological quality during storage, when compared to uncooled seeds. Soybean seeds stored in a cold and dry chamber (10 ° C and 20% RH) show superior physiological quality during storage, when compared to seeds stored in an environment without temperature control.

Keywords: Seeds. Dynamic cooling. Storage times. Seed vigor.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Estrutura do ambiente de armazenamento com controle de temperatura e umidade. UTFPR, Pato Branco - PR, 2021.....28
- Figura 2 – Ambiente interno armazém convencional – sem controle de temperatura e umidade. UTFPR, Pato Branco - PR, 2021.....29
- Figura 3 - Dados médios de temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%) nos dois ambientes de armazenamento das sementes de soja. UTFPR, Pato Branco - PR, 2020.....34
- Figura 4 - Dados médios de germinação, envelhecimento acelerado, índice de velocidade de emergência e massa seca de plântulas das sementes de peneira (5,5) em função do período de tempo de armazenamento de sementes de soja, submetidas ou não ao resfriamento dinâmico e duas condições de armazém. UTFPR, Pato Branco - PR, 2021..39
- Figura 6 - Dados médios do comprimento de plântulas das sementes de peneira (5,5) em função do período de tempo de armazenamento de sementes de soja, submetidas ou não ao resfriamento dinâmico e duas condições de armazém. UTFPR, Pato Branco - PR, 2021..42
- Figura 7 - Dados médios de germinação, envelhecimento acelerado, índice de velocidade de emergência e massa seca de plântulas das sementes de peneira (6.5) em função do período de tempo de armazenamento de sementes de soja, submetidas ou não ao resfriamento dinâmico e duas condições de armazém. UTFPR, Pato Branco - PR, 2021..46
- Figura 8 - Dados médios do comprimento de plântulas das sementes de peneira (6.5) em função do período de tempo de armazenamento de sementes de soja, submetidas ou não ao resfriamento dinâmico e duas condições de armazém. UTFPR, Pato Branco - PR, 2021..49

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Médias de peso de mil sementes (PMS) e umidade de sementes de soja de peneira (5,5) submetidas à aplicação diferencial de ar resfriado, duas condições de armazém e a quatro períodos de tempo de armazenamento. UTFPR, Pato Branco/PR, 2021.....35
- Tabela 2 – Resumo da análise de variância para Germinação (G), Envelhecimento Acelerado (EA), Índice de Velocidade de Emergência (IVE), Massa Seca de Plântula (MS) e Comprimento de Plântula (CP) de sementes de soja de peneira (5,5) submetidas à aplicação diferencial de ar resfriado, duas condições de armazém e a quatro períodos de tempo de armazenamento . UTFPR, Pato Branco/PR, 2021.....36
- Tabela 3 – Dados médios da germinação (G), envelhecimento acelerado (EA), índice de velocidade de emergência (IVE) e Massa Seca de Plântulas(MS) de sementes de soja de peneira (5,5) submetidas ou não ao resfriamento dinâmico, duas condições de armazém e a quatro períodos de tempo de armazenamento. UTFPR, Pato Branco/PR, 2021.....37
- Tabela 4 – Médias de Peso de mil sementes (PMS) e umidade de sementes de soja de sementes de peneira (6,5) submetidas ou não ao resfriamento dinâmico, duas condições de armazém e a quatro períodos de tempo de armazenamento. UTFPR, Pato Branco/PR, 2021.....43
- Tabela 5 – Resumo da análise de variância para Germinação (G), Envelhecimento Acelerado (EA), Índice de Velocidade de Emergência (IVE), Massa Seca de Plântula (MS) e Comprimento de Plântula (CP) de sementes de soja de peneira (6.5) submetidas ou não ao resfriamento dinâmico, duas condições de armazém e a quatro períodos de tempo de armazenamento. UTFPR, Pato Branco/PR, 2021.....44
- Tabela 6– Dados médios do envelhecimento acelerado (EA), índice de velocidade de emergência (IVE) e massa seca de plântulas (MS) de sementes de soja de peneira (6.5) submetidas ou não ao resfriamento dinâmico, duas condições de armazém e a quatro períodos de tempo de armazenamento. UTFPR, Pato Branco/PR, 2021.....44

LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

| | |
|-------|---|
| ANOVA | Análise de Variância |
| B.O.D | Byological oxygen emand |
| Cfb | Clima temperado |
| Conab | Companhia Nacional de Abastecimento |
| CP | Comprimento de plântulas |
| CPA | Comprimento de parte-aérea |
| CR | Comprimento de raiz |
| DM | Danos mecânicos |
| EM | Emergência de plântulas |
| GL | Graus de liberdade |
| IVE | Índice e velocidade de emergência |
| MAPA | Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento |
| MS | Massa seca |
| PCG | Primeira contagem de germinação |
| PMS | Peso de mil sementes |
| PR | Unidade da Federação- Paraná |
| QM | Quadrado médio |
| RAS | Regras de análises de sementes |
| UE | Unidade experimental |
| UO | Unidades de observação |
| UR | Umidade relativa do Ar |

LISTA DE SÍMBOLOS

| | |
|-------------------------------|------------------------|
| O ₂ ⁻ | superóxido |
| OH ⁻ | radical hidroxila |
| H ₂ O ₂ | peróxido de hidrogênio |
| ¹ O ₂ * | oxigênio singleto |
| °C | Celsius |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 15 |
| 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... | 18 |
| 2.1 QUALIDADE DE SEMENTES..... | 18 |
| 2.2 DETERIORAÇÃO DE SEMENTES..... | 19 |
| 2.3 ARMAZENAMENTO DE SEMENTES..... | 20 |
| 2.4 APLICAÇÃO DE AR RESFRIADO EM SEMENTES..... | 23 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS..... | 27 |
| 3.1 OBTENÇÃO DO MATERIAL VEGETAL..... | 27 |
| 3.2 AMOSTRAGEM DAS SEMENTES..... | 27 |
| 3.3 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO..... | 28 |
| 3.4 VARIÁVEIS EXPLANATÓRIAS..... | 30 |
| 3.5 VARIÁVEIS RESPOSTA..... | 31 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 34 |
| 4.1 TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR NOS AMBIENTES DE ARMAZENAMENTO DAS SEMENTES..... | 35 |
| 4.2 TAMANHO DE SEMENTES 5,5 mm..... | 35 |
| 4.2.1 Variáveis Explanatórias..... | 36 |
| 4.2.2 Variáveis Resposta..... | 36 |
| 4.3 TAMANHO DE SEMENTES 6,5 mm..... | 42 |
| 4.3.1 Variáveis Explanatórias..... | 42 |
| 4.3.2 Variáveis Resposta..... | 43 |
| 5 CONCLUSÕES..... | 50 |
| REFERÊNCIAS..... | 51 |
| GLOSSÁRIO..... | 58 |
| APÊNDICE A –MODELO DO FORMULÁRIO PARA REGISTRO DE TEMPERATURA E UMIDADE..... | 60 |
| APÊNDICE B – MODELO DE CADERNO DE CAMPO PARA TESTE DE ÍNDICE DE VELOCIDADE DE EMERGÊNCIA..... | 61 |
| APÊNDICE C – TERMO-HIGÔMETRO UTILIZADO NO CONTROLE DIÁRIO DE TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA..... | 62 |
| APÊNDICE D – GERMINADOR UTILIZADO PARA TESTES DE GERMINAÇÃO E ENVELHECIMENTO ACELERADO..... | 63 |

| | |
|---|----|
| APÊNDICE E – CONDUÇÃO DO TESTE DE ÍNDICE DE VELOCIDADE DE EMERGÊNCIA EM SALA DE GERMINAÇÃO..... | 64 |
| APÊNDICE F – CONDUÇÃO DE TESTE DE HIPOCLORITO – DANO MÉCANICO. | 65 |
| APÊNDICE G – CONDUÇÃO DO TESTE DE MASSA SECA DE PLÂNTULAS (g).. | 66 |
| APÊNDICE H – CONDUÇÃO DO TESTE DE GERMINAÇÃO EM PAPEL (%)...... | 67 |
| APÊNDICE I – CONDUÇÃO DO TESTE DE COMPRIMENTO DE PLÂNTULAS (cm). | 68 |
| APÊNDICE J – MONTAGEM DO TESTE DE ENVELHECIMENTO ACELERADO... | 69 |
| APÊNDICE K – EQUIPAMENTO COOL SEED – UTILIZADO PARA RESFRIAMENTO DINÂMICO..... | 70 |

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de soja (WTO, 2019). Segundo a Conab (2020), na safra 2019/2020, o país bateu recorde de produção de soja, em torno de 133,7 milhões de toneladas. E, desde 2012, lidera as exportações dessa fabácea, com mais de 50% do total comercializado (CAMPEÃO et al., 2019).

Grande parte desse sucesso da sojicultura brasileira se deve, além das condições favoráveis para seu cultivo, na maior parte do território nacional, aos investimentos em ciência e tecnologia. Os investimentos na área da pesquisa permitiram a expansão das áreas de plantio, bem como o desenvolvimento de maquinários agrícolas, fertilizantes e agroquímicos de alta tecnologia (CONTESSA, 2020).

Nesse contexto, as sementes também ganham destaque, visto que são a matéria prima para se obter uma lavoura de alto potencial desde as fases iniciais de estabelecimento da lavoura (BOTELHO, 2012, FERREIRA et al., 2015).

Investir na produção e comercialização de sementes de qualidade superior é garantir uma sojicultura nacional mais rentável. A qualidade de sementes pode ser definida como a soma dos atributos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários, que afetam a capacidade das sementes de desempenhar funções vitais, estando relacionados à germinação, vigor e longevidade (POPINIGIS, 1985; GOGGI et al., 2008).

A qualidade de sementes é obtida no campo e deve ser mantida durante o período de armazenamento. Dentre os fatores que influenciam a produção de sementes de qualidade, destacam-se extremos de temperatura durante a maturação e flutuações de umidade ambiente (KRZYZANOWSKI, 2008).

Em condição de armazenamento, alta umidade relativa e temperatura provocam a deterioração acelerada das sementes, devido à peroxidação lipídica (SMANIOTTO et al., 2014). Nesse caso, buscar estratégias que venham a minimizar os efeitos da deterioração de sementes de soja, durante o armazenamento, beneficiam os agricultores e, também, a própria indústria sementeira, pois otimizará seus processos diante do menor descarte de lotes inadequados para comercialização.

O uso de baixas temperaturas durante o armazenamento pode reduzir o metabolismo das sementes e o desenvolvimento de danos (DEMITO; AFONSO, 2009). Deste modo, os produtores de sementes estão investindo em técnicas de resfriamento, visando a manutenção da qualidade inicial dessas.

O processo de resfriamento pode ser utilizado em armazéns de sementes, para resfriar o ar ambiente ou por meio do resfriamento artificial da massa das sementes, visando reduzir a intensidade dos processos respiratórios (MAYER; NAVARRO, 2002).

O armazenamento de sementes de soja em ambiente com controle de temperatura, próximas a 20°C, proporciona melhor conservação da qualidade fisiológica (ALENCAR et al., 2009; ALMEIDA et al., 2010; SMANIOTTO et al., 2014).

Da mesma forma, outros autores observaram em estudos com sementes de soja, que o seu resfriamento dinâmico durante o ensaque afeta a lixiviação de solutos, o desenvolvimento de fungos de armazenamento e garante estabilidade de temperatura das sementes, devido à baixa condutividade térmica das sementes de soja (DEMITO; AFONSO, 2009; GALLI; PANIZI; VIEIRA, 2007; FESSEL et al., 2010).

1.1 HIPÓTESE

A exposição de sementes de soja às baixas temperaturas, sob diferentes técnicas, pode influenciar positivamente sobre a qualidade fisiológica das sementes. Assim sendo, as seguintes hipóteses foram levantadas para o embasamento desta pesquisa:

- Lotes de sementes de soja submetidos ao método de resfriamento dinâmico, no momento do ensaque, podem manter sua qualidade fisiológica quando armazenados em armazém convencional;

- Lotes de sementes de soja submetidos ao método de resfriamento dinâmico, no momento do ensaque, podem manter sua qualidade fisiológica por maiores períodos de armazenamento, aliados ao armazenamento em câmara fria;

- Há variabilidade nos níveis de vigor de sementes submetidas ao método de resfriamento dinâmico de acordo com o ambiente de armazenamento,

bem como para as sementes não submetidas ao resfriamento dinâmico;

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Geral

O objetivo do trabalho foi avaliar se o resfriamento dinâmico de sementes de soja, de diferentes tamanhos, mantém sua qualidade fisiológica por mais tempo, durante o armazenamento sob diferentes condições.

1.2.2 Específicos

- Verificar se as sementes de soja se conservam por maiores períodos de tempo de armazenamento, quando submetidas ao resfriamento dinâmico, durante ensaque;

- Mensurar se a deterioração das sementes se dá em diferentes proporções durante o armazenamento em condições controladas ou não, mesmo em uma região considerada apta para tal processo;

- Quantificar se há diferença de qualidade fisiológica de sementes de menor e maior tamanho quando submetidas às técnicas de resfriamento dinâmico e ao armazenamento sob condições controladas ou não, por diferentes períodos de tempo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 QUALIDADE DE SEMENTES

As sementes são apontadas como a principal evidência de evolução da agricultura brasileira, desencadeando, a partir da identificação de suas potencialidades econômicas, todo um setor agroindustrial visando produzir sementes de alta qualidade para atender aos agricultores e, com isso, gerar lavouras de soja com maior potencial produtivo (BOTELHO, 2012).

Qualidade de sementes pode ser definida como a soma dos atributos genético, físico, fisiológico e sanitário que afetam a capacidade das sementes de desempenhar funções vitais, estando relacionados à germinação, vigor e longevidade (POPINIGIS, 1985; GOGGI et al., 2008).

Qualidade genética é referida como a pureza varietal e pode afetar diretamente o potencial de produtividade, resistência a pragas e doenças, precocidade, qualidade do grão e resistência às condições adversas de solo e clima, dentre outros (PESKE et al., 2019).

Já a qualidade física de um lote de sementes reflete as condições de colheita e beneficiamento e inclui, uniformidade quanto ao tamanho, teor de água e incidência de dano mecânico.

Enquanto que, a qualidade sanitária refere-se à incidência de sementes de plantas daninhas e patógenos (fungos, vírus, nematoides ou bactérias) (FRANÇA NETO et al., 2016).

O conceito de qualidade fisiológica está descrito como o atributo que envolve o metabolismo da semente para expressar seu potencial (PESKE et al., 2012) e é determinado em Laboratórios de Análises de Sementes, por meio de testes de germinação e vigor. O vigor em sementes é fator importante na garantia da qualidade fisiológica e desempenho adequado da cultura nas condições de campo.

Schuch, Kolchinski e Finatto (2009) observaram ganho de até 25% na produção de grãos com o uso de sementes de alto vigor, em comparação ao uso de sementes de baixo vigor, para implantação da lavoura.

Segundo Kryzanowski et al. (2018), para lavouras comerciais de soja, o alto vigor de sementes assegura o estabelecimento de plantas de alto desempenho, o que representa uma elevação de até 10% na produtividade. Além disso, um estudo recente constatou que, cada ponto percentual de acréscimo no nível do vigor de sementes aumenta a produtividade em até 28 kg por hectare (BAGATELI, 2019).

Dentre os fatores que influenciam a produção de sementes de qualidade, destacam-se os extremos de temperatura durante a maturação e flutuações das condições de umidade ambiente (KRZYZANOWSKI, 2008). Em regiões tropicais e subtropicais, a produção de sementes de alta qualidade só é possível com a implementação de técnicas especiais nas fases de produção de campo, na operação de colheita, na secagem, no beneficiamento, no armazenamento, no transporte e na semeadura da safra subsequente (DALL'AGNOL et al., 2016).

2.2 DETERIORAÇÃO DE SEMENTES

O ponto de maturidade fisiológica é caracterizado como o ponto de máxima qualidade das sementes e, a partir deste, estas iniciam os processos degenerativos em ritmo progressivo, de origem bioquímica, fisiológica e física (MARCOS FILHO, 2015).

A deterioração de sementes é um processo irreversível, entretanto, é possível retardar sua velocidade com o controle das condições ambientais durante o armazenamento eficiente das mesmas (BAUDET; VILLELA, 2019).

Deterioração de sementes é um processo natural, independente das condições ambientais ou de armazenamento, entretanto, existem fatores que podem acelerar ou retardar este processo (CARDOSO et al., 2012).

Dentre as principais alterações envolvidas na deterioração das sementes destacam-se o esgotamento das reservas; a alteração da composição química, como a oxidação dos lipídeos e a quebra parcial das proteínas; a alteração das membranas celulares, com redução da sua integridade; alterações enzimáticas e alterações nos nucleotídeos (FERREIRA et al., 2015).

Os fatores ambientais, como temperatura e umidade relativa, e o teor

de umidade das sementes, afetam diretamente a velocidade da deterioração dessas, aumentando a ocorrência de processos bioquímicos degenerativos (AZADI; YOUNESI, 2013; GHASSEMI-GOLEZANI et al., 2010).

Altas temperaturas associadas à alta umidade relativa do ar intensificam o processo respiratório das sementes, podendo causar estresse oxidativo, levando à formação de espécies reativas de oxigênio e radicais livres nas mesmas (AVILA; ALBRECHT, 2010).

Radicais livres como superóxido (O_2^-), o radical hidroxila (OH^-), o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e o oxigênio singleto ($^1O_2^*$) podem causar alterações nas células que compõem a semente de soja, agindo sobre as membranas celulares (JALEEL et al., 2007). Estas moléculas desencadeiam reações denominadas de peroxidação lipídica, a qual afeta a integridade estrutural e a funcionalidade das membranas celulares, alterando a sua permeabilidade (ÁVILA e ALBRECHT, 2012).

A composição química de sementes é controlada geneticamente, entretanto, fatores bióticos e abióticos podem afetar seus teores, como os de óleo e proteínas, e contribuir para o processo de deterioração (BELLALLOUI et al., 2015; MORENO et al., 2019).

Compostos de reserva como os açúcares da série rafinósica e os ciclitóis impedem a cristalização da sacarose, a degradação destes açúcares, pode resultar na desestruturação das membranas e, conseqüentemente, na inviabilidade das sementes (CAFFREY et al., 1988; PETERBAUER; RICHTER, 1998) A perda do poder germinativo é a consequência final da deterioração das sementes (MARCOS FILHO, 2015).

2.3 ARMAZENAMENTO DE SEMENTES

Em muitas espécies propagadas por sementes, a época de colheita não coincide com a época mais adequada para a semeadura subsequente (MARCOS FILHO, 2015). Nesse sentido, o armazenamento é obrigatório. Considerando a necessidade de atender a logística de produção e comercialização de sementes, técnicas de armazenamento são uma ótima alternativa para preservação e manutenção da qualidade física, fisiológica e sanitária destas, até o

momento da próxima semeadura.

O armazenamento de sementes busca a manutenção das qualidades física, fisiológica e sanitária das sementes, minimizando o processo de deterioração e a conseqüente redução da germinação e vigor (CARDOSO et al., 2012).

Silva et al. (2010) recomendam que o armazenamento de sementes em condições favoráveis deve ser feito o mais próximo possível do período de maturidade fisiológica. Segundo os autores, a partir desse momento, condições ambientais e técnicas de colheita e de pós passam a influenciar o processo de deterioração, intensificando-o ou retardando-o.

As sementes tendem a perder qualidade durante o armazenamento, devido à peroxidação de lipídeos, quando condições de alto teor de água das sementes, alta umidade relativa do ar e temperatura elevada estão ocorrendo (SMANIOTTO et al., 2014). Soma-se a esse fator o alto conteúdo de lipídios e proteínas nas sementes de soja, que as tornam propensas ao estresse oxidativo (LISJAK et al., 2009).

Os processos de peroxidação lipídica são considerados as principais causas de deterioração em sementes de soja durante o armazenamento, pois o seu alto conteúdo de lipídios e proteínas torna propenso o estresse oxidativo (LISJAK et al., 2009).

José et al. (2010) constataram que, a instabilidade química dos lipídeos contribuí para a queda da qualidade fisiológica em sementes de várias espécies, especialmente das oleaginosas. Considerando a instabilidade química dos lipídeos em oleaginosas, uma elevação moderada da temperatura, como conseqüência do processo respiratório, já é suficiente para a decomposição dos lipídeos e a elevação da taxa de deterioração (FANAN et al., 2009).

Segundo Carvalho e Nakagawa (2012), as condições de temperatura influenciam nos processos bioquímicos da semente, e quando elevadas podem acelerar a velocidade dos processos e ocasionar desnaturação de proteínas e perda da integridade de membranas celulares.

Dentre os fatores de maior influência sobre a qualidade de sementes durante o armazenamento estão a temperatura e o teor de água (BERBERT et al., 2008).

A recomendação é de que se comece a colheita assim que as sementes atinjam 18% de umidade, e que, para o armazenamento, se realize a secagem para umidade de 12 a 13% (DEMITO, 2019)

De acordo com Silva (2008), há um incremento na taxa respiratória de sementes proporcional ao aumento da temperatura, processo este que depende do teor de água destas, sendo assim, com teores de água superior a 14%, a respiração aumenta rapidamente, acelerando o processo de deterioração.

Ainda, segundo Baudet e Villela (2012), a semente de soja apresenta higroscopicidade, e de acordo com a relação das variações da temperatura e umidade relativa do ar, pode ocorrer um processo dinâmico de dessorção ou sorção de água entre as sementes e o ambiente.

Smiderle e Gianluppi (2006) verificaram que a associação da umidade relativa do ar de 70% com temperaturas em torno de 25 °C garantem uma boa condição de armazenamento, mantendo os teores de água das sementes próximas a 12%. De acordo com Dan et al. (2010), a deterioração pode intensificar com o prolongamento do período de armazenamento sem controle de temperatura.

Durante o período de armazenamento de sementes de soja, os danos que mais atuam na redução da germinação e vigor são causados pela umidade e danos mecânicos, que podem evoluir, resultando em redução da qualidade (MOREANO et al., 2011).

O uso de baixas temperaturas durante o armazenamento pode reduzir o metabolismo das sementes e o desenvolvimento de danos (DEMITO; AFONSO, 2009). De acordo com Harrigton (1972), o tempo de viabilidade das sementes é dobrado a cada decréscimo de 1% no conteúdo de umidade da semente ou, de 5°C na temperatura do ambiente de armazenamento. Deste modo, os produtores de sementes estão investindo na climatização dos armazéns, visando a manutenção da qualidade inicial das sementes (PASCUALI, 2012).

O processo de resfriamento pode ser utilizado em armazéns de sementes acondicionadas em sacos ou em silos a granel, para resfriar o ar em ambientes quentes ou com temperaturas acima de 20°C.

Forti, Cicero e Pinto (2010) observaram que o ambiente de armazenamento não controlado ocasionou maior redução do potencial fisiológico

nas sementes de soja, em comparação com a câmara seca (50% UR e 20°C) e câmara fria (90% UR e 10°C). Smaniotto et al. (2014) afirmam que o armazenamento de sementes de soja em ambiente climatizado a 20°C proporciona melhor conservação da qualidade fisiológica.

Corroborando com os autores acima citados, Juvino et al. (2014) avaliaram o vigor de sementes de soja ao longo do tempo de armazenamento, em câmara climatizada, em comparativo a ambiente natural. Os autores observaram que as sementes mantiveram alta qualidade fisiológica até nove meses de armazenamento, com melhores resultados no armazenamento em ambiente climatizado.

Ao testar condições distintas de armazenamento sobre a atividade enzimática das sementes de diversas cultivares de soja, Carvalho et al. (2014) constataram que as sementes, quando armazenadas em condições não controladas, apresentaram queda de atividade dos sistemas isoenzimáticos malato desidrogenase, álcool desidrogenase, esterase, isocitrato liase, superóxido dismutase e peroxidase, principalmente após seis meses; no entanto, quando armazenadas em câmara fria e seca, essas atividades foram mantidas.

A redução da atividade respiratória, a degradação e a inativação de enzimas são resultantes do processo de deterioração de sementes. (COPELAND e MCDONALD, 2001).

A enzima álcool desidrogenase (ADH) converte o acetaldeído em etanol, um composto com menor toxicidade, e reduz a velocidade do processo de deterioração das sementes, desta forma, com a maior atividade da ADH as sementes ficam menos suscetíveis à ação deletéria do acetaldeído. A esterase atua no processo de retomada do crescimento do eixo embrionário e quebra de lipídeos. Enquanto que, o isocitrato liase é de importância no ciclo do glioxilato e está envolvido no processo germinativo em sementes de soja. Já a superóxido e peroxidase atuam na remoção de espécies reativas de oxigênio que podem causar danos celulares. (VEIGA et al., 2010; MARTINS et al., 2000; MØLLER et al., 2007; DEUNER et al., 2011)

2.4 APLICAÇÃO DE AR RESFRIADO EM SEMENTES

Uma das alternativas tecnológicas conhecidas para minimizar a deterioração de sementes, durante o armazenamento, é o resfriamento artificial, visando reduzir a intensidade dos processos respiratórios da massa de sementes (MAYER; NAVARRO, 2002).

Segundo Barreto e Demito (2009), o resfriamento artificial de sementes de soja pode ocorrer de duas formas, por meio do resfriamento estático ou pelo resfriamento dinâmico. O resfriamento artificial estático consiste na insuflação de ar frio na massa de sementes em seu local de armazenamento. Este ar é conduzido por meio do sistema de ventilação com a movimentação mecânica do ar proveniente de um ventilador centrífugo instalado junto ao equipamento gerador de ar resfriado, até atingir a temperatura desejada na massa de sementes.

Ainda segundo os autores, no resfriamento artificial dinâmico a semente é resfriada durante o seu movimento descendente por ação da gravidade em silos projetados para esta finalidade, no momento do ensaque. O ar resfriado, também produzido em uma unidade de resfriamento, com temperaturas ao redor de 15 °C, é conduzido em sentido contracorrente ao fluxo das sementes. Este processo não altera a umidade inicial destas e não ocasiona choque térmico. Da mesma forma, não favorece a condensação de vapor de água na superfície das sementes, pois o ar insuflado é frio e possui baixa umidade relativa (BARRETO; DEMITO, 2009).

A condução de calor em uma massa de sementes é um fenômeno físico complexo, as trocas de calor ocorrem principalmente por condução, de semente a semente e o ar intergranular, lentamente (CARDOSO et al., 2004).

Stolf (1972) afirma que, a forma das partículas e a compactação de material heterogêneo, como uma massa de grãos, influencia na quantidade de calor transferido por unidade de área, dependendo do teor de água do produto, temperatura, composição, densidade e porosidade; também, influenciam as propriedades térmicas de um material.

Segundo Jayas, White e Muir (1995), a massa específica aparente ou densidade de produtos granulares (grau de compactação dos grãos), também afeta a condutividade térmica da amostra, que aumenta com diminuições na porosidade da amostra granular. A condutividade térmica pode ser uma função linear da massa

específica, considerando-se um teor de água constante.

A temperatura de armazenagem tem influência diretamente proporcional ao tempo de preservação da viabilidade das sementes (DELOUCHE, 2002), devido ao aumento da taxa de respiração (SILVA, 2008). As sementes utilizam o oxigênio do espaço intergranular na respiração, acompanhado da metabolização das substâncias de reserva. Sementes armazenadas se deterioram lenta ou rapidamente, dependendo da temperatura e do seu teor de água.

A respiração de uma massa de sementes é fator importante a ser considerado com relação à umidade e a temperatura. As consequências diretas do processo respiratório numa massa de sementes são o umedecimento e a elevação da temperatura. O aumento do processo respiratório das sementes implica, também, no aumento do consumo de reservas (PESKE, 2012).

Demito e Afonso (2009) observaram, em um estudo com sementes de soja, que o resfriamento dinâmico de sementes, durante o ensaque, garante estabilidade de temperatura destas por até 120 dias de armazenamento, devido à baixa condutividade térmica das sementes de soja. Os autores observaram ainda que o não resfriamento, no momento do ensaque, provoca maior variação de temperatura da massa de sementes durante o período de armazenamento, em função da variação temperatura interna do armazém convencional.

Essa flutuação de temperatura na massa de sementes pode contribuir com o aumento de fungos de armazenamento (GALLI; PANIZI; VIEIRA, 2007). Segundo Carvalho e Nagakawa (2012), a sobrevivência de fungos de armazenamento está relacionada às condições desse ambiente. De acordo com Lazzari (1997), o maior consumo de matéria seca das sementes por fungos ocorre à temperatura e teor de água mais elevados, pois permite maior crescimento fúngico na massa.

De acordo com Zuchi et al. (2013), sementes submetidas ao resfriamento dinâmico, apresentam menor lixiviação de solutos no teste de condutividade elétrica, o que indica uma melhor organização das membranas.

Neste sentido, pesquisas vêm sendo realizadas com intuito de verificar o efeito do resfriamento dinâmico, sobre a qualidade fisiológica de sementes armazenadas. Demito e Afonso (2009) relataram que o resfriamento dinâmico pode

diminuir o teor de água das sementes de soja e contribuir para retardar o processo de deterioração destas. Os autores observaram que, ao final de 140 dias de armazenamento, sementes de soja da cultivar BRS 184, submetidas ao resfriamento dinâmico, entre 12 e 15°C, apresentaram maiores percentuais de germinação em comparação às sementes não submetidas ao resfriamento; sendo corroborado por Zuchi et al. (2013), em sementes da cultivar M8757, após 120 dias de armazenamento, submetidas ao resfriamento dinâmico a 18°C.

Feliceti et al. (2020) constataram que, sementes de soja resfriadas artificialmente tem potencial fisiológico superior às sementes não resfriadas. Ainda, conforme Canton (2010), o resfriamento dinâmico de sementes de soja a 15°C é eficiente para conservação da qualidade fisiológica das sementes, por até oito meses de armazenamento em condições naturais. Ferreira et al. (2017) também avaliaram a qualidade de sementes de soja submetidas ao resfriamento dinâmico a 17°C e 13°C e armazenadas durante 225 dias e constataram que sementes de soja submetidas ao resfriamento dinâmico a 13°C apresentaram melhor vigor em comparação às não resfriadas ou resfriadas a 17°C.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 OBTENÇÃO DO MATERIAL VEGETAL

As sementes de soja utilizadas no ensaio foram produzidas em Pato Branco/PR, na safra 2018/19, em campo de produção de sementes certificadas da Cooperativa Agropecuária Tradição. A cultivar semeada foi a BMX 50I52RSF IPRO®, formando-se dois lotes de diferentes peneiras.

Pato Branco localiza-se nas coordenadas 26°10'37.6"S e 52°41'47.9"W. O clima é classificado como Cfb, segundo a classificação de Köppen e Geiger, e a temperatura média é 17,1°C. A média anual de pluviosidade é de 1947 mm (CLIMATE-DATA, 2020).

Depois de colhidas, as sementes de soja, da categoria C2, foram transportadas para a Unidade de Beneficiamento de Sementes (UBS) da Coopertradição, também em Pato Branco/PR.

3.2 AMOSTRAGEM DAS SEMENTES

A coleta das amostras simples, para composição das amostras compostas deu-se de acordo com o prescrito nas Instruções Normativas Nº 9 de 02 de junho de 2005 e Nº 45 de 17 de setembro de 2013, do Ministério da Agricultura (BRASIL, 2005; BRASIL, 2013). Obedeceu-se a intensidade de amostragem devida, com o uso de calador duplo de 12 septos com diâmetro interno de 2,5 cm. Após a homogeneização e redução da amostra composta, as amostras médias (UE) e que foram destinadas aos testes laboratoriais, foram acondicionadas em caixas de papel padrão para coleta de sementes, com capacidade de 1,0 kg, sendo em seguida conduzidas para o laboratório. Para a composição das quatro repetições estatísticas, de cada big bag foram produzidas quatro amostras médias. Em laboratório, após a devida homogeneização e redução das amostras médias, foram obtidas as amostras de trabalho, consideradas as unidades de observação (UO). As repetições dos testes laboratoriais foram distintas das repetições estatísticas.

3.3 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

No beneficiamento, as sementes passaram pela máquina padronizadora, classificando-as pelo tamanho. Foram formados dois lotes da cultivar: peneira 5,5 mm e peneira 6,5 mm. Empregou-se, a partir de então, a metodologia do estudo, a saber:

Fator 1 – Resfriamento dinâmico: com e sem resfriamento dinâmico.

Fator 2 – Condições de armazenamento: em câmara fria e seca; em armazém convencional.

Fator 3 – Tempos de armazenamento: zero, dois, quatro e seis meses.

A aplicação de resfriamento dinâmico (FD) das sementes foi realizada no pré-ensaque por meio do equipamento marca CoolSeed®, modelo PSC 80. Com este, as sementes permaneceram em repouso no interior de um silo cilíndrico vertical, por duas horas, e o ar resfriado a 10°C, pelo evaporador refrigerador, foi insuflado à grande pressão por meio de dutos de ventilação dispostos no meio destas. A ação do ar forçado resfriado se deu até que a massa de sementes atingisse a temperatura de 15°C. Após o resfriamento, as sementes foram colocadas em big-bag's, pesados com o uso de balança ensacadora.

O armazenamento das sementes se deu em duas condições distintas, em câmara fria e seca e em armazém convencional. O início do armazenamento deu-se no mês de abril de 2019 e as sementes permaneceram armazenadas até o mês de setembro de 2019. Em cada um dos ambientes, as sementes foram armazenadas em big-bag's de 1000 kg.

A câmara fria e seca utilizada no experimento é dotada de equipamento de refrigeração central, que proporciona a manutenção da temperatura interna em 10°C e a umidade relativa (UR) do ar em 20%, com monitoramento das condições realizadas diariamente com termohigrômetro digital.

As estruturas do local, como cobertura, paredes e piso, possuem isolamento térmico específico, com chapas de poliestireno com 10 cm de espessura. A Figura 1 mostra detalhes internos da câmara fria.

Figura 1 – Estrutura do ambiente de armazenamento com controle de temperatura e umidade. UTFPR, Pato Branco - PR, 2021



Fonte/ Legenda: Autoria própria (2021). / A- ambiente externo, B- ambiente interno, C- equipamento de ventilação, D- maquinaria e painel para controle de temperatura e umidade.

O armazenamento das sementes em condições não controladas deu-se em um armazém convencional. Mesmo assim, fez-se diariamente o registro de temperatura e umidade relativa do ar, a partir do uso de termohigrômetro digital. A estrutura possui pé direito de 11 metros, dotado de cobertura com telhas moldadas em chapas de liga de alumínio e zinco com isolamento térmico de poliestireno com espessura de 3 cm. As paredes do armazém são de alvenaria convencional, rebocadas, e o piso em concreto. A (Figura 2) mostra o aspecto interno do armazém.

Figura 2 – Ambiente interno armazém convencional – sem controle de temperatura e umidade. UTFPR, Pato Branco - PR, 2021.



Fonte: Autoria própria (2021).

Para verificar a relação dos três fatores estudados com a qualidade das sementes foram feitas amostragens em quatro momentos, no dia do armazenamento (tempo zero), aos 2, 4 e 6 meses de armazenamento, seguindo as Instruções Normativas No 9 de 02 de junho de 2005 e No 45 de 17 de setembro de 2013, do Ministério da Agricultura (BRASIL, 2005; BRASIL, 2013).

No Laboratório de Análises de Sementes da Coopertradição, em Pato Branco, obteve-se, a partir das amostragens, as amostras de trabalho para a realização das análises visando avaliar a qualidade das sementes, de acordo como

3.4 VARIÁVEIS EXPLANATÓRIAS

Foram avaliadas variáveis explanatórias para auxiliar na explicação dos

resultados obtidos. No momento da implantação do ensaio determinaram-se os danos mecânicos e o peso de mil sementes.

Peso De Mil Sementes (PMS): Foi determinado conforme recomendações das Regas de Análises – RAS (BRASIL,2009). Utilizaram-se oito repetições de 100 sementes oriundas da porção de sementes puras de cada tratamento, pesadas individualmente em balança de precisão. O resultado foi expresso em gramas.

Teor de água das sementes: Foi determinado com auxílio do medidor de umidade de grãos de bancada Gehaka G1000®. O resultado foi expresso em porcentagem média por amostra.

E durante a condução do experimento, mensurou-se nos dois ambientes de armazenagem (CFE e SFE), as variáveis temperatura e umidade relativa do ar (UR) mediante duas leituras diárias realizadas em equipamento termohigrômetro digital. Estes valores diários foram compilados para médias de temperatura em graus centígrados e UR em porcentagem nos dois ambientes de armazenagem, durante o período de realização do experimento.

3.5 VARIÁVEIS RESPOSTA

Avaliou-se a qualidade fisiológica das sementes no início, aos dois, aos quatro e aos seis meses de armazenamento, por meio das variáveis descritas a seguir:

Germinação: Realizada de acordo com as Regras para Análise de Sementes – RAS, (BRASIL, 2009) e o teste foi conduzido com oito repetições de 50 sementes cada, em rolo com três folhas de papel para germinação, umedecido com água destilada em 2,8 vezes o seu peso seco. Os rolos foram colocados em germinador à temperatura de 25 °C. Realizaram-se duas contagens, sendo a primeira (PCG), realizada aos cinco dias e a segunda (GF), aos oito dias. Os resultados para ambas contagens foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

Envelhecimento Acelerado (EA): Conduzido com quatro amostras de 200 sementes, colocadas sobre uma tela adaptada em caixas de polipropileno do

tipo gerbox, contendo 40 mL de água no seu interior, tampadas e lacradas com fita crepe. Após, as caixas foram acondicionadas em estufa B.O.D. (biological oxygen demand) por um período de 48 horas a 41 °C (KRZYZANOWSKI et al.1999). Após este período, as sementes foram submetidas ao teste de germinação pelo período de 5 dias, conforme já descrito para contabilização das plântulas normais. Os resultados foram expressos em percentagem de vigor.

Índice de Velocidade de Emergência (IVE): Realizado em bandejas plásticas com dimensões de 39 x 28 cm, contendo areia lavada e umedecida com 400 mL de água. A semeadura foi realizada manualmente, com quatro repetições. As bandejas foram mantidas em sala iluminada e climatizada, com temperatura em 25°C. As contagens das plântulas foram realizadas diariamente após a instalação contabilizando aquelas que apresentavam os cotilédones totalmente emergidos. O índice de velocidade de foi calculado com a seguinte fórmula:

$$\text{IVE} - \text{Índices de emergência} = G1/N1 + G2/N2 + \dots + Gn/Nn$$

Onde:

G1 = Número de PN na primeira, segunda, ...n contagem.

N1= Número de dias da semeadura à primeira, segunda, ...n contagem.

Calcula-se o número de plântulas emergidas para cada repetição e faz-se a média. O resultado é um índice sem unidade (NAKAGAWA, 1999)

Comprimento de Plântulas (CP): Realizado em rolos de papel à semelhança do teste de germinação (NAKAGAWA, 1999). Quatro repetições de 20 sementes foram posicionadas em uma linha tracejada no terço superior da folha, com a micrópila voltada para o papel. Os rolos foram posicionados verticalmente em BOD por sete dias à 25 °C com foto período de 12 horas. Ao final deste período efetuou-se a medida da raiz primária (CR) e parte área (CPA) das plântulas normais germinadas com auxílio uma régua. Os resultados foram expressos em centímetros médios por plântulas.

Massa Seca de Plântulas (MS): Conduzido conjuntamente com o CP (NAKAGAWA, 1999), onde após as devidas medições, retiraram-se os cotilédones e as plântulas foram submetidas à secagem em estufa com circulação forçada de ar a

80 °C até peso constante. Os resultados foram expressos em gramas por plântula.

3.6 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições, em um esquema trifatorial.

Após a compilação dos resultados das variáveis resposta, o conjunto de dados foi submetido ao teste de Lilliefors para verificação da homogeneidade da variância. Os dados de germinação e envelhecimento acelerado foram transformados em arco seno $\sqrt{x}/100$

Cumpridos os pressupostos do modelo, aplicou-se a análise de variância (ANOVA). Após a verificação da significância dos efeitos principais do grupo pela ANOVA ($p < 0,05$), foram realizadas as comparações múltiplas entre as médias dos níveis dos fatores por meio do teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade, para os fatores qualitativos. Para o efeito do fator quantitativo, realizou-se análise de regressão polinomial, com ajuste de equações para as curvas representativas.

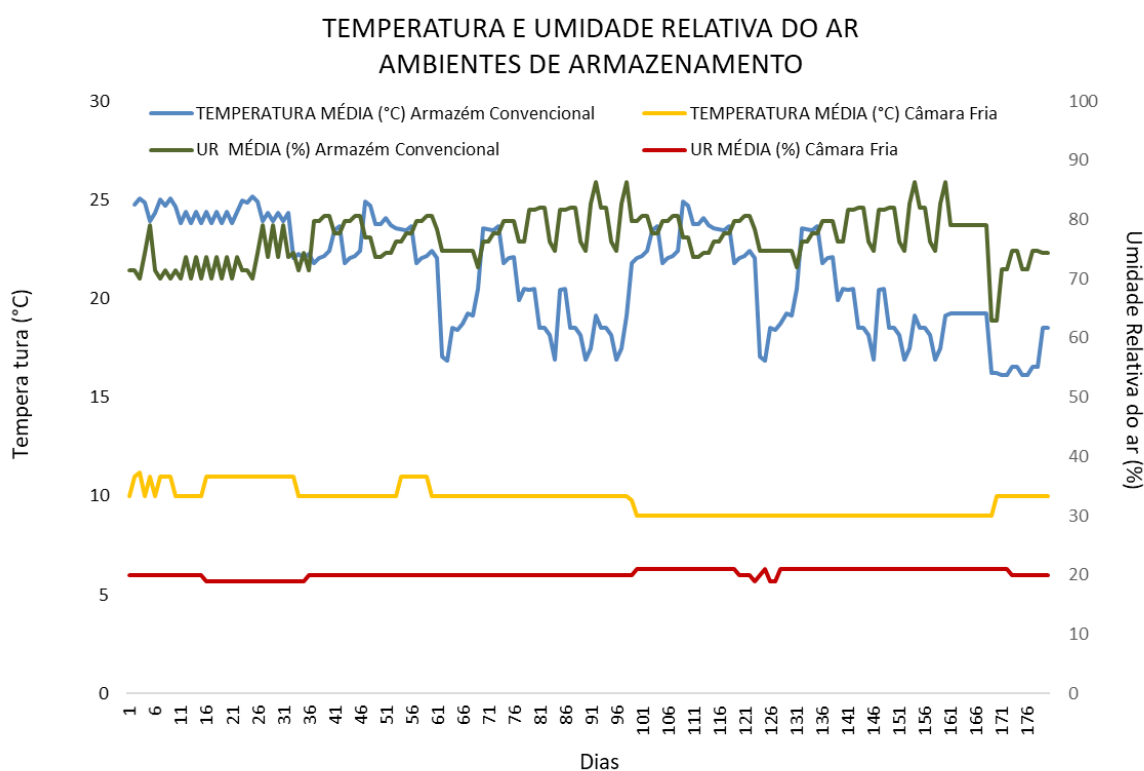
Todas as análises foram realizadas com o auxílio do programa estatístico Genes (CRUZ, 2013).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR NOS AMBIENTES DE ARMAZENAMENTO DAS SEMENTES

O início do armazenamento deu-se no mês de abril de 2019 e as sementes permaneceram armazenadas até o mês de setembro de 2019. Os dados médios de temperatura e umidade relativa do ar do intervalo de cinco dias para o ambiente de câmara fria e seca e para o armazém convencional, sem condições controladas, estão apresentados na (Figura 3).

Figura 3 - Dados médios de temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%) nos dois ambientes de armazenamento das sementes de soja. UTFPR, Pato Branco - PR, 2020



Fonte: Autoria própria (2021).

No armazenamento convencional, a temperatura e a UR do ar apresentaram variações ao longo do período de observação, em decorrência das condições ambientais de Pato Branco. A temperatura média foi de 21°C. Contudo,

nos primeiros 30 dias foi de 25°C e variou entre 20 e 25°C dos 30 aos 60 dias. Após os 60 dias, período que culminou com os meses de julho e agosto (inverno), ocorreu uma redução na temperatura média, que chegou próxima aos 17°C e passou a variar entre 24 e 17°C dos 60 aos 100 dias. Deste período em diante, com a chegada dos meses primaveris, a temperatura média voltou a subir e manteve-se ao redor de 23°C, com algumas variações até o final do armazenamento. No mesmo sentido, a UR do ar também sofreu influência do ambiente da região de Pato Branco/PR. Até os 60 dias esta variável psicrométrica apresentou média de 75%. Dos 60 aos 120 dias, a sua média foi de 78%, oscilando entre 82 e 72%. Já dos 120 dias em diante, a UR do ar média foi de 77%.

De acordo com Brackmann et al. (2010), as variáveis psicrométricas temperatura e UR do ar, em armazéns convencionais (sem atmosfera modificada ou controlada), sofrem influência de acordo com as condições do ambiente.

No armazenamento em câmara fria, pelo fato de o equipamento proporcionar os controles da temperatura e da UR do ar, auxiliados pelo isolamento da estrutura, as oscilações nestas variáveis psicrométricas foram mínimas. Verifica-se na Figura 3, que a UR do ar apresentou pequenas variações entre 20 e 22% durante todo o período de armazenamento. No mesmo sentido, os valores coletados para a temperatura demonstraram que esta variável variou pouco, ficando próxima a 10°C.

4.2 TAMANHO DE SEMENTES 5,5 mm

4.2.1 Variáveis explanatórias

As médias dos dados de peso de mil sementes e conteúdo de água das sementes de peneira (5,5), para cada período de avaliação, estão apresentados na (Tabela 1).

As variações no peso de mil sementes (PMS) foram mínimas, em todos os tratamentos. Contudo, observa-se que o PMS foi maior nas sementes não resfriadas e armazenadas em ambiente sem controle de temperatura e umidade (Tabela 1).

Tabela 1 – Médias de peso de mil sementes (PMS) e umidade de sementes de soja de peneira (5,5) submetidas à aplicação diferencial de ar resfriado, duas condições de armazém e a quatro períodos de tempo de armazenamento. UTFPR, Pato Branco/PR, 2021.

| VARIÁVEIS EXPLANATÓRIAS (5,5 mm) | | | | |
|----------------------------------|---------------------------------------|-------|-------|-------|
| Tratamentos | Peso de mil sementes (g) | | | |
| | T0 | T1 | T2 | T3 |
| Resfriado/Armazém | 144,8 | 148,7 | 142,8 | 143,0 |
| Resfriado/Câmara fria | 144,1 | 147,1 | 143,0 | 142,8 |
| Não Resfriado/Armazém | 143,5 | 150,5 | 150,7 | 145,4 |
| Não Resfriado/Câmara fria | 144,7 | 146,4 | 140,4 | 144,3 |
| | Conteúdo de água das sementes (%) 5,5 | | | |
| | T0 | T1 | T2 | T3 |
| Resfriado/Armazém | 9,3 | 11,7 | 11,4 | 11,5 |
| Resfriado/Câmara fria | 9,6 | 11,6 | 10,6 | 11,1 |
| Não Resfriado/Armazém | 9,1 | 12,1 | 12,0 | 11,5 |
| Não Resfriado/Câmara fria | 9,0 | 11,0 | 11,2 | 10,5 |

Fonte: autoria própria, (2021)

O maior peso de mil sementes observado nas sementes não resfriadas e armazenadas em condições naturais, pode estar relacionado às variações de umidade e temperatura do ambiente (Figura 3) e o conteúdo de água das sementes, que também foi maior neste tratamento (Tabela 1).

Segundo Baudet e Villela (2019), a semente apresenta higroscopicidade, e de acordo com a relação das variações da temperatura e umidade relativa do ar, pode ocorrer um processo dinâmico de dessorção ou sorção de água entre as sementes e o ambiente.

4.2.2 Variáveis resposta

Verificou-se interação tripla entre os fatores analisados para a germinação, envelhecimento acelerado, índice de velocidade de emergência e massa seca de plântula. Para o comprimento de plântula houve significância dentro do fator tempo de armazenamento (Tabela 2).

Tabela 2 – Resumo da análise de variância para Germinação (G), Envelhecimento Acelerado (EA), Índice de Velocidade de Emergência (IVE), Massa Seca de Plântula (MS) e Comprimento de Plântula (CP) de sementes de soja de peneira (5,5) submetidas à aplicação diferencial de ar resfriado, duas condições de armazém e a quatro períodos de tempo de armazenamento . UTFPR, Pato Branco/PR, 2021.

| Quadrado médio | | | | | | |
|----------------------------|----|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Causas de Variação | GL | G (%) | EA (%) | IVE | MS (g) | CP (cm) |
| RESFRIAMENTO | 1 | 517,56* | 68,06* | 87,89* | 0,004* | 0,26 _{ns} |
| ARMAZEM | 1 | 0,062 _{ns} | 36,00* | 0,015 _{ns} | 0,001* | 0,15 _{ns} |
| TEMPO | 3 | 404,42* | 516,35* | 1566,56* | 0,133* | 41,38* |
| RESFRIAMENTO*ARMAZEM | 1 | 90,25* | 529,00* | 23,77* | 0,031* | 37,98 _{ns} |
| RESFRIAMENTO*TEMPO | 3 | 46,06* | 6,69 _{ns} | 18,14* | 0,003* | 1,296 _{ns} |
| ARMAZEM*TEMPO | 3 | 27,56* | 51,54* | 13,93* | 0,000 _{ns} | 14,33 _{ns} |
| RESFRIAMENTO*ARMAZEM*TEMPO | 3 | 14,92* | 45,38* | 21,18* | 0,010* | 11,98 _{ns} |

* Significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F; _{ns} não significativo.

Os dados de germinação e envelhecimento acelerado indicaram, de modo geral, que sementes de soja apresentaram qualidade fisiológica superior quando submetidas ao resfriamento dinâmico e ao armazenamento em câmara fria e seca, em comparação às sementes não resfriadas no ensaque, mas também armazenadas nessa condição (Tabela 3).

Destaque para o EA, teste esse de vigor importante adotado para a soja, em que já no tempo zero (sem armazenamento) o resfriamento comprovou ser favorável às sementes; analisando-se cada período isoladamente.

Na condição de armazém convencional, para cada período de tempo de armazenamento, verificou-se que a germinação não alterou quando as sementes de soja foram ou não previamente submetidas ao resfriamento dinâmico. Quanto ao vigor, os testes que foram mais sensíveis para capturar essa diferença foram o EA e a MS de plântula, que apresentaram valores menores nas sementes não resfriadas durante o ensaque (Tabela 3).

No comparativo entre condições de armazenamento, para as sementes que receberam o resfriamento dinâmico, verificou-se, que o local de armazenamento influenciou nos resultados, onde as sementes mantidas em câmara fria e seca, apresentaram percentuais superiores de germinação aos quatro meses. O mesmo

foi constatado para o IVE nas avaliações realizadas aos dois e quatro meses e para EA, nas avaliações realizadas aos quatro e seis meses (Tabela 3).

Tabela 3 – Dados médios da germinação (G), envelhecimento acelerado (EA), índice de velocidade de emergência (IVE) e Massa Seca de Plântulas (MS) de sementes de soja de peneira (5,5) submetidas ou não ao resfriamento dinâmico, duas condições de armazém e a quatro períodos de tempo de armazenamento. UTFPR, Pato Branco/PR, 2021.

| Condições das sementes | Condições de armazenamento | | | | | | | |
|------------------------|----------------------------|--------|---------|--------|-------------|-------|---------|---------|
| | Câmara fria | | Armazém | | Câmara fria | | Armazém | |
| | G (%) | EA (%) | IVE | MS (g) | | | | |
| <i>0 meses</i> | | | | | | | | |
| Resfriada | 97 aA* | 97 aA | 94 aA | 93 aA | 55 aA | 54 aA | 0,71 aA | 0,70 aA |
| Não resfriada | 95 aA | 96 aA | 90 bA | 92 aA | 51 bA | 52 bA | 0,70 aA | 0,72 aA |
| <i>2 meses</i> | | | | | | | | |
| Resfriada | 94 aA | 93 aA | 93 aA | 94 aA | 42 aA | 39 aB | 0,51 aA | 0,53 aA |
| Não resfriada | 84 bA | 85 bA | 86 bA | 88 bA | 38 aA | 39 aA | 0,53 aA | 0,48 bB |
| <i>4 meses</i> | | | | | | | | |
| Resfriada | 93 aA | 87 aB | 89 aA | 82 aB | 39 aA | 32 aB | 0,51 aA | 0,53 aA |
| Não resfriada | 84 bA | 85 aA | 83 bA | 77 bB | 30 bA | 32 aA | 0,53 aA | 0,48 bB |
| <i>6 meses</i> | | | | | | | | |
| Resfriada | 88 aA | 85 aA | 88 aA | 82 aB | 31 aA | 31 aA | 0,54 aA | 0,53 aA |
| Não resfriada | 84 bA | 84 aA | 75 bA | 76 bA | 30 aA | 31 aA | 0,54 aA | 0,48 bB |
| CV (%) | 2,52 | | 2,76 | | 2,81 | | 2,02 | |

*Dados seguidos por letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, em cada tempo de armazenamento diferem entre si pelo Teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade.

Quanto às sementes sem resfriamento dinâmico no ensaio, as variáveis que permitiram capturar diferença entre as condições de armazenamento sobre a qualidade das sementes foi a MS de plântula e EA. (Tabela 3).

A redução de vigor das sementes percebidas pela sensibilidade de alguns testes realizados, considerando-se a condição de armazém convencional, pode estar relacionada às variações de umidade e temperatura do ambiente.

De acordo com o princípio da termodinâmica, enunciado por Clausius, o calor flui espontaneamente, do corpo de maior para o de menor temperatura, até que se equilibrem. Segundo Zuchi et al. (2011) as variações térmicas do ambiente e da massa de sementes apresentam certa proporcionalidade entre si.

Como exposto no item 4.1 e na Figura 3, a temperatura do armazém convencional variou até 8°C entre a mínima e a máxima, durante o armazenamento. A umidade relativa flutuou 10% nessa mesma condição. Na câmara fria, ambas as condições foram estáveis e menores (Figura 3). Essa maior temperatura do armazém convencional, e sua flutuação, pode contribuir com a taxa respiratória da massa de sementes. De acordo com Silva (2008), há um incremento na taxa respiratória de sementes proporcional ao aumento de temperatura. Ainda, de acordo com Harrigton (1972), o tempo de viabilidade das sementes é dobrado a cada decréscimo de 1% no conteúdo de umidade da semente ou, de 5°C na temperatura do ambiente de armazenamento

Segundo Dan et al. (2010), a deterioração de sementes de soja pode intensificar durante o prolongamento do período de armazenamento, quando não há o controle de temperatura. No presente estudo, como apresentado na Figura 3, a temperatura média do armazém convencional foi de 21°C, subindo até um máximo de 25°C, o que pode comprometer a qualidade fisiológica, a depender do tempo de exposição à essas condições.

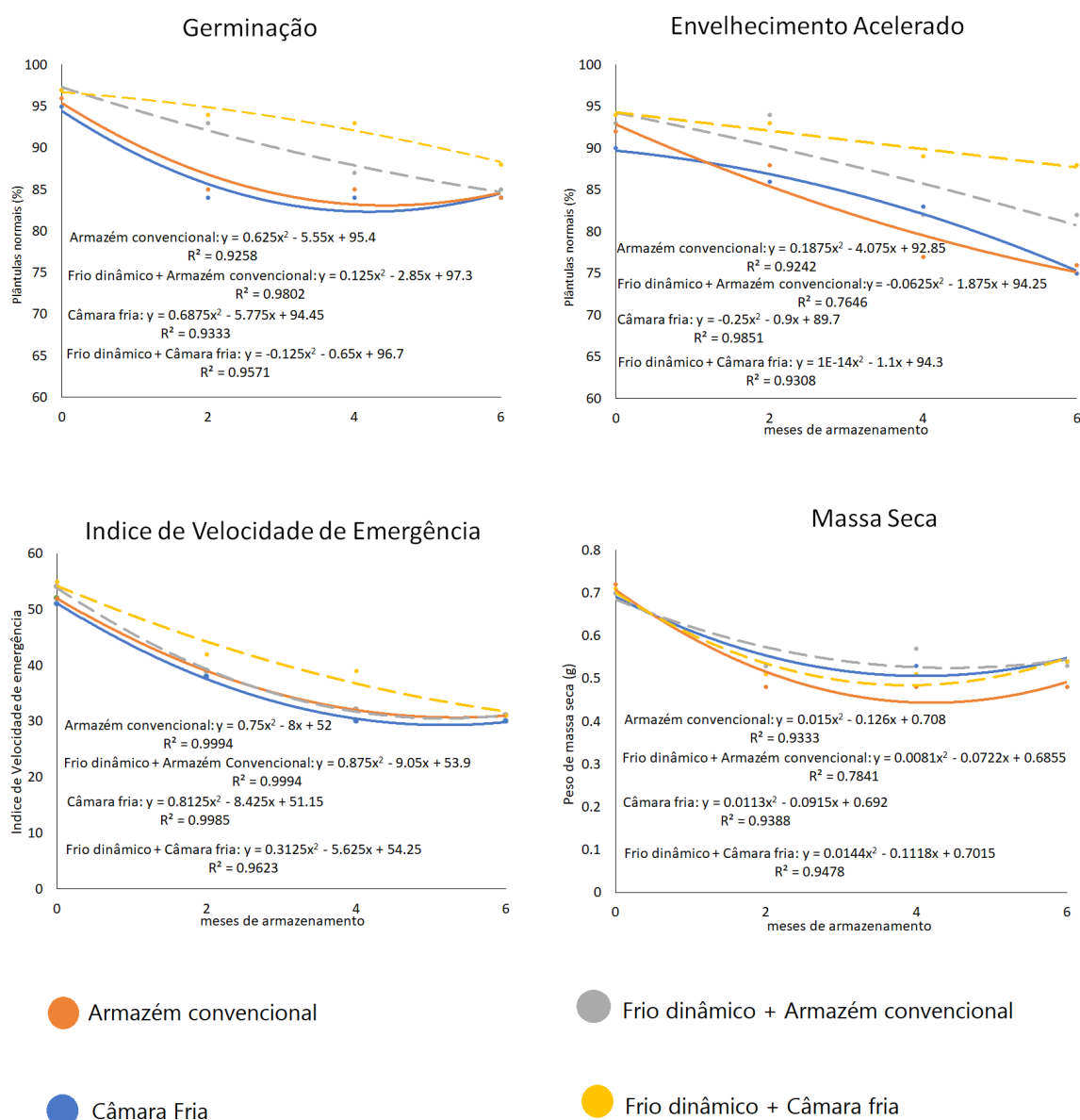
A análise de qualidade das sementes, em função do período de tempo de armazenamento, permitiu evidenciar que a germinação reduziu à medida que se avançou o armazenamento, até os seis meses. Além disso, a percentagem de plântulas normais teve redução maior, já a partir de dois meses após o beneficiamento, nas sementes submetidas ao armazém convencional, em comparação à câmara fria e seca, mesmo com a aplicação de resfriamento dinâmico em ambas (Figura 4).

Nas sementes que não foram submetidas ao resfriamento dinâmico durante o ensaio, independentemente do local de armazenamento, os percentuais de germinação começaram a diminuir já aos dois meses de armazenamento e apresentaram queda gradativa com o avanço do tempo. Já nas sementes submetidas ao resfriamento dinâmico durante o ensaio, nota-se que os percentuais de germinação se mantiveram elevados, por maior período de tempo.

O melhor desempenho das sementes submetidas ao resfriamento dinâmico corrobora com os resultados encontrados por Demito e Afonso (2009). Os autores constataram que, ao final de 140 dias de armazenamento, as sementes de

soja da cultivar BRS 184, submetidas ao resfriamento dinâmico entre 12 e 15°C, apresentaram maior percentagem de germinação quando em comparação às sementes não submetidas ao resfriamento dinâmico.

Figura 4 - Dados médios de germinação, envelhecimento acelerado, índice de velocidade de emergência e massa seca de plântulas das sementes de peneira (5,5) em função do período de tempo de armazenamento de sementes de soja, submetidas ou não ao resfriamento dinâmico e duas condições de armazém. UTFR, Pato Branco - PR, 2021



Fonte: autoria própria (2021)

O comportamento verificado no teste de germinação, em função das condições de armazenamento, aplicação de ar resfriado no ensaque e tempos de armazenamento, também foi constatado no teste de envelhecimento acelerado das sementes (Figura 4). De acordo com Canton (2010), o resfriamento dinâmico de sementes de soja no momento do ensaque, a 15°C, é eficiente para conservação da qualidade fisiológica das sementes de soja armazenadas por um período de até oito meses de armazenamento, mesmo em condições naturais da região Oeste do estado do Paraná.

As curvas de tendência do IVE, permitem observar que o comportamento da variável foi similar em todos os tratamentos, onde a velocidade de emergência de plântulas diminuiu a medida do tempo. Isso deve-se ao processo natural de deterioração de sementes, que em consequência a seu avanço, reduz a velocidade de emergência (GUEDES et al., 2009). Entretanto, é possível observar que até os quatro meses de armazenamento as sementes submetidas ao resfriamento e armazenadas em câmara fria e seca, mantiveram índices de velocidade superiores aos das sementes submetidas aos demais tratamentos.

A massa seca das plântulas reduziu a medida do tempo de armazenamento, este comportamento foi observado em todos os tratamentos. Entretanto, houve distinção após dois meses nas sementes que não receberam resfriamento dinâmico, e que foram armazenadas em armazém convencional, as quais apresentaram menor massa.

Segundo Kolchinski, Schuch e Peske (2005), o decréscimo do vigor das sementes de soja pode afetar a produção de massa seca e a taxa de crescimento das plântulas. Ainda, conforme Henning et al. (2010), sementes de soja vigorosas produzem plântulas com maior quantidade de massa seca, em relação a sementes de menor vigor; logo, os resultados aqui verificados para a MS ajudam a ser explicados por outros autores.

De acordo com Munizzi et al. (2010), sementes vigorosas possuem maior velocidade nos processos metabólicos, propiciando emissão mais rápida e uniforme da raiz primária no processo de germinação.

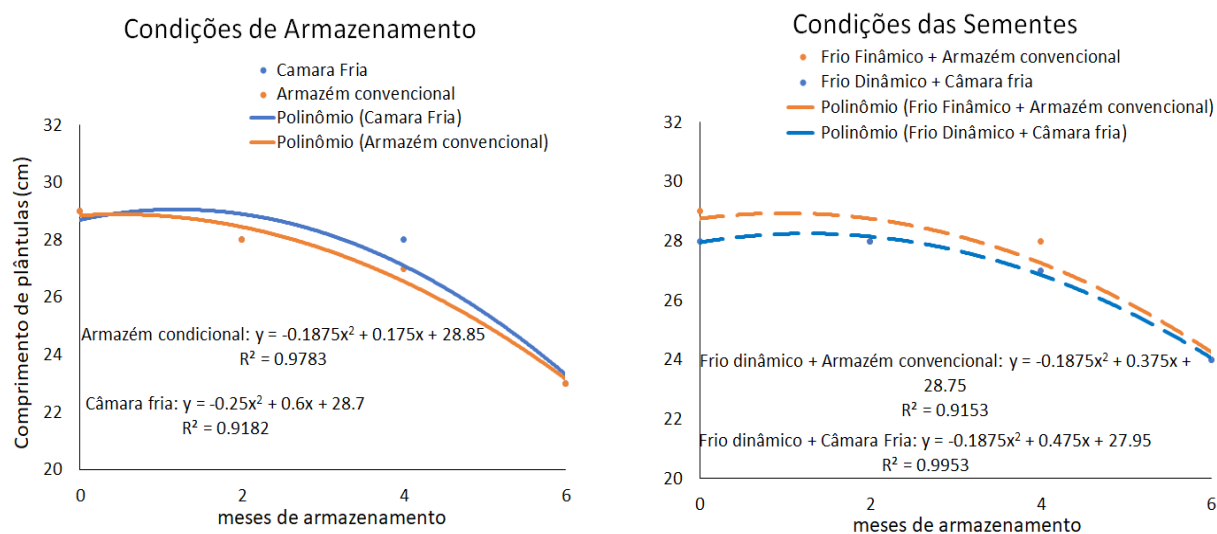
As curvas de tendência obtidas pelos resultados do teste comprimento de plântulas, demonstram comportamento similar da variável em todos os tratamentos testados no presente estudo (Figura 6).

Observa-se que em função do período de tempo de armazenamento o comprimento de plântulas reduziu à medida que avançou o tempo, até os seis meses de armazenamento.

Isso deve-se ao processo natural de deterioração de sementes, que se dá independente das condições ambientais ou de armazenamento (CARDOSO et al., 2012).

Figura 6 - Dados médios do comprimento de plântulas das sementes de peneira (5,5) em função do período de tempo de armazenamento de sementes de soja, submetidas ou não ao resfriamento dinâmico e duas condições de armazém. UTFR, Pato Branco - PR, 2021

Comprimento de Plântulas



Fonte: autoria própria (2021)

4.3 TAMANHO DE SEMENTES 6,5 mm

4.3.1 Variáveis Explanatórias

As médias dos dados de peso de mil sementes e conteúdo de água das sementes de peneira (6,5), para cada período de avaliação, estão apresentados na (Tabela 4).

Tabela 4 – Médias de Peso de mil sementes (PMS) e umidade de sementes de soja de sementes de peneira (6,5) submetidas ou não ao resfriamento dinâmico, duas condições de armazém e a quatro períodos de tempo de armazenamento. UTFPR, Pato Branco/PR, 2021.

| VARIÁVÉIS EXPLANATÓRIAS (6,5 mm) | | | | |
|----------------------------------|---------------------------------------|-------|-------|-------|
| Tratamentos | Peso de mil sementes das sementes (g) | | | |
| | T0 | T1 | T2 | T3 |
| Resfriado/Armazém | 201,1 | 199,1 | 191,9 | 191,1 |
| Resfriado/Câmara fria | 200,3 | 199,4 | 191,5 | 197,6 |
| Não Resfriado/Armazém | 203,6 | 198,7 | 191,5 | 195,9 |
| Não Resfriado/Câmara fria | 201,88 | 196,7 | 190,3 | 197,2 |
| | Conteúdo de água das sementes (%) | | | |
| | T0 | T1 | T2 | T3 |
| Resfriado/Armazém | 9,6 | 12,5 | 11,8 | 11,7 |
| Resfriado/Câmara fria | 9,7 | 11,8 | 11,6 | 11,3 |
| Não Resfriado/Armazém | 10,2 | 12,3 | 11,4 | 10,9 |
| Não Resfriado/Câmara fria | 10,1 | 11,8 | 12,8 | 11,3 |

Fonte: autoria própria, (2021)

Foram observadas poucas variações nas médias de peso de mil sementes e conteúdo de água de sementes, de acordo com os diferentes tratamentos. Entretanto, observa-se que as sementes apresentaram aumento no conteúdo de água durante os períodos de condução do experimento, em relação ao conteúdo inicial de água destas (Tabela 4).

4.3.2 Variáveis Resposta

A análise de variância indicou a ocorrência de interação tripla para as variáveis envelhecimento acelerado, índice de velocidade de emergência e massa seca de plântulas. Para a germinação houve interação entre o fator armazenamento e tempo de armazenamento. Para o comprimento de plântula verificou-se significância em função do tempo em que as sementes ficaram armazenadas (Tabela 5).

Tabela 5 – Resumo da análise de variância para Germinação (G), Envelhecimento Acelerado (EA), Índice de Velocidade de Emergência (IVE), Massa Seca de Plântula (MS) e Comprimento

de Plântula (CP) de sementes de soja de peneira (6.5) submetidas ou não ao resfriamento dinâmico, duas condições de armazém e a quatro períodos de tempo de armazenamento. UTFPR, Pato Branco/PR, 2021.

| Quadrado médio | | | | | | |
|----------------------------|----|---------------------|----------------------|---------------------|--------|-----------------------|
| Causas de Variação | GL | G (%) | EA (%) | IVE | MS (g) | CP (cm) |
| RESFRIAMENTO | 1 | 0,562 _{ns} | 15,015 _{ns} | 370,562* | 0,000 | 19,802 _{ns} |
| ARMAZEM | 1 | 85,562* | 199,51*5 | 121,0* | 0,021* | 0,090 _{ns} |
| TEMPO | 3 | 207,4375* | 309,015* | 1782,625* | 0,053* | 305,725* |
| RESFRIAMENTO*ARMAZEM | 1 | 1,562 _{ns} | 21,390 _{ns} | 1,562 _{ns} | 0,019* | 68,062 _{ns} |
| RESFRIAMENTO*TEMPO | 3 | 0,270 _{ns} | 24,057* | 77,520* | 0,016* | 17,547 _{ns} |
| ARMAZEM*TEMPO | 3 | 42,04* | 56,890* | 101,541* | 0,029* | 121,548 _{ns} |
| RESFRIAMENTO*ARMAZEM*TEMPO | 3 | 5,437 _{ns} | 36,265* | 48,354* | 0,005* | 16,244 _{ns} |

* Significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F; _{ns} não significativo.

Os resultados obtidos pelo teste de EA e MS indicam que de modo geral, as sementes apresentam melhor qualidade fisiológica quando submetidas ao resfriamento dinâmico, mesmo quando armazenadas em condições naturais (Tabela 6).

Tabela 6– Dados médios do envelhecimento acelerado (EA), índice de velocidade de emergência (IVE) e massa seca de plântulas (MS) de sementes de soja de peneira (6.5) submetidas ou não ao resfriamento dinâmico, duas condições de armazém e a quatro períodos de tempo de armazenamento. UTFPR, Pato Branco/PR, 2021.

| Condições das sementes | Condições de armazenamento | | | | | |
|------------------------|----------------------------|-------|---------|-------|-------------|---------|
| | Câmara fria | | Armazém | | Câmara fria | |
| | EA (%) | | IVE | | MS (g) | |
| | 0 meses | | | | | |
| Resfriada | 95 aA* | 94 aA | 54 aA | 56 aA | 0,64 aA | 0,60 aA |
| Não resfriada | 96 aA | 96 aA | 52 aA | 53 bA | 0,60 aA | 0,63 aA |
| | 2 meses | | | | | |
| Resfriada | 95 aA | 93 aA | 45 aA | 40 aB | 0,58 aA | 0,58 aA |
| Não resfriada | 93 aA | 91 aA | 39 bA | 35 bB | 0,54 aA | 0,55 aA |
| | 4 meses | | | | | |
| Resfriada | 93 aA | 89 aB | 45 aA | 32 aB | 0,58 aA | 0,58 aA |
| Não resfriada | 93 aA | 91 aA | 30 bA | 25 bB | 0,54 aA | 0,56 aA |

Continua...

Continuação...

| | 6 meses | | | | | |
|---------------|---------|-------|-------|-------|---------|---------|
| Resfriada | 89 aA | 85 aA | 33 aA | 31 aB | 0,58 aA | 0,54 aA |
| Não resfriada | 90 aA | 76 bB | 29 bA | 25 bB | 0,48 bA | 0,36 bB |
| CV (%) | 2,67 | | 2,62 | | 7,15 | |

*Dados seguidos por letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo Teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade. Os testes foram realizados individualmente para cada período de tempo, não suscitando comparação entre estes.

Na condição de câmara fria e seca, para cada período de tempo de armazenamento, verificou-se que o vigor avaliado pelos testes de EA e MS de plântulas não alterou quando as sementes de soja foram ou não submetidas ao resfriamento dinâmico. No entanto, na condição de armazém convencional, verificou-se que o resfriamento dinâmico de sementes de soja influenciou sobre os resultados de EA, IVE e MS de plântulas (Tabela 6).

No comparativo entre as condições de armazenamento, para as sementes que receberam o resfriamento dinâmico, foi possível observar que o local de armazenamento influenciou sobre os resultados de EA e MS de plântulas, no período de seis meses de armazenamento (Tabela 6).

Quanto às sementes não resfriadas, verificou-se pelo teste de IVE que o local de armazenamento exerceu influência sobre a velocidade de emergência das plântulas de soja (Tabela 6).

A melhor conservação das sementes de soja resfriadas no momento do ensaque, pode estar relacionado à redução da temperatura da massa das sementes, fator que influencia diretamente em seus processos respiratórios.

Temperaturas elevadas durante o armazenamento, podem resultar em aumento nos processos respiratórios. O aumento do processo respiratório das sementes implica também no aumento do consumo de reservas (PESKE, 2012). Além disso, a sobrevivência de fungos de armazenamento está relacionada a condições de temperatura durante o armazenamento (CARVALHO e NAGAKAWA, 2012). De acordo com, Lazzari (1997), o maior consumo de matéria seca por fungos de armazenamento ocorre às temperaturas e graus de umidade mais elevados, pois, permitem maior crescimento fúngico.

Segundo Burks et al. (2000), sementes são bons isolantes térmicos e, uma vez reduzida, a temperatura da massa pode ser mantida por alguns dias. Porto, (2004) constatou que o gradiente de temperatura em sementes de soja resfriadas não variou, e a qualidade fisiológica das mesmas foi mantida, após seis meses de arma-zenamento.

A análise da qualidade das sementes, em função do período de tempo de armazenamento, permitiu evidenciar que a porcentagem de plântulas normais no teste de germinação, teve maior redução, já a partir dos dois meses de armazenamento, quando as sementes foram armazenadas em ambiente sem controle de temperatura e umidade, em comparação à câmara fria e seca (Figura 7).

A redução da qualidade fisiológica das sementes submetidas ao armazém convencional, pode ter relação com as flutuações de temperatura e umidade relativa do ar ambiente (Figura 3).

Considerando que a semente apresenta higroscopicidade e de acordo com a relação das variações da temperatura e umidade relativa do ar, pode ocorrer um processo dinâmico de dessorção ou sorção de água entre as sementes e o ambiente (BAUDET e VILLELA, 2019).

Este fenômeno, pode vir afetar a temperatura da massa e o conteúdo de água das sementes. A temperatura e o grau de umidade das sementes, afetam diretamente a velocidade da deterioração de sementes, aumentando a ocorrência de processos bioquímicos degenerativos (GHASSEMI-GOLEZANI et al., 2010; AZADI; YOUNESI, 2013).

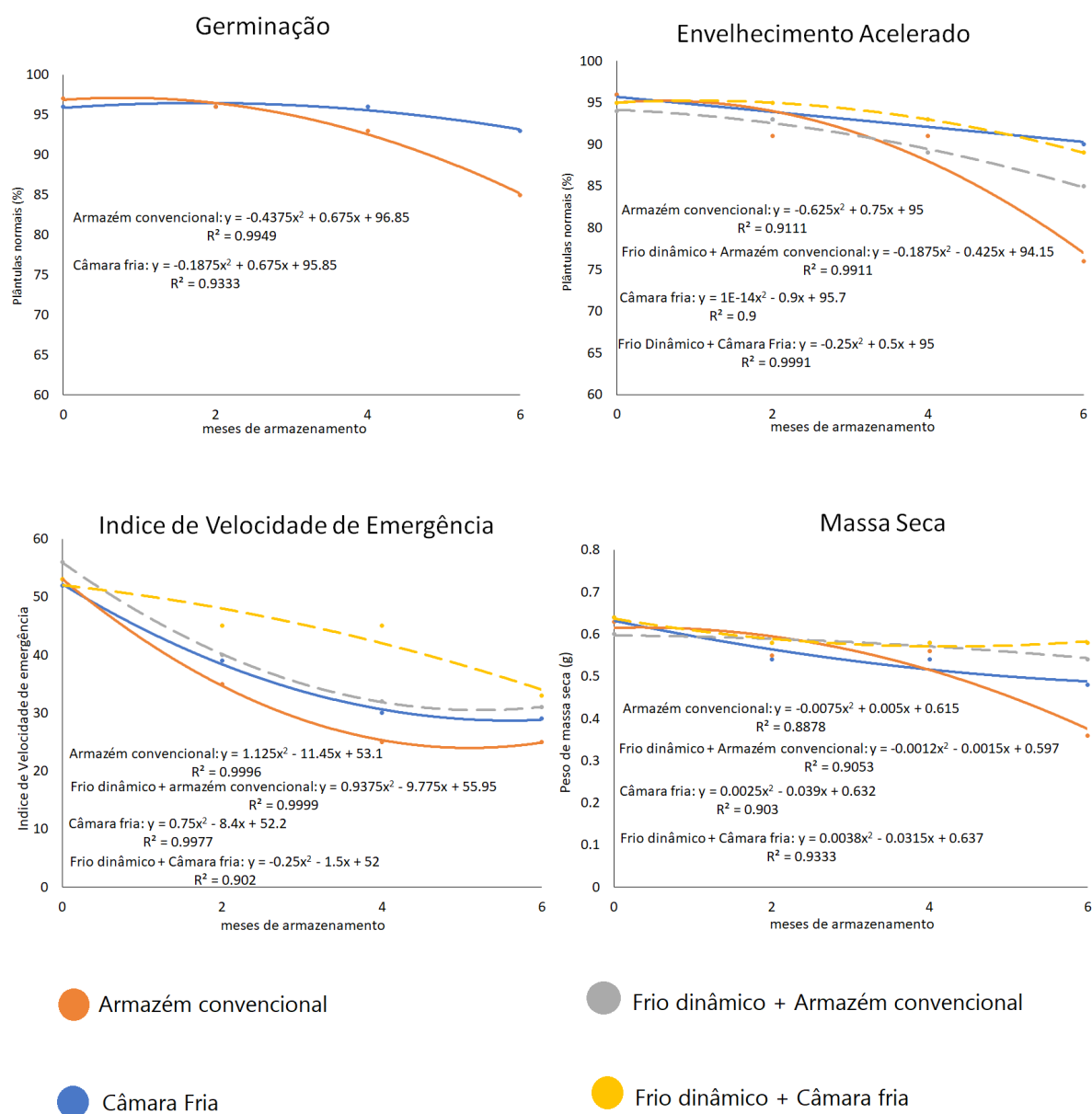
No comparativo das sementes não resfriadas, foi constatado no teste de EA e MS de plântulas, que o vigor das sementes de soja, foi significativamente inferior nas sementes mantidas no armazém convencional em comparação às sementes armazenadas em câmara fria e seca.

Estes dados corroboram com os observados por Forti, Cicero e Pinto (2010) que o ambiente de armazenamento não controlado ocasionou maior redução do potencial fisiológico nas sementes de soja, em comparação à câmara fria e seca.

Juvino et al. (2014) constataram que as semente de soja mantiveram maior qualidade fisiológica até nove meses, quando armazenadas em ambiente climatizado em comparação a sementes armazenadas em condições naturais.

Smaniotto et al. (2014) também observaram em estudo com sementes de soja, que o armazenamento em ambiente climatizado proporciona melhor conservação da qualidade fisiológica.

Figura 7 - Dados médios de germinação, envelhecimento acelerado, índice de velocidade de emergência e massa seca de plântulas das sementes de peneira (6.5) em função do período de tempo de armazenamento de sementes de soja, submetidas ou não ao resfriamento dinâmico e duas condições de armazém. UTFR, Pato Branco - PR, 2021.



Fonte: autoria própria (2021)

Por meio do comportamento das sementes resfriadas nas variáveis EA e MS de plântulas, observa-se qualidade superior nas sementes armazenadas em câmara fria e seca. Além disso, é possível observar melhor manutenção da qualidade fisiológica das sementes de soja resfriadas em comparação à sementes não resfriadas, mesmo quando armazenadas em condições naturais.

O melhor desempenho das sementes submetidas ao resfriamento dinâmico, demonstra que o resfriamento de sementes de soja foi eficiente para minimizar os efeitos do ambiente de armazenamento sobre a deterioração de sementes de soja.

Demito e Afonso, (2009) observaram em estudo com sementes de soja, que o resfriamento dinâmico de sementes durante o ensaque, garante estabilidade de temperatura das sementes durante até 120 dias de armazenamento, devido à baixa condutividade térmica das sementes de soja. Os autores, observaram ainda, que em sementes não resfriadas no momento do ensaque, a temperatura das sementes apresenta maior variação durante o período de armazenamento, em função da temperatura interna do armazém.

Quanto aos índices de velocidade de emergência, é possível observar desempenho similar nas sementes submetidas as condições de armazém convencional, independente do resfriamento dinâmico. O mesmo comportamento foi observado nas sementes não resfriadas e armazenadas em câmara fria e seca.

No entanto, as sementes submetidas ao resfriamento dinâmico e armazenadas em ambiente de câmara fria, mantiveram velocidade de emergência de plântulas superior, durante todo o período de condução dos testes.

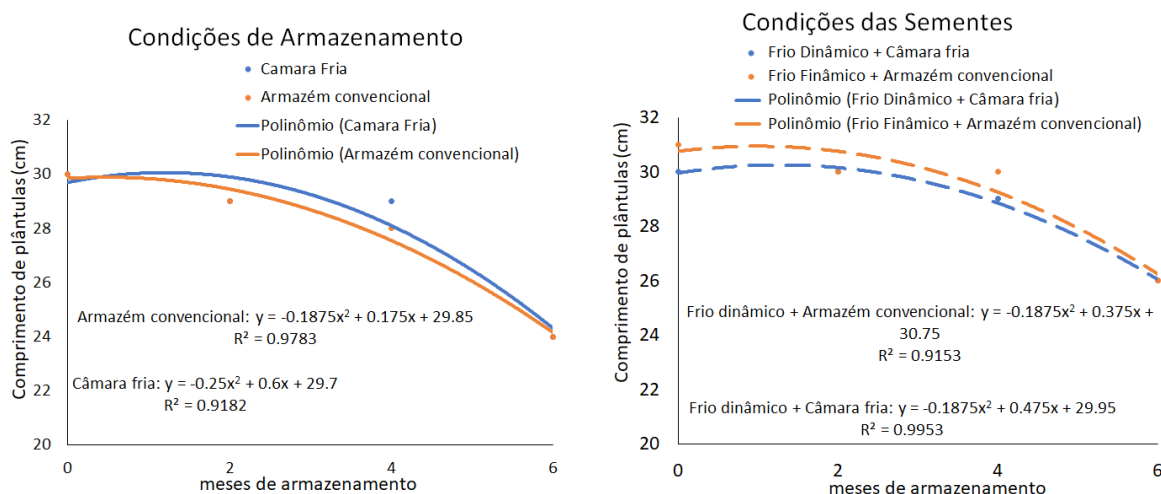
Conforme Marcos Filho e Vieira (2015), a redução da velocidade de emergência é o primeiro indicativo da redução vigor da semente, geralmente determinada pela desorganização do sistema de membranas. Considerando que, a temperatura da massa de sementes, afeta a lixiviação de solutos em sementes de soja (GALLI; PANIZI; VIEIRA, 2007; FESSEL et al., 2010; ZUCHI et al., 2013) o maior índice de velocidade de emergência das sementes resfriadas e armazenadas em ambiente de câmara fria, pode ser atribuído a menor temperatura destas.

O teste de comprimento de plântulas não detectou diferenças na qualidade fisiológica das sementes de soja, de acordo com a aplicação de ar resfriado dinâmico e as diferentes condições de armazenamento.

Entretanto é possível observar, queda gradual no comprimento de plântulas durante período de armazenamento, indicando o processo de deterioração natural das sementes (Figura 8).

Figura 8 - Dados médios do comprimento de plântulas das sementes de peneira (6.5) em função do período de tempo de armazenamento de sementes de soja, submetidas ou não ao resfriamento dinâmico e duas condições de armazém. UTFR, Pato Branco - PR, 2021.

Comprimento de Plântulas



Fonte: autoria própria (2021)

5 CONCLUSÕES

A aplicação de resfriamento dinâmico em sementes de soja no momento do ensaque seguido do armazenamento em câmara fria e seca é eficiente na manutenção da qualidade fisiológica de sementes de soja da cultivar BMX 50I52RSF IPRO® de peneiras 5.5 mm e 6.5 mm, durante seis.

Sementes de soja da cultivar BMX 50I52RSF IPRO® de peneiras 5.5 mm e 6.5 mm, submetidas ao resfriamento dinâmico durante ensaque, apresentam qualidade fisiológica superior durante o armazenamento, em comparação a sementes não resfriadas.

Sementes de soja armazenadas em ambiente de câmara fria e seca ($T = 10^{\circ}\text{C}$ e $\text{UR} = 20\%$) apresentam qualidade fisiológica superior durante o armazenamento, quando em comparação a sementes armazenadas em ambiente sem controle de temperatura ($T = \pm 21^{\circ}\text{C}$ e $\text{UR} = 75\%$).

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, E. R. de.; FARONI, L. R. D.; FILHO, A, F. L.; PETERNELLI, L. A.; COSTA, A. R. Qualidade dos grãos de soja armazenados em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 5, p. 606-613, 2009.
- ALMEIDA, F.A.C.; JERÔNIMO, E.S.; ALVES, N.M.C.; GOMES, J.P.; SILVA, A.S. Estudo de técnicas para o armazenamento de cinco oleaginosas em condições ambientais e criogênicas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.12, n.2, p.189-202, 2010.
- ÁVILA, M. R.;ALBRECHT, L. P. Isoflavononas e a qualidade de sementes de soja. **Informativo ABRATES**, v. 20, n. 1, p 15-29, 2010
- ÁVILA, M.R.; BRACCINI, A. de L. e; SOUZA, C.G.M. de; MANDARINO, J.M.G.; BAZO, G.L.; CABRAL, Y.C.F. Physiological quality, content and activity of antioxidants in soybean seeds artificially aged. **Revista Brasileira de Sementes**, v.34, p.397-407, 2012.
- AZADI, M.S, YOUNESI, E. The Effects of storage on germination characteristics and enzyme activity of sorghum seeds. *J. Stress. Physiol. Biochem*, v.9, n. 4, p. 289-298, 2013.
- BAGATELI, J. R; DORR, C. S; SCHUCH, L. O. B; MENEGHELLO, G. E. Productive performance of soybean plants originated from seed lots with increasing vigor levels. **Journal of Seed Science**, v. 41, n. 2, p. 151-159, 2019.
- BARBOSA, C.Z. dos R.; SMIDERLE, O.J.; ALVES, J.M.A.; VILARINHO, A.A.; SEDIYAMA, T. Qualidade de sementes de soja BRS Tracajá, colhidas em Roraima em função do tamanho no armazenamento. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 41, n. 1, p. 73-80, 2010.
- BARRETO, F.A.; DEMITO A. Processo de resfriamento de sementes. **SEED News**, Pelotas, v. 13, n.3, 2009
- BAUDET, L.M.L., VILLELA, F.A Armazenamento de sementes. In: PESKE, S.T.; VILLELA, F.A; MENEGHELLO, G.E. Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos. Pelotas: Ed Universitária – UFPel, 2019. p.481-528.
- BECKERT, O.P.; MIGUEL, M.H.; MARCOS FILHO, J. Absorção de água e potencial fisiológico em sementes de soja de diferentes tamanhos. **Scientia Agrícola**, v.57, n.3, p.671-675, 2000.
- BELLALOU, N., H.A. BRUNS, H.K. ABBAS, A. MENGISTU, D.K. FISHER, AND K.N. REDDY. Effects of row-type, row-spacing, seeding rate, soil-type, and cultivar differences on soybean seed nutrition under us Mississippi Delta conditions. **PLoS ONE**. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0129913>, 2015.
- BERBERT, P. A.; SILVA, J. S.; RUFATO, S.; AFONSO, A. D. L. Indicadores da qualidade dos grãos. In: SILVA, J. S. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Viçosa: Aprenda Fácil, p. 63-107, 2008.
- BOTELHO, F.J.E. Qualidade de sementes de soja com diferentes teores de lignina obtidos de plantas submetidas à dessecação. 90f. Tese (Doutorado) – Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Lavras, 2012.

BRACKMANN, A.; GASPERIN, A. R.; WEBER, A.; ANESE, R. O. Condições de temperatura, umidade relativa e atmosfera controlada para armazenamento de cebolas da cultivar 'Crioula', **Ciência Rural**, v. 40, n.8, p. 1709-1713, 2010.

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

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa** N° 45, de 17 de setembro de 2013. Diário Oficial da União, DF, 20 set. 2013. p. 25, Seção 1.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa** N° 9, de 02 de junho de 2005. Diário Oficial da União, DF, 10 jun. 2005. p. 25, Seção 1.

BURKS, C.S.; JOHNSON, J.A.; MAIER, D.E.; HEAPS, J.W. In: SUBRAMANYAM, B.; HAGSTRUM, D.W. Alternatives to pesticides in stored-product IMP. **Kluwer Academic**, p.73-104, 2000.
CAFFREY M.; FOSECA V.; LEOPOLD A. C. Lipid-sugar interactions: Relevance to anhydrous biology. **Plant Physiol**. V. 86, p.754-758, 1988.

CAMPEÃO, P.; SANCHES, A.C.; MACIEL, W. R. E. Mercado Internacional de Commodities – Um Análise da Participação do Brasil no Mercado Mundial de Soja entre 2008 e 2019. **Desenvolvimento em Questão**, v. 18, p. 76-92, 2019.

CANTON, A. R.; Resfriamento dinâmico e qualidade de sementes de soja. 2010. Pelotas (Dissertação de Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2010.

CARDOSO, P. C.; BAUDET, L.; PESKE, S. T.; LUCCA FILHO, O. A. Armazenamento em sistemas a frio de sementes de soja tratados com fungicida, **Revista Brasileira de Sementes**, v. 26, n.1, p. 15-23, 2004.

CARDOSO, R.B.; BINOTTI, F.F. S.; CARDOSO, E.D. Potencial fisiológico de sementes de crame em função de embalagens e armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.42, p.272-278, 2012

CARVALHO, E. R.; MAVAIEIE, D. P. R.; OLIVEIRA, J. A.; CARVALHO, V, C.; VIEIRA, A. R. Alterações isoenzimáticas em sementes de cultivares de soja em diferentes condições e armazenamento, **Pesq. agropec. bras.**, v. 49, n.12, p. 967-976, 2014.

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

CLIMATE-DATA. **Climate-Data.org**. PATO BRANCO CLIMA (BRASIL) Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/parana/pato-branco-4106/>. Acesso em: 20 ago. 2020

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de Safra Brasileira: Grãos – Décimo Segundo Levantamento**. Conab, Brasília, Setembro de 2020. Disponível em: https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/33172_abb800f121502edc4c1c562149aabb3e. Acesso em: 14 de set. 2020. Brasília, 2019/2020.

CONTESSA, M. A. C. A Expansão do Complexo Soja no Brasil. Dissertação (Pós-graduação em História) – PUCRS. Porto Alegre, p. 117. 2020.

COPELAND, L.O.; MCDONALD, M.B. Principles of seed science and technology. 4th ed. **New York**: Chapman and Hall, 2001. 467p.

CRUZ, C. D.; **UFV**. Programa Genes- Aplicativo computacional na área de Genética e Estatística Experimental. Versão 1990.2019.91, 20 jul. 2020. Disponível em: <ftp://ftp.ufv.br/dbg/biodata/>. Acesso em: 20 ago. 2020.

CRUZ, C.D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**. v.35, n.3, p.271-276, 2013.

DALL'AGNOL, A. A Embrapa Soja no contexto do desenvolvimento da soja no Brasil: histórico e contribuições. Brasília, DF: **Embrapa**, p. 71, 2016.

DAN, LG.M.; DAN, H.A.; BARROSO, A. L. L.; BRACCINI, A. L. Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com inseticidas sob efeito do armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**. v. 32, n.2, p. 131-139, 2010.

DELOUCHE, J.C. Germinação, deterioração e vigor de sementes. In: **SEED News**, Pelotas, v. 6, n. 6, p. 24-31. 2002.

DEMITO, A. (2019). Manejo Pós colheita de Sementes: manutenção da germinação e vigor. Cool seed. Recuperado de: <http://www.coolseed.com.br/images/aplicacoes/soja/Manejo%20p%C3%B3scolheita%20de%20sementes%20germina%C3%A7%C3%A3o%20e%20vigor.pdf>

DEMITO, A.; AFONSO, A.D.L. Qualidade das sementes de soja resfriadas artificialmente. **Engenharia na Agricultura**, v.17, p.7-14, 2009.

DEUNER, C.; MAIA, M. de S.; DEUNER, S.; ALMEIDA, A. S.; MENEGHELLO, G.E. Viabilidade e atividade antioxidante de sementes de genótipos de feijão-miúdo submetidos ao estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v.33, p.711-720, 2011.

FANAN, S.; MEDINA, P.F.; CAMARGO, M.B.P.; GALBIERI, R. Descrição de características agronômicas e avaliação de épocas de colheita na produtividade da mamoneira cultivar IAC 2028. **Bragantia**, v.68, n. 2, p. 415-422, 2009.

FELICETI, M. L.; SIEGA, T. C.; SILVA, M.; MASIERO, M. A.; SANTOS, I. N. Y.; QUISINI, R.; BAHRY, C. A.; POSSENTI, J. P. Atributos fisiológicos das sementes de soja submetidas ao resfriamento artificial. **Research Society and Development**, v. 19, n. 11, 2020.

FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. Germinação: do básico ao aplicado. Porto Alegre: **Artmed**, 2004. 323 p.

FERREIRA, C. F.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G. E.; SOARES, V. N. Cooling of soybean seeds and physiological quality during storage. **Journal Of Seed Science**. v. 39, n. 4, p. 385-392, 2017.

FERREIRA, T. F.; FERREIRA, V. F.; OLIVEIRA, J. A.; CARVALHO, M. V.; MIGUEL, L. S. Isoenzyme activity in maize hybrid seeds harvested with different moisture contents and treated. **Journal Of Seed Science**. v. 37, n. 2, p. 139-146, jun. 2015

FESSEL, SA et al. Teste de condutividade elétrica em sementes de soja armazenadas sob diferentes temperaturas. **Bragantia**. Campinas v.69, n.1, p.207-214, 2010.

FORTI, V.A.; CICERO, S.M.; PINTO, T.L.F. Avaliação da evolução de danos por 'umidade' e redução do vigor em sementes de soja, cultivar TMG 113-RR, durante o armazenamento, utilizando imagens de raio X e testes de potencial fisiológico. **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, p.123- 133, 2010.

FRANÇA NETO, J. B.; KRZYANOWSKI, F. C.; HENNING, A.; PÁDUA, G. P.; LORINI, I.; HENNING, F. A.; Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade. Londrina, PR: **Embrapa**, p. 84, 2016

GALLI, J. A.; PANIZI, R.C.; VIEIRA, R.D. Sobrevivência de patógenos associados a sementes de soja armazenadas durante seis meses. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 2, p. 2015-2013, 2007.

GHASSEMI-GOLEZANI K, BAKSHY J, RAEY Y, HOSSAINZADEH-MAHOOTCHY A. Seed Vigor and Field performance of Winter Oilseed Rape (*Brassica napus* L., Cultivars, Not. Bot. Hort. **Agrobot Cluj**, v. 38, n. 3, p. 146-150, 2010.

GOGGI A.S.; CARAGEA, P.; POLLAK, L.; McANDREWS, G.; VRIES, de M.; MONTGOMERY. Seed quality assurance in maize breeding programs: tests to explain variations in maize inbreds and populations. **Agron. J.** v.100, p. 337-343, 2008.

GONÇALVES, R. C.; ALMEIDA, M. P.; GONÇALVES, N. R.; SANTOS, L. R. O. Temperatura e armazenamento em semente de soja **Disponível em:** Anais do <https://www.cba-agronomia.com.br/anais/>, Fortaleza – CE, Brasil,2017. Acesso em:20 ago. 2020.

GUEDES, R. S.; ALVES, E. U.; GONÇALVES, E. P.; VIANA, J. S.; BRUNO, R. L. A.; COLARES, P. N. Q. Resposta Fisiológica de sementes de *Erythrina velutina* Willd. ao envelhecimento acelerado. Semina. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 323-330, 2009.

HARRINGTON, J.F. Seed storage and longevity. In: Kozlowski, T.T. (Ed.). **Seed biology**. New York: Academic Press, v.3, p.119-152, 1972

HENNING, F.A.; MERTZ, L.M.; JACOB JUNIOR, E.A.; MACHADO, R.D.; FISS, G.; ZIMMER, P.D. Composição química e mobilização de reservas em sementes de soja de alto e baixo vigor. **Bragantia**, Londrina, v. 69, n. 3, p. 727- 734, 2010.

HSU, K.H.; KIM, C.J.; WILSON, L.A. Factors affecting water uptake of soybean during soaking. **Cereal Chemistry**, v.60, p.208-211, 1983.

JALEEL, C. A.; MANIVANNAN, P.; SANKAR, B.; KISHOREKUMAR, A.; GOPI, R.; SOMASUNDARUM, R.; PANNEERSELVAN, R. Water deficit stress mitigation by calcium chloride in *Catharanthus roseus*: Effects on oxidative stress, praline metabolism and indole alkaloid accumulation. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 60, p. 110-116, 2007.

JAYAS, D.S.; WHITE, N.D.G.; MUIR, W.E. Stored-grain Ecosystems. New York: Marcel Dekker, 1995. 756 p.

JOSÉ, S. C. B. R.; SALOMÃOS, A.N.; COSTA, T.S.A.; SILVA, J.T.T.; CURI, C.C.S. Armazenamento de sementes de girassol em temperaturas subzero: aspectos fisiológicos e bioquímicos. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 4, p. 29-38, 2010.

JUVINO, A. N. K.; RESENDE, O.; COSTA, L. M.; SALES, J. F. Vigor da cultivar BMX Potência RR de soja durante o beneficiamento e períodos de armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 8, p. 844–850, 2014

KOLCHINSKI, E. M.; SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T. Vigor de sementes e competição intra-específica em soja. **Ciência Rural**, v.35, n.6, p.1248-1256, 2005.

KRZYANOWSKI, F.C.; FRANÇA NETO, J.B.; HENNING, A.A.; COSTA, N.P. A Semente de soja como tecnologia e base para altas produtividades – Série Sementes. **Circular técnica 55**. Londrina, PR, 2008

KRZYANOWSKI, F.C.; FRANÇA NETO, J.B.; HENNING, A.A.; COSTA, N.P. A. A alta qualidade da semente de soja: fator importante para a produção da cultura. **Circular técnica 136**. Londrina, PR, 2018.

KRZYANOWSKI F.C., HENNING A.A., FRANÇA NETO J.B., COSTA N.P. Tecnologias que valorizam a semente de soja. **Seed News**, Pelotas, v.10, n.6. 2006.

KRZYANOWSKI, F. C.; FRANÇA NETO, José, de B.; VIEIRA R. D. Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: **Abrates**, v.1, c.2, ítem 3, 1999

KRZYANOWSKI, F.C.; FRANÇA-NETO, J.B.; COSTA, N.P. Teste do hipoclorito de sódio para semente de soja. Embrapa Soja. **Circular Técnica 37**. Londrina, PR, 2004.

LAZZARI, F. A. Umidade, fungos e micotoxinas na qualidade de sementes, grãos e rações. 2. ed. Curitiba: [s.n.],1997. 148 p.

LISJAK M, WILSON I.D, CIVALE L, HANCOCK J.T, TEKLIĆ T. Lipid peroxidation levels in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) seed parts as a consequence of imbibition stress. **Poljoprivreda**, v. 15, n. 2, p. 32-37, 2009.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2015. 659p

MARCOS FILHO, J. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. **Scientia Agricola**, v. 72, n. 4, p. 363-374, 2015.

MARCOS-FILHO, J.; VIEIRA, RD Testes de vigor de sementes: procedimentos - testes de condutividade. In: BAALBAKI, R.; ELIAS, S.; MARCOS-FILHO, J.; MCDONALD, MB (org.). **Manual de testes de vigor de sementes**. Ithaca: AOSA, 2009. p.186-200.

MARTINS, C.A.O.; SEDIYAMA, C.S.; OLIVEIRA, M.G. A.; JOSÉ, I.C.; MOREIRA, M.A.; REIS, M.S.; ROCHA, V.S. Atividade da isocitrato-liase durante a germinação de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v.22, p.42-46, 2000.

MAYER, D.E.; NAVARRO, S. Chilling of grain by refrigerated air. In: S. NAVARRO; R. ROYES (eds.) **The mechanics and physics of modern grain aeration management**. Boca Raton: CRC Press, p.489-560. 2002.

MØLLER, I.M.; JENSEN, P.E.; HANSSON, A. Oxidative modifications to cellular components in plants. **Annual Review of Plant Biology**, v.58, p.459-481, 2007.

MOREANO, T.B; BRACCINI, A.L; SCAPIM, C.A; KRZYANOWSKI, F.C; FRANÇA-NETO, J.B; MARQUES, O.J. Changes in the effects of weathering and mechanical damage on soybean seed during storage. **Seed Science and Technology**, v.39, p.604-611, 2011

MORENO, K. A. A.; PIRES, R. M. O.; CASTRO, M. L. R.; VASCONCELLOS, R. C. C.; SANTOS, H. O.; PINHO, E. V. R. V.. Gene Expression Related to Physiological Quality of 28 Soybean Seeds. **Journal Of Agricultural Science**, v. 11, n. 3, p. 370, 2019.

MUNIZZI, 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.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: Krzyzanowski, F. C.; Vieira, R. D.; França Neto, J. B. (Ed.). Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: **Abrates**. pp. 2.1-2.24, 1999.

NEPOMUCENO, A.L.; FARIAS, J.R.B.; NEUMAIER, N. Efeitos da disponibilidade hídrica no solo sobre a cultura da soja. In **EMBRAPA-CNPSO**, ed, Ata - Documentos 72. Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil, 15. Londrina, PR, 1994, p. 42-43.

PASCUALI, L.C. 2012. Estimativa do potencial de armazenamento de soja, através do vigor das sementes. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. UFPel. Pelotas, 52p

PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G. E. Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos. In: PESKE, S. T.; BARROS, A. C. S. A.; SCHUCH, L. O. B. **Produção de sementes**. 4 ed. Pelotas: Ed. Universitária/UFPel, 2019

PETERBAUER, T.; RICHTER, A. Galactosyl ononitol and stachyose synthesis in seeds of adzuki bean. Purification and characterization of stachyose synthase. **Plant Physiol**. v. 117, p. 165-172, 1998.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. 2. ed. Brasília: AGIPLAN, 1985. 289 p.

PORTO, A.G. Resfriamento de sementes de soja em silo com sistema de distribuição radial do ar. 2004. 47f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes) – Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Universidade Federal de Pelotas.47f

SANTOS, P. M.; REIS, M. S.; SEDIYAMA, T.; ARAÚJO, E. N.; CECON, P. R.; SANTOS, M. R. Efeito da classificação por tamanho da semente de soja na sua qualidade fisiológica durante o armazenamento. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 3, p. 395-402, 2005.

SCHUCH, L. O. B.; NEDEL, J. L.; ASSIS, F. N. Crescimento em laboratório de plântulas de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) em função do vigor das sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 21, n. 1, p. 229-234, 1999

SCHUCH, L.O.B.; KOLCHINSKY, E.M.; FINATTO, J. Qualidade fisiológica da semente e desempenho de plantas isoladas em soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, n.1, p.144-149, 2009.

SILVA, F. S. DA; PORTO, A. G.; PASCUALI, L. C.; SILVA, F. T. C. da. Viabilidade do armazenamento de sementes em diferentes embalagens para pequenas propriedades rurais. **Revista de Ciências Agroambientais**, v.8, p.45-56, 2010.

SILVA, J. S. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**, Viçosa: Aprenda Fácil, 2008. 560p.

SMANIOTTO, T. A. S.; RESENDE, O.; MARÇAL, K. A. F.; OLIVEIRA, D. E. C.; SIMON, G. A. Qualidade fisiológica das sementes de soja armazenadas em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, UAEA/UFCG, v.18, n. 4, p. 446-453, 2014

SMIDERLE, O. J.; GIANLUPPI, V. Ambiente controlado para armazenamento e qualidade de sementes de soja em Roraima. Embrapa Roraima: Boa Vista, 2006. (Comunicado Técnico, 14).

STOLF, S.R. Medição da condutividade térmica dos alimentos. Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos, Campinas, n.29, p.67-79, 1972.

VEIGA, A.D.; VON PINHO, É.V. R.; VEIGA, A.D.; PEREIRA, P.H. A.R.; OLIVEIRA, K.C.; VON PINHO, R.G. Influência do potássio e da calagem na composição química, qualidade fisiológica e na atividade enzimática de sementes de soja. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, p.953-960, 2010.

VIEIRA, B.G.T.L.; BARBOSA, G.F.; BARBOSA, R.M.; VIEIRA, R.D. Structural changes in soybean seed coat due to harvest time and storage. **Journal of Food, Agriculture and Environment**, v.11, p.625-628, 2013.

ZUCCHI, J; SEDIYAMA, C.S.; LACERDA FILHO, A. F.; REIAS, M. S.; FRANÇA NETO, J. B.; ZANUNCIO, J. C.; ARAÚJO, E. F. Variação da temperatura de sementes de soja durante o armazenamento. **Informativo ABRATES**, v. 21, n. 3, p 35-99, 2011.

ZUCHI, J.; FRANÇA-NETO, J.B.; SEDIYAMA, C.S.; LACERDA FILHO, A.F.; REIS, M.S. Physiological quality of dynamically cooled and stored soybean seeds. **Journal of Seed Science**, v.35, p.353-360, 2013.

WTO. World Trade Organization. World Trade Statistical Review 2019. Genebra, WTO, 178, 2019.

APÊNDICES

APÊNDICE B – MODELO DE CADERNO DE CAMPO PARA TESTE DE ÍNDICE DE VELOCIDADE DE EMERGÊNCIA

| Amostra: | | | | |
|----------|---------------------|----|----|----|
| Dias | Número de plântulas | | | |
| | R1 | R2 | R3 | R4 |
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |
| 6 | | | | |
| 7 | | | | |
| 8 | | | | |
| 9 | | | | |
| 10 | | | | |
| 11 | | | | |
| 12 | | | | |
| 13 | | | | |
| 14 | | | | |
| 15 | | | | |
| 16 | | | | |
| 17 | | | | |

APÊNDICE C – TERMO-HIGÔMETRO UTILIZADO NO CONTROLE DIÁRIO DE TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA.

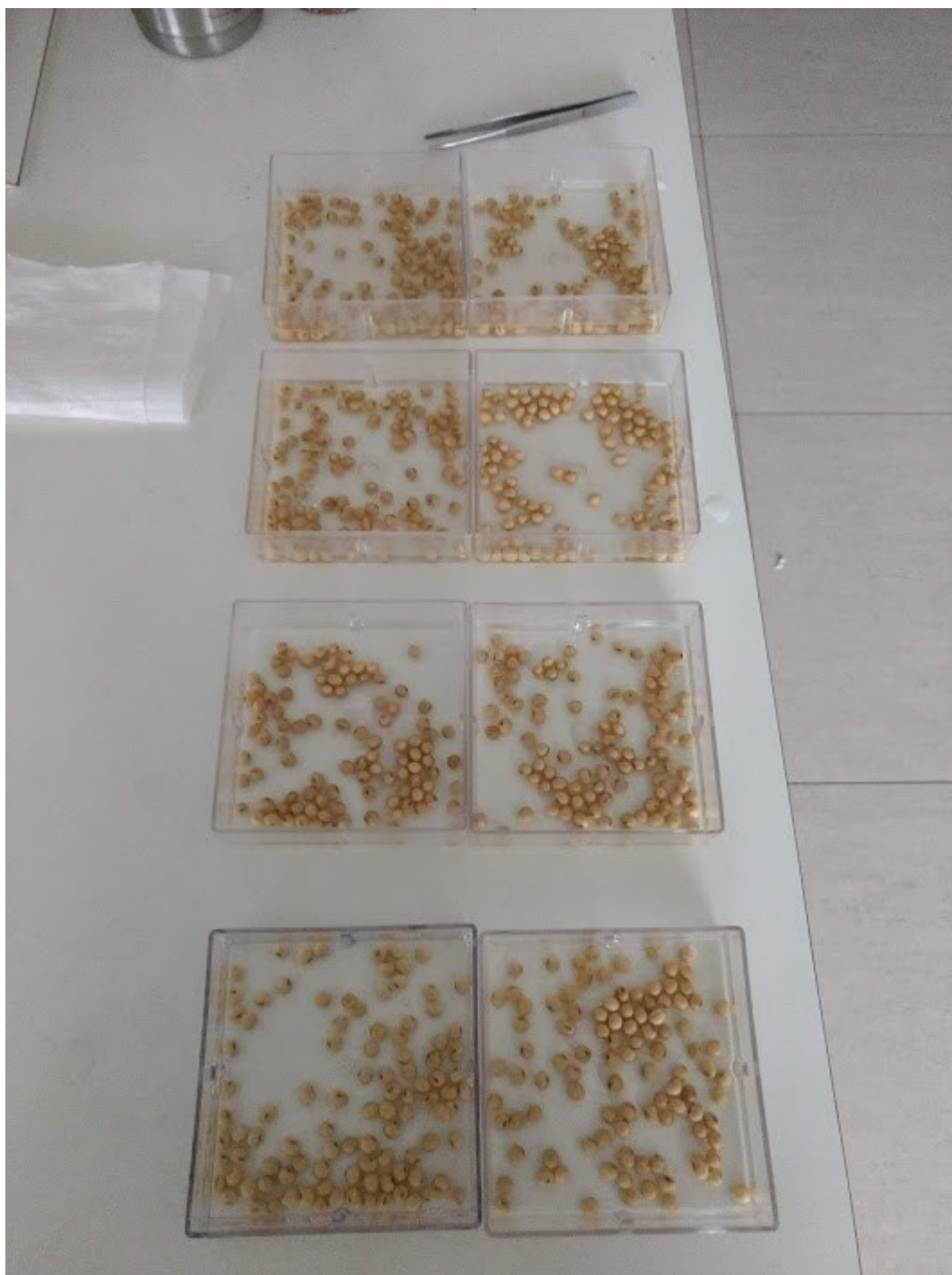


APÊNDICE D – GERMINADOR UTILIZADO PARA TESTES DE GERMINAÇÃO E ENVELHECIMENTO ACELERADO.



APÊNDICE E – CONDUÇÃO DO TESTE DE ÍNDICE DE VELOCIDADE DE EMERGÊNCIA EM SALA DE GERMINAÇÃO.





APÊNDICE G – CONDUÇÃO DO TESTE DE MASSA SECA DE PLÂNTULAS (g)



APÊNDICE H – CONDUÇÃO DO TESTE DE GERMINAÇÃO EM PAPEL (%).



APÊNDICE I – CONDUÇÃO DO TESTE DE COMPRIMENTO DE PLÂNTULAS (cm).



APÊNDICE J – MONTAGEM DO TESTE DE ENVELHECIMENTO ACELERADO.



