



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

PATRICIA PIVA EMRICH

**QUALIDADE DE SEMENTES E GRÃOS DE AVEIA GRANÍFERA
(*Avena sativa* L.) EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE
ARMAZENAGEM**

Londrina
2024

PATRICIA PIVA EMRICH

**QUALIDADE DE SEMENTES E GRÃOS DE AVEIA GRANÍFERA
(*Avena sativa* L.) EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE
ARMAZENAGEM**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito à obtenção do Título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Claudemir Zucareli

Coorientadora: Dra. Carolina Maria Gaspar de Oliveira

Londrina
2024

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Emrich, Patricia.

QUALIDADE DE SEMENTES E GRÃOS DE AVEIA GRANÍFERA (Avena sativa L.) EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE ARMAZENAGEM / Patricia Emrich. - Londrina, 2024.
106 f. : il.

Orientador: Claudemir Zucareli.

Coorientador: Carolina Maria Gaspar de Oliveira.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2024.
Inclui bibliografia.

1. O objetivo deste estudo foi avaliar o potencial fisiológico de sementes e a qualidade industrial de grãos de aveia granífera (Avena sativa L.) submetidos à diferentes condições de armazenagem - Tese. I. Zucareli, Claudemir. II. Gaspar de Oliveira, Carolina Maria. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDU 63

PATRICIA PIVA EMRICH

**QUALIDADE DE SEMENTES E GRÃOS DE AVEIA GRANÍFERA
(*Avena sativa* L.) EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE
ARMAZENAGEM**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito à obtenção do Título de Mestre em Agronomia.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr Claudemir Zucareli
IDR-Paraná – Londrina – Paraná

Prof. Dr. Tiago Montagner Souza
UFMT – Universidade Federal de Mato Grosso

Dra. Jéssica Marinho
Jacto Next – Marília - SP

Londrina, 20 de fevereiro de 2024

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual de Londrina – UEL e a todos os docentes e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

Ao Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná - IAPAR-EMATER (IDR-Paraná) e em especial ao colaborador Paulo Benedito Volpato pela disponibilidade, responsabilidade, dedicação e grande auxílio na realização dos experimentos realizados no laboratório de sementes.

A SL Alimentos por ter disponibilizado sua estrutura para que eu conseguisse desenvolver meu trabalho e em especial aos colaboradores Vagner Queiroz de Souza, Josoel Domingues, Cristiane Fiorentin e Luana Salinet por todo apoio.

Ao meu orientador Prof. Dr. Claudemir Zucareli, pela confiança, pela oportunidade concedida, por todo conhecimento transmitido e pelo importante apoio ao longo do trabalho.

A minha coorientadora, Carolina Maria Gaspar de Oliveira, pela sua disponibilidade, atenção e incentivo nos momentos desafiadores, além do valioso conhecimento compartilhado em todas as etapas do trabalho.

Ao meu esposo Laerte Leão Emrich que de maneira contínua me incentiva, acredita e impulsiona meu crescimento pessoal e profissional oferecendo-me o suporte fundamental para que eu pudesse me dedicar e concretizar meu trabalho.

Aos meus pais e meus irmãos, por sempre torcerem por mim, me proporcionando todo apoio através da fé e das suas orações.

Aos colegas da Pós-Graduação pelo companheirismo, convivência e contribuições.

A todos que de uma forma ou de outra, contribuíram para a conclusão dessa etapa.

Dedico este trabalho ao meu filho, o maior e melhor projeto da minha vida, a todas as mães cientistas, pesquisadoras e professoras que se dedicam e conciliam papéis tão importantes para sociedade e, por fim, à comunidade católica Jesus Misericordioso que me fez forte para deixar Deus sonhar em mim, e seguir além.

RESUMO

PIVA, Patricia Emrich. **Qualidade de sementes e grãos de aveia granífera (*Avena sativa* spp) em diferentes condições de armazenagem.** 2024. 98f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2024.

A aveia (*Avena sativa* L.) é cultivada em diversas regiões do mundo, desempenhando papel significativo tanto na alimentação humana quanto na produção animal. No entanto, produzir e conservar a qualidade dos grãos e das sementes de aveia são desafios para os produtores e indústria. O objetivo deste estudo foi avaliar o potencial fisiológico de sementes e a qualidade industrial de grãos de aveia granífera (*Avena sativa* L.) submetidos à diferentes condições de armazenagem. Para tanto foram realizados dois trabalhos, sendo que no primeiro avaliou-se a qualidade fisiológica das sementes armazenadas para fins de multiplicação em nível de campo, e no segundo avaliou-se a qualidade dos grãos de aveia armazenados em silos como matéria prima para fins industriais e consumo humano. No primeiro experimento utilizaram-se sementes de lotes das cultivares IPR Afrodite, IPR Andrômeda e URS Corona armazenadas por seis meses em big bags de polipropileno em armazém convencional e em sacos de papel kraft em câmara fria. A cada dois meses realizaram-se amostragens das sementes, e avaliaram-se as seguintes variáveis: teor de água, peso de mil sementes, germinação, primeira contagem do teste de germinação, comprimento de plântulas, massa seca de plântulas, condutividade elétrica, envelhecimento acelerado, índice de velocidade de emergência de plântulas (IVE) e emergência de plântulas em areia. No experimento com grãos de aveia foram avaliadas duas condições de armazenagem em silos metálicos por oito meses, sendo uma com aeração convencional, com ar na temperatura ambiente, e a outra de aeração com ar refrigerado, com insuflamento de ar no silo, na temperatura de 12 °C. Em intervalos de dois meses foram avaliados: peso hectolitro, teor de água, proteína, cinzas, acidez, aflatoxina, deoxinevalenol, zearalenona, resistência de grãos, resistência ao descascamento, peso de mil grãos e rendimento industrial. O delineamento estatístico de ambos os experimentos foram inteiramente casualizados e os dados coletados foram submetidos as análises de variância conjunta de ambientes, e quando significativa realizou-se a regressão para cada característica avaliada ao longo do tempo. Para o experimento com sementes, a matriz dos dados das variáveis foi padronizada e analisada por meio da análise multivariada de componentes principais (ACP). Os diferentes tipos de armazenamento

testados não afetaram nem a germinação nem a emergência em campo das sementes de aveia granífera, indicando que tanto o armazém convencional como a câmara fria são ambientes favoráveis para a manutenção da germinação. O armazenamento por até 8 meses é prejudicial para a germinação das sementes da cultivar URS Corona, mas não afeta as cultivares IPR Afrodite e IPR Andrômeda. O vigor das sementes das cultivares URS Corona e IPR Afrodite é reduzido com o armazenamento. Ocorre perda de matéria seca a partir do quarto mês de armazenamento no armazém convencional para todas as cultivares estudadas. Nos grãos o teor de proteína diminuiu, enquanto a acidez aumentou durante o período de armazenamento de oito meses. A resistência de grãos e resistência ao descascamento diminuem durante o período de armazenamento. Com relação ao silo refrigerado e silo de aeração convencional conclui-se que não houve diferença em relação aos aspectos avaliados.

Palavras-chave: armazenamento de grãos; qualidade industrial; conservação de sementes; vigor de sementes.

ABSTRACT

PIVA, Patricia Emrich. **Seed and Grain Quality of Granulated Oats (*Avena sativa* spp) under Different Storage Conditions.** 2024. 98f. Dissertation (Master's in Agronomy) – State University of Londrina, Londrina, 2024.

Oats (*Avena sativa* L.) are cultivated in various regions of the world, playing a significant role in both human nutrition and animal production. However, producing and preserving the quality of oat grains and seeds pose challenges for producers and the industry. The aim of this study was to evaluate the industrial quality of grains and the physiological potential of oat seeds (*Avena sativa* L.) subjected to different storage conditions. Two experiments were conducted: the first evaluated the quality of oat grains stored in silos as raw material for industrial and human consumption, and the second assessed the physiological quality of seeds stored for multiplication purposes in field conditions. In the experiment with oat grains, two storage conditions in metal silos were evaluated over eight months: one with conventional aeration, with air at room temperature, and the other with refrigerated aeration, with air insufflation into the silo at a temperature of 12°C. At two-month intervals, the following parameters were evaluated: hectoliter weight, moisture content, protein content, ash content, acidity, aflatoxin, deoxynivalenol, zearalenone, grain resistance, shelling resistance, thousand grain weight, and industrial yield. In the second experiment, the physiological quality of seed lots of the cultivars IPR Afrodite, IPR Andrômeda, and URS Corona stored for six months in polypropylene big bags in a conventional warehouse and in kraft paper bags in a cold chamber was evaluated. Seed samples were taken every two months, and the following variables were assessed: moisture content, thousand seed weight, germination, first count of germination test, seedling length, seedling dry weight, electrical conductivity, accelerated aging, seedling emergence speed index (ESI), and seedling emergence in sand. The statistical design of both experiments was completely randomized, and the collected data were subjected to joint variance analyses, and when significant, regression analysis was performed for each characteristic evaluated over time. For Article A, the data matrix of the variables was standardized and analyzed using principal component analysis (PCA). The different types of storage tested did not affect either the germination or field emergence of granulated oat seeds, indicating that both the conventional warehouse and the cold chamber are favorable environments for maintaining germination. Storage for up to 8

months is detrimental to the germination of URS Corona seeds, but does not affect the IPR Afrodite and IPR Andrômeda cultivars. Regarding vigor, both URS Corona and IPR Afrodite demonstrated a reduction over time under both storage conditions, while IPR Andrômeda remained constant. There is a loss of dry matter from the fourth month of storage in the conventional warehouse for all cultivars studied. In white oat grains, the protein content decreased during the eight-month storage period. Acidity may increase during the eight-month storage period. Grain resistance and shelling resistance decrease during storage. Regarding the refrigerated and conventional aeration silos, it was concluded that there was no difference in relation to the evaluated aspects.

Keywords: grain storage; industrial quality; seed conservation; seed vigor.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura da cariopse da aveia: na esquerda a cariopse com casca e na direita, corte transversal com partes (A) farelo, (B) endosperma amiláceo e (C) interface germe-endosperma.....	22
Figura 2 – Antécio de aveia granífera com gineceu e o androceu protegidos pela lema e pela pálea.....	23
Figura 3 – Diagrama geral para conservação de cereais.....	38
Figura 4 – Temperatura e umidade relativa do ar nos ambientes de armazenamento das sementes.....	47
Figura 5 – Teor de água (%) das sementes de aveia granífera cultivar IPR Afrodite armazenadas em câmara fria (CFRIA) e em armazém convencional (AMZEM) por 8 meses.....	51
Figura 6 – Envelhecimento acelerado (EA) das sementes de aveia granífera da cultivar IPR Afrodite armazenadas em câmara fria (CF) e em armazém convencional (AMZEM) por 8 meses.....	52
Figura 7 – Condutividade elétrica (CE) das sementes de aveia granífera da cultivar IPR Afrodite armazenadas em armazém convencional (AMZEM) por 8 meses.....	52
Figura 8 – Comprimento de parte aérea (A) e de raiz (B) das sementes de aveia granífera da cultivar IPR Afrodite armazenadas em armazém convencional (AMZEM) por 8 meses.....	53
Figura 9 – Massa seca de raiz (A) e massa seca de parte aérea (B) das sementes de aveia granífera da cultivar IPR Afrodite armazenadas em câmara fria (CFRIA) e armazém convencional (AMZEM) por 8 meses.....	54
Figura 10 – Peso de mil sementes de aveia granífera da cultivar IPR Afrodite armazenadas em câmara fria (CFRIA) e armazém convencional (AMZEM) por 8 meses.....	55
Figura 11 – Teor de água (%) das sementes de aveia granífera cultivar IPR Andrômeda armazenadas em armazém convencional (AMZEM) por 8 meses.....	57
Figura 12 – Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$) das sementes de aveia granífera cultivar IPR Andrômeda armazenadas em armazém convencional (AMZEM) por 8 meses.....	58

Figura 13 – Emergência em campo (%) das sementes de aveia granífera cultivar IPR Andrômeda armazenadas em armazém convencional (AMZEM) por 8 meses.	59
Figura 14 – Comprimento de parte aérea de plântulas (cm) das sementes de aveia granífera cultivar IPR Andrômeda armazenadas em armazém convencional (AMZEM) por 8 meses.	59
Figura 15 – Média de massa seca parte aérea de plântulas (g) das sementes de aveia granífera cultivar IPR Andrômeda armazenadas em armazém convencional (AMZEM) e câmara fria por 8 meses.	60
Figura 16 – Média de massa seca de parte raiz de plântulas (g) das sementes de aveia granífera cultivar IPR Andrômeda armazenadas em armazém convencional (AMZEM) e câmara fria por 8 meses.	61
Figura 17 – Peso de mil sementes (g) de aveia granífera cultivar IPR Andrômeda armazenadas em armazém convencional (AMZEM) e câmara fria (CFRIA) por 8 meses.	62
Figura 18 – Teor de água (%) das sementes de aveia granífera cultivar URS Corona armazenadas em armazém convencional (AMZEM) e câmara fria (CFRIA) por 8 meses.	65
Figura 19 – Germinação (%) (A) e Envelhecimento acelerado (%) (B) das sementes de aveia granífera cultivar URS Corona armazenadas em armazém convencional (AMZEM) e câmara fria (CFRIA) por 8 meses.	66
Figura 20 – Médias dos valores de Emergência em campo (%) das sementes de aveia granífera cultivar URS Corona armazenadas em armazém convencional (AMZEM) por 8 meses.	67
Figura 21 – Comprimento de plântula de parte aérea (cm) de aveia granífera da cultivar URS Corona armazenadas em câmara fria (CFRIA) e armazém convencional (AMZEM) por 8 meses.	67
Figura 22 – Comprimento de plântula de raiz (cm) de aveia granífera da cultivar URS Corona armazenadas em câmara fria (CFRIA) e armazém convencional (AMZEM) por 8 meses.	68
Figura 23 – Média dos valores de massa seca de plântula - raiz (g) de aveia granífera da cultivar URS Corona armazenadas em armazém convencional (AMZEM) por 8 meses.	69

Figura 24 – Peso de mil sementes (g) de aveia granífera cultivar URS Corona armazenadas em armazém convencional (AMZEM) e câmara fria (CFRIA) por 8 meses.	70
Figura 25 – Biplot da análise de componentes principais dos ambientes de armazenamento para as três cultivares de sementes de aveia granífera.	70
Figura 26 – Temperatura e umidade relativa do ar ambiente e temperatura dos grãos dentro dos silos de aeração convencional (SCONV) e silo com refrigeração (SREFRI). Mauá da Serra, PR.....	84
Figura 27 – Teor de água (%) dos grãos de aveia granífera armazenadas em silo com aeração convencional (SCONV) e silo com refrigeração (SREFRI) por 8 meses.	85
Figura 28 – Média dos valores de proteína (%) dos grãos de aveia granífera armazenadas em silos com aeração convencional (SCONV) e silo com refrigeração (SREFRI) por 8 meses.	87
Figura 29 – Deoxinevalenol (DON) dos grãos de aveia granífera armazenadas em silo com aeração convencional (SCONV) e silo com refrigeração (SREFRI) por 8 meses.	88
Figura 30 – Zearalenona (ZEA) dos grãos de aveia granífera armazenadas em silo com aeração convencional (SCONV) e silo com refrigeração (SREFRI) por 8 meses.	89
Figura 31 – Média dos valores de acidez dos grãos de aveia granífera armazenadas em silo com aeração convencional (SCONV) e silo com refrigeração (SREFRI) por 8 meses.....	90
Figura 32 – Resistência dos grãos (RESG) de aveia granífera armazenadas em silo com refrigeração (SREFRI) por 8 meses.....	91
Figura 33 – Resistência ao descascamento dos grãos (RESD) de aveia granífera armazenadas em silo com refrigeração (SREFRI) por 8 meses.....	91
Figura 34 – Peso de mil grãos (PMS) de aveia granífera armazenadas em silo com refrigeração (SREFRI) por 8 meses.	92

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resumo do quadro da análise de variância com os valores de quadrado médio do resíduo para cultivar IPR Afrodite.	50
Tabela 2 – Médias dos testes de primeira contagem do teste de germinação (PCG - %), germinação total (GERM - %), emergência de plântulas em campo (ECAMPO - %) e índice de velocidade de emergência (IVE) para sementes da cultivar IPR Afrodite armazenadas em câmara fria e armazém convencional por 8 dias	50
Tabela 3 – Resumo do quadro da análise de variância com os valores de quadrado médio do resíduo para cultivar IPR Andrômeda.	56
Tabela 4 – Médias dos testes de primeira contagem do teste de germinação (PCG - %), germinação total (GERM - %), envelhecimento acelerado (ENVACEL - %), índice de velocidade de emergência (IVE) e comprimento de plântulas raiz (CPR – cm) para sementes da cultivar IPR Andrômeda...	57
Tabela 5 – Resumo do quadro da análise de variância com os valores de quadrado médio do resíduo para cultivar URS Corona.	63
Tabela 6 – Médias dos testes de condutividade elétrica (COND - $\mu\text{S cm}^{-1}$), índice de velocidade de emergência (IVE) e massa seca de plântulas parte aérea (MSPA – g) para sementes da cultivar URS Corona armazenadas em câmara fria e armazém convencional por 8 meses.	64
Tabela 7 – Resumo do quadro da análise de variância com os valores de quadrado médio do resíduo para silo com aeração convencional (SCONV) e silo com refrigeração (SREFRI).	84

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 REVISÃO DA LITERATURA	20
2.1 ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DA AVEIA	20
2.1.1 Origem e Característica Botânica	20
2.1.2 Importância Econômica da Cultura e Uso da Aveia (<i>Avena sativa</i> L.)	23
2.1.3 Armazenamento de Grãos e Sementes	28
2.1.4 Silo Com a Aeração Convencional Versus Silo Refrigerado	34
2.1.5 Câmara Fria Versus Armazém Convencional	39
2.1.6 Deterioração de Sementes e Grãos	Erro! Indicador não definido.
2.1.7 Avaliação da Qualidade Fisiológica de Sementes de Aveia (<i>Avena sativa</i> L.)	39
2.1.8 Avaliação da Qualidade Industrial de Grãos de Aveia (<i>Avena sativa</i> L.).....	39
CAPÍTULO I. ARTIGO A – QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE CULTIVARES DE AVEIA GRANÍFERA (<i>Avena sativa</i> L.) EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE ARMAZENAGEM	42
1 INTRODUÇÃO	45
2 MATERIAL E MÉTODOS	46
3 RESULTADOS	49
3.1 IPR AFRODITE	49
3.2 IPR ANDRÔMEDA	56
3.3 URS CORONA	62
3.4 ANÁLISE CONJUNTA DOS CULTIVARES	70
4 DISCUSSÕES	72
5 CONCLUSÕES	75

CAPÍTULO II. ARTIGO B – QUALIDADE INDUSTRIAL DE GRÃOS DE AVEIA GRANÍFERA (<i>Avena sativa</i> L.) EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE ARMAZENAGEM.....	76
1 INTRODUÇÃO	78
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	80
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	84
4 CONCLUSÕES	92
REFERÊNCIAS.....	94

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o consumo de aveia granífera (*Avena sativa* L.) e seus subprodutos aumentou expressivamente. Este crescimento é impulsionado tanto pela maior conscientização sobre as propriedades nutricionais deste cereal quanto pelos inúmeros benefícios que a aveia oferece à saúde. De acordo com o USDA (United States Department of Agriculture), o consumo mundial de aveia há dez anos era significativamente menor em comparação ao cenário atual. Em 2014, o consumo global foi de aproximadamente 23,5 milhões de toneladas. Atualmente, em 2023/2024, esse número subiu para cerca de 25,13 milhões de toneladas, refletindo a crescente demanda por este grão, valorizado por seus benefícios à saúde e sua popularidade crescente como alimento saudável.

Assim, a maior demanda tem levado à expansão das áreas cultivadas e da capacidade de processamento industrial, destacando a necessidade de um conhecimento abrangente em toda a cadeia produtiva para produção de sementes e grãos.

Nesse cenário dinâmico, a importância de informações detalhadas sobre colheita, secagem e armazenamento da aveia torna-se evidente. A manutenção da qualidade tanto dos grãos quanto das sementes é um aspecto crítico, especialmente considerando a expansão das agroindústrias e atividades relacionadas à pós-colheita. Na armazenagem, as sementes e grãos são expostos a vários fatores físicos, químicos e biológicos com redução de matéria seca e dos atributos de qualidade, sendo a deterioração inevitável. Por isso, o ambiente de armazenamento deve ser controlado, visando prolongar a qualidade tecnológica e fisiológica dos grãos e sementes.

Vale destacar, a diferença entre sementes e grãos de aveia, sendo que estes termos são frequentemente usados na agricultura e botânica, cada um carregando significados específicos. Fundamentalmente, uma semente é uma estrutura de reprodução de plantas, contendo um embrião, reservas nutritivas e uma cobertura protetora, com a finalidade de germinar e originar uma nova planta em condições ambientais adequadas. Por outro lado, grãos referem-se comumente aos frutos secos ou sementes comestíveis de certas plantas, como os cereais. Os grãos desempenham papel essencial como fonte alimentar, sendo processados em farinhas ou utilizados

em diversas preparações culinárias. Vale notar que, enquanto toda semente é considerada um tipo de grão, nem todo grão é, de fato, uma semente.

Contudo, garantir condições seguras de armazenamento é crucial para preservar as características qualitativas, dos grãos e sementes, por um período prolongado. A compreensão dessas condições permite não apenas prevenir a deterioração, mas também possibilita antecipar a implementação de medidas preventivas para assegurar a qualidade durante o armazenamento.

No Brasil prevalece o armazenamento, tanto de grãos como de sementes de aveia, em estruturas como armazéns e depósitos de construção relativamente simples, predominantemente de alvenaria. Na indústria graneleira é comum a utilização de silos, sejam eles construídos em alvenaria ou em material metálico, equipados tanto com sistemas de refrigeração quanto com aeração convencional. Já em sementes é comum a utilização de silo bolsa, big bags em polipropileno e sacarias de papel.

O armazenamento em silo refrigerado pode resultar em uma preservação mais eficaz da qualidade dos grãos de aveia, pois nesse caso há a manutenção de condições de temperatura menores e mais estáveis, as quais favorecem a menor deterioração dos grãos, incluindo a prevenção da peroxidação dos lipídios, conhecida também como rancidez, pois as temperaturas baixas desaceleram a atividade das enzimas lipases, responsáveis pela deterioração oxidativa. Além disso, supõe-se também uma redução ao risco de crescimento de fungos, mofo e a produção de micotoxinas, devido à regulação dos níveis de umidade, que são mantidos mais baixos em comparação com o silo com aeração convencional.

Entretanto, embora o silo refrigerado ofereça benefícios na preservação da qualidade, é necessário avaliar também a eficiência do silo com aeração convencional em manter a qualidade dos grãos de aveia em um nível aceitável, considerando como vantagens que esse tipo de silo tem menor custo de implantação, menor consumo de energia e é o mais utilizado na indústria de grãos no Brasil.

Os silos com aeração convencional destacam-se principalmente pelo menor custo inicial e operacional. A implementação desses sistemas requer um investimento significativamente menor quando comparado aos sistemas de refrigeração, uma vez que utilizam ventiladores e dutos de ar, equipamentos mais acessíveis. Além disso, o consumo de energia é relativamente baixo, pois a aeração depende de ventiladores que demandam menos eletricidade em comparação aos compressores utilizados na refrigeração. Outra vantagem importante da aeração convencional é a simplicidade de operação e manutenção. Sistemas de aeração são compostos por menos

componentes complexos, resultando em menores custos de manutenção e menor necessidade de mão de obra especializada. Essa simplicidade operacional é benéfica, especialmente para pequenos e médios produtores que podem não ter acesso fácil a técnicos especializados. Em relação ao armazenamento de sementes, o armazém convencional é uma prática tradicional e amplamente utilizada para preservar a qualidade, incluindo as de aveia granífera. Nestes espaços, as sementes são geralmente acondicionadas em sacarias, big bags ou diretamente no ambiente do armazém, que pode ser construído com materiais como alvenaria ou metal.

Comparando-se o armazém convencional e a câmara fria, considera-se que no convencional as sementes de aveia estarão sujeitas às variações significativas de temperatura e umidade, influenciadas pelas condições climáticas externas, o que poderiam afetar negativamente sua qualidade ao longo do tempo, já quando armazenadas em câmara fria, apresentariam uma preservação mais eficiente em comparação com aquelas mantidas em armazém convencional. Isso seria possível graças às condições controladas de temperatura e umidade proporcionadas pela câmara fria. Essas hipóteses destacam a importância e a dimensão dos desafios associados ao armazenamento de sementes de aveia em ambientes convencionais e de câmara fria visando identificar práticas mais eficientes para preservar sua qualidade fisiológica nessas condições específicas.

Nesse contexto, esse trabalho visa avaliar o armazenamento de aveia granífera em diferentes ambientes e tempo de armazenagem na qualidade fisiológica das sementes, bem como aspectos físico-químicos e contaminações por micotoxinas nos grãos. O intuito é assegurar a integridade do cereal e, por conseguinte, das sementes ao longo do tempo de armazenamento.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DA AVEIA

2.1.1 Origem e Característica Botânica

A *Avena* spp tem como centro de origem a Ásia e o Oriente Médio (MARCHIORO, 2003). Antes de ser uma cultura agrícola, a aveia era considerada uma planta invasora nas lavouras comerciais de trigo (*Triticum* spp.) e cevada (*Hordeum* spp.), assim a aveia acompanhou a disseminação das sementes de culturas economicamente mais significativas nos campos europeus, e à medida que essas espécies se espalhavam pelo Centro e Norte da Europa, onde o clima era mais frio e úmido, a aveia começou a competir e foi eventualmente domesticada como uma alternativa agrícola, evoluindo para uma cultura com propósitos alimentícios (O'MARA, 1961). Contudo a *Avena strigosa* (aveia preta) foi primeira espécie a ser explorada, seguida da *Avena sativa* (aveia granífera) (ABREU; SCHUCH; MAIA, 2002). A cultura foi introduzida no Brasil pelos descobridores e imigrantes europeus e é cultivada no país desde 1600 (TAVARES; ZANETTINI; CARVALHO, 1993).

No Brasil, as principais espécies de aveia cultivadas apresentam características fenotípicas e agronômicas bem distintas. A aveia granífera (*Avena sativa* L.), ou aveia branca, é caracterizada por grãos maiores e mais pesados, com casca menos aderente, o que facilita o processamento e o uso alimentar. As plantas têm porte alto e folhas largas. Agronomicamente, essa espécie é amplamente cultivada devido à sua alta produtividade e boa adaptabilidade aos diferentes tipos de solo e clima. É utilizada tanto para produção de grãos quanto para forragem, sendo valorizada pela qualidade nutricional dos grãos e pela palatabilidade da forragem (Barbosa et al., 2017). Já a aveia amarela (*Avena byzantina* C. Koch), conhecida também como aveia vermelha, possui grãos de cor avermelhada e menor tamanho em comparação com a aveia branca. As plantas apresentam porte médio a alto, com folhas de tamanho médio. Esta espécie destaca-se pela resistência às condições adversas, como seca e solos pobres, sendo frequentemente cultivada em regiões com clima quente e seco. Embora a produção de grãos seja menor, a aveia vermelha é apreciada por sua resistência a doenças e pragas (Taiz et al., 2017). Por fim a aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) empregada como pastagem, adubo verde (FLOSS, 1988) e indicada para o cultivo como cobertura do solo por sua elevada produção de matéria seca (COMISSÃO

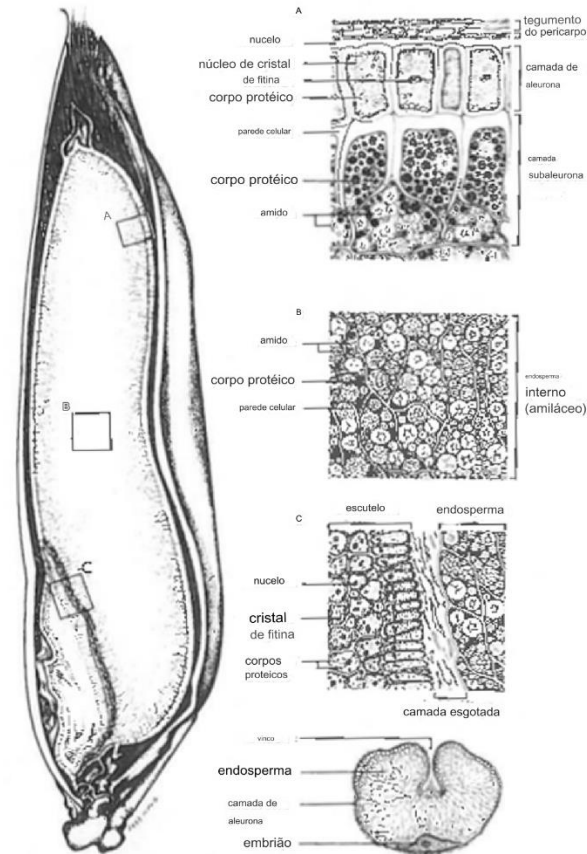
BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA - CBPA, 2014). A aveia preta, apresenta grãos menores e mais escuros, com casca bem aderente. As plantas são geralmente mais robustas e têm porte médio a baixo. Agronomicamente, esta espécie é altamente resistente a solos ácidos e condições de baixa fertilidade, sendo frequentemente utilizada como cobertura de solo e para adubação verde. A aveia preta é menos produtiva em termos de grãos, mas é valiosa por sua capacidade de melhorar a estrutura do solo e controlar ervas daninhas (Zadoks, 2018).

Botanicamente a aveia granífera é uma planta da divisão Magnoliophyta, classe Liliopsida e subclasse Commelinidae, da ordem das Cyperales, família das Poaceae (ou Graminaceae) e tribo Avenae, sendo descrita como a espécie *Avena sativa* L. (CRONQUIST, 1988). O número de espécies é muito grande, e sua classificação é realizada a partir do nível de ploidia (diplóide, tetraploide ou hexaplóide), sendo todas poliplóides, com número cromossômico básico igual a sete (O'MARA, 1961).

Mesmo sendo um cereal semelhante aos demais, a aveia possui algumas propriedades com impactos significativos no processo industrial. O comprimento do grão de aveia pode variar de 6 a 13 mm, e sua espessura de 1,0 a 4,5 mm. A densidade pode chegar até 756 kg.m^{-3} com peso médio de 32 mg (BUTT et al., 2008).

Sua estrutura é dividida da seguinte forma: 25% do peso do grão é representado pela casca; de 9 a 12% é o pericarpo, composto por camadas de epiderme e hipoderme; o tecido de reserva, composto pelo endosperma amiláceo e a camada de aleurona, pode contribuir com até 84% do peso total do grão; e o germe ocupa apenas uma pequena fração do peso, variando de 2,8 a 3,7% (Figura 1) (MILLER; FULCHER, 2011).

Figura 1 – Estrutura da cariopse da aveia: na esquerda a cariopse com casca e na direita, corte transversal com partes (A) farelo, (B) endosperma amiláceo e (C) interface germe-endosperma.

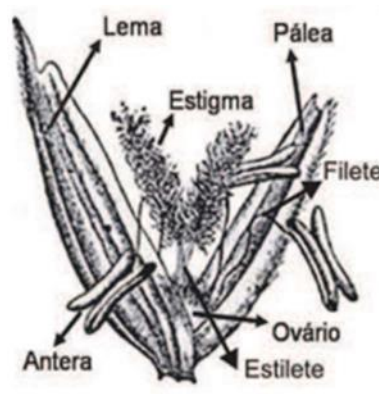


Fonte: Miller e Fulcher (2011).

A casca do grão possui alguns aspectos característicos como ser fibrosa, cerosa e indigerível pelos seres humanos. O germe da aveia é longo e estreito, parecido com o do trigo, e compreende cerca de um terço do comprimento do grão. Em comparação com os demais cereais, o grão de aveia tem maior teor lipídico e proteico, além de várias enzimas. Entre as enzimas presentes, a que necessita de um cuidado especial durante o processamento, é a lipase, pois, se não for desnaturada, a vida de prateleira dos produtos reduz (HOSENEY, 1986).

A aveia granífera possui flores hermafroditas (flor que contém os órgãos masculinos e femininos) conhecidas como antécios (Figura 2). Este é composto pela pálea e lema, responsáveis por envolver o androceu (conjunto dos órgãos masculinos da flor), esse, por sua vez, é formado por três estames laminares com filete, uma haste que sustenta a antera (TEILLIER, 2007).

Figura 2 – Antécio de aveia granífera com gineceu e o androceu protegidos pela lema e pela pálea.



Fonte: Teillier (2007).

2.1.2 Importância Econômica da Cultura e Uso da Aveia (*Avena sativa* L.)

A *Avena sativa* L., conhecida atualmente como aveia granífera, e antigamente por aveia branca, representa um cereal crucial na região sul do Brasil, principalmente como uma cultura de inverno (MANTAIL et al., 2017). Este cereal desempenha um papel significativo na economia devido à sua versatilidade de aplicações, pois além de ser empregada na cobertura do solo, também é cultivada para a produção de grãos destinados tanto à alimentação animal quanto humana (SARTORI et al., 2018).

Na alimentação humana, esse cereal destaca-se por ter grande valor nutricional, sendo empregado na produção de alimentos infantis, cereais matinais (quentes ou frios), granolas, barras de cereais, produtos forneados ou assados (pães, biscoito, bolos, etc.), componentes adicionais para engrossar sopas, molhos e para aumentar o volume de produtos cárneos (DE MORI; FONTANELI; DOS SANTOS, 2012), sendo altamente indicado para alimentação de crianças, atletas, adultos e idosos (MANTAIL et al., 2016).

Adicionalmente, sua aplicação se estende à formação de pastagens de inverno para pastejo direto, elaboração de feno e silagem, bem como a cobertura de solo e adubação verde, contribuindo para a preparação do terreno para as culturas de verão. Além disso, é uma matéria-prima valiosa para a indústria, sendo empregada na produção de cosméticos e insumos químicos (DE MORI; FONTANELI; DOS SANTOS, 2012). Outros usos industriais de aveia são como antioxidante e estabilizante em gelados e outros produtos lácteos. Também as suas cascas são utilizadas como

matéria-prima para a fermentação (GUTKOSKI; PEDÓ, 2000) e para queima em substituição à lenha.

Diante disso, dentre os vários cereais de inverno existentes, o cultivo da aveia granífera vem se firmando como uma importante alternativa de exploração agrícola. Segundo dados da CONAB (2024), na safra de 2023 o Brasil obteve 520,0 mil hectares de área cultivada, produção de 984,1 mil toneladas de grãos e produtividade média de 1.892 kg ha⁻¹. A região Sul do Brasil foi responsável por 465.8 mil hectares de área cultivada, produção de 908,9 mil toneladas de grãos e produtividade média de 1.951 kg ha⁻¹. O estado do Paraná se destaca como maior produtor do país e apresentou cerca de 109.9 mil hectares de área cultivada, produção de 241,0 mil toneladas de grãos e produtividade média de 2.203 kg ha⁻¹.

Devido ao destaque que a cultura tem recebido na utilização dos grãos para a indústria na alimentação humana e animal, além de cobertura morta em sistemas de plantio direto, há uma maior demanda por sementes com elevada qualidade, buscando maiores produtividades e qualidade final do produto (COELHO; SOUZA; SPONCHIADO, 2014, assim o cuidado com a cultura deve ser desde o plantio até o armazenamento de sementes e grãos.

2.2 DETERIORAÇÃO DE SEMENTES E GRÃOS

A deterioração de grãos e sementes ocorre de maneira semelhante, já que se trata do mesmo organismo biológico, a principal diferença está na produção, conservação e utilização deles. Assim, para melhor compreensão dos mecanismos de deterioração pode-se considerar que as reações metabólicas que ocorrem nas sementes são válidas para os grãos.

O maior potencial fisiológico e de armazenamento é alcançado na maturação fisiológica, quando as sementes apresentam o máximo peso seco, entretanto, caracterizando-se pelo alto grau de umidade. Pode-se citar, como exemplo, a aveia-preta, que alcança a maturidade fisiológica com umidade entre 20 e 30% (NAKAGAWA; CAVARIANI; MACHADO, 1994).

A capacidade de conservação das sementes de uma espécie ou cultivar depende dos fatores que definem a qualidade inicial das sementes e das condições ambientais de armazenagem (NAKAGAWA; CAVARIANI; MACHADO, 2000).

O processo de deterioração na semente foi primeiramente conceituado por Delouche (1990), professor de fisiologia de sementes da Universidade Estadual do Mississippi, EUA. Ele descreveu a deterioração da semente como um processo inexorável, irreversível e mínimo no ponto de maturidade fisiológica, quando o máximo conteúdo de matéria seca foi acumulado. A inexorabilidade advém da impossibilidade de evitar esse processo, sendo possível apenas reduzir sua velocidade e intensidade para retardá-lo, sem, contudo, detê-lo completamente. Quanto à irreversibilidade, uma vez iniciado, não há possibilidade de reverter o processo, resultando no fato de que a qualidade da semente não pode ser restituída ao seu ponto inicial.

Em seu trabalho, o mesmo autor tratou a deterioração como um processo intrincado, resultante de uma sequência de reações degenerativas que afetam a viabilidade das sementes. Essas alterações abrangem aspectos bioquímicos, citológicos, fisiológicos e físicos, iniciando-se após a maturidade fisiológica e progressivamente reduzindo o potencial fisiológico das sementes até seu estado de inviabilidade (MARCOS FILHO, 2015).

A deterioração ocorre em uma sequência que se inicia com a degradação e inativação de enzimas (COPELAND; MCDONALD, 2001), redução da atividade respiratória e perda de integridade das membranas celulares (MCDONALD, 1999), conseqüente diminuição da seletividade de membranas e, por fim, redução do poder germinativo (DELOUCHE; BASKIN, 1973).

Apesar de ser considerado um fenômeno natural, a intensidade e a velocidade da deterioração estão condicionadas ao genótipo, composição química e teor de água das sementes, além das condições a que são submetidas no período entre a pós-maturidade e a pré-semeadura em campo. Contudo a deterioração é também influenciada pela interação de fatores bióticos, como microrganismos e pragas, e abióticos, que englobam as condições ambientais (ARAÚJO et al., 2014).

Exemplos de fatores bióticos incluem insetos, como percevejos, cujas enzimas salivares podem deteriorar as sementes, o fungo *Nematospora coryli* (FRANÇA-NETO; KRZYZANOWSKI; HENNING, 2010), e fungos de armazenamento, como *Aspergillus* spp. e *Penicillium* sp. (FRANÇA-NETO et al., 2016). Entre esses, os fungos de armazenamento destacam-se como a maior causa de deterioração de grãos e sementes armazenados, pois além de se utilizar das reservas das sementes para seu crescimento, ainda provocam aquecimento da massa, levando ao aumento da respiração e conseqüente aumento de danos (SCUSSEL, 2002). Na fase de pré-

colheita, temperatura e umidade relativa elevadas ou a ocorrência de chuvas aceleram a deterioração das sementes e o processo pode ser potencializado pela associação com microrganismos (PESKE; ROSENTHAL; ROTA, 2012).

De acordo com Suleiman e Rosentrater (2016), o teor de água dos grãos e a temperatura de armazenamento são as principais variáveis que influenciam na respiração dos grãos em 83 ecossistemas armazenados, sendo que altos níveis destas condições no momento do armazenamento resultam em maior índice de deterioração do produto.

A atividade respiratória produz água, o que aumenta a umidade relativa do ar intergranular, criando condições propícias ao crescimento e reprodução de microrganismos (KALETA; GÓRNIKI, 2013). Grãos armazenados com elevado teor de água elevam sua temperatura devido ao calor gerado pela atividade respiratória dos grãos úmidos e dos microrganismos associados, como os fungos e insetos-praga (JIAN et al., 2019). O aumento da temperatura pode levar à deterioração dos grãos e a perda de componentes nutricionais (LIU; ZHU, 2017). Percebe-se, portanto, que a interação entre as variáveis presentes faz parte de um ciclo e que todos os fatores estão intimamente correlacionados, no qual os fenômenos contribuem entre si para a elevação de todos os índices que culminem na deterioração da massa de grãos.

Ainda, a produção de CO₂ advinda do processo respiratório dos grãos e dos microrganismos associados pode ser relacionada à perda de matéria seca do produto final (ATUNGULU; THOTE; WILSON, 2017; GARCIA-CELA et al., 2019). O excesso de CO₂, além de representar a perda de matéria seca, pode induzir condições anaeróbicas, levando à respiração anaeróbica dos grãos. Esse processo resulta na produção de compostos voláteis, como etanol e outros álcoois, aumentando o risco de combustão espontânea, devido ao acúmulo de substâncias inflamáveis. Estudos recentes indicam que a elevação dos níveis de CO₂ está diretamente relacionada a esses riscos adicionais, complicando ainda mais a manutenção da qualidade dos grãos armazenados (SMITH et al., 2021; JONES; MARTIN, 2022).

Contudo vale ressaltar que a perda de matéria seca dos grãos, em conjunto com o teor de água de equilíbrio, são parâmetros normalmente utilizados para determinar o teor de água de armazenamento seguro para diferentes produtos agrícolas. No momento do armazenamento, os grãos continuam a desempenhar suas funções metabólicas, ficando sujeitos a contínuas transformações. Dentre as

alterações que se observam nos grãos armazenados, as mais importantes são aquelas que envolvem a respiração (MACIEL et al., 2020).

Estudos mostram que em soja o efeito da peroxidação de lipídios pode ser considerada uma das causas de deterioração das sementes ocasionando o declínio de viabilidade e de vigor. Há relatos na literatura de que a presença do pigmento verde pode estar relacionada à produção de radicais livres que causam danos oxidativos e, prejuízos à qualidade das sementes. Assim, foi formulada a hipótese da possível associação entre a presença de clorofila com o aumento no teor de lipoperóxidos, que são produtos da oxidação dos lipídeos (BALDINI et al., 2011). De maneira semelhante, em cereais, como milho e trigo, a peroxidação de lipídios também tem sido identificada como um fator significativo na deterioração das sementes. A oxidação dos lipídios nesses grãos pode levar à perda de viabilidade e vigor, afetando negativamente a qualidade do produto final. Estudos recentes indicam que a presença de clorofila em sementes de cereais pode estar associada à produção de radicais livres, aumentando os níveis de lipoperóxidos e acelerando o processo de deterioração (LEE et al., 2019; KIM; PARK, 2020).

Vale ressaltar que a intensidade e a velocidade da deterioração variam com a espécie, com a variedade, entre lotes de sementes, inclusive de uma mesma variedade, entre sementes de um mesmo lote ou até de uma mesma embalagem e entre as diferentes estruturas das sementes. Por exemplo, em gramíneas geralmente a deterioração inicia-se nas células da extremidade da radícula e progride em direção ao escutelo e demais regiões do eixo embrionário (MARCOS-FILHO, 2015).

Outro ponto relevante a ser considerado é que lotes de sementes de uma mesma variedade e com a mesma idade cronológica podem manifestar desempenhos fisiológicos distintos devido a diferentes níveis de deterioração. Assim, ao contrário do que ocorre em animais, a idade cronológica das sementes pode não ser o principal determinante da deterioração. Conforme mencionado anteriormente, nas sementes, as condições ambientais desempenham um papel crucial na velocidade do processo de deterioração. Portanto, lotes de sementes com a mesma idade cronológica podem apresentar desempenhos completamente diferentes devido aos distintos níveis de deterioração, os quais são influenciados pelas condições de maturação, colheita, processamento e armazenamento, ou seja, pelo histórico de produção das sementes. Desta forma, lotes de sementes armazenados por algum tempo podem exibir um desempenho superior em relação aos lotes recém-colhidos, indicando que o processo

de deterioração nestes pode ter sido mais intenso devido às condições específicas de ambiente ou de manejo (DELOUCHE, 1990).

2.3 ARMAZENAMENTO DE GRÃOS E SEMENTES DE AVEIA GRANÍFERA

2.3.1 Importância do armazenamento

Com a aveia granífera sendo reconhecida como um cereal de inverno crucial, versátil e economicamente significativo na região sul do Brasil, a necessidade de preservar a qualidade e a viabilidade desse produto é fundamental. Este contexto ressalta a importância de sistemas de armazenamento eficientes, capazes de garantir a durabilidade, a segurança alimentar e a viabilidade comercial das sementes e grãos de aveia, atendendo às crescentes exigências do mercado agrícola e alimentício (DE MORI, 2012).

O conceito de armazenamento dos grãos e sementes se inicia no campo, a partir da maturidade fisiológica, primeiramente na planta mãe, onde eles estão sujeitos às adversidades ambientais. Após a colheita, torna-se responsabilidade do homem a conservação da sua qualidade durante o período anterior à sua utilização (LABBÉ, 2012).

Com relação ao período de armazenagem, este pode variar de alguns meses até anos. Portanto, é crucial que os produtos sejam armazenados em locais adequados, onde apresentem condições favoráveis para garantir que as propriedades das sementes sejam mantidas em perfeitas condições. Para obter uma unidade armazenadora eficiente, é indispensável minimizar as alterações nas estruturas físicas, químicas e fisiológicas. Isso não apenas auxilia na comercialização da produção, mas também proporciona melhores resultados econômicos, evitando as pressões do mercado durante as épocas de colheita e plantio (LIMA, 2014).

Contudo condições de armazenamento seguro permitem a preservação de características qualitativas de grãos e sementes por um longo período, podendo evitar que ocorra uma significativa deterioração (FLEURAT-LESSARD, 2002).

Além disso, o armazenamento garante a oferta sustentável de sementes e grãos de aveia de alta qualidade ao longo do tempo, com a possibilidade de reduzir as variações estacionais de preço, durante e após a safra, bem como a constituição

de uma comercialização segura no mercado em períodos críticos (NOGUEIRA JUNIOR, 2008).

2.3.2 Processo de deterioração no armazenamento

A escolha do sistema de armazenamento irá influenciar na manutenção da qualidade dos grãos e sementes, já que produtos armazenados constituem um sistema biológico vivo, que respira, no qual interagem sistemas bióticos e abióticos. Como resultado desses fatores e de variáveis físicas, químicas e biológicas, pode ocorrer a deterioração dos grãos e sementes armazenados (RUPOLLO et al., 2006; CHOI et al., 2015).

A temperatura é um fator crucial que influencia diretamente a velocidade de deterioração de sementes e grãos. Estudos recentes confirmam que a deterioração ocorre mais rapidamente com o aumento da temperatura. Por exemplo, segundo Silva e Santos (2021), o aumento da temperatura acelera as reações bioquímicas e microbiológicas que levam à deterioração dos grãos. De acordo com Oliveira et al. (2020), a elevação térmica intensifica a atividade enzimática e a proliferação de microrganismos, resultando em uma deterioração mais rápida. Lopes et al. (2019) também destacam que temperaturas elevadas reduzem a viabilidade e a qualidade das sementes, acelerando seu processo de degradação. Demito e Afonso (2009) verificaram que sementes de soja resfriadas artificialmente mantiveram o poder germinativo dentro do padrão comercial, devido as menores temperaturas durante o período de armazenamento, enquanto as sementes armazenadas em condição ambiente tiveram sua germinação abaixo do padrão.

O processo respiratório também é muito influenciado pelo teor de água dos produtos. Quando o teor de água de armazenamento fica entre 11 e 13%, o processo de respiração permanece baixo, o que prolonga a manutenção da qualidade. No entanto, aumentando o teor de umidade, o processo respiratório acelera e causa a deterioração dos grãos e sementes (BRAGANTINI, 2005). Forti, Cicero e Pinto (2010) observaram que houve um aumento de danos e diminuição do potencial fisiológico de sementes ao logo de seis meses de armazenamento devido a umidade do ambiente. A evolução desse dano foi maior nas sementes armazenadas em ambiente não controlado e menor nas sementes mantidas em câmara fria.

2.3.3 Tipos de Armazenamento

No armazenamento convencional são utilizadas, na quase totalidade, estruturas como armazéns ou depósitos de construção simples, de alvenaria, com o acondicionamento das sementes em sacaria de papel, big bags em polipropileno e de grãos diretamente nos silos que podem ser metálicos ou de alvenaria (RUPOLLO et al., 2004).

Os “big bags” são basicamente embalagens industriais constituídos por polipropileno com material flexível para transportar produtos com grandes e pequenos volumes a granel. Diferentemente dos silos a granel, que há existência de um sistema de aeração e termometria, o big bag não conta com estrutura para monitoramento de variáveis intergranulares para as sementes (MEZZALIRA, 2016). Com isso as perdas ligadas ao armazenamento são maiores, pois não sabendo a umidade e a temperatura das sementes dentro dos big bags, elas podem estar sujeitas a ataques de pragas e microrganismos (SILVEIRO, 2018). Insetos e fungos são os principais responsáveis pelas perdas qualitativas e quantitativas de sementes armazenadas, sendo o desenvolvimento dos mesmos influenciado por fatores ambientais (CALEGARO, 2023).

Paturca (2014) descreve que os silos são unidades armazenadoras de grãos com diferentes estruturas: metálica ou de concreto, de alvenaria armada, de argamassa armada, de madeira ou de fibra de vidro caracterizada por um ou mais compartimentos estanques denominados células. Pode ou não ser equipado com sistema de aeração ou refrigeração; geralmente possui forma cilíndrica, apresentando condições para a preservação da qualidade do produto durante longos períodos de armazenagem. O autor destaca que dependendo da relação que apresentam entre a altura e o diâmetro, os silos podem ser classificados em horizontais e verticais. Se forem cilíndricos, os verticais podem, para facilitar a descarga, possuir o fundo em forma de cone. Os silos horizontais apresentam dimensões da base maior que a altura e, comparados com os verticais, exigem menor investimento por tonelada armazenada. Os silos classificam-se em elevados ou semienterrados de acordo com a sua posição em relação ao solo.

O armazenamento de grãos e sementes é conduzido de maneira distinta, em virtude das características inerentes aos produtos estocados. Nesse contexto, a distinção fundamental entre semente e grão reside na capacidade da semente de

germinar e originar uma nova planta sob condições ambientais propícias, ao passo que o grão é direcionado para consumo humano ou serve como matéria-prima na indústria alimentícia. Dessa forma, a qualidade da semente é medida por seu estado fisiológico, ao passo que a qualidade do grão é aferida por sua aparência e pelas propriedades físico-químicas que caracterizam sua aptidão para consumo de mesa ou transformação industrial (TAVARES DE MATOS, 2013).

2.2.4 Armazenamento de Sementes

A capacidade de conservação das sementes de uma espécie ou cultivar depende dos fatores que definem a qualidade inicial das sementes e das condições ambientais de armazenagem (NAKAGAWA; CAVARIANI; MACHADO, 2000). Assim, a germinação inicial, o teor de água das sementes e a temperatura do armazém são os três fatores que influenciam a longevidade das sementes preservadas em bancos de germoplasma (CHIN, 1994).

Também Ellis e Roberts (1980) têm demonstrado que a perda de viabilidade em sementes que ocorre durante o armazenamento depende da temperatura e dos níveis de umidade, sendo proporcionais ao tempo de armazenamento.

2.2.4.1 Câmara Fria Versus Armazém Convencional no armazenamento de sementes de aveia

Comparando-se o armazém convencional e a câmara fria, considera-se que no convencional as sementes de aveia estarão sujeitas às variações significativas de temperatura e umidade, influenciadas pelas condições climáticas externas, o que poderiam afetar negativamente sua qualidade ao longo do tempo, já quando armazenadas em câmara fria, apresentariam uma preservação mais eficiente em comparação com aquelas mantidas em armazém convencional. Isso seria possível graças às condições controladas de temperatura e umidade proporcionadas pela câmara fria.

A utilização de baixas temperaturas durante o armazenamento pode desacelerar o metabolismo das sementes e minimizar o desenvolvimento de danos (DEMITO; AFONSO, 2009). Harrigton (1972) destaca que o tempo de viabilidade das sementes é prolongado com a redução do conteúdo de umidade em 1% ou da

temperatura ambiente em 5°C. Como resposta a essas necessidades, os produtores de sementes têm investido na climatização dos armazéns para preservar a qualidade inicial das sementes (PASCUALI, 2012). O resfriamento pode ser aplicado tanto em armazéns que armazenam sementes em sacos quanto em silos a granel, especialmente em ambientes com temperaturas elevadas, acima de 20°C. Forti, Cicero e Pinto (2010) observaram que o armazenamento em ambiente não controlado resultou em maior deterioração do potencial fisiológico das sementes de soja em comparação com câmaras secas (50% UR e 20°C) e câmaras frias (90% UR e 10°C). Smaniotto et al. (2014) indicam que o armazenamento de sementes de soja em um ambiente climatizado a 20°C proporciona uma melhor conservação da qualidade fisiológica.

Concordando com essas descobertas, Juvino et al. (2014) avaliaram o vigor das sementes de soja ao longo do tempo de armazenamento em uma câmara climatizada, comparando com o armazenamento em ambiente natural. Eles notaram que as sementes mantiveram alta qualidade fisiológica até nove meses de armazenamento, com resultados superiores no armazenamento em ambiente climatizado. Carvalho et al. (2014), ao testarem diferentes condições de armazenamento na atividade enzimática de sementes de várias cultivares de soja, observaram que as sementes armazenadas em condições não controladas apresentaram redução na atividade de sistemas enzimáticos como malato desidrogenase, álcool desidrogenase, esterase, isocitrato liase, superóxido dismutase e peroxidase, principalmente após seis meses; no entanto, quando armazenadas em câmaras frias e secas, essas atividades foram preservadas. A diminuição da atividade respiratória, a degradação e a inativação de enzimas são consequências do processo de deterioração de sementes (COPELAND e MCDONALD, 2001).

As enzimas desempenham um papel crucial em quase todos os processos biológicos, incluindo o desenvolvimento e a germinação de sementes e grãos. Elas atuam como catalisadores biológicos que aceleram as reações químicas necessárias para a vida. No contexto das sementes e grãos, as enzimas são essenciais para a mobilização das reservas de nutrientes, vitais para a germinação e o crescimento inicial das plantas (Nonogaki, 2019). A mobilização de nutrientes é um dos principais processos enzimáticos em sementes e grãos. Enzimas como amilases, proteases e lipases são responsáveis pela degradação de macromoléculas como amidos,

proteínas e lipídios armazenados nas sementes. Essa degradação fornece os açúcares, aminoácidos e ácidos graxos necessários para o desenvolvimento inicial da plântula. Além disso, as enzimas regulam o crescimento por meio da síntese e degradação de hormônios vegetais, como o ácido abscísico (ABA) e a giberelina (GA), que controlam o equilíbrio entre dormência e germinação. Um balanço adequado desses hormônios é crucial para que a semente germina no momento certo (Miransari & Smith, 2019).

As enzimas também desempenham um papel vital na resposta ao estresse em sementes. Enzimas antioxidantes, como a superóxido dismutase (SOD) e a catalase, protegem as células da semente contra danos oxidativos durante o armazenamento e a germinação. Esse mecanismo de defesa é fundamental para manter a viabilidade da semente sob condições adversas (Bailly, 2019).

A redução da atividade enzimática em sementes e grãos pode ter efeitos significativos e prejudiciais. A baixa atividade de enzimas-chave pode retardar ou impedir a mobilização de nutrientes, resultando em uma germinação fraca ou incompleta. Sem a degradação adequada dos reservatórios de nutrientes, a plântula pode não receber os recursos necessários para seu desenvolvimento inicial (Bewley et al., 2018). Além disso, a redução na atividade de enzimas antioxidantes pode aumentar a suscetibilidade das sementes ao estresse oxidativo, levando à perda de viabilidade durante o armazenamento prolongado. Sementes que não conseguem gerenciar o estresse oxidativo de maneira eficaz têm maior probabilidade de sofrer danos celulares irreversíveis (Schmidt et al., 2020).

A atividade enzimática reduzida também pode alterar o equilíbrio metabólico dentro da semente, afetando processos críticos como a respiração celular e a produção de energia. Isso pode resultar em um crescimento atrofiado e menor vigor da plântula (Nonogaki et al., 2020).

2.2.5 Armazenamento de Grãos

A armazenagem dos grãos também é um processo que deve ser bem conduzido, a fim de se evitar perdas e preservar os aspectos qualitativos e quantitativos desses produtos agrícolas (BAILEY, 1974; FERRARI FILHO, 2011). Para minimizar a degradação desses grãos, o controle da temperatura e a umidade relativa do ar são fundamentais durante o armazenamento, uma vez que, com baixo teor de água e baixa temperatura, o ataque de microrganismos e a respiração da semente terão seus efeitos minimizados (BEBERT et al., 2008; FERREIRA et al., 2010; MASSETTO et al., 2013).

Os grãos estão sujeitos à invasão por fungos e à contaminação com micotoxinas no campo, durante a colheita, no processamento, no transporte e na armazenagem, quando em condições deficientes de manuseio. Esses diferentes fungos produtores de micotoxinas são encontrados em todas as regiões do mundo e podem crescer em uma grande variedade de substratos e sob várias condições de umidade, pH e temperatura (SCUSSEL, 2002).

Segundo o mesmo autor, durante o período de armazenamento, fungos xerófilos dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium*, chamados fungos de armazenamento, progressivamente substituem os fungos de campo. Entre 0,75 e 0,85 de atividade de água (aw), espécies de fungos de campo são inibidas ou morrem, enquanto espécies de fungos de armazenamento crescem, embora lentamente. A ação dos fungos é ativada a partir de um limite de atividade de água nos grãos, estando em torno de 0,72 de aw na temperatura de 20 °C.

Nesse sentido é importante que a qualidade de grão seja supervisionada durante todo o processo operacional, e para tanto é preciso escolher a melhor estratégia de armazenamento, bem como executar intervenções corretivas (FLEURAT-LESSARD, 2002).

2.2.5.1 Silo Com a Aeração Convencional Versus Silo Refrigerado no armazenamento de grãos de aveia

No armazenamento de grãos de aveia, as características dos grãos podem ser significativamente influenciadas pelo tipo de armazenamento utilizado, seja em silo com aeração convencional ou em silo refrigerado. A escolha do método de

armazenamento impacta a qualidade e a preservação dos grãos ao longo do tempo (RODRIGUES et al., 2020).

A aeração convencional é um processo que envolve a circulação de ar ambiente através da massa de grãos para controlar a temperatura e a umidade dentro do silo. Este método é amplamente utilizado principalmente pelo menor custo inicial e operacional. A implementação desses sistemas requer um investimento significativamente menor quando comparado aos sistemas de refrigeração, uma vez que utilizam ventiladores e dutos de ar, equipamentos mais acessíveis. Além disso, o consumo de energia é relativamente baixo, pois a aeração depende de ventiladores que demandam menos eletricidade em comparação aos compressores utilizados na refrigeração. Outra vantagem importante da aeração convencional é a simplicidade de operação e manutenção. Sistemas de aeração são compostos por menos componentes complexos, resultando em menores custos de manutenção e menor necessidade de mão de obra especializada. Essa simplicidade operacional é benéfica, especialmente para pequenos e médios produtores que podem não ter acesso fácil a técnicos especializados

No entanto, a aeração convencional pode ser menos eficaz em climas quentes e úmidos, onde o ar ambiente não é capaz de reduzir adequadamente a temperatura e a umidade dos grãos (RODRIGUES et al., 2020). Ventiladores são utilizados para mover o ar através dos grãos, ajudando a dissipar o calor gerado pela respiração dos grãos e a reduzir a umidade relativa do ar dentro do silo. A eficácia da aeração convencional é avaliada monitorando a temperatura e a umidade dos grãos ao longo do tempo. Medições regulares ajudam a garantir que as condições internas do silo permaneçam favoráveis para a preservação dos grãos (GONÇALVES et al., 2019). Os silos de armazenamento convencionais sofrem variações de temperatura em seu interior devido à influência do ambiente externo. No entanto, devido às propriedades dos grãos como maus condutores de energia, as variações de temperatura são mais pronunciadas na superfície (GONZÁLEZ-TORRALBA, 2013).

A temperatura desempenha um papel crucial na preservação da qualidade dos grãos durante o armazenamento. O aumento desse fator pode acelerar a respiração dos grãos, levando a uma deterioração mais rápida, além de favorecer o crescimento de insetos e fungos. A maioria dos insetos-praga de grãos armazenados tem origem em regiões tropicais e subtropicais, requerendo temperaturas elevadas, entre 27°C e

34°C, para seu desenvolvimento completo. No entanto, esse desenvolvimento pode ser retardado ou interrompido se a temperatura cair abaixo de 16°C (QUIRINO et al., 2013). A redução da temperatura dos grãos diminui a velocidade das reações bioquímicas e metabólicas dos insetos (SANTOS; MENEZES; VILLELA, et al., 2004; PEREZ-GARCIA; GONZALEZ-BENITO, 2006; AGUIAR et al., 2012), permitindo a preservação das características iniciais de armazenamento dos grãos por períodos mais longos.

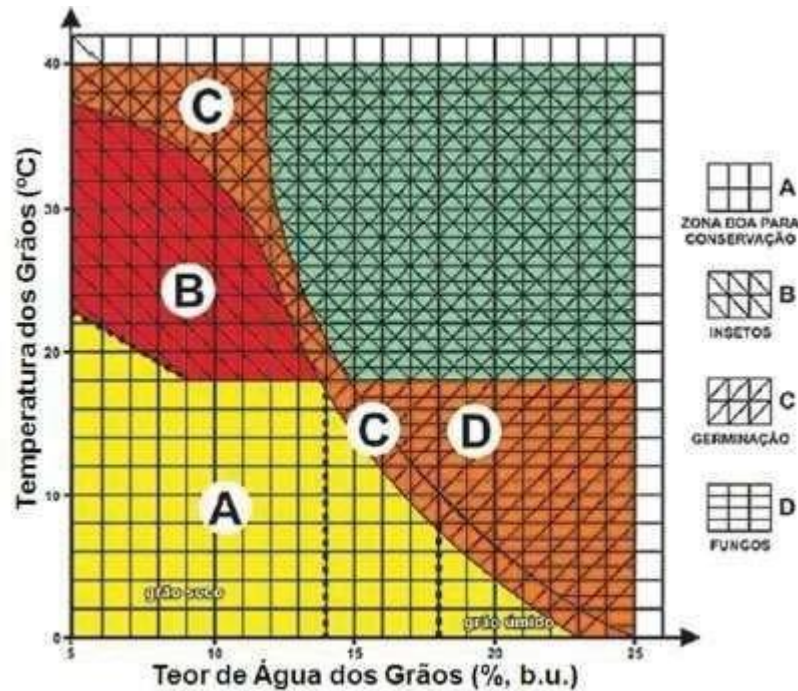
Por outro lado, os efeitos da umidade se manifestam no aumento da intensidade da respiração, da atividade fúngica e, conseqüentemente, no aumento da temperatura da massa de grãos. Os fungos dependem tanto da umidade dos grãos quanto da temperatura durante o período de armazenamento. Sob condições ideais, podem ocorrer o desenvolvimento de espécies fúngicas, como por exemplo as micotoxinas (FLEURAT-LESSARD, 2017). A aeração convencional pode ser menos eficiente em climas quentes, resultando em temperaturas mais altas dentro do silo. Pode não controlar adequadamente a umidade em ambientes úmidos, levando a um maior risco de crescimento de fungos e deterioração. Além disso, pode resultar em uma maior taxa de respiração dos grãos, aumentando o risco de perda de qualidade ao longo do tempo (RODRIGUES et al., 2020). Por outro lado, o silo refrigerado mantém uma temperatura baixa e constante, independentemente das condições externas, controla melhor a umidade, reduzindo o risco de crescimento de fungos e deterioração, e inibe a atividade microbiana e a infestação por pragas, preservando a integridade e o valor nutricional dos grãos por períodos mais longos (SMITH et al., 2021).

Uma alternativa para garantir um armazenamento mais seguro é a implementação de resfriamento artificial. Esse método envolve o resfriamento do armazém ou silo usado para armazenar os grãos, permitindo a circulação controlada de ar entre o ambiente externo e o interior da massa de grãos por meio de um sistema de aeração (PARK et al., 2012). A massa de grãos deve apresentar teores de água desfavoráveis ao desenvolvimento da microflora, além de temperaturas baixas e homogêneas que inibam a ação dos insetos (KALIYAN et al., 2007). A eficácia de um sistema de resfriamento depende de um manejo adequado, que leve em consideração o teor de

água e a temperatura dos grãos, juntamente com a temperatura e a umidade relativa do ar ambiente (LOPES et al., 2010; ZUCHI et al., 2013). O objetivo do resfriamento é prevenir a deterioração biológica, química e física dos grãos. O silo refrigerado utiliza sistemas de refrigeração para manter uma temperatura constante e baixa dentro do silo, independentemente das condições climáticas externas. Este método é altamente eficaz na prevenção da deterioração dos grãos, pois inibe a atividade microbiana e a infestação por pragas, além de reduzir a taxa de respiração dos grãos (SMITH et al., 2021). Um sistema de refrigeração mantém a temperatura interna do silo baixa e estável. Isso é alcançado através da circulação de ar resfriado dentro do silo, que absorve o calor dos grãos e o dissipa para fora do silo. A eficácia do silo refrigerado é avaliada pela manutenção de baixas temperaturas e níveis de umidade constantes. A qualidade dos grãos é monitorada através de testes regulares para detectar quaisquer sinais de deterioração, infestação ou perda de qualidade nutricional (SMITH et al., 2021).

Para que a qualidade do produto armazenado não seja perdida e visando encontrar condições adequadas e econômicas de armazenagem, Burges e Burrel apud Christensen (1974) idealizaram o diagrama geral para conservação de cereais (Figura 3). O diagrama permite identificar as condições mais propícias para controle metabólico dos grãos, assim como dos principais organismos que os acompanham durante o armazenamento. No diagrama são considerados o teor de água e a temperatura, sem considerar as relações de umidade e temperatura do ar (ELIAS, 2009), bem como o tempo de armazenamento.

Figura 3 – Diagrama geral para conservação de cereais.



Fonte: Adaptado de Burges; Burrel apud Christensen (1974).

O diagrama ilustra que quando as temperaturas ultrapassam os 18°C, os grãos entram em uma zona suscetível ao crescimento de insetos. Da mesma forma, um alto teor de umidade aumenta o risco de desenvolvimento de fungos e compromete o poder germinativo dos grãos. No entanto, as condições ideais para o armazenamento seguro dos grãos são alcançadas quando a umidade fica abaixo de 15% e as temperaturas abaixo de 18°C. Além disso, o tempo de armazenamento desempenha um papel crucial, pois quanto mais longo for o período de estocagem, maior será a exposição dos grãos aos riscos (BURGES; BURREL, 1974).

Estudar os diferentes tipos de armazenamento, como silo com aeração convencional e silo refrigerado, é crucial para identificar as melhores práticas para a conservação dos grãos de aveia. A qualidade dos grãos durante o armazenamento tem um impacto direto na sua viabilidade comercial e no seu valor nutricional para os consumidores. A compreensão dos processos e das condições ideais de armazenamento pode levar a melhorias significativas na preservação dos grãos, reduzindo perdas e aumentando a eficiência do armazenamento (GONÇALVES et al., 2019).

2.4 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE SEMENTES E GRÃOS DE AVEIA

2.4.1 Avaliação da Qualidade Fisiológica de Sementes de Aveia (*Avena sativa* L.)

A qualidade fisiológica da semente é um atributo muito importante e está relacionada ao desenvolvimento e crescimento da planta e à produção de sementes de boa qualidade (ALVES; KIST, 2011). Assim a avaliação da qualidade das sementes antes, durante e após o armazenamento garantem que o produto seja comercializado com os padrões normativos.

Além disso, a utilização de sementes de alta qualidade resulta em plantas com maiores taxas de crescimento inicial e eficiência metabólica, proporcionando uma lavoura com elevado potencial produtivo. A qualidade e o desempenho das sementes estão relacionados e vinculados, sendo a qualidade um atributo ou propriedade que conota superioridade ou excelência, e o desempenho, sendo um aspecto dinâmico que deixa implícita a execução de uma atividade (PESKE; BAUDET; PESKE, 2009).

Dentre os testes que avaliam a qualidade das sementes destacam-se os de germinação e de vigor. A germinação compõe-se de uma sequência de reações bioquímicas, considerada uma retomada do crescimento ativo do eixo embrionário, resultando no rompimento do tegumento da semente e na emergência da plântula (MALAVASI, 1988). A Instrução Normativa nº 44, datada de 22 de novembro de 2016, define os requisitos fundamentais para a comercialização de sementes de aveia. De acordo com esta regulamentação, o valor mínimo exigido para a germinação das sementes é de pelo menos 80% de plântulas normais pelo teste de germinação.

Já o vigor se refere ao conjunto de características que atribuem à capacidade da semente germinar, emergir e formar plântulas normais mesmo em condições desfavoráveis (MARCOS-FILHO, 2015). Visto isso, nota-se que com a utilização de sementes de elevado vigor, é possível obter um estabelecimento rápido e uniforme das plantas (LUDWIG et al., 2009).

2.4.2 Avaliação da Qualidade Industrial de Grãos de Aveia (*Avena sativa* L.)

A qualidade industrial de grãos de aveia é definida por aspectos físicos como limpeza, classificação, descasque e laminação; assim, a morfologia do grão é a principal característica no processamento e rendimento final de grãos (DE

FRANCISCO, 2002; UBESSI, 2013). Além disso, as indústrias alimentícias apresentam limites de pureza e tolerância sobre os componentes que acompanham o grão, sendo assim grãos bem formados, grandes, pesados e uniformes são os mais desejados para o processo de beneficiamento (ALVES; KIST, 2010; UBESSI, 2013).

Com as exigências do mercado consumidor, é necessário combinar processos tecnológicos que promovam modificações físico-químicas, funcionais e nutricionais nos grãos de aveia, adequando-os às exigências do consumo humano (BARATA; PACHECO; FEDERIZZI, 2001).

Para manter altos padrões de qualidade, as indústrias de alimentos exigem grãos com peso hectolitro (PH) igual ou superior a 50 kg.hL⁻¹, máximo de 3 % de grãos manchados ou escuros, grãos com espessura maior que 2 mm e baixos níveis de acidez (GATTO; FLOSS; CASTOLDI, 2005). Dessa forma, a produção de grãos de elevado volume com reduzida massa de casca, facilidade no descasque mecânico e reduzido índice de quebra, caracterizam os atributos desejados em uma cultivar de aveia granífera com elevada qualidade industrial (CRESTANI, 2011). Segundo o mesmo autor além dos testes citados anteriormente, outros parâmetros também são considerados para classificar uma cultivar como de alta qualidade industrial. A facilidade no descasque mecânico e o índice de quebra dos grãos são aspectos fundamentais para garantir a eficiência no processamento e a qualidade final do produto. Estes testes garantem que os grãos não apenas atendam aos requisitos físicos e químicos, mas também apresentem bom desempenho durante o processamento industrial, resultando em produtos finais de alta qualidade

Os programas de melhoramento genético no Sul do Brasil têm selecionado genótipos com particularidades elevadas de grãos, devido à crescente procura por grãos e derivados de aveia de qualidade para a alimentação humana (BOTHONA; MILACH; THOMÉ, 2002).

A cultivar IPR Afrodite, lançada comercialmente em 2011, é reconhecida por seu ciclo precoce, alta produtividade e resistência parcial à ferrugem da folha. Os grãos desta cultivar são de boa qualidade e rendimento, o que a torna uma opção recomendada para diversas regiões produtoras no Brasil (IDR, 2023).

Já a cultivar IPR Andrômeda destaca-se por sua alta resistência a doenças, elevada produção de biomassa e boa qualidade dos grãos. Esta cultivar é bem adaptada a diferentes condições climáticas, garantindo uma produção estável (IDR, 2023).

Por sua vez, a cultivar URS Corona, lançada em 2012, apresenta um ciclo precoce, alta produção de biomassa e grãos de qualidade. Embora tenha porte médio a baixo, ela é suscetível ao acamamento. Mesmo assim, tem um alto potencial de rendimento, sendo uma escolha popular entre os produtores (UFRGS, 2023).

Os testes normalmente realizados para monitorar a qualidade dos grãos são acidez, teste de resíduo mineral fixo (cinzas) proteínas.

Na qualidade sanitária são avaliados os teores de Aflatoxinas (AFL), Desoxinivalenol (DON) e Zearalenona (ZEA).

Também são avaliados o rendimento industrial, a análise de resistência dos grãos e a resistência ao descascamento dos grãos

CAPÍTULO I. ARTIGO A – QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE CULTIVARES DE AVEIA GRANÍFERA (*Avena sativa* L.) EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE ARMAZENAGEM

RESUMO

O armazenamento de sementes de aveia granífera (*Avena sativa* L.) pode ser feito na câmara fria e em armazém convencional, com vantagens e desvantagens de cada método. Assim, é fundamental avaliar as particularidades de cada método para garantir a qualidade e viabilidade das sementes de diferentes cultivares ao longo do tempo. O objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade fisiológica de sementes de aveia de diferentes cultivares submetidas a distintas condições de armazenagem. Sementes das cultivares IPR Afrodite, IPR Andrômeda e URS Corona, após serem recebidas e beneficiadas, foram armazenadas por oito meses em duas condições: em big bags em armazém convencional, e em saco de papel em câmara fria. A cada dois meses, foram realizadas amostragens das sementes, e as mesmas analisadas quanto ao teor de água, peso de mil sementes, germinação, primeira contagem do teste de germinação, comprimento de plântulas, massa seca de plântulas, índice de velocidade de emergência de plântulas (IVE), emergência de plântulas em areia, condutividade elétrica e envelhecimento acelerado. O delineamento estatístico foi inteiramente casualizado e os dados coletados foram submetidos às análises de variância conjunta de ambientes, e quando significativa realizou-se a regressão para cada característica avaliada ao longo do tempo. A matriz dos dados das variáveis foi padronizada e analisada por meio da análise multivariada de componentes principais (ACP). Os diferentes tipos de armazenagem testados não afetaram nem a germinação nem a emergência em campo das sementes de aveia granífera, indicando que tanto o armazém convencional como a câmara fria são ambientes favoráveis para a manutenção da germinação. O armazenamento por até 8 meses, nos dois ambientes testados, é prejudicial para a germinação das sementes da cultivar URS Corona, mas não afeta as cultivares IPR Afrodite e IPR Andrômeda. O vigor das sementes das cultivares URS Corona e a IPR Afrodite é reduzido com o armazenamento. Ocorre perda de matéria seca a partir do quarto mês de armazenagem no armazém convencional para todas as cultivares estudadas.

Palavras-chave: *Avena sativa* L.; conservação de sementes; qualidade fisiológica.

ABSTRACT

Proper conservation of oat seeds is essential to ensure their quality and viability over time. Two methods used in this process are cold storage and conventional warehouse storage. The cold chamber provides controlled conditions of temperature and humidity, creating a conducive environment for seed preservation and minimizing biological activity that can lead to deterioration. On the other hand, the conventional warehouse, although not providing as precise control, plays an essential role in oat seed storage. Given this, the aim of this study was to evaluate the physiological quality of oat seeds (*Avena sativa* L.) subjected to different storage conditions. Seeds from the following cultivars were used: IPR Afrodite, IPR Andrômeda, and URS Corona. After receiving and processing the seeds, they were stored for six months under two conditions: in big bags in a conventional warehouse and packaged in paper bags in a cold chamber. Every two months, seed samples were taken and analyzed for moisture content, thousand seed weight, germination, first germination count, seedling length, seedling dry weight, seedling emergence speed index (ESI), seedling emergence in sand, electrical conductivity, and accelerated aging. The statistical design of the experiments was completely randomized, and the collected data were subjected to joint variance analyses of environments, and when significant, regression analysis was performed for each characteristic evaluated over time. The data matrix of the variables was standardized and analyzed using principal component analysis (PCA). The different types of storage tested did not affect either the germination or field emergence of oat seeds, indicating that both the conventional warehouse and the cold chamber are favorable environments for maintaining germination. Storage for up to 8 months is detrimental to the germination of URS Corona seeds, but does not affect the IPR Afrodite and IPR Andrômeda cultivars. Regarding vigor, both URS Corona and IPR Afrodite demonstrated a reduction over time under both storage conditions, while IPR Andrômeda remained constant. There is a loss of dry matter from the fourth month of storage in the conventional warehouse for all cultivars studied.

Keywords: *Avena sativa* L.; seed conservation; physiological quality.

1 INTRODUÇÃO

A cultura da aveia destaca-se como um importante cereal para cultivo na primavera e inverno, com uma ampla gama de utilização (DE MORI, 2012). Pode ser empregada para a produção de grãos e alimentação humana, para a alimentação animal, formação de pastagens, produção de feno e silagem, como cobertura de solo para o sistema de plantio direto e, como adubo verde. Ainda é uma alternativa viável à rotação de culturas, com efeitos positivos de recuperação e conservação de solo (DANIELOWSKI et al., 2021; CBPA, 2006).

A semente se destaca por ser o insumo de maior significância no contexto de produtividade e para que esta seja considerada de alta qualidade deve apresentar características sanitárias, físicas, genéticas e fisiológicas adequadas (FRANÇA-NETO; KRZYZANOWSKI; HENNING, 2010). Essas características são imprescindíveis para que as plantas possam expressar todo o seu potencial e elevar o rendimento final da cultura.

Além disso, a qualidade resulta da interação entre características como teor de água, viabilidade, vigor, infecção de patógenos e longevidade (POPINIGIS, 1985). Destaca-se que a qualidade fisiológica está relacionada à capacidade da semente em desempenhar suas funções vitais, caracterizando-se pela longevidade, germinação e vigor (TOLEDO et al., 2009).

A preservação dos atributos das sementes durante o armazenamento, ou seja, da colheita até o momento da sua utilização, é um aspecto fundamental a ser considerado no seu processo produtivo (OLIVEIRA et al., 1999). O armazenamento após a colheita deve ser conduzido de maneira a reduzir ao máximo as reações bioquímicas que provocam a perda do vigor das sementes, além de proporcionar condições desfavoráveis ao desenvolvimento de insetos e fungos, os quais contribuem para a redução da viabilidade (VILLA; ROA, 1979).

A qualidade das sementes não pode, portanto, ser melhorada pelo armazenamento, mas sim preservada com o mínimo de deterioração possível, visando manter o vigor e o poder germinativo pelo maior período (POPINIGIS, 1985; GOLDFARB; QUEIROGA, 2013). Caso a qualidade não seja mantida os esforços para o desenvolvimento do material e as técnicas culturais para a produção podem ser perdidos (GRISI; SANTOS, 2007).

Fort et al. (2010) constataram, através de testes de germinação e vigor, 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 com a câmara fria (90% UR e 10 °C).

Diante do exposto esse trabalho tem o objetivo de avaliar a qualidade física e fisiológica de sementes de diferentes cultivares de aveia granífera em resposta às condições de armazenamento convencional e câmara fria, por oito meses.

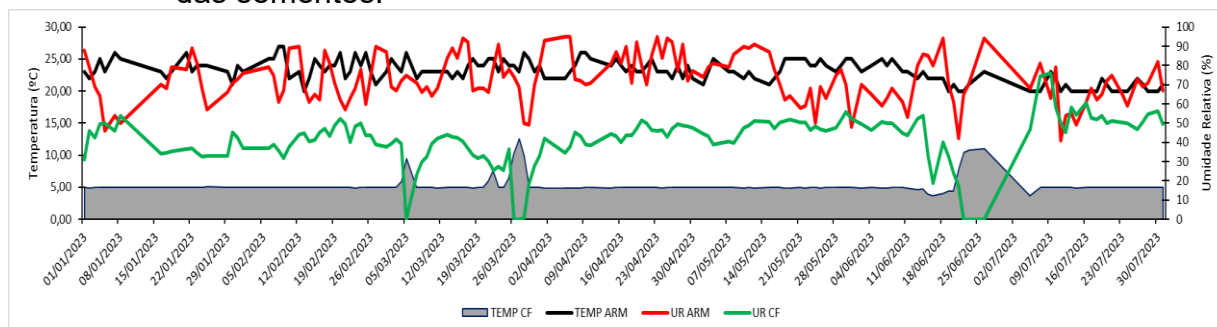
2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido em parceria com a empresa SL Cereais e Alimentos, durante os anos de 2022 e 2023, sediada no município de Mauá da Serra, PR. Durante esse período, um lote de sementes de aveia granífera das cultivares IPR Afrodite, IPR Andrômeda e URS Corona, foram recebidas na unidade de beneficiamento da SL Alimentos. O beneficiamento ocorreu entre novembro de 2022 e janeiro de 2023, e as sementes foram acondicionadas em big bags de aproximadamente 600 kg. Cada cultivar teve um lote segregado para permitir a coleta, que foi realizada a cada 2 meses ao longo de um período total de 8 meses.

Amostras desses lotes foram retiradas, acondicionadas em sacos de papel kraft e armazenadas em condições controladas de temperatura e umidade em uma câmara fria na Unidade de Beneficiamento de Sementes do Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná – IAPAR-EMATER (IDR-Paraná). O restante das sementes dos lotes permaneceu nos big bags e ficaram armazenadas em um armazém convencional, sujeitas à temperatura e umidade relativa do ambiente no galpão da SL alimentos na cidade de Tamarana-PR.

O início do armazenamento deu-se no mês de janeiro de 2023 e as sementes permaneceram armazenadas até o mês de agosto de 2023. Os dados médios de temperatura e umidade relativa do ar para o ambiente de câmara fria e para o armazém convencional, sem condições controladas, estão apresentados na (Figura 4).

Figura 4 – Temperatura e umidade relativa do ar nos ambientes de armazenamento das sementes.



Fonte: elaborado pelo autor.

Para os big bags, amostragens foram realizadas com o auxílio de caladores tipo graneleiros em cada período de coleta. Já os sacos de papel kraft foram homogeneizados, e as amostras foram separadas em pacotes individuais, de modo que em cada época de amostragem, um pacote fosse coletado e levado ao laboratório para a realização das análises.

As análises de qualidade fisiológica foram conduzidas no Laboratório de Sementes do IDR-Paraná, localizado em Londrina, PR, as quais foram:

- a) **Teor de água:** realizado pelo método em estufa a 105 ± 3 °C, por um período de 24 horas, utilizando-se duas repetições de 100 sementes (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem.
- b) **Peso de mil sementes:** obtido mediante a contagem e a pesagem de oito repetições de 100 sementes por tratamento. A média desses valores foi multiplicados por 10 para obtenção do valor da massa de mil sementes (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em gramas.
- c) **Teste de germinação e primeira contagem:** realizados com quatro repetições de 50 sementes, em papel toalha Gemitest umedecido com água, com pH entre 6,0 e 7,5, na proporção de 2,5 vezes a massa do substrato. Os rolos de papel foram mantidos em germinador sob temperatura de 20 °C por sete dias. A avaliação foi feita em duas contagens, aos quatro (primeira contagem – PC) e aos sete dias (germinação total - G) após a instalação do teste, computando-se a porcentagem de plântulas normais, anormais e sementes mortas (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem.
- d) **Comprimento de plântulas:** realizado a partir da semeadura de cinco

repetições de 20 sementes, no terço superior da folha de papel Germitest, umedecido com água, na proporção de 2,5 vezes a massa do papel seco. Os rolos de papel contendo as sementes permaneceram por quatro dias em germinador, à temperatura de 20 °C, quando então foram medidos o comprimento das plântulas normais, com auxílio de uma régua graduada. O comprimento médio das plântulas foi obtido somando-se as medidas de cada repetição e dividindo-se pelo número de plântulas normais, sendo os resultados expressos em centímetros por plântula.

- e) **Massa seca de plântulas:** a parte aérea e a raiz das plântulas normais do teste de comprimento de plântulas foram cortadas e separadas do restante das sementes (tecido de reserva), colocadas em sacos de papel e levadas à estufa com circulação de ar forçada, regulada à temperatura de 80 °C, durante 24 horas. Ao final desse período, a massa seca foi avaliada em balança com precisão de 0,001 g, e os resultados expressos em miligramas por plântula.
- f) **Emergência de plântulas em areia e índice de velocidade de emergência:** realizado em casa de vegetação, com oito repetições de 25 sementes, utilizando-se caixas plásticas, contendo areia previamente lavada, peneirada e esterilizada. Na semeadura, as sementes foram cobertas com uma camada de três cm de areia, na umidade de 60% de sua capacidade de retenção máxima, com irrigações diárias para manter o substrato na umidade descrita. A avaliação do número de plântulas emergidas foi realizada a partir do primeiro dia de emergência, sendo que, durante o período de 15 dias foram realizadas contagens diárias do número de plântulas emergidas. Esta contagem foi realizada sempre no mesmo horário. A porcentagem de emergência de plântulas foi obtida no 15º dia após a instalação do teste. O cálculo do índice de velocidade de emergência seguiu a equação de Marcos Filho (1999).
- g) **Teste de condutividade elétrica:** Foram avaliadas quatro repetições de 50 sementes, fisicamente puras, pesadas com precisão de duas casas decimais (0,01g), imersas em 75mL de água destilada e mantidas em germinador a 25°C por 24 horas. Após esse período, a condutividade elétrica da solução foi determinada por meio de leituras em condutímetro GEHAKA, modelo CG 2000, com resultados expressos em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ de semente.
- h) **Teste de envelhecimento acelerado:** As sementes foram distribuídas sobre telas de inox, em camada única, colocadas dentro de caixa de plástico (11,0 x

11,0 x 3,5 cm), contendo no fundo 40 mL de água. As caixas, tampadas, foram mantidas em câmara BOD, utilizando-se temperatura e períodos de exposição de 40 °C / 24 h. Após o envelhecimento, quatro subamostras de 50 sementes por repetição, por lote foram submetidas ao teste de germinação, conforme metodologia já descrita, com avaliação no quinto dia após a instalação do teste.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado e os dados coletados foram submetidos as análises de variância conjunta conforme metodologia descrita por Barbin (2003). Os experimentos foram analisados quanto a variabilidade (razão entre o maior quadrado médio do resíduo pelo menor) e se inferior a 7, foram considerados homogêneos. Se a interação do tratamento com o experimento foi significativa, ainda que os experimentos foram homogêneos, foi realizado o teste por experimento, mas utilizando o quadrado médio do resíduo conjunto. As pressuposições de normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias foram testadas por Shapiro-Wilk e Bartlett a 5% de significância, respectivamente. Todas as análises foram realizadas com o auxílio do software R (R Core Team, 2023), utilizando os pacotes AgroR (SHIMIZU et al., 2023) e AgroReg (SHIMIZU; GONÇALVES, 2023).

3 RESULTADOS

3.1 IPR AFRODITE

Na análise de variância a razão dos quadrados médios dos resíduos foi maior que 7 nos testes de teor de água (TA) e massa seca de raiz (MSRA), por essa razão para esses testes foram realizadas análises individuais (BARBIN, 2003). Para os demais, cujos valores foram menores que 7, realizou-se análise conjunta de ambientes (Tabela 1).

Tabela 1 – Resumo do quadro da análise de variância com os valores de quadrado médio do resíduo para cultivar IPR Afrodite.

FV	TA	PCG	GERM	EA	COND	EC
Tempo	0,26	18,85	27,35	176,35	18,67	22,11
Ambiente	3,88	6,40	8,10	0,40	20,03	4,90
Ambiente × Tempo	0,51*	5,65	4,85	42,15*	4,59*	5,35
Resíduo conjunto	0,01	3,60	2,90	13,67	1,56	8,23
Razão QmRes	27,24	1,12	1,07	1,38	3,06	2,81
<i>Armazém</i>						
Trat	0.3556**	-	-	84.30**	20.64**	-
Res	0.0009	-	-	13,67	1,56	-
<i>Câmara Fria</i>						
Trat	0.4171**	-	-	134.20**	2.62	-
Res	0.02534	-	-	13,67	1,56	-
FV	IVE	CPPA	CPR	MSRA	MSPA	PMS
Tempo	0,16203	15,13**	117,75**	0,0025**	0,00063**	18,33
Ambiente	0,00039	0,16	1,37	0,0002	0,00027**	102,07
Ambiente × Tempo	0,21003	1,52	2,63	0,0001	0,00002	21,84**
Resíduo conjunto	0,09773	0,14	1,88	0,0002	0,00003	1,00
Razão QmRes	2,48	1,12	1,42	17,71	1,46	2,06
<i>Armazém</i>						
Tempo	-	-	-	0.00101**	-	23.87**
Res	-	-	-	0.00002	-	1,00
<i>Câmara Fria</i>						
Ambiente	-	-	-	0.00163*	-	16.31**
Res	-	-	-	0.00002	-	1,00

*, ** Significativo a 5 e 1% pelo teste F de Fisher, respectivamente.

TA = Teor de água; PCG = primeira contagem do teste de germinação; GERM = germinação total; EA: Envelhecimento acelerado; COND = Condutividade elétrica; EC = emergência de plântulas em campo; IVE = índice de velocidade de emergência; CPPA = Comprimento de plântula parte aérea; CPR = Comprimento de plântula raiz; MSPA = Massa seca de parte aérea; MSR = Massa seca de raiz; PMS = Peso de mil sementes.

Fonte: elaborado pelo autor.

Os testes de primeira contagem do teste de germinação, germinação total, emergência de plântulas em campo e índice de velocidade de emergência não apresentaram diferença estatística para os fatores tempo e ambiente (Tabela 1). Importante salientar que a germinação e o vigor dessas sementes podem ser considerados alto, uma vez que a porcentagem total de germinação ficou acima de 95% e o vigor acima de 90% (Tabela 2).

Tabela 2 – Médias dos testes de primeira contagem do teste de germinação (PCG - %), germinação total (GERM - %), emergência de plântulas em campo (ECAMPO - %) e índice de velocidade de emergência (IVE) para sementes da cultivar IPR Afrodite armazenadas em câmara fria e armazém por 8 meses.

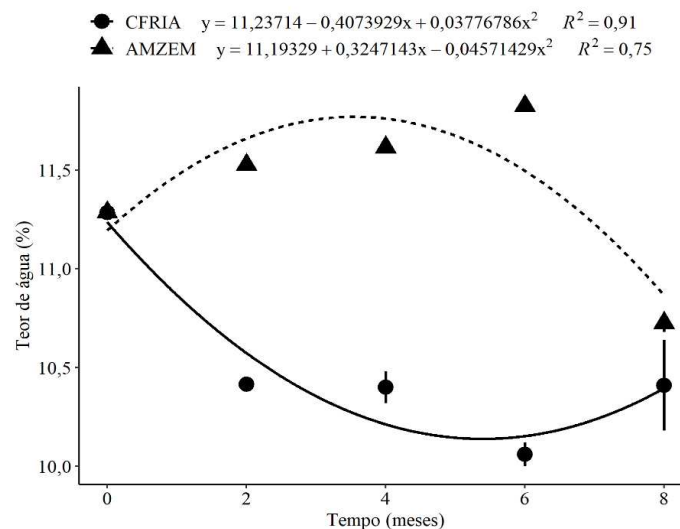
Afrodite	PCG	GERM	EC	IVE
Ambiente				
CFRIA	96,70	97,00	93,05	8,23
AMZEM	95,90	96,10	92,35	8,22
Tempo (Meses)				
0	97,50	97,50	93,05	8,45
2	97,50	98,75	91,50	8,26
4	94,50	94,50	90,50	8,07
6	97,25	97,25	94,25	8,19
8	94,75	94,75	94,20	8,16

GERM = germinação total; EA = envelhecimento acelerado; ECAMPO = emergência de plântulas em campo; IVE = índice de velocidade de emergência.

Fonte: elaborado pelo autor.

Os resultados do teor de água (TA) das sementes da cultivar IPR Afrodite apresentaram diferença estatística para o período de armazenamento nos dois sistemas (Tabela 1). Na câmara fria (CFRIA) apresentaram inicialmente queda nos valores, sendo que a partir do 6º mês os valores apresentaram um aumento. Já para as sementes no armazém convencional (AMZEM), o teor de água aumentou até o quarto mês, quando então houve um declínio nos valores (Figura 5).

Figura 5 – Teor de água (%) das sementes de aveia granífera cultivar IPR Afrodite armazenadas em câmara fria (CFRIA) e em armazém convencional (AMZEM) por 8 meses.

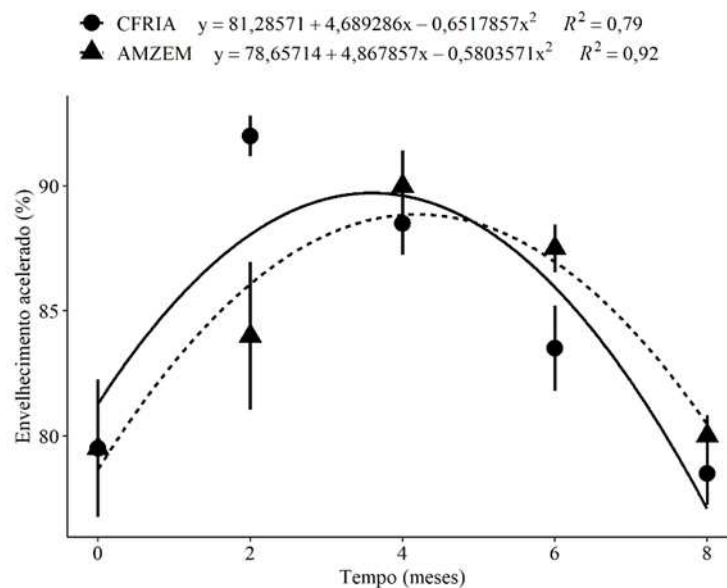


Fonte: elaborado pelo autor.

Os resultados de teste de germinação após o envelhecimento acelerado (EA) para as sementes da cultivar IPR Afrodite apresentaram interação estatística

significativa entre os sistemas e o período de armazenamento (Tabela 1). Ambas as curvas da CFRIA e AMZEM tiveram comportamentos semelhantes, sendo que aos quatro meses de armazenamento houve um declínio do percentual de vigor nos dois sistemas testados (Figura 5). Entre os sistemas a CFRIA apresentou maiores valores no início, mas a partir do quarto mês as sementes armazenadas no AMZEM apresentaram maiores valores.

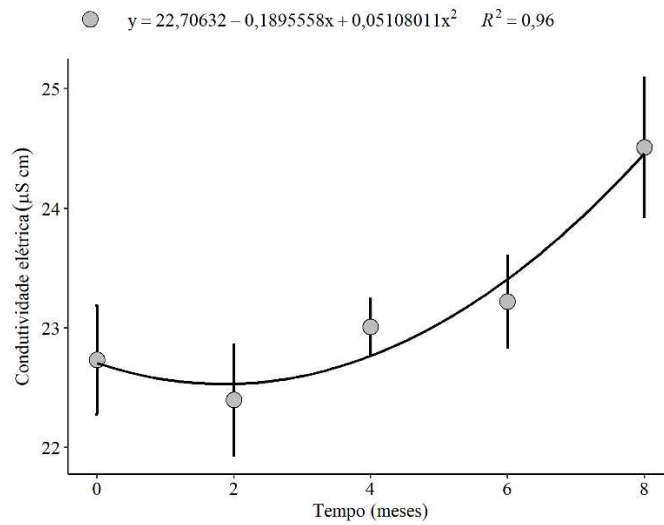
Figura 6 – Envelhecimento acelerado (EA) das sementes de aveia granífera da cultivar IPR Afrodite armazenadas em câmara fria (CF) e em armazém convencional (AMZEM) por 8 meses.



Fonte: elaborado pelo autor.

Os resultados do teste de condutividade elétrica apresentaram interação estatística significativa entre os sistemas e o período de armazenamento (Tabela 1). As sementes armazenadas em AMZEM apresentaram aumento de valores de condutividade elétrica a partir do segundo mês até o final do período estudado (Figura 6). Para as sementes em CFRIA não houve diferença nos valores ao longo de tempo (dados não apresentados).

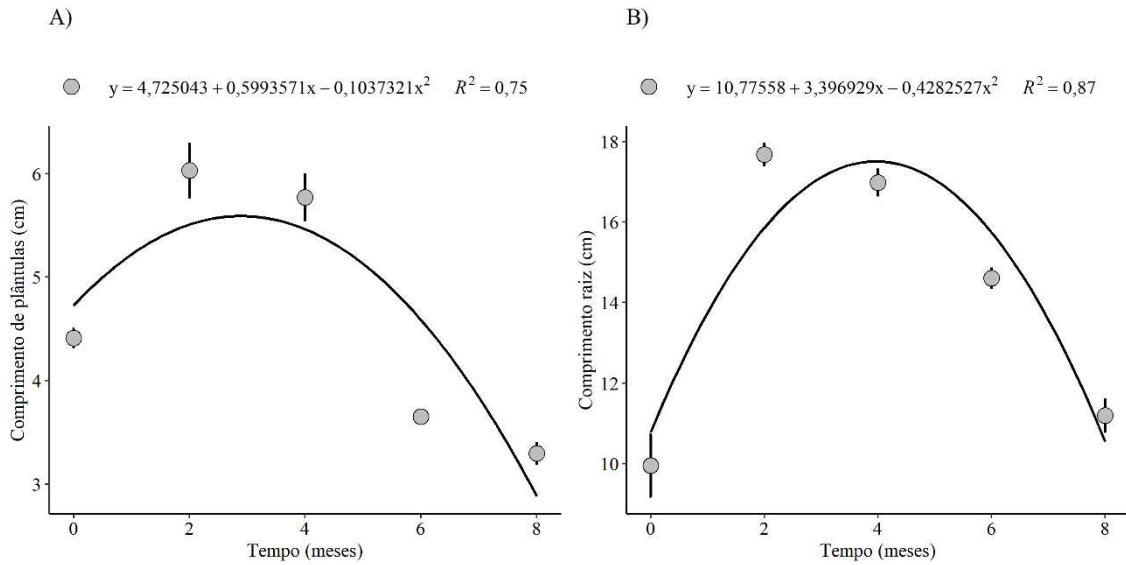
Figura 7 – Condutividade elétrica (CE) das sementes de aveia granífera da cultivar IPR Afrodite armazenadas em armazém convencional (AMZEM) por 8 meses.



Fonte: elaborado pelo autor.

Os resultados do teste de comprimento de plântulas tanto para parte aérea quanto para a raiz apresentaram diferença estatística significativa somente para o tempo de armazenamento (Tabela 1). Os valores de comprimento de parte aérea (Figura 7A) apresentaram um declínio a partir do quarto mês de armazenamento, permanecendo em declínio até o oitavo mês. Para os resultados de comprimento de raiz, houve um aumento dos valores até o quarto mês de armazenamento, e em seguida houve um declínio que perdurou até o oitavo mês (Figura 7B).

Figura 8 – Comprimento de parte aérea (A) e de raiz (B) das sementes de aveia granífera da cultivar IPR Afrodite armazenadas em armazém convencional (AMZEM) por 8 meses.

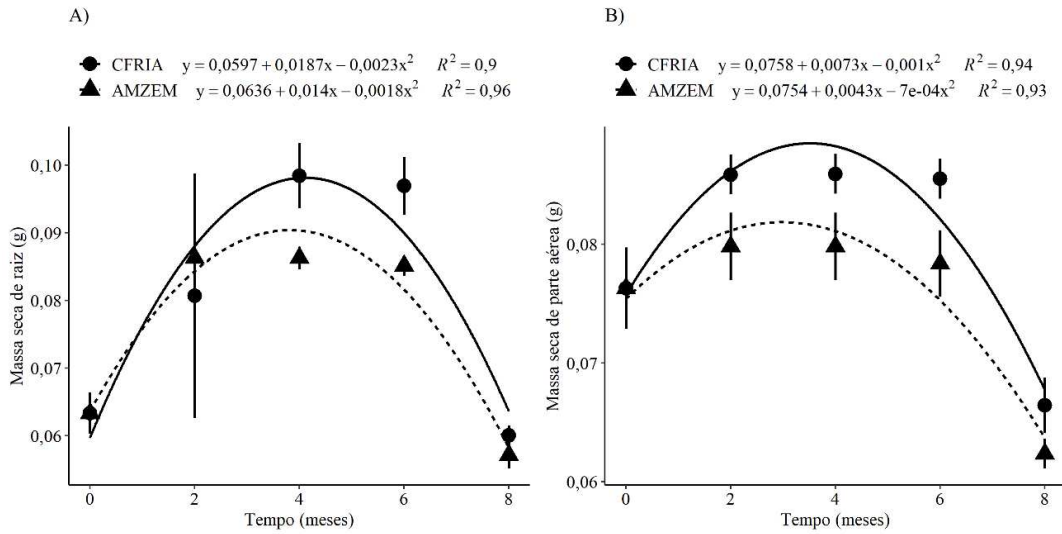


Fonte: elaborado pelo autor.

Os resultados de massa seca de raiz demonstraram haver diferença estatística significativa tanto para sistemas quanto tempo de armazenamento (Tabela 1). Em ambos os sistemas se observou um aumento dos valores até o quarto mês e após esse período ocorreu declínio que permaneceu até o oitavo mês de armazenagem (Figura 8A), com maiores valores para a CFRIA do que para o AMZEM em todo o período.

Entre os resultados de massa seca de parte aérea não houve interação estatisticamente significativa entre os fatores, sendo que se verificou que para a CFRIA os valores foram maiores que para o AMZEM, e em ambos se verificou aumento até o quarto mês, quando começou a diminuir o valor (Figura 8B).

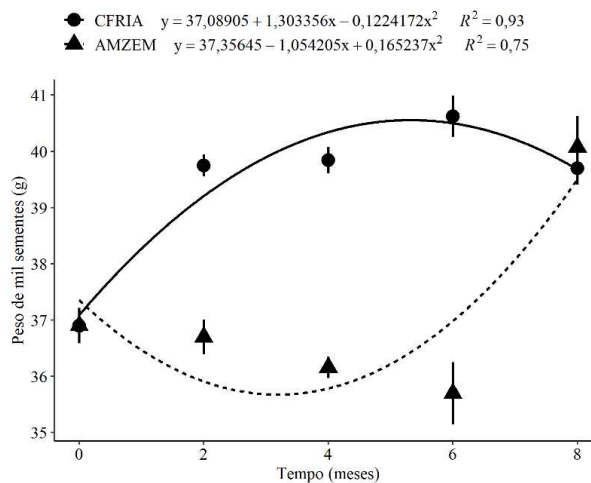
Figura 9 – Massa seca de raiz (A) e massa seca de parte aérea (B) das sementes de aveia granífera da cultivar IPR Afrodite armazenadas em câmara fria (CFRIA) e armazém convencional (AMZEM) por 8 meses.



Fonte: elaborado pelo autor.

Os resultados de peso de mil sementes (PMS) apresentaram interação estatisticamente significativa entre os sistemas e períodos de armazenamento (tabela 1), sendo que as sementes armazenadas em CFRIA apresentaram valores maiores que no AMZEM durante todo o período de armazenamento, apresentando poucas mudanças ao longo do período. Já para as sementes do AMZEM verificou-se um declínio já a partir de dois meses de armazenamento até o sexto mês. Os maiores valores no AMZEM no oitavo mês de armazenagem podem ser considerados *outlier* e não representam a realidade dos dados.

Figura 10 – Peso de mil sementes de aveia granífera da cultivar IPR Afrodite armazenadas em câmara fria (CFRIA) e armazém convencional (AMZEM) por 8 meses.



Fonte: elaborado pelo autor.

3.2 IPR ANDRÔMEDA

Na análise de variância a razão dos quadrados médios dos resíduos foi maior que 7 nos testes de teor de água (TA) e condutividade elétrica (COND), por essa razão para esses testes foram realizadas análises individuais. Para os demais cujos valores foram menores que 7 realizou-se análise conjunta de ambientes (Tabela 3).

Tabela 3 – Resumo do quadro da análise de variância com os valores de quadrado médio do resíduo para cultivar IPR Andrômeda.

FV	TA	PCG	GERM	EA	COND	EC
Tempo	1,14	163,35	36,85	35,35	514,76	20,91
Ambiente	7,39*	72,90	102,40	1,60	63,19	145,16
Ambiente × Tempo	0,85*	14,65	14,15	16,85	227,29	26,54*
Resíduo conjunto	0,22	23,03	13,93	24,87	316,65	6,98
Razão QmRes	29,19	1,18	1,42	3,47	11,25	1,03
<i>Armazém</i>						
Trat	1,87**	-	-	-	489,31**	28,76**
Res	0,01	-	-	-	51,70	6,98
<i>Câmara Fria</i>						
Trat	0,11	-	-	-	252,74	18,69
Res	0,42	-	-	-	581,59	6,98
FV	IVE	CPPA	CPR	MSRA	MSPA	PMS
Tempo	1,095	24,40**	205,50	0,00360**	0,00092*	3,05
Ambiente	1,009	0,010	129,46	0,00003	0,00022	931,48*
Ambiente × Tempo	0,212	0,305	128,94	0,00001	0,00003	96,80**
Resíduo conjunto	0,088	0,191	131,84	0,00002	0,00003	11,02
Razão QmRes	1,03	1,11	175,59	1,60	1,48	20,43
<i>Armazém</i>						
Trat	-	-	-	-	-	43,35**
Res	-	-	-	-	-	1,02
<i>Câmara Fria</i>						
Trat	-	-	-	-	-	56,51*
Res	-	-	-	-	-	21,02

*, ** Significativo a 5 e 1% pelo teste F de Fisher, respectivamente.

Fonte: elaborado pelo autor.

Os testes de primeira contagem do teste de germinação, germinação total, envelhecimento acelerado, índice de velocidade de emergência e comprimento de plântulas raiz não apresentaram diferença estatística para os fatores tempo e ambiente (Tabela 4).

Tabela 4 – Médias dos testes de primeira contagem do teste de germinação (PCG - %), germinação total (GERM - %), envelhecimento acelerado (ENVACEL - %), índice de velocidade de emergência (IVE) e comprimento de plântulas raiz (CPR – cm) para sementes da cultivar IPR Andrômeda.

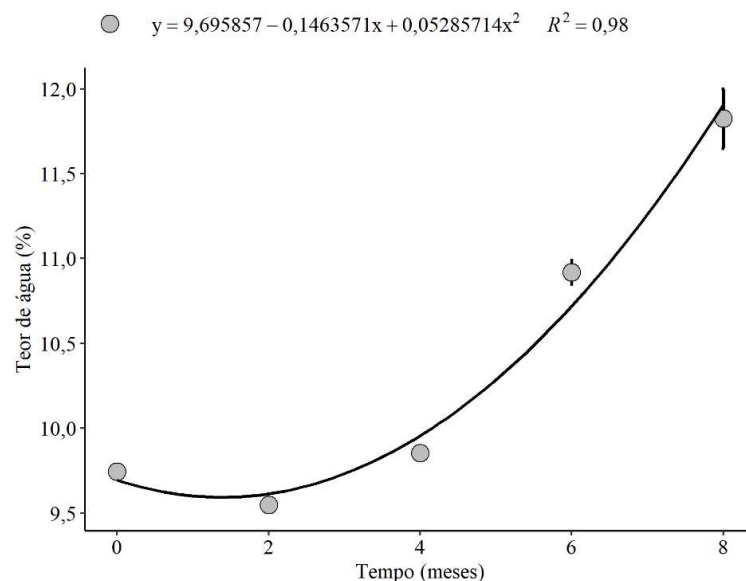
	PCG	GERM	ENVACEL	IVE	CPR
Ambiente					
CFRIA	88,90	91,90	79,50	8,02	14,54
AMZEM	86,20	88,70	79,10	7,70	11,32
Tempo (meses)					
0	91,50	91,50	81,00	8,40	5,70
2	79,75	93,50	78,50	8,01	15,41
4	88,50	88,50	81,75	7,77	13,97
6	88,75	88,75	78,75	7,72	11,99
8	89,25	89,25	76,50	7,40	17,60

PCG = primeira contagem; GERM =germinação; ENVACEL = envelhecimento acelerado; IVE = índice de velocidade de emergência; CPR = comprimento de parte aérea.

Fonte: elaborado pelo autor.

Os resultados referentes ao teor de água (TA) nas sementes da variedade IPR Andrômeda revelaram diferenças estatísticas apenas para o período de armazenamento no AMZEM (Tabela 3). O teor de água permaneceu estável até aproximadamente o segundo mês de armazenamento, demonstrando um aumento significativo nos valores a partir do quarto mês de armazenagem (Figura 11).

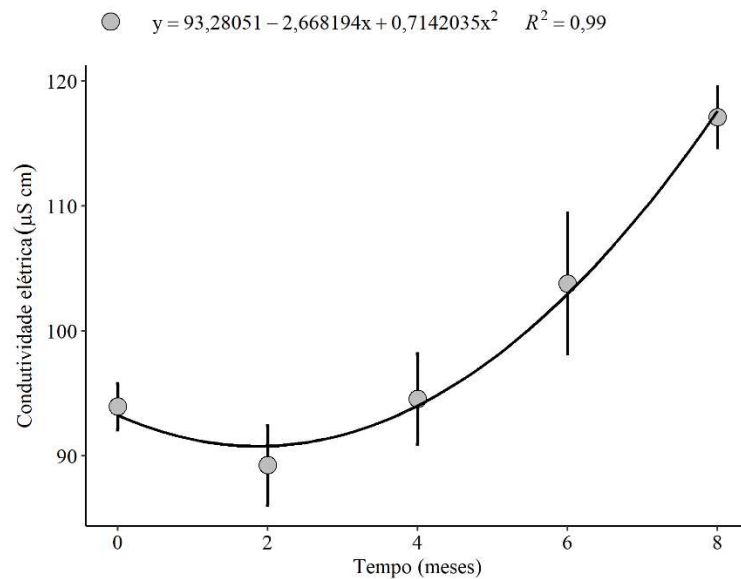
Figura 11 – Teor de água (%) das sementes de aveia granífera cultivar IPR Andrômeda armazenadas em armazém convencional (AMZEM) por 8 meses.



Fonte: elaborado pelo autor.

Os resultados de condutividade elétrica em sementes da cultivar IPR Andrômeda apresentaram diferenças estatísticas apenas para o sistema de armazenamento em AMZEM (Tabela 3). Ocorreu aumento da condutividade elétrica a partir do segundo mês até o final do período estudado (Figura 12).

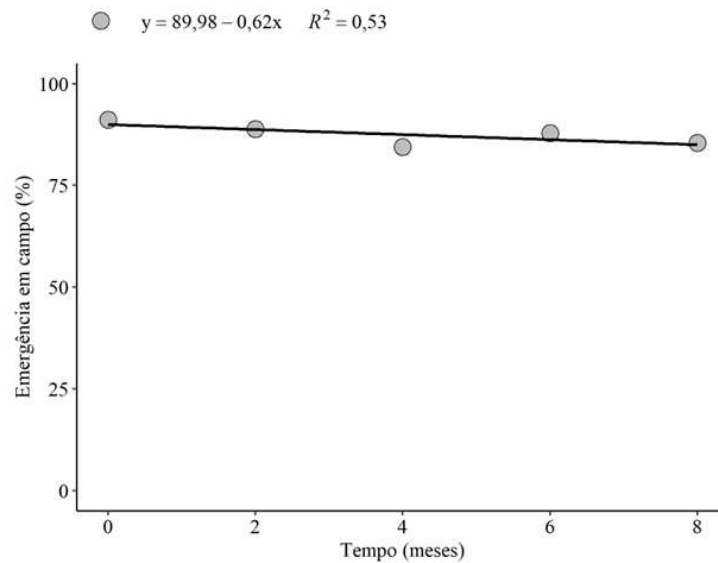
Figura 12 – Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$) das sementes de aveia granífera cultivar IPR Andrômeda armazenadas em armazém convencional (AMZEM) por 8 meses.



Fonte: elaborado pelo autor.

Os resultados de emergência em campo nas sementes da cultivar IPR Andrômeda apresentaram interação estatística significativa entre ambiente e tempo, com diferença somente para o sistema de armazenamento AMZEM (Tabela 3), que apresentou uma equação linear, verificando-se estabilidade nos valores obtidos do início ao fim do período de armazenamento de 8 meses (Figura 13).

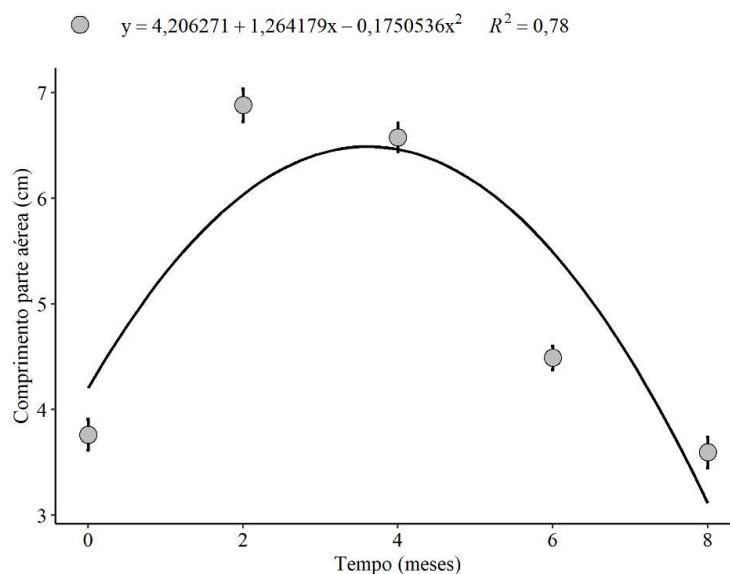
Figura 13 – Emergência em campo (%) das sementes de aveia granífera cultivar IPR Andrômeda armazenadas em armazém convencional (AMZEM) por 8 meses.



Fonte: elaborado pelo autor.

Os resultados do comprimento da parte aérea apresentaram diferença estatística significativa somente para o tempo de armazenamento (Tabela 3). Os valores de comprimento de parte aérea apresentaram um declínio a partir do quarto mês de armazenamento, permanecendo assim até o oitavo mês (Figura 14).

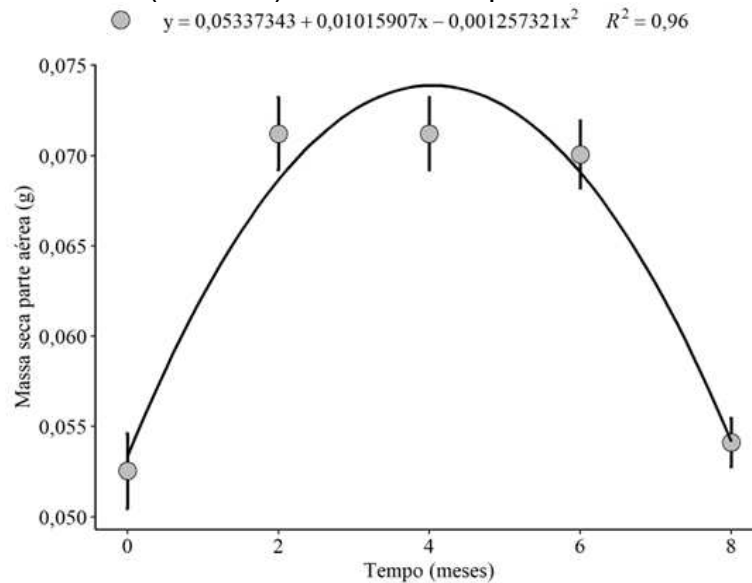
Figura 14 – Comprimento de parte aérea de plântulas (cm) das sementes de aveia granífera cultivar IPR Andrômeda armazenadas em armazém convencional (AMZEM) por 8 meses.



Fonte: elaborado pelo autor.

Os resultados de massa seca de plântulas tanto para parte aérea quanto para a raiz apresentaram diferença estatística significativa somente para o tempo de armazenamento (Tabela 3). Os valores de massa seca de parte aérea (Figura 15) apresentaram um declínio a partir do quarto mês de armazenamento, permanecendo em declínio até o oitavo mês.

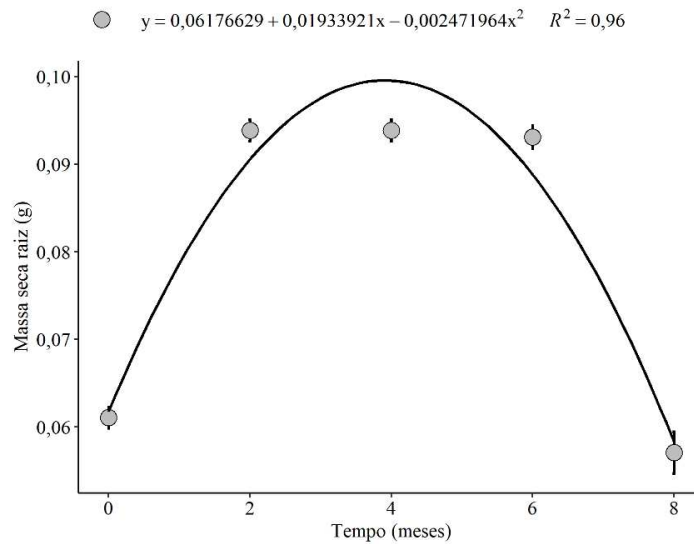
Figura 15 – Média de massa seca parte aérea de plântulas (g) das sementes de aveia granífera cultivar IPR Andrômeda armazenadas em armazém convencional (AMZEM) e câmara fria por 8 meses.



Fonte: elaborado pelo autor.

Os valores de massa seca de raiz (Figura 16) nas sementes da cultivar IPR Andrômeda apresentaram um declínio a partir do quarto mês de armazenamento, permanecendo em declínio até o oitavo mês.

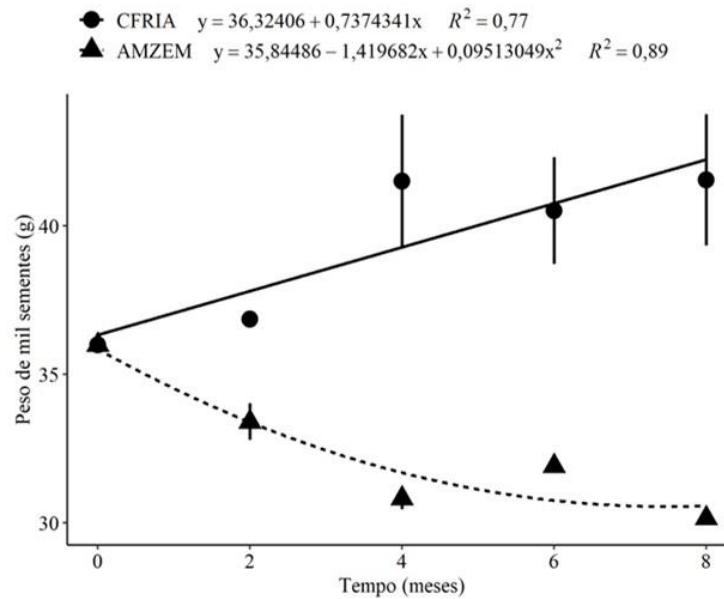
Figura 16 – Média de massa seca de parte raiz de plântulas (g) das sementes de aveia granífera cultivar IPR Andrômeda armazenadas em armazém convencional (AMZEM) e câmara fria por 8 meses.



Fonte: elaborado pelo autor.

Os resultados de peso de mil sementes (PMS) nas sementes da cultivar IPR Andrômeda apresentaram interação estatística significativa para os ambientes e tempo de armazenamento (Tabela 3). No AMZEM os valores de PMS das amostras apresentaram um declínio já a partir do primeiro mês de armazenamento, permanecendo em declínio até o oitavo mês. Já para as sementes armazenadas na CFRIA os valores demonstram um aumento durante todo período de armazenamento (Figura 17).

Figura 17 – Peso de mil sementes (g) de aveia granífera cultivar IPR Andrômeda armazenadas em armazém convencional (AMZEM) e câmara fria (CFRIA) por 8 meses.



Fonte: elaborado pelo autor.

3.3 URS CORONA

Na análise de variância a razão dos quadrados médios dos resíduos foi maior que 7 nos testes de teor de água (TA) e Massa seca de raiz (MSRA), por essa razão para esses testes foram realizadas análises individuais. Para os demais cujos valores foram menores que 7 realizou-se análise conjunta de ambientes (Tabela 5).

Tabela 5 – Resumo do quadro da análise de variância com os valores de quadrado médio do resíduo para cultivar URS Corona.

FV	TA	PCG	GERM	EA	COND	EC
TEMPO	0.47	92.35*	35.15*	83,75*	743.42	52.11
AMBIENTE	4.21	6.40	10,00	0,0001	62.99	172.23
TEMPO X AMBIENTE	1.20**	4,65	3,25	9,25	223.29	36.02
Resíduo conjunto	0.04	16,33	4,13	13,20	417.67	8,49**
Razão QmRes	16.66	2,29	1,14	2,60	4.65	2,89
<i>Armazém</i>						
TEMPO	0.549*	-	-	-	-	69.95*
Res	0.077	-	-	-	-	8,49
<i>Câmara Fria</i>						
TEMPO	1.120**	-	-	-	-	18.18
Res	0.005	-	-	-	-	8,49
FV	IVE	CPPA	CPR	MSRA	MSPA	PMS
TEMPO	0.863	25.768**	78.954*	0.0026*	0.000108	44.946
AMBIENTE	1.402	1.665	5.255	0.0028*	0.000005	19.833
TEMPO X AMBIENTE	0.240	1,055*	3.768*	0.0002	0.000077	56.445**
Resíduo conjunto	0,136	0,259	1,233	0.0011	0.00004	2.104
Razão QmRes	2,92	1,755	1,143	16,15	1,34	1.538
<i>Armazém</i>						
TEMPO	-	11.20*	35.109*	0.00159**	-	87.616**
Res	-	0,259	1,233	0.00013	-	2.104
<i>Câmara Fria</i>						
TEMPO	-	15,62*	47.613*	0.00118	-	13.775**
Res	-	0,259	1,233	0.0021	-	2.104

*, ** Significativo a 5 e 1% pelo teste F de Fisher, respectivamente.

TA = Teor de água; PCG = primeira contagem do teste de germinação; GERM = germinação total; EA = envelhecimento acelerado; COND = Condutividade elétrica; EC = emergência de plântulas em campo; IVE = índice de velocidade de emergência; CPPA = comprimento de plântula parte aérea; CPR = comprimento de plântula raiz; MSPA = massa seca de parte aérea; MSR = massa seca de raiz; PMS = peso de mil sementes.

Fonte: elaborado pelo autor.

Os testes de condutividade elétrica, índice de velocidade de emergência e massa seca de plântulas parte aérea não apresentaram diferença estatística para os fatores tempo e ambiente (Tabela 6).

Tabela 6 – Médias dos testes de condutividade elétrica (COND - $\mu\text{S cm}^{-1}$), índice de velocidade de emergência (IVE) e massa seca de plântulas parte aérea (MSPA – g) para sementes da cultivar URS Corona armazenadas em câmara fria e armazém convencional por 8 meses.

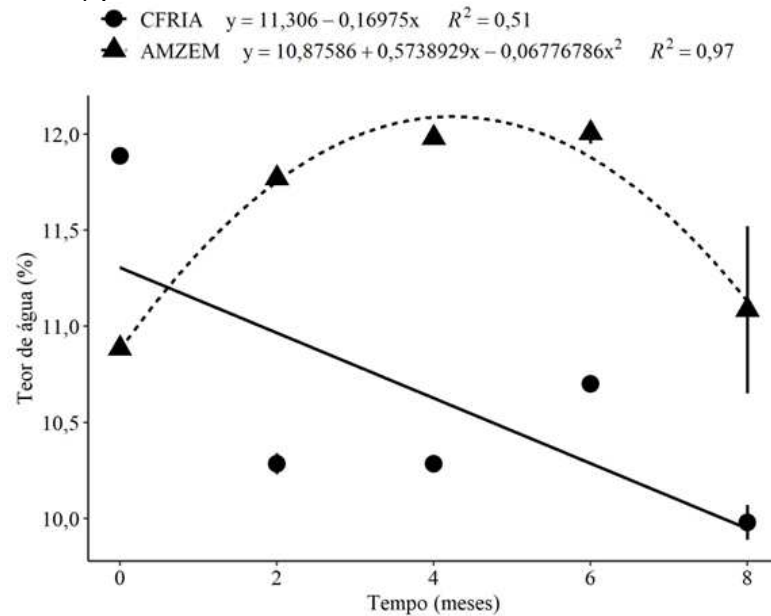
	COND	IVE	MSPA
Ambiente			
CFRIA	156,31	7,49	0,06
AMZEM	158,82	7,12	0,06
Tempo			
0	152,12	7,55	0,05
2	152,67	7,35	0,06
4	151,25	6,90	0,06
6	157,54	7,67	0,06
8	174,25	7,05	0,05

COND = condutividade elétrica; IVE - índice de velocidade de emergência; MSPA = massa seca de parte aérea.

Fonte: elaborado pelo autor.

Os resultados referentes ao teor de água (TA) nas sementes da variedade URS Corona apresentaram interação estatística significativa para ambiente e tempo de armazenamento (Tabela 5). Para as amostras armazenadas em CFRIA observou-se comportamento linear, com declínio desde o início das avaliações até o oitavo mês de coleta. Já para o armazenamento em AMZEM observou-se um aumento nos valores até o quarto mês seguido de um declínio que permaneceu até o oitavo mês de coletas de dados (Figura 18).

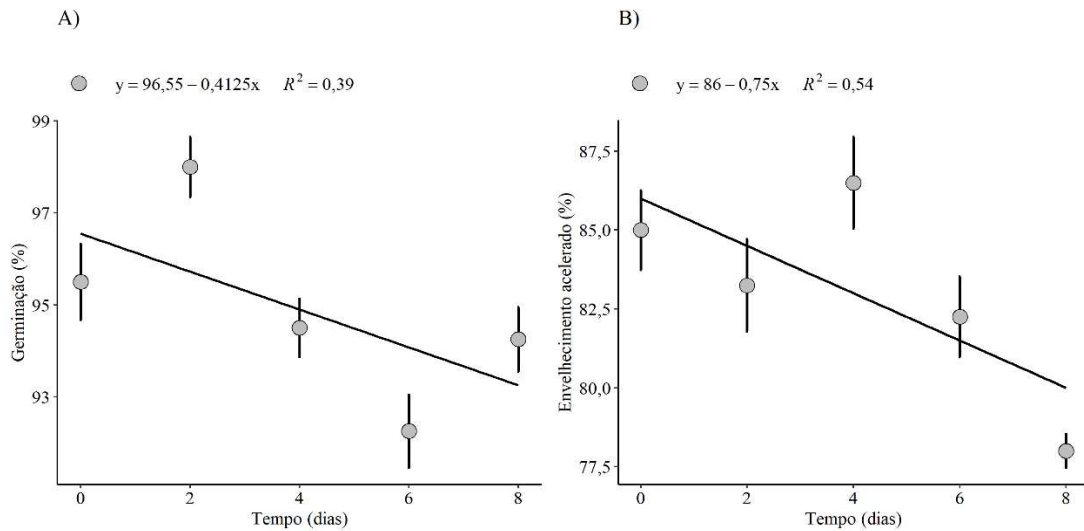
Figura 18 – Teor de água (%) das sementes de aveia granífera cultivar URS Corona armazenadas em armazém convencional (AMZEM) e câmara fria (CFRIA) por 8 meses.



Fonte: elaborado pelo autor.

Os resultados referentes a germinação (GER) e envelhecimento acelerado (EA) nas sementes da variedade URS Corona revelaram diferenças estatísticas somente para o tempo de armazenamento (Tabela 5). Ambos os testes apresentaram comportamento linear, com declínio dos valores desde o início das avaliações que permaneceu até o oitavo mês de coleta (Figuras 19A e 19B).

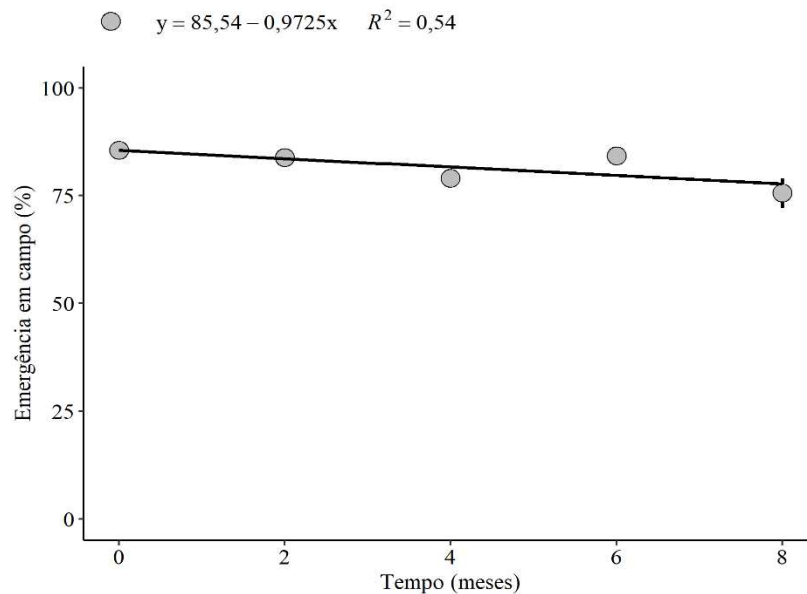
Figura 19 – Germinação (%) (A) e Envelhecimento acelerado (%) (B) das sementes de aveia granífera cultivar URS Corona armazenadas em armazém convencional (AMZEM) e câmara fria (CFRIA) por 8 meses.



Fonte: elaborado pelo autor.

Os resultados da emergência em campo das sementes da variedade URS Corona apresentaram diferença estatística significativa apenas para o tempo de armazenamento no ambiente AMZEM (Tabela 5). Os dados apresentaram resposta linear, com uma tendência de não se alterarem com o armazenamento, observando-se uma taxa pouca acentuada de declínio nos valores até o oitavo mês de coleta (Figura 20).

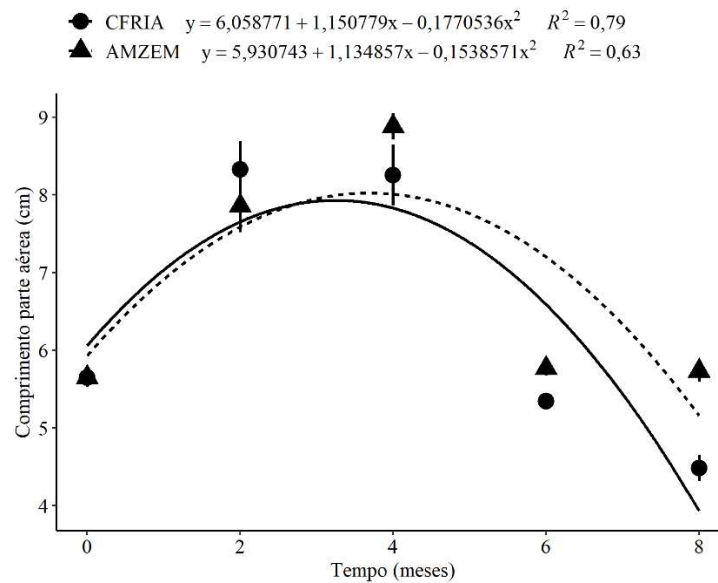
Figura 20 – Médias dos valores de Emergência em campo (%) das sementes de aveia granífera cultivar URS Corona armazenadas em armazém convencional (AMZEM) por 8 meses.



Fonte: elaborado pelo autor.

Os resultados de comprimento de plântula de parte aérea (cm) (CPPA) das sementes da variedade URS Corona apresentaram interação estatisticamente significativa entre os sistemas e períodos de armazenamento (Tabela 5). Entretanto o comportamento foi semelhante para as sementes armazenadas em CFRIA e em AMZEM verificou-se um aumento dos valores entre o tempo zero até o quarto mês, quando houve um declínio que perdurou até o oitavo mês de coleta de dados. Ao final do período o CPPA foi maior nas sementes armazenadas em AMZEM (Figura 21).

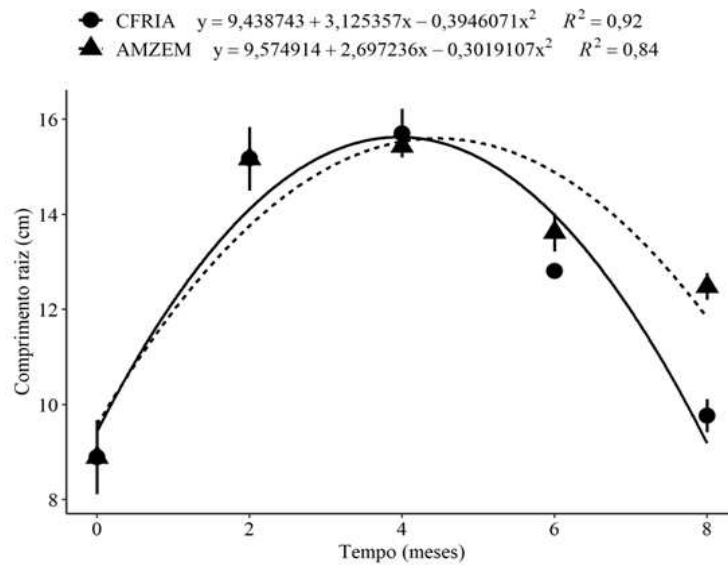
Figura 21 – Comprimento de plântula de parte aérea (cm) de aveia granífera da cultivar URS Corona armazenadas em câmara fria (CFRIA) e armazém convencional (AMZEM) por 8 meses.



Fonte: elaborado pelo autor.

Os resultados de comprimento de raiz (CPR) (cm) das sementes da variedade URS Corona apresentaram interação estatisticamente significativa entre os sistemas e tempo de armazenamento (Tabela 5). As sementes armazenadas CFRIA apresentaram um aumento dos valores entre o tempo zero até o quarto mês de armazenamento, seguido de um declínio que perdurou até o oitavo mês de coleta de dados. Para sementes armazenadas em AMZEM o comportamento foi semelhante, apresentando um aumento de valores entre o tempo zero até aproximadamente sexto mês de armazenagem e, em seguida um declínio que permaneceu até o oitavo mês (Figura 22).

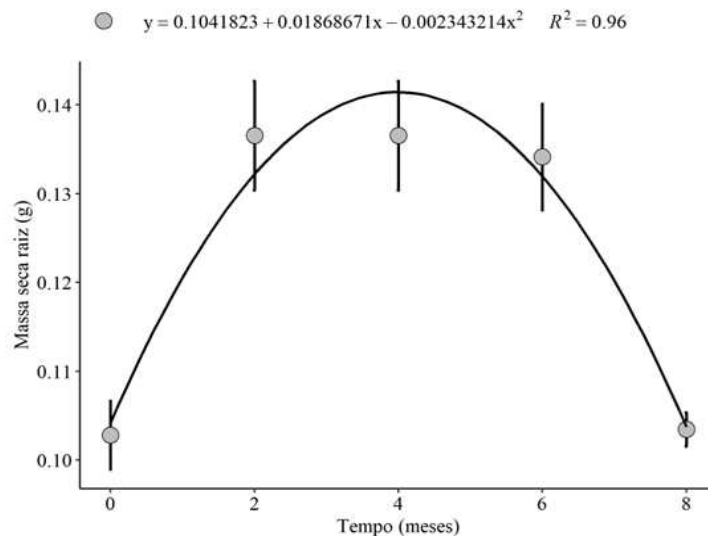
Figura 22 – Comprimento de plântula de raiz (cm) de aveia granífera da cultivar URS Corona armazenadas em câmara fria (CFRIA) e armazém convencional (AMZEM) por 8 meses.



Fonte: elaborado pelo autor.

Os resultados de massa seca de raiz (g) apresentaram diferença estatística para os sistemas e para o tempo de armazenamento de forma isolada, com resultados significativos somente para o AMZEM (Tabela 5). Os resultados apresentaram um aumento dos valores entre o tempo zero até o quarto mês de armazenamento, seguido de um declínio que perdurou até o oitavo mês de coleta (Figura 23).

Figura 23 – Média dos valores de massa seca de plântula - raiz (g) de aveia granífera da cultivar URS Corona armazenadas em armazém convencional (AMZEM) por 8 meses.

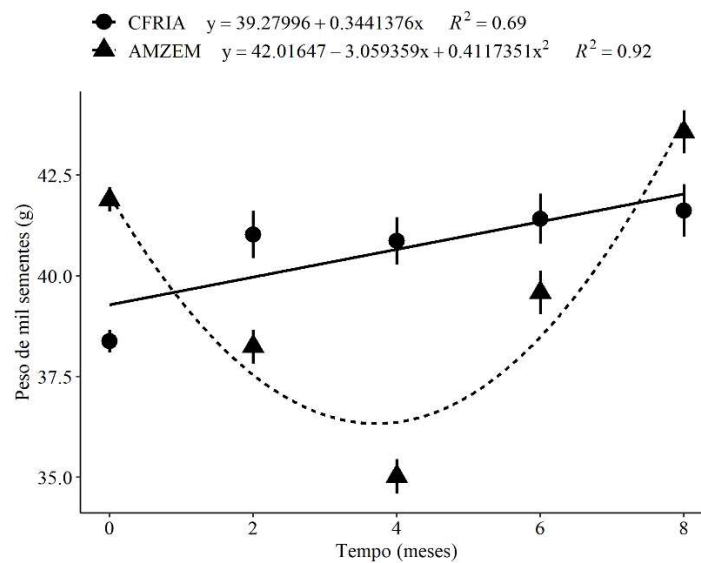


Fonte: elaborado pelo autor.

Os resultados de peso de mil sementes (PMS) apresentaram interação estatística significativa entre os ambientes e o tempo de armazenamento (Tabela 5).

Os valores das amostras armazenadas em CFRIA apresentaram um aumento já a partir do primeiro mês de armazenamento, permanecendo até o oitavo mês. Já para as sementes armazenadas em AMZEM os valores demonstram um declínio até o quarto mês de armazenagem, seguido de um aumento nos valores que perdurou até o oitavo mês de armazenamento (Figura 24).

Figura 24 – Peso de mil sementes (g) de aveia granífera cultivar URS Corona armazenadas em armazém convencional (AMZEM) e câmara fria (CFRIA) por 8 meses.

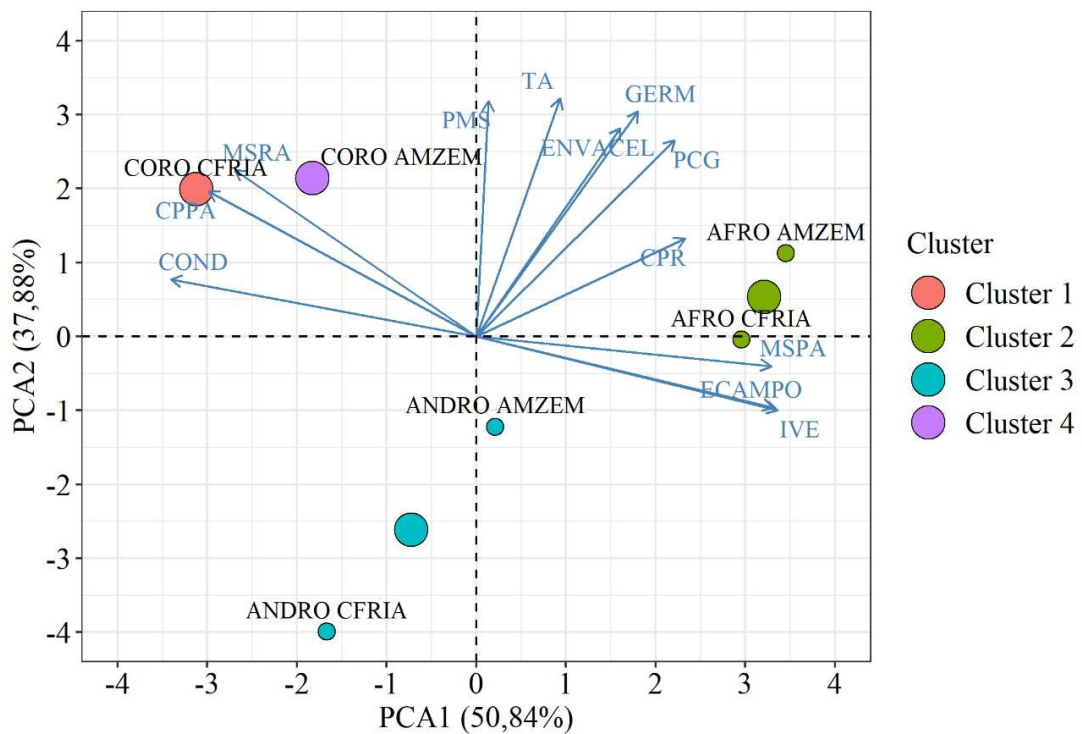


Fonte: elaborado pelo autor.

3.4 ANÁLISE CONJUNTA DOS CULTIVARES

A análise multivariada de componente principal (ACP) foi aplicada com as médias dos tempos de armazenamento e das cultivares IPR Afrodite, IPR Andrômeda e URS Corona para as variáveis germinação (%G), primeira contagem (PCG), peso de mil sementes (PMS), teor de água (TA), comprimento de plântula (CP), massa seca de plântula (MSP), índice de velocidade de emergência (IVE), emergência de plântulas em areia (EPA), condutividade elétrica e envelhecimento acelerado (EA) para verificar simultaneamente a influência dessas variáveis sobre o efeito do ambiente de armazenamento nas cultivares (Figura 25).

Figura 25 – Biplot da análise de componentes principais dos ambientes de armazenamento para as três cultivares de sementes de aveia granífera.



Fonte: elaborado pelo autor.

A dispersão dos tratamentos foi obtida com os dois primeiros componentes (PCA1 e PCA2) que explicaram 88,72 % da variância total existente entre eles. A componente principal PCA1 e a componente principal PCA2 contribuíram com 50,84% e 37,88%, respectivamente. A componente PCA1 foi formada por MSPA, ECAMPO, IVE, e ANDRO AMZEM e ANDRO CFRIA e AFRO CFRIA e propiciou a separação vertical. A componente PCA2 foi formada por CORO AMZEM, CORO FRIA, MSRA, CPPA, COND e separaram horizontalmente os tratamentos no biplot.

Assim, é possível verificar que como cada uma das cultivares ficou em um lado diferente do biplot, pode-se considerar que elas se comportaram de maneira diferente nos tratamentos de ambiente.

A cultivar ANDRO ficou longe dos testes de qualidade, indicando que os resultados do teste não conseguem explicar o comportamento dessa cultivar, já que ela foi a menos afetada pelo armazenamento, mas é possível também observar que para essa cultivar teve uma diferença entre os ambientes, com a CFRIA ficando mais afastada dos testes e das outras cultivares, mostrando que nesse caso pode ter ocorrido um melhor desempenho desse ambiente para essa cultivar.

Os resultados dos testes de COND, CPPA e MSRA explicam o comportamento da CORO, com diminuição da qualidade das sementes com o aumento do tempo do

armazenamento, não se verificando uma diferença entre os ambientes, já que ambos estão no mesmo quadrante. A cultivar AFRO também ficou com os ambientes próximos, não mostrando diferença, e os seus resultados são explicados principalmente pelos testes de MSPA, ECAMPO, IVE e CPR.

4 DISCUSSÕES

Os diferentes tipos de armazenamento testados não afetaram nem a germinação nem a emergência em campo das sementes de aveia granífera, indicando que tanto o armazém convencional como a câmara fria são ambientes favoráveis para a manutenção da germinação. Ao contrário do que foi observado por Da Silva (2021) em sua pesquisa com sementes de soja, na qual a análise da qualidade das sementes em relação ao período de armazenamento revelou que a porcentagem de plântulas normais no teste de germinação e emergência em areia começou a diminuir significativamente a partir de dois meses de armazenamento quando as sementes foram mantidas em um ambiente sem controle de temperatura e umidade, em comparação com aquelas armazenadas em câmara fria.

Em relação ao tempo de armazenamento, nos resultados de germinação somente verificou-se o efeito para a URS Corona, com queda de germinação ao longo do tempo. Dostatny, Kordulasinska e Maluszynska (2015) também observaram que as condições de armazenamento tiveram um impacto significativo na germinação das sementes de *Avena fatua*, reduzindo à medida que o tempo de armazenamento aumentava. Já para as cultivares Afrodite e Andromeda resultados similares foram reportados no trabalho de Ferreira et al. (2020), no qual os valores de germinação das sementes permaneceram acima do padrão estabelecido para a comercialização da espécie, independentemente do tipo de embalagem e das condições de armazenamento. Também Souza et al. (2009) verificaram que a armazenagem por 0 e 45 dias apresentou desempenho inferior em comparação com os 90 dias, devido à dormência natural dessa cultura, que é gradualmente superada ao longo do período de armazenamento. Entretanto, neste trabalho, para as cultivares de aveia granífera avaliadas, não foi necessária a realização da superação de dormência das sementes para realização do teste de germinação.

Em relação ao vigor das sementes, os testes utilizados para avaliar esse parâmetro apresentaram respostas diferentes de acordo com a cultivar. Esse comportamento vai de encontro com a definição de Marcos Filho (1999), que descreve os objetivos essenciais dos testes de vigor. De acordo com o autor, tais testes têm como propósito avaliar ou detectar diferenças significativas na qualidade fisiológica de lotes com germinação semelhante, distinguir com segurança lotes de alto e baixo vigor, e separar ou classificar lotes em diferentes níveis de vigor conforme seu comportamento em relação à emergência das plântulas em campo e ao potencial de armazenamento.

Destacam-se os resultados do teste de envelhecimento acelerado, o qual tem por princípio avaliar o comportamento das sementes após uma deterioração antecipada. Este teste mostrou diminuição do vigor das sementes com o tempo de armazenamento, com uma tendência de maior manutenção do vigor em câmara fria até 4 meses de armazenamento somente para a IPR Afrodite. O mesmo foi observado no estudo realizado por Passinato et al. (2017), que investigaram o teste de envelhecimento acelerado em sementes de aveia preta, e observaram um decréscimo no vigor das sementes após 135 dias de armazenamento, sugerindo um processo de degradação. Esse fenômeno também foi constatado em uma das três cultivares analisadas no trabalho atual. Isto pode ser explicado pelo fato de o teste de germinação ser realizado em condições ótimas para ocorrer à germinação, enquanto no teste de envelhecimento, as condições para a germinação simulam o ambiente no campo com temperatura e umidade relativa adversas (MARCOS-FILHO, 1999; TORRES; MARCOS FILHO, 2001).

Em relação ao índice de velocidade de emergência, o presente trabalho demonstra que não houve diferenças nos resultados, tanto para ambientes quanto para tempo de armazenamento. Estes resultados são diferentes dos observados por Ferreira et al. (2020), que verificaram em sementes de soja acondicionadas em ambiente natural e em ambiente refrigerado, que os melhores valores foram encontrados nas sementes acondicionadas em ambiente refrigerado.

A condutividade elétrica é outro teste que mostrou diminuição do vigor com o período de armazenamento, mas sem diferenciar os ambientes. Para avaliação da condutividade elétrica, Couto et al. (2021) observaram em sementes de soja que houve interação entre os fatores períodos e tratamentos na cultivar testada, com aumento de 87,8% na liberação de eletrólitos após 60 dias de armazenamento das

sementes. Resultados semelhantes foram observados no presente trabalho. Este fenômeno pode ser compreendido com base no estudo de Marcos et al. (2015), que indicaram que as sementes se deterioram ao longo do tempo, resultando em uma maior desorganização dos sistemas de membranas e, conseqüentemente, em uma maior liberação de eletrólitos, os quais podem ser quantificados através do teste de condutividade elétrica. O aumento de condutividade elétrica também foi verificado por Alencar et al. (2008), que inferiram que os maiores teores de água contribuem para a deterioração dos grãos devido à desnaturação da membrana celular provocando redução da taxa respiratória. Esta correlação foi observada neste trabalho em que os valores de teor de água e de condutividade elétrica foram maiores para duas das cultivares estudadas.

Com relação ao teor de água variações podem ocorrer ao longo do armazenamento devido à higroscopicidade, ou seja, a capacidade de absorção de água como destacado por Vanier et al. (2018), essas variações são provocadas por fatores externos, principalmente a umidade relativa e a temperatura do ar. Segundo Pohndorf (2012), flutuações no teor de água podem ser atribuídas às práticas de manejo do produto armazenado, juntamente com o gradiente de pressão de vapor estabelecido entre os grãos e o ar ambiente. Com o aumento da temperatura, o ar tem maior capacidade de absorver água, o que pode levar a mudanças no teor de umidade por meio de transferências de calor e massa. Isso tende a alcançar um equilíbrio higroscópico entre o produto e o ambiente, um processo que pode explicar o comportamento observado nas sementes de aveia analisadas neste estudo.

Já para peso de mil sementes em cevada, De Tunes et al. (2010) observaram que durante o armazenamento, a massa de mil sementes diminui, sem apresentar diferença significativa entre os períodos e tipos de armazenamento. Já para cultivar de aveia IPR Corona foi observada interação significativa entre ambientes. Esses achados corroboram os de Carneiro (2003), que, ao investigar a antecipação de colheita, secagem e armazenamento na qualidade de sementes de genótipos de trigo comum, constatou uma redução significativa na massa de mil sementes ao longo do período de armazenamento.

Para a variável comprimento das plântulas, as três cultivares testadas mostraram comportamentos semelhantes, aumentando os valores nos primeiros quatro meses e, em seguida, ocorrendo uma diminuição, sendo que para URS Corona houve interação entre tempo e ambiente e para as cultivares IPR Afrodite e IPR

Corona observou-se diferenças apenas para o tempo de armazenamento. Em sementes de cevada De Tunes et al. (2010) observaram que não ocorreu diferença do ambiente natural para o ambiente controlado entre os tipos de armazenamento para as cultivares testadas no comprimento da parte aérea e raiz, sendo que nem aos três ou seis meses de armazenamento. Por outro lado, Dan et al. (2010) observaram reduções no comprimento, independentemente de as sementes estarem ou não tratadas, durante o período de armazenamento em sementes de soja.

Nas três cultivares estudadas no presente trabalho a massa seca de plântula apresentou declínio ao longo do período de armazenamento. Diferentemente ao observado por Peixoto e Rafael (2012) em relação a massa seca de raiz e de parte aérea de sementes de nabo forrageiro, quando não houve diferença entre as sementes independente do tempo de armazenamento.

5 CONCLUSÕES

Os diferentes tipos de armazenamento testados não afetaram nem a germinação nem a emergência em campo das sementes de aveia granífera, indicando que tanto o armazém convencional como a câmara fria são ambientes favoráveis para a manutenção da germinação.

O armazenamento por até 8 meses é prejudicial para a germinação das sementes da cultivar URS Corona, mas não afeta as cultivares IPR Afrodite e IPR Andrômeda.

O vigor das sementes das cultivares URS Corona e a IPR Afrodite é reduzido com armazenamento.

Ocorre perda de matéria seca a partir do quarto mês de armazenamento no armazém convencional para todas as cultivares estudadas.

Referencias

CAPÍTULO II. ARTIGO B – QUALIDADE INDUSTRIAL DE GRÃOS DE AVEIA GRANÍFERA (*Avena sativa* L.) EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE ARMAZENAGEM

RESUMO

A preservação eficaz dos grãos de aveia durante o armazenamento desempenha um papel crucial na manutenção da qualidade e viabilidade dos produtos derivados desse cereal. As duas formas mais comuns de armazenamento são em silo refrigerado e em silo com aeração convencional, cuja diferença está no controle de temperatura e umidade proporcionado pelo sistema refrigerado, o que diminuiria o desenvolvimento de micro-organismos, preservando a integridade dos grãos, entretanto com maior custo de implantação que o sistema convencional. O objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade industrial de grãos de aveia granífera (*Avena sativa* L.) submetidos a diferentes condições de armazenagens. Foram avaliados dois tipos de armazenagens em silos metálicos, sendo uma em silo convencional, com aeração na temperatura ambiente, e outra em silo refrigerado, com aeração com ar refrigerado em torno de 12 °C (Marcold, modelo silodry 45/110). O monitoramento da temperatura e umidade relativa do ar no interior dos silos foi realizado pelo sistema de termometria. Os grãos ficaram armazenados pelo período de oito meses, e a cada dois meses realizaram-se as seguintes análises: teor de água, cinzas, proteína, aflatoxina, deoxinevalenol, zearalenona, acidez, peso hectolitro, resistência de grão, resistência ao descascamento, e peso de mil grãos e rendimento de grãos. O delineamento estatístico dos experimentos foram inteiramente casualizado e os dados coletados foram submetidos as análises de variância conjunta de ambientes, e quando significativa realizou-se a regressão para cada característica avaliada ao longo do tempo. Em aveia branca granífera o teor de proteína sem mantém até o quarto mês de armazenamento, e a partir desse período inicia a queda dos valores. Acidez aumenta durante o período de armazenamento de oito meses. Resistência de grãos e resistência ao descascamento diminuem durante o período de armazenamento. O silo refrigerado e silo de aeração convencional não diferem em relação a manutenção da qualidade industrial de grãos de aveia granífera durante o armazenamento.

Palavras-chave: silo convencional; silo refrigerado; proteína; acidez; resistência grão.

ABSTRACT

Effective preservation of oat grains during storage plays a crucial role in maintaining the quality and viability of products derived from this cereal. The two most common forms of storage are refrigerated silo and conventional aeration silo, with the difference lying in the temperature and humidity control provided by the refrigerated system, which would reduce the development of microorganisms, preserving the integrity of the grains, albeit with higher implementation costs than the conventional system. The aim of this study was to evaluate the industrial quality of oat grains (*Avena sativa* L.) subjected to different storage conditions. Two types of storage in metal silos were evaluated, one in a conventional silo with aeration at room temperature, and another in a refrigerated silo with air cooled to around 12°C (Marcold, model silodry 45/110). Monitoring of temperature and relative air humidity inside the silos was carried out using a thermometry system. The grains were stored for a period of eight months, and every two months the following analyses were performed: moisture content, ash content, protein content, aflatoxin, deoxynivalenol, zearalenone, acidity, hectoliter weight, grain resistance, peel resistance, and weight of one thousand grains and grain yield. The statistical design of the experiments was completely randomized, and the collected data were subjected to joint variance analyses, with regression performed for each characteristic evaluated over time when significant. In white oat grains, protein content decreased during the eight-month storage period. Acidity increased during the eight-month storage period. Grain resistance and peel resistance decreased during the storage period. Refrigerated silo and conventional aeration silo did not differ in maintaining the industrial quality of oat grains during storage.

Keywords: conventional silo; refrigerated silo; protein; acidity; grain of resistance.

1 INTRODUÇÃO

A aveia granífera (*Avena sativa* L.) é o segundo cereal mais cultivado no sul do Brasil, ganhando destaque como alternativa para produção de inverno e diversificação da cobertura do solo. Este cereal, com excelentes propriedades nutricionais, possui múltiplas formas de utilização: grãos para o consumo humano; matéria-prima para a produção de cosméticos e para a indústria química; alimentação animal na forma de pastagens de inverno para pastejo direto e/ou elaboração de feno e de silagem; cobertura de solo e adubação verde com vistas à implantação de culturas de verão (SARTORI et al., 2018).

Na alimentação humana, o cereal tem sido empregado para a produção de alimentos infantis, cereais matinais (quentes ou frios), granolas, barras de cereais, produtos forneados ou assados (pães, biscoito, bolos, etc.), componentes adicionais para engrossar sopas, molhos e para aumentar o volume de produtos cárneos (DE MORI; FONTANELI; DOS SANTOS, 2012). Outros usos industriais de aveia são como antioxidante e estabilizante em gelados e outros produtos lácteos. Também as suas cascas são utilizadas como matéria-prima para a fermentação (GUTKOSKI; PEDÓ, 2000) e para queima em substituição à lenha.

O armazenamento de grãos de aveia garante a oferta sustentável do produto ao longo do tempo, com a possibilidade de reduzir as variações estacionais de preço, durante e após a safra, bem como a constituição de uma comercialização segura no mercado em períodos críticos (NOGUEIRA JUNIOR, 2008). Entretanto, como a maioria dos sistemas biológicos, os grãos se deterioram ao serem armazenados, assim condições adequadas de armazenamento propiciam a preservação das características qualitativas dos grãos por um longo período, evitando perdas significativas por deterioração (RUPOLLO et al., 2004).

Entre os fatores que afetam a qualidade e o valor comercial de grãos destacam-se as condições físico-químicas, propriedades tecnológicas, valor nutricional, condições sanitárias e de inocuidade para o consumo humano ou animal (FLEURAT-LESSARD, 1997; MARINI et al., 2005).

Dos constituintes da aveia, os lipídios representam a fração mais suscetível à deterioração durante o armazenamento, devido à redução do seu conteúdo total e pela suscetibilidade às alterações estruturais (EKSTRAND et al., 1993). A estabilidade oxidativa é um fator essencial, pois os lipídios são suscetíveis à oxidação, o que pode

comprometer a qualidade da aveia durante o armazenamento. Estudos mostram que a oxidação lipídica pode resultar em sabores e aromas desagradáveis, afetando a aceitação do produto pelos consumidores (SMITH et al., 2020). No processamento industrial, os lipídios desempenham um papel funcional importante. Durante processos como moagem e extrusão, os lipídios atuam como lubrificantes naturais, facilitando o processamento e melhorando a qualidade do produto final (KIM et al., 2022). Por fim, a estabilidade de armazenamento da aveia é diretamente impactada pelo conteúdo lipídico. Lipídios bem conservados ajudam a manter a qualidade da aveia ao longo do tempo, prevenindo a rancificação e prolongando a vida útil do produto (DAVIS et al., 2023).

Os fungos produzem enzimas lipases, que degradam os lipídios a ácidos graxos livres, para utilização como fonte de energia para o seu próprio metabolismo (ZADERNOWKSI; POLAKOWSKA; RASHEDA, 1999). Além da degradação química a que os grãos de aveia estão expostos por ação de certos gêneros de fungos, pode haver produção de micotoxinas, impeditivas de seu uso para o consumo humano e animal. É importante a detecção da deterioração por fungos e o emprego de medidas preventivas que sejam eficientes e impeçam perdas significativas em grãos armazenados (MAGAN; EVANS, 2000).

A escolha do sistema de armazenamento irá influenciar na manutenção da qualidade dos grãos, por exemplo, o grau de umidade do grão e a temperatura do ar no ambiente de armazenamento podem determinar a intensidade de danos por fungos e insetos. Particularmente sob condições de umidade relativa e temperatura do ar elevadas e, alto teor de água do grão, a deterioração ocorre mais rapidamente (RUPOLLO et al., 2006). Segundo Campos et al. (2021), a manutenção da umidade dos grãos abaixo de 12% é essencial para reduzir o risco de infestações por fungos e insetos. Em seu estudo, eles demonstraram que grãos armazenados com umidade superior a esse valor apresentaram um aumento significativo na incidência de fungos *Aspergillus flavus*, o que pode resultar na produção de aflatoxinas, substâncias tóxicas e prejudiciais à saúde humana e animal.

Da mesma forma, Almeida et al. (2020) destacam que a temperatura do ambiente de armazenamento deve ser cuidadosamente controlada. Em sua pesquisa, foi observado que temperaturas acima de 25°C favorecem o crescimento de insetos como o caruncho (*Sitophilus zeamais*), que causa danos significativos aos grãos armazenados. Eles sugerem a adoção de sistemas de refrigeração ou ventilação para

manter a temperatura em níveis adequados, prevenindo assim a proliferação de pragas.

Além disso, Ferreira e Santos (2019) realizaram um estudo que evidenciou a eficácia do uso de sistemas herméticos de armazenamento. Esses sistemas, que reduzem a troca de ar com o ambiente externo, mostraram-se eficientes na manutenção da qualidade dos grãos por períodos mais longos, reduzindo a necessidade de tratamentos químicos e preservando as propriedades nutricionais dos grãos.

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade industrial de grãos de aveia granífera (*Avena sativa* L.) submetidos ao armazenamento em um silo com aeração convencional ou em um silo com aeração por ar refrigerado, por seis meses.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi conduzido entre novembro de 2022 e julho de 2023 nas instalações da empresa SL Cereais e Alimentos, uma indústria especializada no processamento de cereais para alimentação humana, localizada na cidade de Mauá da Serra, PR. O experimento foi realizado utilizando a estrutura de dois silos metálicos exclusivamente disponibilizados para este trabalho. Os grãos de aveia armazenados foram provenientes da região de Mauá da Serra, sem segregação por cultivares, embora a cultivar IPR Afrodite tenha predominado.

Os materiais foram recebidos, beneficiados e armazenados em duas condições distintas. No primeiro caso, os grãos foram armazenados em um silo metálico (750 t), utilizando aeração convencional com ar à temperatura ambiente durante o armazenamento. Na segunda condição, foi aplicada aeração com ar refrigerado utilizando o equipamento de refrigeração da Marcold, modelo Silodry 45/110, com insuflamento de ar no silo a uma temperatura em torno de 12 °C.

Os grãos permaneceram armazenados em ambas as condições por oito meses, com análises de monitoramento a cada dois meses. A amostragem foi realizada uniformemente por meio de transilagens nos períodos de avaliação, garantindo que as amostragens não interferissem nos resultados. O monitoramento de temperatura e umidade relativa no interior dos silos foi realizado por meio de um sistema de termometria. Todas as análises foram conduzidas no laboratório analítico da SL Cereais e Alimentos.

Os testes realizados para monitorar a qualidade dos grãos foram:

- a) **Acidez:** Este método seguiu a metodologia descrita por Pearson (1970), Shulerud (1932) e Zeleny e Coleman (1938) e foi realizado em triplicata. Cinco gramas de amostra foram pesados em balança analítica (Shimadzu AY220), adicionado-se 50 mL de álcool etílico. A solução foi deixada em repouso por 24 horas com agitação ocasional. Então, filtrou-se a solução em papel filtro qualitativo e 10 mL desta solução foram titulados com solução de hidróxido de sódio 0,01 N até o aparecimento de coloração levemente rósea. A coloração deve persistir por 30 s. O cálculo da acidez dá como resposta mL de solução. 100 g de amostra⁻¹.
- b) **Resíduo mineral fixo (cinzas):** foi realizada de acordo com o método analítico AACC 08-01 (1995). Análises foram realizadas em triplicata. Três cadinhos de porcelana foram padronizados sendo lavados, secos e mantidos em mufla por 60 minutos, resfriados em dessecador e pesados em balança analítica, então nos cadinhos de porcelana as amostras de grãos foram pesadas, de 3 a 5 g, em balança analítica. A amostra então foi carbonizada em bico de bussen e incinerado em mufla previamente aquecida a 550°C por 4 horas. Decorrido o tempo, o cadinho foi resfriado em dessecador até temperatura ambiente e pesado. O resultado é expresso em %.
- c) **Proteínas:** A quantificação de proteínas ou determinação de nitrogênio foi realizada pelo método AACC 46-12. Análises realizadas em triplicata. Amostra de 0,2 g previamente moída foi pesada e colocada no tubo digestor. Acrescentou-se 0,25 g de mistura catalítica: sulfato de cobre, sulfato de potássio e 8 ml de ácido sulfúrico e então a amostra foi colocada no bloco digestor (Microdigestor Kjeldahl) no qual a temperatura aumentou gradativamente até atingir 380°C até o final da digestão e posteriormente resfriados em suporte específico, sendo adicionados mais 10 mL de água. A amostra diluída seguiu para destilador, o destilado foi recolhido em erlenmeyer com solução de ácido bórico 2% 030 mL com 8 a 10 gotas de indicador misto. De 10 a 20 mL de NaOH (50%) foram adicionados sem ligar o aparelho, e todo o material destilado, até liberação completa da amônia. O destilado recolhido foi titulado com ácido sulfúrico 0,02 N padronizado passando a solução de cor verde para rosa. Em paralelo foi realizada análise do branco nas mesmas

condições. Os resultados são expressos em %.

- d) **Aflatoxinas (AFL):** Uma porção de amostra de 5,0 ($\pm 0,1$) g foi misturada com 25 mL de solução de Metanol: água destilada (70:30, v/v). Após mistura manual, as amostras foram agitadas a 240 rpm durante 3 min em agitador horizontal. Em seguida, as amostras foram filtradas em papel filtro qualitativo e o filtrado foi utilizado para análise de AFL pelo método Veratox. Os resultados são expressos em ppb (parte por bilhão)
- e) **Desoxinivalenol (DON):** Uma porção de amostra de 5,0 ($\pm 0,1$) g foi misturada com 25 mL de água destilada. Após mistura em vórtice (Vortex genie 1, Scientific Industries, EUA) por 20 segundos, as amostras foram agitadas a 350 rpm por 5 min (± 30 segundos) em um agitador horizontal (Labortechnik K5501, IKA, Alemanha). Em seguida as amostras foram centrifugadas a 4000 rpm por 5 min (Hearaeus Megafuge1.0, Thermo Científico, EUA). A solução sobrenadante foi filtrada utilizando um filtro 597 1/2 e o filtrado foi utilizado para análise de DON no método Veratox HS. Os resultados são expressos em ppm (parte por milhão)
- f) Determinação de **Zearalenona (ZEA):** Uma porção de amostra de 5,0 ($\pm 0,1$) g foi misturada com 25 mL de solução de Metanol: água destilada (70:30, v/v). Após mistura manual por 3 minutos, as amostras foram agitadas a 350 rpm por 2 min em um agitador horizontal (Labortechnik K5501, IKA, Alemanha). Em seguida, as amostras foram filtradas em papel filtro e o filtrado foi diluído em água destilada (1 mL de amostras filtradas e 4 mL de água destilada) para análise ZEN pelo método Veratox. Os resultados são expressos em ppm (parte por milhão)
- g) **Teor de água:** a determinação do grau de umidade dos grãos foi realizada pelo método em estufa a 105 °C, por um período de 24 horas. Os recipientes (cadinhos) foram secados por 30 minutos em estufa a 105 °C; logo após, pesados em balança com sensibilidade de 0,001g, junto com suas respectivas tampas; os grãos foram distribuídos uniformemente, sendo duas subamostras (dois cadinhos para cada amostra). Esses foram pesados novamente, agora contendo as amostras de sementes, juntamente com as respectivas tampas. Os recipientes foram colocados na estufa a 105 °C, sobre as respectivas tampas, sendo feita a contagem do tempo de secagem somente depois que a temperatura estabilizar a 105 °C. As amostras foram mantidas na estufa

durante 24 horas e retiradas após o período de secagem. Os cadinhos foram fechados rapidamente com suas respectivas tampas e colocados em dessecador até esfriar para que sejam pesados posteriormente em uma balança com sensibilidade de 0,001g.

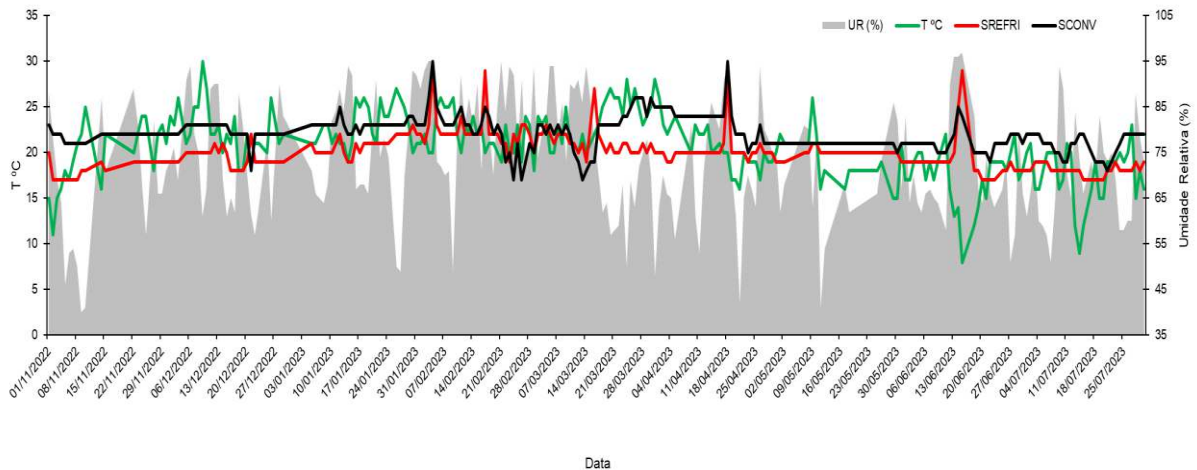
- h) Rendimento industrial:** separou-se uma amostra de aveia com casca com 100 g e em seguida a amostra foi descascada no descascador de laboratório durante 3 minutos, com pressão de ar comprimido em 5 kgf.cm⁻². Em seguida foram separados os grãos descascados, inteiros e partidos, e grãos não descascados. Foram descascados manualmente os grãos com casca e juntados aos grãos descascados no descascador pneumático e realizado o seguinte cálculo: $R = (P1 / P) * 100$, onde R= Rendimento da Aveia (%); P = Peso da amostra, que no caso foi de 100 g; e P1= peso dos grãos inteiros e quebrados após o descascamento.
- i) Análise de Resistência dos grãos:** Após realizar o procedimento da análise de rendimento de aveia, foram separados o total de grãos descascados inteiros e quebrados (P1), após separou-se os grãos inteiros (P2) dos quebrados (P3) e pesaram-se as amostras. Com os valores realizou-se os seguintes cálculos: $P3 = P1 - P2$; Q: Porcentagem de quebra de grãos no descascamento (%); $Q = (P3 / P1) * 100$ (%).
- j) Resistência ao descascamento dos grãos:** Foi preparada uma amostra de aveia com casca com 100, e em seguida descascada a amostra no descascador de laboratório durante 2 minutos com pressão do ar comprimido em 5 kgf.cm⁻². P: Peso da amostra; P = 100 g; Logo após foram separados os grãos não descascados após o descascamento (2 minutos); P4: Peso dos grãos não descascados; RD: índice de descascamento; $P5 = P - P4$; $RD = (P5 / P) * 100$ (%).

Os dados foram submetidos à análise de variância conjunta conforme metodologia descrita por Barbin (2003). Os experimentos foram analisados quanto a variabilidade (razão entre o maior quadrado médio do resíduo pelo menor) e se inferior a 7, foram considerados homogêneos. Se a interação do tratamento com o experimento foi significativa, ainda que os experimentos foram homogêneos, foi realizado o teste por experimento, mas utilizando o quadrado médio do resíduo conjunto. As pressuposições de normalidade dos erros e homogeneidade das

variâncias foram testadas por Shapiro-Wilk e Bartlett a 5% de significância, respectivamente. Todas as análises foram realizadas com o auxílio do software R (R CORE TEAM, 2023), utilizando os pacotes AgroR e AgroReg (SHIMIZU; MARUBAYASHI; GONÇALVES, 2023).

O início do armazenamento deu-se no mês de novembro de 2022 e as sementes permaneceram armazenadas até o mês de julho de 2023. Os dados médios de temperatura e umidade relativa do ar para o ambiente externo e temperatura do silo refrigerado e silo com aeração convencional, estão apresentados na (Figura 26)

Figura 26 – Temperatura e umidade relativa do ar ambiente e temperatura dos grãos dentro dos silos de aeração convencional (SCONV) e silo com refrigeração (SREFRI), Mauá da Serra, PR.



Fonte: elaborado pelo autor.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise de variância a razão dos quadrados médios dos resíduos foi maior que 7 no teste de zearalenona (ZEA) e Rendimento de grãos (Rend), por essa razão para esses testes foram realizadas análises individuais (BARBIN, 2003). Para os demais cujos valores foram menores que 7 realizou-se análise conjunta de ambientes (Tabela 7).

Tabela 7 – Resumo do quadro da análise de variância com os valores de quadrado médio do resíduo para silo com aeração convencional (SCONV) e silo com refrigeração (SREFRI).

FV	TA	Cinzas	Prot	Afla	DON	ZEA	Acidez
TEMPO	1.835*	0.053	3,923*	11,698	36974.26	440.41*	67.72*
AMBIENTE	1.391	0,296	3,691*	0,605	159.76	1356.06**	183.95**

TEMPO × AMBIENTE	0,279*	0,072	0,401	2,858	24886.89**	41.91	6.98
Resíduo conjunto	0,102	0,052	0,301	1,400	1152.57	172.35	3.29
Razão QmRes	4,18	3,42	2,88	2,04	3,38	39,03	1,32
SCONV							
Trat	0.372*	-	-	-	33597.89**	-	-
Res	0,102	-	-	-	1152.57	-	-
SREFRI							
Trat	1.742**	-	-	-	28263.27**	-	-
Res	0,102	-	-	-	1152.57	-	-
FV							
	UB	PH	Rend	RESG	RESDG	PMG	
TEMPO	0.88	3,26	9325.86	39.33	5,16	79,65	
AMBIENTE	0.59	3,03	8141.04	92.69	8,83	339,33	
TEMPO × AMBIENTE	0,43**	1,09	8975.50	35,30**	4,95**	40,07**	
Resíduo conjunto	0,03	0,82	9034.30	2,31	0,52	8,44	
Razão QmRes	1,10	2,20	11755.27	1,36	1,15	2,54	
SCONV							
Trat	0.101*	-	-	2.35	0.965	8.635	
Res	0,03	-	-	2,31	0.516	8,44	
SREFRI							
Trat	1.205**	-	-	72.27**	9.141**	103.22**	
Res	0,03	-	-	2,31	0.516	8,44	

*, ** Significativo a 5 e 1% pelo teste F de Fisher, respectivamente.

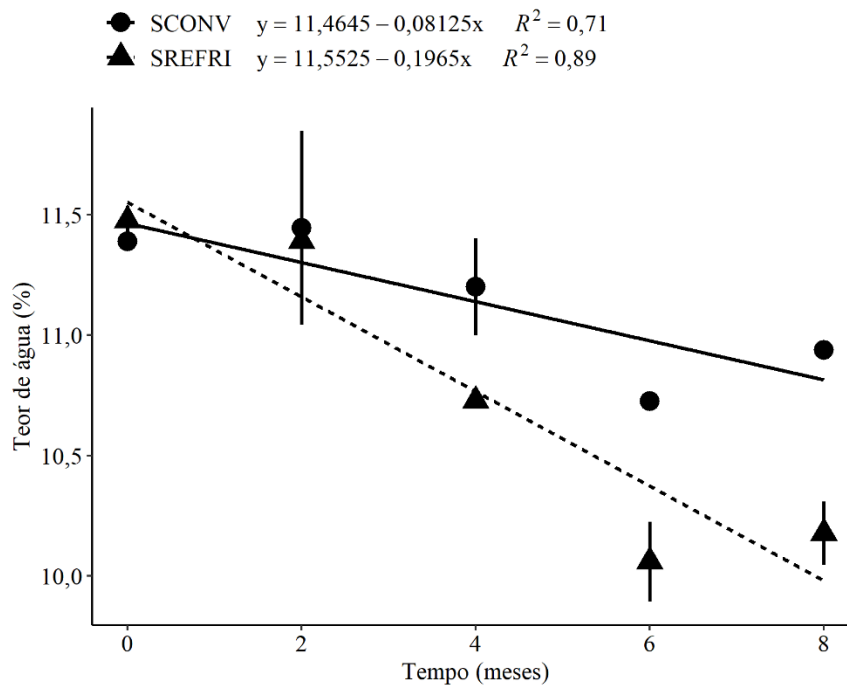
TA = teor de água; Prot. = proteína; Afla = aflatoxina; DON = deoxinevalenol; ZEA = zearalenona; PH = peso hectolitro; Rend = rendimento de grãos; RESG = resistência de grãos; RESDG = resistência ao descascamento de grãos; PMG = peso de mil grãos.

Fonte: elaborado pelo autor.

As análises de Cinzas, Aflatoxinas (Afla) e Peso hectolitro (PH) não apresentaram resultados estatisticamente diferentes entre os tratamentos avaliados, nem para os fatores isolados (Tabela 7).

Os dados referentes ao teor de água (TA) nos grãos armazenados em silos apresentaram interação estatisticamente significativa entre os ambientes e o período de armazenamento (Tabela 7). No caso do silo refrigerado (SREFRI), observou-se uma diminuição nos valores já a partir do primeiro mês de armazenagem. Já para os grãos mantidos no silo de aeração convencional (SCONV), os valores apresentaram uma tendência semelhante de declínio, embora de maneira menos acentuada, também a partir do primeiro mês (Figura 27).

Figura 27 – Teor de água (%) dos grãos de aveia granífera armazenadas em silo com aeração convencional (SCONV) e silo com refrigeração (SREFRI) por 8 meses.



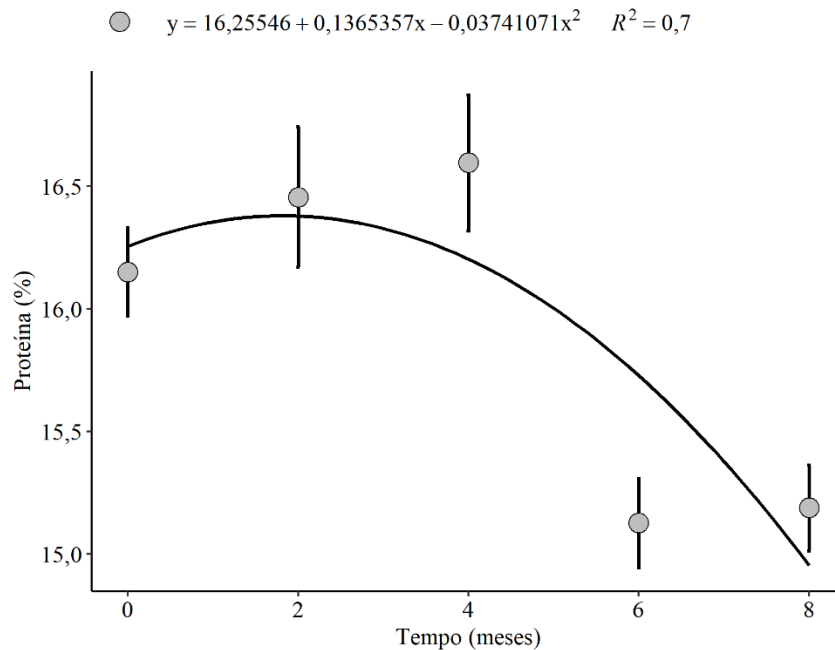
Fonte: elaborado pelo autor.

De modo parecido a este estudo, no qual, ao término dos oito meses de armazenamento, o teor de água atingiu 10%, Silva (2017) em grãos de trigo, observou uma redução no teor de água ao longo do tempo de armazenamento nos tratamentos analisados. Segundo ele essa redução pode estar associada às variações na umidade relativa do ar ambiente e na temperatura. Com base nisso o autor entende que as mudanças foram mínimas e provavelmente não afetaram significativamente as condições de conservação dos grãos. Quando os grãos estão mantidos em baixos níveis de umidade e temperatura, os fatores respiração do grão, migração de umidade e aquecimento da massa tem os seus efeitos reduzidos, preservando assim a qualidade do grão armazenado. Isso vai de acordo com Laca et al. (2006), que mantiveram os grãos com 13 % de umidade e em umidade relativa do ar constante verificaram manutenção de qualidade dos grãos durante o armazenamento. Quando se mantêm o grão armazenado com temperatura e umidade adequadas o grão fica em bom estado por longos períodos (FLEURAT-LESSARD, 2017).

As análises dos níveis de proteína (Prot) nos grãos armazenados em silos destacaram variações estatisticamente significativas somente para o tempo de armazenamento (Tabela 7). Assim para ambos os sistemas de armazenamento, SCONV e SREFRI, observou-se uma diminuição nos valores a partir do segundo mês

de armazenamento, mantendo-se nessa tendência até o oitavo mês de coleta de dados (Figura 28).

Figura 28 – Média dos valores de proteína (%) dos grãos de aveia granífera armazenadas em silos com aeração convencional (SCONV) e silo com refrigeração (SREFRI) por 8 meses.



Fonte: elaborado pelo autor.

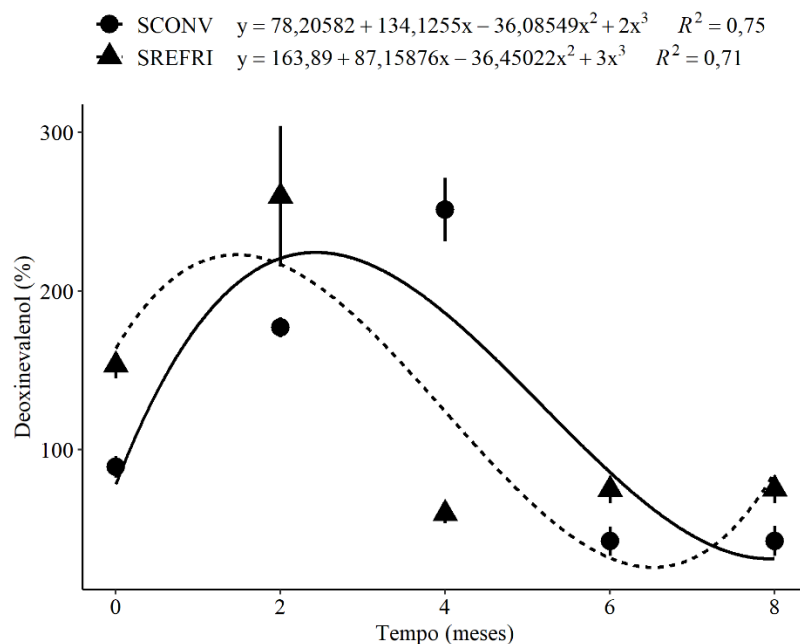
Em consonância com este trabalho, Polat (2013) relatou uma diminuição de teor de proteína bruta em diferentes tipos de armazenamento, observando redução com o aumento do tempo de armazenamento (12 meses). No entanto, Gutkoski et al. (2009) encontraram um acréscimo no teor de proteínas no período de 12 meses de armazenamento. Silva et al. (2017) também observaram que os resultados de teor de proteína bruta dos grãos de trigo avaliados variaram significativamente entre tratamentos no tempo seis meses e com o aumento do período de armazenamento, apresentando valores de 12,27% no tempo zero e 10,26% no tempo seis meses, em média.

Neste trabalho, a redução de proteínas pode ter ocorrido devido o próprio metabolismo do grão. Bhattacharya e Raha (2002) afirmam que a proteína serve como fonte preliminar de carbono e nitrogênio para o crescimento e o metabolismo dos fungos. A redução no conteúdo proteico dos grãos pode ser explicada pelas condições ambientais ao qual os grãos estavam expostos dentro dos silos. Em condições de

temperatura e umidade do produto diferentes, Ziegler et al. (2016) verificaram reduções no conteúdo proteico em soja, assim como verificado por Lee e Cho (2012); e citam que estas alterações estão ligadas à degradação de peptídeos e aminoácidos devido aos processos metabólicos.

As análises dos níveis de deoxinevalenol (DON) nos grãos armazenados em silos revelaram variações estatisticamente significativas devido à interação entre tempo e ambiente (Tabela 7). O padrão observado nos dois sistemas de armazenamento, SCONV e SREFRI, foi semelhante: houve um aumento nos valores até o segundo mês de armazenamento, seguido por um declínio. No entanto, para o SREFRI, esse declínio foi mais acentuado, e a partir do sexto mês, foi observado um aumento nos valores, mantendo-se até o oitavo mês (Figura 29).

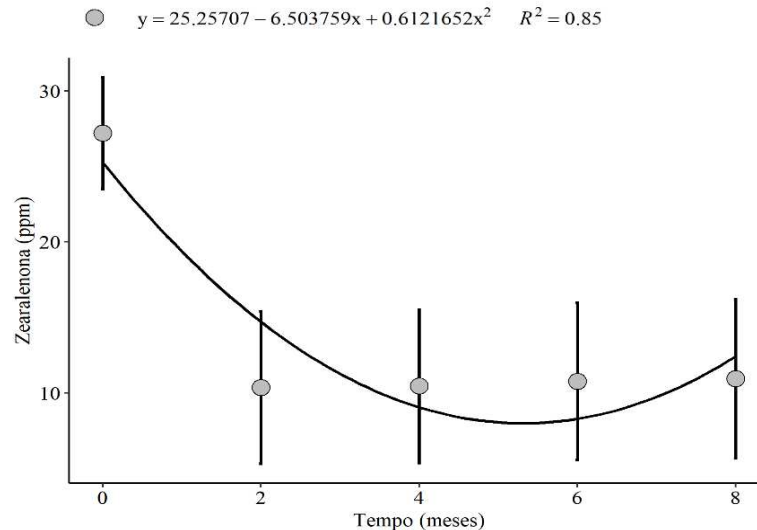
Figura 29 – Deoxinevalenol (DON) dos grãos de aveia granífera armazenadas em silo com aeração convencional (SCONV) e silo com refrigeração (SREFRI) por 8 meses.



Fonte: elaborado pelo autor.

As análises dos níveis de zearalenona (ZEA) nos grãos armazenados em silos mostraram variações estatisticamente significativas, tanto para o tempo quanto para o ambiente, de forma independente, como evidenciado na Tabela 7. Os resultados indicaram que, tanto no SCONV quanto no SREFRI, os valores diminuíram até cerca do quarto mês de armazenamento, seguido por um aumento observado até o oitavo mês de coleta de dados (Figura 30).

Figura 30 – Zearalenona (ZEA) dos grãos de aveia granífera armazenadas em silo com aeração convencional (SCONV) e silo com refrigeração (SREFRI) por 8 meses.



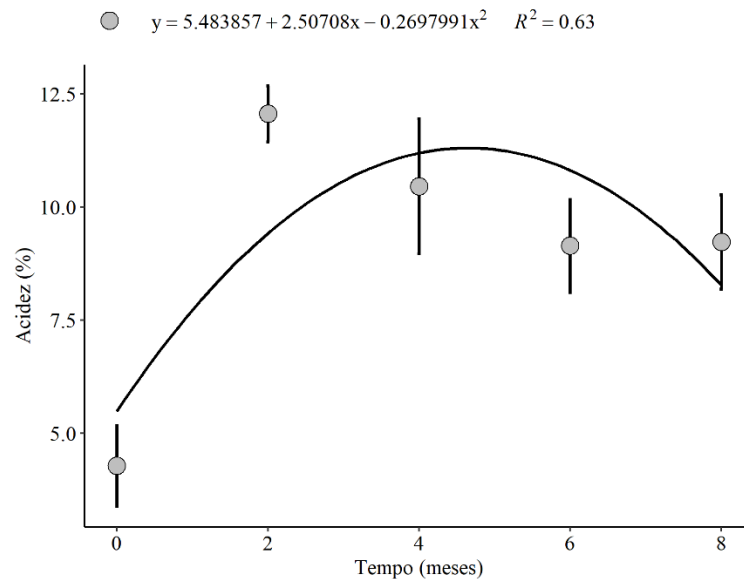
Fonte: elaborado pelo autor.

As análises dos níveis de acidez nos grãos armazenados em silos mostraram variações estatisticamente significativas, tanto para o tempo quanto para o ambiente, de forma independente, como evidenciado na Tabela 7. Os resultados indicaram que, tanto no SCONV quanto no SREFRI, os valores aumentaram até cerca do quarto mês de armazenamento, seguido por um leve declínio observado até o oitavo mês de coleta de dados (Figura 31).

A acidez serve como indicador do processo de rancidez hidrolítica dos lipídios e à medida que o teor aumenta, indica alterações na qualidade do grão (MARINI et al, 2005). Nithya et al. (2011), estudando o armazenamento de grãos de trigo verificaram que a acidez graxa das amostras aumentou com o aumento do tempo de armazenamento. Neste trabalho, os valores de acidez apresentaram comportamento semelhante até o quarto mês, e isso pode ser explicado em virtude de os grãos de aveia estarem armazenados em condições favoráveis devido a poucas variações de umidade relativa do ar e temperatura ambiente. Embora se tenha verificado diminuição na acidez, no período entre o quarto e oitavo mês os valores ainda podem ser considerados baixos.

A diminuição da acidez no final do período de armazenamento pode ter sido causada pela oxidação dos ácidos graxos liberados durante o processo de rancidez, conforme mencionado anteriormente por Marini et al (2005).

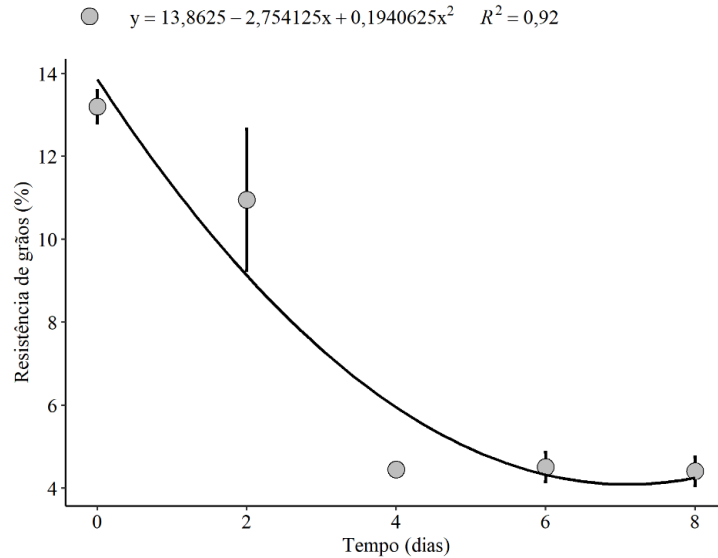
Figura 31 – Média dos valores de acidez dos grãos de aveia granífera armazenadas em silo com aeração convencional (SCONV) e silo com refrigeração (SREFRI) por 8 meses.



Fonte: elaborado pelo autor.

As análises de resistência de grãos mostraram que houve interação estatisticamente significativa entre tempo e ambiente, como evidenciado na Tabela 7. Os resultados indicaram que, para SREFRI, os valores de resistência de grãos diminuiriam ao decorrer do período de armazenamento sendo observado até o oitavo mês de coleta de dados (Figura 32).

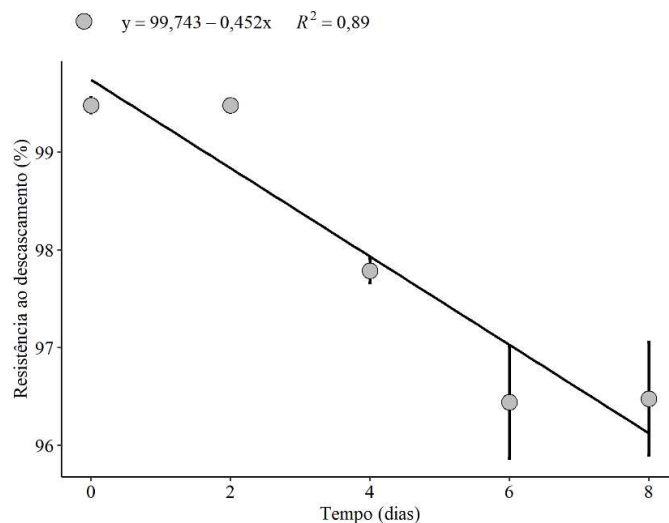
Figura 32 – Resistência dos grãos (RESG) de aveia granífera armazenadas em silo com refrigeração (SREFRI) por 8 meses.



Fonte: elaborado pelo autor.

As análises de resistência ao descascamento de grãos armazenados em silos mostraram que houve, interação estatisticamente significativas entre tempo e ambiente, como evidenciado na Tabela 7. Os resultados indicaram que, para SREFRI, os valores de resistência ao descascamento de grãos diminuíram ao decorrer do período de armazenamento sendo observado até o oitavo mês de coleta de dados (Figura 33).

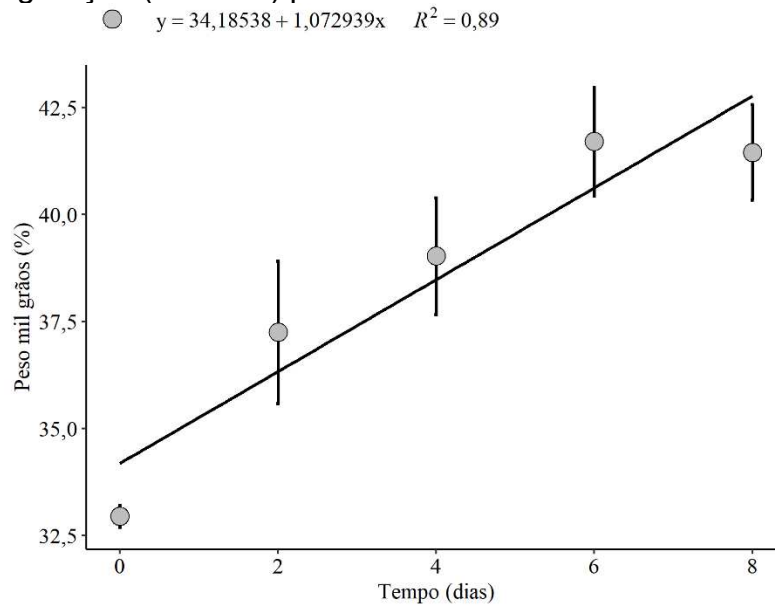
Figura 33 – Resistência ao descascamento dos grãos (RESD) de aveia granífera armazenadas em silo com refrigeração (SREFRI) por 8 meses.



Fonte: elaborado pelo autor.

As análises de peso de mil grãos armazenados em silos demonstraram uma interação estatisticamente significativa entre tempo e ambiente, como evidenciado na Tabela 7. Os resultados indicaram que, para o SREFRI, os valores de peso de mil grãos aumentaram ao longo do período de armazenamento, conforme observado até o oitavo mês de coleta de dados (Figura 34).

Figura 34 – Peso de mil grãos (PMS) de aveia granífera armazenadas em silo com refrigeração (SREFRI) por 8 meses.



Fonte: elaborado pelo autor.

No presente estudo com grãos armazenados em silo com aeração convencional, não foram encontradas diferenças estatísticas nos resultados. No entanto Thakor et al. (2012) relataram que massa de mil grãos diminui com o tempo de armazenamento em ambiente natural.

4 CONCLUSÕES

Em aveia branca granífera o teor de proteína sem mantém até o quarto mês de armazenamento, e a partir desse período inicia a queda dos valores.

A acidez pode aumentar durante o período de armazenamento de oito meses.

Resistência de grãos e resistência ao descascamento diminuem durante o período de armazenamento.

O silo refrigerado e silo de aeração convencional não diferem em relação a manutenção da qualidade industrial de grãos de aveia granífera durante o armazenamento.

REFERÊNCIAS

- ABREU, G. T.; SCHUCH, L. O. B.; MAIA, M. S. Análise do crescimento e utilização de nitrogênio em aveia branca (*Avena sativa* L.) em função da população de plantas. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 8, n. 2, p. 111-116, 2002.
- AGUIAR, R. W. S. et al. Efeito do dióxido do carbono, temperatura e armazenamento sobre sementes de soja e microflora associada. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, p. 554-560, 2012.
- ALENCAR, E. R.; et al. Qualidade dos grãos de soja em função das condições de armazenamento. **Engenharia na Agricultura**. v.1 6, p. 155-166, 2008.
- ALVES, A. C.; KIST, V. Composição da espiguetta de aveia granífera (*Avena sativa* L.). **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 16, n. 1-4, p. 29-33, 2010.
- ALVES, A. C.; KIST, V. Qualidade fisiológica de sementes primárias, secundárias e terciárias da espiguetta de aveia granífera (*Avena sativa* L.). **Current Agricultural Science and Technology**, v, 17, n. 1, 2011.
- ARAÚJO, W. D. et al. Propriedades físicas dos grãos de amendoim durante a secagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 3, p. 278-286, 2014.
- ATUNGULU, G.G.; THOTE, S.; WILSON, S. Dry matter loss for hybrid rough rice stored under reduced-oxygen conditions. **Cereal Chemistry**, v. 94, n. 3, p. 497-501, 2017.
- BAILEY, J. E. Whole grain storage. In: CHRISTENSEN, C. M. (ed.) **Storage of cereal grains and their products**. St. Paul: AACC., 1974. p. 333-360.
- BALDINI, L. S.; et al. Porcentagem de sementes verdes, teor de clorofila e qualidade de lotes de soja. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 21, n. 2, 2011.
- BARATA, T.; PACHECO, M. T.; FEDERIZZI, L. C. Caracterização da qualidade física de grãos de aveia em genótipos de elite de aveia. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 21., 2001, Lages. **Resultados Experimentais**. Lages: UDESC, 2001. p. 135.
- BERBERT, P. A. et al. Indicadores da qualidade dos grãos. In: SILVA, J. S. (ed.). **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2008. p. 63-107.
- BONNETT, O. T. The oat plant: Its histology and development. **Illinois Agric. Station**, 1961. 112 f.

- BORÉM, A. **Melhoramento de Espécies Cultivadas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa: 1999. 817 f.
- BOTHONA, C. A.; MILACH, S. C. K.; THOMÉ, G. H. Critérios para avaliação da morfologia do grão de aveia para o melhoramento genético da qualidade física. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.29, n.4, p.73-80, 2002.
- BRAGANTINI, C. **Alguns aspectos do armazenamento de sementes e grãos de feijão**. Santo Antônio de Goiás, 2005.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 399 p.
- BRASIL. Instrução normativa nº44, de 22 de novembro de 2016. (Normas, Padrões de Qualidade e Identidade de Sementes de Espécies Forrageiras de Clima Temperado). Diário Oficial da União: Brasília, de 01 de dezembro de 2016, seção 1, p.8.
- BURGES, H. D.; BURREL, N. J. Cooling bulk grain in the British climate to control storage insects and to improve keeping quality. **Journal of Science of Food and Agriculture**, v. 15, p. 32-50, 1974.
- BUTT, M. S et al. Oat: unique among the cereals. **European Journal of Nutrition**, v. 47, n. 2, p. 68-79. 2008.
- CALEGARO, A. **Avaliação prática de um protótipo medidor de temperatura e umidade relativa para sementes armazenadas em big bag**. 2023. 30 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Título de Engenheira Agrícola) - Universidade Federal do Pampa, Alegrete, 2023.
- CARNEIRO, L. M. T. A. **Antecipação da colheita, secagem e armazenamento na manutenção da qualidade de grãos e sementes de trigo comum e duro**. 2003, 109 f. Tese de doutorado em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campinas.
- CASTRO, G. S. A.; DA COSTA, C. H. M.; FERRARI NETO, J. Ecofisiologia da Aveia Granífera. **Scientia Agraria Paranaensis**. v. 11, n. 3, p. 1-15, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.18188/sap.v11i3.4808>>.
- CHIN, H. F. Seedbanks: conserving the past for the future. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 22, n. 2, p. 385-400, 1994.
- CHOI, S. et al. Behaviour of *Aspergillus flavus* and *Fusarium graminearum* on rice as affected by degree of milling, temperature, and relative humidity during storage. **Food Microbiology**, v. 46, n. 2, p. 307-313, 2015.

COELHO, C. M. M.; SOUZA, C. A.; SPONCHIADO, J. C. Teste de condutividade elétrica para determinação do potencial fisiológico de sementes de aveia granífera. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 4, p. 2405-2414, 2014.

COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA (CBPA). **Indicações técnicas para cultura da aveia**: XXXIV Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia. Fundação ABC, 2014. 136p.

COMPANHIA BRASILEIRA DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Levantamento – Safra 2023-2024**. 2024.

COPELAND, L. C.; MCDONALD, M. B. **Principles of Seed Science and Technology**. 4th ed., Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 2001.

COSTA, A. R.; et al. Qualidade de grãos de milho armazenados em silos bolsa. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 41, p. 200-207, 2010.

COUTO, A. P. S.; et al. Teste de condutividade elétrica na avaliação do potencial fisiológico de sementes de soja tratadas e armazenadas. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 42, n. 6, p. 3135–3148. 2021.

CRESTANI, M. et al. Conteúdo de β -glucana em cultivares de aveia-granífera cultivadas em diferentes ambientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 3, p. 261-268, mar. 2010.

CRESTANI, M.; **Interação genótipo vs. ambiente e capacidade combinatória para caracteres de interesse agrônômicos na cultura da aveia granífera (*Avena sativa* L.)**. 2011, 201 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2011.

CRONQUIST, A. **The evolution and classification of flowering plants**. 2nd. ed. Lawrence, Kansas: Allen Press, Inc., 1988. 555p.

DA SILVA, E. P. et al. **Qualidade fisiológica de sementes de soja submetidas à ar resfriado e mantidas em diferentes condições de armazenamento**. 2021. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

DA SILVA, E. P. et al. **Qualidade fisiológica de sementes de soja submetidas à ar resfriado e mantidas em diferentes condições de armazenamento**. 2021. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

DAN, L. G. de M.; et al. 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.

DANIELWSKI, R. et al. **Informações técnicas para a cultura da aveia**. In: 40ª REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA. Sociedade Educacional Três de Maio (SETREM), 190 p., 2021.

DE FRANCISCO, A. Qualidade industrial e nutricional de aveia. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE AVEIA, 22., 2002, Passo Fundo. **Resultados Experimentais**. Passo Fundo: UPF, 2002. p. 86-88.

DE MORI, C. A cultura da aveia: cenário internacional e brasileiro. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 32, 2012, Passo Fundo. **Palestra...** Passo Fundo: CBPA, 2012. 1 CD-ROM.

DE MORI, C.; FONTANELI, R. S.; DOS SANTOS, H. P. **Aspectos econômicos e conjunturais da cultura da aveia**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2012. 26 p. (Documentos Online, 136).

DE OLIVEIRA, A. C. **Importância e dinâmica de caracteres na aveia produtora de grãos**. Embrapa Clima Temperado-Documents (INFOTECA-E), 2014.

DE TUNES, L. M.; et al. Armazenabilidade de sementes de cevada colhidas em diferentes épocas. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 3, p. 403–412, 2010.

DELOUCHE, J. C. Seed germination. **Proceedings of the Short Course for Seedsmen**, p. 59- 76, 1990.

DELOUCHE, J. C.; BASKIN, C. C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Science and Technology**, v. 1, n. 2, p. 427-452, 1973.

DEMITO, A.; AFONSO, A. D. L. Qualidade das sementes de soja resfriadas artificialmente. **Engenharia da Agricultura**, v. 17, n.1, p.7-14, 2009.

DOSTATNY, D. F.; KORDULASINSKA, I.; MALUSZYNSKA, E. Germination of seeds of *Avena fatua* L. under different storage conditions. **Acta Agrobotanica**, v. 68, n. 3, p. 241-246, 2015.

EKSTRAND, B. et al. Lipase activity and development of rancidity in oats and oat products related to heat treatment during processing. **Journal of Cereal Science**, New York, v. 17, n. 3, p. 247-254, 1993.

ELLIS, R. H.; ROBERTS, E. H. The interference of temperature and moisture on seed viability period in barley (*Hordeum distichum*). **Annals of Botany**, v. 45, p. 31-37, 1980.

FEDERIZZI, L. C.; ALMEIDA, J. Análise de alguns parâmetros de qualidade do grão de aveia. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, p. 49-50.1998.

FERRARI FILHO, E. et al. Qualidade de grãos de trigo submetidos a diferentes condições de armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 18, n. 1, p. 25-35, 2012.

FERRARI FILHO, E. **Métodos e temperaturas de secagem sobre a qualidade físicoquímica e microbiológica de grãos de milho no armazenamento**. 2011. 109p. Dissertação (Mestrado – Horticultura), Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

FLEURAT-LESSARD, F. A european perspective on new quality requirements in grain trading. **Cereal Foods World**, St. Paul, v.42, n.2, p.206-209, 1997.

FLEURAT-LESSARD, F. Integrated management of the risks of stored grain spoilage by seedborne fungi and contamination by seedborne fungi and contamination by storage mouldmycotoxins – an update. **Journal of Stored Products Research**, v. 71, p. 22-40, 2017.

FLEURAT-LESSARD, F. Qualitative reasoning and integrated management of the quality of stored grain: a promising new approach. **Journal of Stored Products Research**, v. 38, p. 191-218, 2002.

FLOSS, E. L. Aveia. In: BAIER, A. C.; FLOSS, L. E.; AUDE, M. I. **As lavouras de inverno**. Rio de Janeiro: Globo, 1988. p. 17-74.

FLOSS, E. L.; HAUBERT, S. A.; ZANATTA, F. S. Rendimento corrigido pela qualidade industrial do grão de aveia - Avenacor. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE AVEIA, 22, 2002, Passo Fundo. **Resultados Experimentais**. Passo Fundo: UPF, 2002. p. 553-558.

FONTANELI, R. S. Valor nutritivo das aveias para produção animal. In: REUNIÃO ANUAL DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 22., 2012, Passo Fundo. **Resultados Experimentais**. Passo Fundo: EMBRAPA, 2012. p.1-12.

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 raios x e testes de potencial fisiológico. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 3, p. 123-133, 2010.

FRANÇA-NETO, J. de B.; et al. **Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade**. Londrina: Embrapa Soja, 2016. 82 p. (Embrapa Soja. Documentos, 380).

FRANÇA-NETO, J. de B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A. A importância do uso de sementes de soja de alta qualidade. **Informativo ABRATES**, v.20, p.037-038, 2010.

GARCIA-CELA, E.; et al. Influence of storage environment on maize grain: CO₂ production, dry matter losses and aflatoxins contamination. **Food Additives & Contaminants: Part A**, v. 36, n. 1, p. 175-185, 2019.

GATTO, L.; FLOSS, E. L.; CASTOLDI, F. L. Características físicas de grãos de aveia granífera. In: XXV REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 2005, Ponta Grossa (PR). **Resultados Experimentais – Reunião da**

Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia. Ponta Grossa (PR): IAPAR, 2005, p. 257-258.

GOLDFARB, M.; QUEIROGA, V. de P. Considerações sobre o armazenamento de sementes. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v. 7, p. 71-74, 2013.

GONZÁLEZ-TORRALBA, J. Influence of temperature and rh during storage on wheat bread making quality. **Journal of Stored Products Research**, v. 55, p. 134-144, 2013.

GRISI, P. U.; SANTOS, C. M. Influência do armazenamento, na germinação das sementes de girassol. **Horizonte Científico**, v. 1, p. 1-14, 2007.

GUTKOSKI, L. C.; EL-DASH, A. A. Efeito do cozimento por extrusão na estabilidade oxidativa de produtos de aveia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 1, p. 119-127, 1999.

GUTKOSKI, L.C; PEDÓ, I. **Aveia: Composição química, valor nutricional e processamento**. Editora Varela, São Paulo/SP, p. 191, 2000.

HARRINGTON, James F.; KOZLOWSKI, T. T. Seed storage and longevity. **Seed biology**, v. 3, p. 145-245, 1972.

HAWERROTH, M. C. Adaptability and stability of white oat cultivars as to chemical composition of the caryopsis. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, p. 42-50, 2013.

HAWERROTH, M. C.; BARBIERI, R. L.; DILVA, J. A. G.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C. **Importância e dinâmica de caracteres na aveia produtora de grãos**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2014. 60p. (Documento 376).

HOSENEY, R. C. Principles of Cereal Science and Technology – A General Reference on Cereal Science. **American Association of Cereal Chemistry**, 1986.

HOTHORN, T. et al. Package ‘multcomp’. Simultaneous inference in general parametric models. **Project for Statistical Computing**, Vienna, Austria. 2016.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ - IAL. **Métodos Físico-Químicos para análise de alimentos**. IV edição, Brasília - DF, 2005 (Método 415/IV).

JIAN, F.; et al. Effect of field treatment on microflora respiration and storability of canola under different storage conditions. **American Journal of Plant Science**, v. 10, n. 11, p. 1989, 2019.

JUVINO, A. N. K.; et al. Vigor da cultivar BMX Potência RR de soja durante o beneficiamento e períodos de armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 844-850, 2014.

KALETA, A., GÓRNICKI, K. Criteria of determination of safe grain storage time – A review. **Advances in Agrophysical Research**, p. 295-318, 2013.

KRZYZANOWSKI, F.C.; et al. Testes de vigor baseados em desempenho de plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B.; MARCOS-FILHO, J. (Eds.) **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 2020. p.80-126.

LABBÉ, L. M. B. Armazenamento de sementes. In: PESKE, S. T.; VILLELA, F. M.; MENEGHELLO, G. E. (eds.) **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 3. ed. Pelotas: UFPel, 2012. p. 367-410.

learning. **Revista de la Facultad de Ingeniería UCV**, v. 32, n. 14, p. 918-924, 2017.

LENTH, R.; LENTH, M. R. Package 'lsmeans'. **The American Statistician**, v. 34, n. 4, p. 216-221, 2018.

LIMA, R. F. **Modelagem matemática do escoamento de grãos de soja em um secador com fluxo misto usando o método dos elementos discretos**. 2014. 87 p. Dissertação de Mestrado (Pós-Graduação em Matemática) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2014.

LIU, Z.; ZHU, Y. Prediction of grain storage temperature based on deep learning. **Revista de la Facultad de Ingeniería UCV**, v. 32, n. 14, p. 918-924, 2017.

LOPES, D. C. et al. Efeitos de diferentes estratégias de controle no ambiente de armazenamento de grãos em regiões tropicais e subtropicais. **Revista Ceres**. Viçosa, v. 57, n.2, p. 157-167, 2010.

LUDWIG, M. P. et al. Desempenho de sementes e plantas de milho híbrido originadas de lotes de sementes com alta e baixa qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 8, n. 01, 2009.

MACIEL, G.; et al. Determination of safe storage moisture content of soybean expeller by means of sorption isotherms and product respiration. **Journal of Stored Products Research**, v. 86, 101567, 2020.

MADEIRA, R.; REIS, W.; DE CARVALHO, C. W. P.; PEREIRA, J. Caracterização físico-química de farinhas de trigo de linhagens cultivados no cerrado mineiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 24; CONGRESSO DO INSTITUTO NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE FRUTOS TROPICAIS, 4., 2014, Aracaju. **Inovação e sustentabilidade em ciência e tecnologia de alimentos: resumos**. [Campinas]: SBCTA, 2014.

MAGAN, V.; EVANS, P. Volatiles as an indicator of fungal activity and differentiation between species, and the potential use of electronic nose technology for early detection of grain spoilage. **Journal of Stored Products Research**, Manhattan, v. 36, n. 2, p. 319-340, 2000.

MALAVASI, M. M. Germinação de sementes. In: PIÑA-RODRIGUES, F.C.M. (coord.) **Manual de análise de sementes florestais**. Campinas: Fundação Cargill, 1988. p. 25-40.

MANTAIL, R. D. et al. The dynamics of relation oat panicle with grain yield by nitrogen. **American Journal of Plant Sciences**, v. 7, n. 01, p. 17, 2016.

MANTAIL, R. D.; et al. Produtividade de Grãos de Aveia pela Adubação Nitrogenada e Análise de Componentes Adaptativos. **Proceeding series of the Brazilian Society of Applied and Computational Mathematics**, v. 5, n. 1, 2017.

MANUAL de instruções Neogen. Veratox para Zearalenona. Produto 8110. Teste Quantitativo.

MARCHIORO, V. S. **Mecanismos de seleção em populações segregantes de aveia para otimização de ganho genético embasados em conhecimentos quantitativos e moleculares**. 2003. 93 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitomelhoramento) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2003.

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

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

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

MARCOS-FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F.C., VIEIRA, R.D., FRANÇA NETO, J.B.; MARCOS-FILHO, J. (eds.). **Vigor de sementes: Conceitos e Testes**. Londrina: ABRATES, 2020, cap. 4, p. 185-237.

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

MARSHALL, H. G.; SORRELLS, M. E. Oat science and technology. **American Society of Agronomy**: Crop Science Society of America, Madison, p. 846, 1992.

MASETTO, T. E. et al. Armazenamento de sementes de *Crambe abyssinica* Hochst. ex R.E.Fr. em diferentes embalagens e ambientes. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 5, p. 646-652, set./out., 2013.

MCDONALD, M. B. Seed deterioration: physiology repair and assessment. **Seed science and technology**, v. 27, n. 1, p. 177-238, 1999.

MÉTODO oficial 991.31 aplicado para determinação de aflatoxina citado na AOAC Official Methods Program. **Manual de Procedimentos AflaTest®** - VICAM "Cultivating Success through Science".

MÉTODO oficial AACC 46-12 (American Association of Cereal Chemistry). - Métodos físico-químicos para análise de alimentos. Método 036/IV. Instituto Adolfo Lutz. IV Ed, 2005.

METODOLOGIA disponibilizada pela Vicam (a Waters Business) DON-V (Vertu).

MEZZALIRA, D. **Armazenagem de soja em silo bolsa: avaliação do ar intergranular e qualidade de grãos**. 2016. 60 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Título de Engenheiro Agrícola e Ambiental.) - Universidade Federal De Mato Grosso, Campus Universitário de Sinop, 2016.

NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C.; MACHADO, J. R. Adubação nitrogenada no perfilhamento da aveia-preta em duas condições de fertilidade do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 6, p. 1071-1080, 2000.

NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C.; MACHADO, J. R. Maturação de sementes de aveia-preta (*Avena strigosa* S.). I. Maturidade do campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 2, p. 315-329, 1994.

NOGUEIRA JUNIOR, S. Investimentos na armazenagem de grãos. **Instituto de Economia Agrícola**, v. 3, n. 4, 2008.

O'MARA, J. G. Cytogenetics. In: COFFMAN, F. A. **Oats and oat improvement**. Wisconsin: ASOA, 1961, p. 112-124.

OLIVEIRA, J. A. et al. Comportamento de sementes de milho colhidas por diferentes métodos, sob condições de armazém convencional. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 23, p. 289-302, 1999.

PARK, C. E. et al. Changes in physicochemical characteristics of rice during storage at different temperatures. **Journal of Stored Products Research**. v.48, p. 25-29, 2012.

PASCUALI, L. C. **Vigor tests to estimate soybean seed storage potential**. 2012. 54 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012.

PASSOS, M. A. A.; et al. Luz, substrato e temperatura na germinação de sementes de cedro-vermelho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 2, p. 281-284, 2008.

PATURCA, E. Y. **Caracterização das estruturas de armazenagem de grãos: um estudo de caso no Mato Grosso**. 2014. 35 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2014.

PEARSON, D. **The Chemical Analysis of Foods**. 6ª ed., p. 173. 1970.

PEIXOTO, M. F.; RAFAEL V. B. Ocorrência de insetos e uso de inseticidas naturais e sintéticos no armazenamento de sementes de nabo forrageiro. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 4, p. 1441-1448, 2012.

PENNING de VRIES, E. W. T. et al. **Simulation of ecophysiological processes in several annual crops**. Wage-ningen: PUDOC, 1989. 271 f.

PESKE, F. B.; BAUDET, L.; PESKE, S. T. Produtividade de plantas de soja provenientes de sementes tratadas com fósforo. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, p. 95-101, 2009.

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

POHNDORF, R. S. **Efeitos da umidade e do resfriamento no armazenamento sobre a qualidade de grãos e do óleo de soja para fins comestíveis e de produção de biodiesel**. 2012. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior/ Ministério da Educação e Cultura (ABEAS/MEC), 2ª.ed., p. 157, 194-195. 1985.

RUPOLLO, G. et al. Efeito da umidade e do período de armazenamento hermético na contaminação natural por fungos e a produção de micotoxinas em grãos de aveia. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.30, n.1, p. 118-125, 2006.

RUPOLLO, G. et al. Sistemas de armazenamentos hermético e convencional na conservabilidade de grãos de aveia. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1715-1722, 2004.

SANTOS, C. M. R.; MENEZES, N. L.; VILLELA, F. A. Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de feijão envelhecidas artificialmente. **Revista Brasileira de Sementes**, v.26, p.110-119, 2004.

SARTORI, D. B. S.; et al. **Caracteres de produção de aveia granífera em terras baixas sob diferentes densidades populacionais**. 10º SIEPE. UNIPAMPA. Santana do Livramento, 2018.

SCUSSEL, V. M. Fungos em grãos armazenados. In: LORINI, I.; MIKE, L.H.; SCUSSEL, V. M. (eds.). **Armazenagem de grãos**. Campinas: IBG, 2002. p. 675-804.

SHIMIZU, G. D.; MARUBAYASHI, R. Y. P.; GONCALVES, L. S. A. AgroReg: Main regression models in agricultural sciences implemented as an R Package. **Scientia Agricola**, v. 80, p. e20220041, 2023.

SHULERUD. **Cereal Chemistry**, 9, p. 129.1932.

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

SILVEIRO, U. F. C. **Monitoramento via ultrassom, temperatura e umidade no armazenamento de grãos com acionamento do sistema de aeração**. 2017. 105

p. Trabalho de Conclusão de Curso (Título de Bacharel em Engenharia Elétrica.) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2018.

SMANIOTTO, T. A. S. et al. Qualidade fisiológica das sementes de soja armazenadas em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.4, p.446–453, 2014.

SULEIMAN, R. A.; ROSENTRATER, K. A. Measured and predicted temperature of maize grain (*Zea mays* L.) under hermetic storage conditions. **Journal of Stored Products and Postharvest Research**, v. 7, n. 1, p. 1-10, 2016.

TAVARES, M. J. C. M. S.; ZANETTINI, M. H. B.; CARVALHO, F. I. F. Origem e evolução do gênero *Avena*: suas implicações no melhoramento genético. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 4, p. 499-507, 1993.

TERRA-LOPES, M. L. et al. Sistema de integração lavoura-pecuária: efeito do manejo da altura em pastagem de aveia preta e azevém anual sobre o rendimento da cultura da soja. **Ciência Rural**, n. 39, p. 1499-1506, 2009.

TOLEDO, M. Z. et al. Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de feijão em função da aplicação tardia de nitrogênio em cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 2, p. 124-133, 2009.

TORRES, S. B.; MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de maxixe (*Cucumis anguria* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 108-112, 2001.

UBESSI, C. **Uma proposta no manejo de nitrogênio sobre o rendimento e qualidade de grãos na cultura da aveia granífera**. 2013. 53 f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2013.

VANIER, N. L. et al. Efeitos da Temperatura e do Tempo de Armazenamento sobre Parâmetros Físicos e Químicos de Grãos de Trigo. In: **VII Conferência Brasileira de Pós-Colheita**, Londrina-PR. 2018.

VILLA, L. G.; ROA, G. **Secagem e armazenamento da soja industrial e sementes a granel**. Campinas: Fundação Cargill, 1979. 64p.

WASZAK, M. N.; FERREIRA, C. C. D. Efeito hipoglicemiante das farinhas de banana verde e de maracujá no controle da glicemia em diabéticos. **Cadernos UniFOA**, Rio de Janeiro, nov. 2011.

ZADERNOWSKI, R.; POLAKOWSKA, H. N.; RASHEDA, A. A. The influence of heat treatment on the activity of lipo and hydrophilic components of oat grain. **Journal of Food Processing and Preservation**, Danvers, v. 23, n. 1, p. 177- 191, 1999.

ZELENY, L.; COLEMAN, D. A. **Cereal Chemistry**, 15, p. 538. 1938.

ZUCHI, Jacson et al. Physiological quality of dynamically cooled and stored soybean seeds. **Journal of Seed Science**, v. 35, p. 353-360, 2013.