



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE GIRASSOL  
SUBMETIDAS À DIFERENTES DESSECANTES, ESTÁDIOS  
FENOLÓGICOS E CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO**

**CAROLAINI CAMPOS DA SILVA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA**

**BRASÍLIA/DF**  
**FEVEREIRO/2026**



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA – FAV**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – PPGA**

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE GIRASSOL  
SUBMETIDAS À DIFERENTES DESSECANTES, ESTÁDIOS  
FENOLÓGICOS E CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO**

**CAROLAINI CAMPOS DA SILVA**

**ORIENTADOR: RENATO FERNANDO AMABILE**  
**CO-ORIENTADOR: MARCELO FAGIOLI**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM  
AGRONOMIA**

**PUBLICAÇÃO: NÚMERO DA DISSERTAÇÃO/ANO**

**BRASÍLIA/DF**  
**FEVEREIRO/2026**



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE GIRASSOL  
SUBMETIDAS À DIFERENTES DESSECANTES, ESTÁDIOS  
FENOLÓGICOS E CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO**

**CAROLAINI CAMPOS DA SILVA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA,  
COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À  
OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM AGRONOMIA.**

**APROVADA POR:**

---

**Renato Fernando Amabile, Eng. Agrônomo Dr., Embrapa Cerrados**  
**Orientador**  
**renato.amabile@embrapa.br**

---

**Marcelo Fagioli, Eng. Agrônomo Dr., Universidade de Brasília-UnB**  
**Examinador interno**  
**mfagioli@unb.br**

---

**Oscar José Smiderle, Eng. Agrônomo Dr., Embrapa Cerrados**  
**Examinador externo**  
**oscar.smiderle@embrapa.br**

---

**Ricardo Meneses Sayd, Eng. Agrônomo Dr., MCTI.**  
**Examinador externo**  
**ricardo\_sayd@hotmail.com**

**BRASÍLIA/DF, 19 de fevereiro de 2026**

## FICHA CATALOGRÁFICA

CS586qq Campos da Silva, Carolaini  
Qualidade fisiológica de sementes de girassol submetidas à diferentes desseccantes, estádios fenológicos e condições de armazenamento / Carolaini Campos da Silva; orientador Renato Fernando Amabile; co-orientador Marcelo Fagioli. Brasília, 2026.  
99 p.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade de Brasília, 2026.

1. Helianthus annuus L.. 2. Dessecação pré-colheita. 3. Qualidade fisiológica. 4. Vigor de sementes. 5. Armazenamento. I. Fernando Amabile, Renato, orient. II. Fagioli, Marcelo, co-orient. III. Título.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SILVA, C. C. **Qualidade fisiológica de sementes de girassol submetidas à diferentes desseccantes, estádios fenológicos e condições de armazenamento.** Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2026, 99 f. Dissertação de Mestrado.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: CAROLAINI CAMPOS DA SILVA

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Qualidade fisiológica de sementes de girassol submetidas à diferentes desseccantes, estádios fenológicos e condições de armazenamento

GRAU: Mestre

ANO: 2026

É concedida à Universidade de Brasília de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado para única e exclusivamente propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada à fonte.

---

Nome: Carolaini Campos da Silva

Email:cahscampos@gmail.com

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por estar sempre comigo, concedendo-me força e guiando meus passos ao longo desta caminhada.

Ao Danilo Cardim Araújo, por ter me incentivado a iniciar o mestrado e por estar presente em todos os momentos dessa jornada, oferecendo apoio, especialmente nos períodos mais desafiadores.

Aos meus amigos e colaboradores de laboratório, Bárbara Soares, Danilo Cardim, Raphaela Paniago, Arlini Fialho e Ricardo Gomes, pela companhia, pelas risadas e pelo apoio constante ao meu trabalho. Em especial, à Bárbara Soares, que me auxiliou desde o início até a finalização das análises, contribuindo de forma essencial para a realização deste estudo.

Ao meu orientador, Renato Fernando Amabile, pela oportunidade concedida e pela confiança depositada em meu potencial, e ao meu coorientador, Marcelo Fagioli, pelas orientações nos testes laboratoriais, apoio e dedicação.

Aos funcionários da Embrapa, Welinton Fernandes, Juaci Vitória Malaquias e Dr. Oscar Smiderle, pelo apoio e empenho no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade de Brasília, pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

À Embrapa Cerrados, pela disponibilização do material utilizado na condução do experimento.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos, fundamental para a realização desta pesquisa.

## RESUMO

A dessecação química tem sido utilizada como estratégia para antecipar a colheita e uniformizar a maturação do girassol; entretanto, seus efeitos na qualidade fisiológica das sementes e sobre o comportamento durante o armazenamento ainda demandam investigação. Este trabalho teve como objetivo determinar a influência da aplicação de glufosinato de amônio e diquat, nos estádios fenológicos R8 e R9, sobre a qualidade fisiológica de sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.) da cultivar BRS 323, bem como analisar o desempenho dessas sementes sob diferentes condições de armazenamento durante um período de 240 dias. O estudo foi estruturado em dois experimentos complementares. No primeiro, avaliou-se o efeito da dessecação química, em ambiente não climatizado, sobre a germinação e o vigor das sementes, por meio dos testes de germinação, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica, massa de matéria seca de plântulas e emergência em campo. No segundo experimento, as sementes oriundas dos diferentes manejos de dessecação foram armazenadas em câmara fria, armazém não climatizado e condição combinada, sendo avaliadas durante sete meses quanto à germinação e ao vigor. Os resultados demonstraram que a dessecação química não comprometeu a germinação das sementes, mantendo-se acima do padrão mínimo exigido para comercialização. No entanto, dessecação realizada no estágio R8 apresentaram tendência de redução do vigor, evidenciada por maiores valores de condutividade elétrica e menor desempenho após o envelhecimento acelerado, enquanto a dessecação no estágio R9 proporcionou maior estabilidade fisiológica. Durante o armazenamento, verificou-se que o estágio e a dessecação exerceram maior influência sobre a qualidade fisiológica das sementes do que as condições de armazenamento, sendo a qualidade inicial, definida pelo manejo pré-colheita, determinante para a manutenção do vigor ao longo do tempo. Conclui-se que a dessecação química pode ser utilizada no cultivo do girassol, preferencialmente após a maturidade fisiológica, e que o manejo adequado na pré-colheita é fundamental para garantir maior estabilidade fisiológica e melhor desempenho das sementes durante o armazenamento.

**Palavras-chave:** *Helianthus annuus* L.; dessecação pré-colheita; qualidade fisiológica; vigor de sementes; armazenamento.

## ABSTRACT

Chemical desiccation has been used as a strategy to anticipate harvest and uniformize sunflower maturation; however, its effects on the physiological quality of seeds and their behavior during storage still require further investigation. This study aimed to determine the influence of ammonium glufosinate and diquat application at the phenological stages R8 and R9 on the physiological quality of sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds of the cultivar BRS 323, as well as to analyze the performance of these seeds under different storage conditions over a 240-day period. The study was structured into two complementary experiments. In the first, the effect of chemical desiccation under non-climatized environmental conditions on seed germination and vigor was evaluated through germination, accelerated aging, electrical conductivity, seedling dry matter mass, and field emergence tests. In the second experiment, seeds obtained from the different desiccation managements were stored in a cold chamber, a non-climatized warehouse, and a combined condition, and were evaluated over seven months for germination and vigor. The results showed that chemical desiccation did not compromise seed germination, which remained above the minimum standard required for commercialization. However, desiccation performed at the R8 stage showed a tendency toward reduced vigor, evidenced by higher electrical conductivity values and lower performance after accelerated aging, whereas desiccation at the R9 stage provided greater physiological stability. During storage, it was observed that the phenological stage and desiccation management exerted greater influence on seed physiological quality than the storage conditions, and the initial quality defined by pre-harvest management was decisive for maintaining vigor over time. It is concluded that chemical desiccation can be used in sunflower cultivation, preferably after physiological maturity, and that proper pre-harvest management is essential to ensure greater physiological stability and improved seed performance during storage.

**Keywords:** *Helianthus annuus* L.; pre-harvest desiccation; physiological quality; seed vigor; storage.

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| CAPÍTULO 1 .....  | 10 |
| 1 INTRODUÇÃO.....   | 10 |
| 2 OBJETIVOS.....  | 12 |
| 2.1 Objetivos específicos .....   | 12 |
| 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....  | 12 |
| 3.1 O girassol.....   | 12 |
| 3.1.1 Classificação, origem e distribuição .....  | 12 |
| 3.1.2 Características morfológicas e ciclo de desenvolvimento .....                           | 12 |
| 3.1.3 Importância econômica.....  | 13 |
| 3.2 Histórico e produção do girassol no Brasil.....   | 14 |
| 3.2.1 Introdução e evolução histórica .....   | 14 |
| 3.2.2 Situação atual da produção no Brasil e comparação internacional.....                    | 15 |
| 3.2.3 Potencial produtivo e perspectivas .....  | 15 |
| 3.3 O girassol no Cerrado .....   | 15 |
| 3.3.1 Caracterização do bioma Cerrado.....  | 15 |
| 3.3.2 Relevância agrícola do Cerrado .....  | 16 |
| 3.3.3 Produção e potencial do girassol no Cerrado .....                                       | 16 |
| 3.4 A cultivar BRS 323.....   | 16 |
| 3.5 Maturação fisiológica .....   | 17 |
| 3.5.1 Conceito, importância e determinação da maturidade fisiológica nas sementes de girassol | 17 |
| 3.5.2 Métodos visuais para identificar a maturidade fisiológica .....                         | 18 |
| 3.6 Dormência no girassol .....   | 19 |
| 3.7 Dessecantes na agricultura.....   | 21 |
| 3.7.1 Importância da dessecação pré-colheita .....  | 21 |
| 3.7.2 Fatores que influenciam a eficiência dos dessecantes .....                              | 22 |
| 3.7.3 Resultados de pesquisas com diferentes dessecantes .....                                | 22 |
| 3.7.4 Situação no girassol e substitutos ao paraquat.....                                     | 23 |
| 3.7.5 Mecanismos de ação do glufosinato de amônio e do diquat .....                           | 24 |
| 3.8 Qualidade e armazenamento de sementes .....   | 25 |
| 4 REFERÊNCIAS .....   | 27 |

|  |    |
|--|----|
| CAPÍTULO 2 .....   | 35 |
| RESUMO .....   | 35 |
| ABSTRACT .....   | 36 |
| 1 INTRODUÇÃO.....  | 37 |
| 2 MATERIAL E MÉTODOS.....  | 38 |
| 2.1 Área experimental.....   | 38 |
| 2.2 Práticas culturais .....   | 39 |
| 2.3 Aquisição de dados .....   | 39 |
| 2.4 Descrição dos testes .....   | 41 |
| 2.5 Delineamento experimental .....  | 43 |
| 3 RESULTADOS .....   | 44 |
| 3.1 Antecipação de colheita .....  | 44 |
| 3.2 Testes iniciais de germinação e viabilidade.....                           | 44 |
| 3.3 Qualidade fisiológica das sementes: ANOVA, matriz de dispersão e ACP ..... | 44 |
| 4 DISCUSSÃO .....  | 49 |
| 4.1 Antecipação de colheita por dessecação.....                                | 49 |
| 4.2 Germinação inicial, viabilidade e dormência .....                          | 50 |
| 4.3 Germinação e vigor das sementes.....                                       | 50 |
| 4.4 Integração dos testes fisiológicos por ACP .....                           | 51 |
| 5 CONCLUSÃO.....   | 53 |
| 6 REFERÊNCIAS .....  | 53 |
| CAPÍTULO 3 .....   | 57 |
| RESUMO .....   | 57 |
| ABSTRACT .....   | 58 |
| 1 INTRODUÇÃO.....  | 59 |
| 2 MATERIAL E MÉTODOS.....  | 60 |
| 2.1 Área experimental.....   | 60 |
| 2.2 Práticas culturais .....   | 61 |
| 2.3 Aquisição de dados .....   | 62 |
| 2.4 Descrição dos testes .....   | 62 |
| 2.5 Delineamento Experimental .....  | 65 |
| 3 RESULTADOS .....   | 65 |
| 3.1 Teste de germinação (TG) .....   | 65 |
| 3.2 Teste de condutividade elétrica (CE).....                                  | 68 |

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 3.3 | Envelhecimento acelerado (EA) .....   | 71 |
| 3.4 | Massa de matéria seca de plântula após EA .....                                   | 74 |
| 3.5 | Massa de matéria seca de plântula após TG .....                                   | 77 |
| 4   | DISCUSSÃO .....   | 80 |
| 4.1 | Teste de germinação (TG) .....  | 80 |
| 4.2 | Condutividade elétrica (CE) .....   | 82 |
| 4.3 | Envelhecimento acelerado .....  | 83 |
| 4.4 | MMS após EA e MMS após TG.....  | 84 |
| 4.5 | Síntese dos efeitos dos ambientes de armazenamento.....                           | 85 |
| 5.  | CONCLUSÕES .....  | 85 |
| 6.  | REFERÊNCIAS .....   | 86 |
|     | APÊNDICE A - Médias e comparação pelo teste de Tukey (períodos sem interação)...  | 90 |
|     | APÊNDICE B - Médias e comparação pelo teste de Tukey (épocas com interação) ..... | 95 |

## CAPÍTULO 1

### 1 INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma espécie da família Asteraceae cultivada em todo o mundo devido às suas características de alta adaptabilidade (Simões *et al.*, 2020). Essa espécie possui diversos benefícios nutricionais e medicinais (Guo; Ge; Na Jom, 2017), e os seus produtos são comercializados para alimentação humana, animal e também para a produção de biocombustíveis (Dantas *et al.*, 2017; Yegorov *et al.*, 2019).

A cultura é uma das três maiores produtoras de óleo do mundo (USDA, 2025a), porém a produção no Brasil é pouco significativa. Na safra de 2024/2025, a produção brasileira foi de 108,5 mil toneladas de girassol em uma área de 82 mil hectares (Conab, 2025), enquanto a Rússia, maior produtor mundial, produziu cerca de 16,9 milhões de toneladas (USDA, 2025b).

Embora pouco expressivo no cenário mundial, a expansão do girassol no Brasil tem grande potencial, especialmente no Cerrado brasileiro, onde é produzida a maior parte do cultivo, uma vez que é bem adaptada as condições edafoclimáticas da região (Castro; Leite, 2018). Adicionalmente, a planta é utilizada como uma opção para a segunda safra em áreas produtoras de grãos, nessa região, sobretudo em sucessão a soja (Castro; Leite, 2018).

Tendo em vista a sua importância econômica e a sua expansão, deve-se levar em consideração métodos que otimizem a produção e que não interfiram na qualidade das sementes. Um dos entraves na colheita do girassol é a desuniformidade na maturação dos capítulos e a longa exposição das sementes a possíveis condições desfavoráveis que podem comprometer a qualidade das sementes e, portanto, é recomendado realizar a colheita quando as sementes possuírem teor de água variando de 14% a 16% (Castro *et al.*, 1997).

Um método que pode ser utilizado para uniformizar a colheita, acelerar a maturidade fisiológica e manejar de forma eficiente a cultura é a prática da dessecação, com o uso de herbicidas de contato. Ele atua acelerando e uniformizando o processo de secagem da planta e pode ser aplicado, no girassol, após a maturação fisiológica (estádio R9) (Nowatski, 2020). A consequente antecipação da colheita é um outro fator importante pois desocupa a área para uma Nova cultura contribuindo com a renda do produtor, além de obter o grão antecipadamente e diminuir problemas

com os riscos climáticos. Porém quando a aplicação é feita de forma incorreta, sem a observação do momento técnico, da dose do produto e da época de aplicação na cultura, pode vir a acarretar em consequências para a qualidade fisiológica das sementes.

Diversos estudos têm sido realizados para verificar a ação de desseccantes sobre a qualidade fisiológica de sementes, trabalhos em culturas como sorgo (Barros *et al.*, 2019), soja (Albrecht *et al.*, 2023; Guimarães *et al.*, 2012), trigo (Krenchinski *et al.*, 2017), feijão (Simionatto *et al.*, 2021), arroz (He *et al.*, 2015) e girassol (Szemruch *et al.*, 2017; Szemruch *et al.*, 2019; Canak *et al.*, 2020; Farias *et al.*, 2023).

Para grande parte dos cultivos, há vários desseccantes registrados, contudo, há poucos produtos registrados para essa finalidade no girassol, o que leva a uma carência de informações para suas aplicações.

O paraquat foi muito utilizado na dessecação de várias culturas, porém, o produto foi banido devido à sua alta toxicidade, além de existirem estudos que ligam a exposição ao produto com doença de Parkinson (Kim; Kim, 2019; Monquero; Silva, 2021). A Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 177 Brasil, 2017) estabeleceu um prazo de três anos para que fosse proibida a produção, importação, comercialização e utilização de produtos à base de paraquat no Brasil, cuja proibição se estabeleceu em 2020 (Brasil, 2020).

Diante disso, outros produtos passaram a ser utilizados em substituição ao paraquat como o glufosinato de amônio e diquat, já utilizados na dessecação da soja (Albrecht *et al.*, 2022).

A aplicação desses produtos em girassol se justifica pela vulnerabilidade das sementes, que assim como as sementes de soja ficam expostas às condições adversas na fase final do ciclo da cultura e podem causar prejuízos no rendimento de grãos devido à deterioração, por causa do alto teor de óleo (Lacerda *et al.*, 2003).

Um outro fator de grande importância na manutenção da qualidade de sementes é o armazenamento, que visa assegurar a integridade e a viabilidade das estruturas vegetais por períodos mais longos, preservando assim, suas qualidades genéticas, fisiológicas, sanitárias e físicas (Menegaes; Stefanello; Nunes, 2024).

A longevidade e a viabilidade durante o armazenamento têm correlação direta com a redução do teor de água das sementes e a temperatura de exposição (Salomão; Gimenes; Brasileiro, 2021). No caso do girassol, as sementes necessitam de cuidados adicionais, pois são extremamente vulneráveis à deterioração durante o processo de armazenamento, em função do seu alto teor de

óleo, e por esse motivo as condições de umidade relativa do ar e temperatura devem ser constantemente monitoradas nos armazéns (Krzyzanowski *et al.*, 2005).

## **2 OBJETIVOS**

Determinar efeitos da dessecação química em diferentes estádios fenológicos e das condições de armazenamento sobre a qualidade fisiológica de sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.) da cultivar BRS 323.

### **2.1 Objetivos específicos**

Determinar o efeito da aplicação de dessecantes em dois estádios fenológicos sobre a qualidade fisiológica de sementes de girassol BRS 323.

Determinar o desempenho fisiológico de sementes de girassol BRS 323, dessecadas em diferentes estádios fenológicos e mantidas sob diferentes condições de armazenamento durante 240 dias.

## **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **3.1 O girassol**

#### **3.1.1 Classificação, origem e distribuição**

O Girassol (*Helianthus annuus* L.) é classificado como uma dicotiledônea de cultivo anual, pertence à família Asteraceae, com origem no continente norte-americano. Seu cultivo é realizado em várias partes do mundo (Castro *et al.*, 1997). O gênero dispõe de 49 espécies, 12 são anuais e 37 perenes (Seiler, 1992). Na atualidade, o cultivo é realizado em todos os continentes em função de suas características agrônômicas de grande importância como a resistência ao calor, ao frio e à seca, aspectos que o diferencia da maioria das espécies cultivadas, por exemplo no Brasil (Castro *et al.*, 1997).

#### **3.1.2 Características morfológicas e ciclo de desenvolvimento**

A planta possui um caule ereto, vigoroso, coberto ou não por pelos, geralmente não ramificado e com o diâmetro variável. A altura pode variar entre 1,0 a 2,5 m, e as plantas são capazes de apresentar curvaturas, das hastes, distintas que ficam notórias durante a fase de maturação. Suas folhas, normalmente estão por volta de 20 a 40 por planta (Castro; Farias, 2005), são pecioladas, ovais, com nervuras aparentes e textura áspera (Vrânceanu, 1977).

O sistema radicular é pivotante, com várias ramificações e pode chegar a 2,0 m de profundidade, o que leva à absorção de nutrientes e água de locais onde muitas plantas não conseguem explorar (Castro; Farias, 2005). O ciclo vegetativo da planta pode variar de 90 a 130 dias e dependerá de fatores como o tipo de cultivar, condições ambientais e período de semeadura (Castro *et al.*, 1997).

A inflorescência do girassol é chamada de capítulo, sendo composta por flores tubulosas e liguladas. As flores tubulosas são férteis e completas, possuindo cálice, corola, androceu e gineceu, e ocupam todo o centro do capítulo. As flores liguladas, na parte externa do capítulo, são incompletas, apresentam ovário rudimentar, corola modificada e são estéreis (Castro; Farias, 2005).

O girassol é uma planta alógama, e mesmo tendo flores completas, não realiza a autofecundação dado que suas flores manifestam a protandria e a autoincompatibilidade dos órgãos sexuais. Portanto, é imprescindível a presença de polinizadores para a produção de grãos (Vrânceanu, 1977).

A maturação desuniforme das sementes é uma característica particular da planta, no mesmo cultivo podem ocorrer diferenças no grau de maturação fisiológica das sementes entre os capítulos de plantas distintas e dentro dos capítulos. Isso ocorre porque a abertura das flores acontece de forma desigual no capítulo, das margens ao centro, originando sementes em estádios diferentes de desenvolvimento em uma mesma planta (Anderson, 1975). Essa desuniformidade dificulta a colheita no ponto máximo de maturidade fisiológica ou que tenham passado deste, gerando perdas de qualidade das sementes em função da colheita de sementes imaturas, do ponto de vista fisiológico (Carvalho; Nakagawa, 2012).

### **3.1.3 Importância econômica**

A exploração dessa espécie pode ser feita para diferentes finalidades pois possui diversos benefícios nutricionais e medicinais (Guo; Ge; Na Jom, 2017). A semente pode ser consumida *in natura*, por humanos ou animais, ou pode ser usada para que seja extraído o seu óleo. O óleo extraído das sementes é usado na produção de óleo comestível e na produção de biocombustível (Dantas *et al.*, 2017).

No processo industrial de extração de óleo é gerado um resíduo que é usado na alimentação animal, a torta. A planta também pode ser usada para a produção de silagem e farelo, ambos destinados à nutrição animal (Mandarino, 2005; Carrão-Panizzi; Mandarino, 2005).

## **3.2 Histórico e produção do girassol no Brasil**

### **3.2.1 Introdução e evolução histórica**

Os primeiros registros da cultura do girassol, no Brasil, são do século XIX, trazida pelos europeus (Pelegriani, 1985). No ano de 1940, no Rio Grande do Sul, foram feitos os primeiros cultivos comerciais e em 1960 iniciou-se o cultivo no estado de São Paulo. Entretanto, a falta de tecnologia e de incentivos levou a ruína da cultura nos primeiros anos.

No final dos anos 70, houve uma retomada de cultivo do girassol em função do Programa de Mobilização Energética (PME) do Governo Federal, que buscou estimular o uso de óleos vegetais em substituição aos derivados do petróleo. O PME ofereceu recursos para pesquisas com culturas energéticas, incluindo o girassol. Esses recursos possibilitaram a criação de um Programa Nacional de Pesquisa em Energia - PNPE, no âmbito da Embrapa. Vinculado ao PNPE e coordenado pela Embrapa Soja, foi criado o Subprograma de Pesquisa de Girassol (Dall'Agnol; Castiglioni; Toledo, 1994).

A pesquisa desacelerou em 1984 com o desaparecimento do PNPE, que deu lugar ao subprograma girassol, no âmbito do Programa Nacional de Diversificação Agropecuária, da Embrapa. Entretanto, em 1989, a pesquisa com o girassol teve um novo impulso com a contratação de pesquisadores com dedicação exclusiva pela Embrapa Soja (Dall'Agnol; Castiglioni; Toledo, 1994).

Apesar do incentivo, muitos problemas como a falta de cultivares adequados, escassez de tecnologia e os problemas de mercado continuaram desestimulando os produtores. Somente em 1998 a cultura voltou de forma mais efetiva na região Sul e no Cerrado Brasileiro (Dall'Agnol; Vieira; Leite, 2005).

Nos anos 2000, o apoio técnico e comercial de uma usina de beneficiamento de óleo em Goiás, e o avanço das pesquisas, tornou a espécie uma importante cultura em alguns sistemas de produção (Dall'Agnol; Vieira; Leite, 2005).

### **3.2.2 Situação atual da produção no Brasil e comparação internacional**

No Brasil, na safra 2024/25, a área de cultivada foi de 82 mil hectares com uma produção de 108,5 mil toneladas de girassol (Conab, 2025), um valor muito baixo em relação aos principais produtores mundiais como Rússia, Ucrânia, União Europeia e Argentina que Juntos produziram, na safra de 2024/2025, 43 milhões de toneladas. A Rússia que é o maior produtor de sementes de girassol, produziu sozinha cerca de 16,9 milhões de toneladas (USDA, 2025b).

Apesar da baixa produção nacional, o potencial de expansão da cultura é enorme pois ela pode ser cultivada em sucessão a soja, que cobre 12,37 milhões de hectares somente no estado do Mato Grosso e 46,14 milhões de hectares em todo o país (Conab, 2025). A produção nacional do girassol se concentra nas regiões Centro-Oeste e Sudeste do País (Castro; Leite, 2018). Os estados que mais produziram girassol na safra 2024/25 foram nessa ordem, Goiás (76,2 mil toneladas), Minas Gerais (14,3 mil toneladas) e Mato Grosso (8,7 mil toneladas) (Conab, 2025).

### **3.2.3 Potencial produtivo e perspectivas**

Se equiparado a soja, o rendimento de grãos do girassol é menor. No entanto, destaca-se pela maior capacidade de produção de óleo, com o teor variando entre 38% e 50% nas sementes, além do alto potencial de produção em várias regiões do Brasil (Carvalho *et al.*, 2015; Castro; Leite, 2018). Assim, para uma maior chance de êxito e lucro para o empreendimento agrícola, é importante adotar novos programas de assistência técnica, novos processos tecnológicos, novas adaptações climáticas e áreas de análise de risco fitossanitário para trazer benefícios para o ajuste do sistema planta-ambiente (Castro; Leite, 2018).

## **3.3 O girassol no Cerrado**

### **3.3.1 Caracterização do bioma Cerrado**

O Cerrado ocupa 21% do território nacional e é o segundo maior bioma do Brasil, sendo somente superado pelo bioma Amazônico (Borlaug, 2002). A palavra Cerrado é frequentemente empregada para designar o conjunto de ecossistemas do Brasil central, que inclui matas, campos, savanas e matas de galeria (Eiten, 1978, Ribeiro; Sano; Silva, 1981).

Caracteriza-se por um clima sazonal, com uma estação seca que vai de abril a setembro e uma estação úmida de outubro a março (Ribeiro; Walter, 2008). A região apresenta uma altitude variada, de 300 m a 1.600 m, e uma precipitação média anual de 1.500 mm (Ribeiro; Walter, 2008).

O solo que predomina na região é do tipo latossolo, que representa cerca de 48,66% da área. Esse tipo de solo é bastante intemperizado, profundo, ácido e possui baixa fertilidade natural (Reatto *et al.*, 2008). A vegetação do Cerrado é composta por formações florestais, savânicas e campestres (Ribeiro; Walter, 2008).

### **3.3.2 Relevância agrícola do Cerrado**

No decorrer dos anos, o Cerrado se tornou uma região agrícola de grande relevância, contribuindo de forma significativa para o aumento da produção nacional de grãos (Matias *et al.*, 2019). No entanto, esse crescimento depende de condições que contribuam para ganhos significativos em eficiência de produção, como o uso de tecnologias adequadas, além de condições políticas e econômicas favoráveis (Amabile; Barcellos, 2009).

### **3.3.3 Produção e potencial do girassol no Cerrado**

Apesar da pouca expressividade em relação às outras culturas, o girassol é produzido principalmente no Cerrado. A semeadura é realizada logo após a colheita da soja no verão, de preferência em fevereiro ou no início de março. Nessa época, se beneficia das chuvas do final de outono para florescer e desenvolver os aquênios, podendo a colheita ser realizada em período seco (Castro; Leite, 2018).

Por ter alta adaptabilidade, alto rendimento de grão e de óleo, grande tolerância à seca e pouca influência de altitude e longitude, o girassol tem potencial para contribuir com a máxima diversificação dos sistemas de produção agrícolas no Cerrado (Amabile; Guimarães; Farias Neto, 2003).

## **3.4 A cultivar BRS 323**

A BRS 323 é uma cultivar desenvolvida pela Embrapa soja (Londrina-PR) em parceria com a Embrapa Cerrados (Planaltina-DF), Embrapa Clima Temperado (Pelotas, RS), Embrapa Tabuleiros Costeiros (Aracaju, SE), Embrapa Rondônia (C.E. Vilhena, RO), Embrapa Meio Ambiente (Jaguariúna, SP), Embrapa Meio-Norte (Teresina, PI), Embrapa Trigo (Passo Fundo,

RS), Embrapa Gado de Leite (Juiz de Fora, MG) e Embrapa Amazônia Oriental (Belém, PA) (Embrapa, 2013).

Essa cultivar possui alta produtividade associada à precocidade, que são características que facilitam a sua utilização em diferentes sistemas produtivos encaixando-se em diversas regiões agrícolas do Brasil. A BRS 323 é um híbrido simples, resistente ao míldio (raça 330), com teor de óleo variando de 40 a 44%. O aquênio possui coloração estriado claro e o peso de 1000 aquênios varia de 60 a 75 g. O florescimento inicia em 50 a 60 dias após a semeadura, enquanto a maturação fisiológica varia de 80 a 98 dias. A planta apresenta altura média de 166 a 190 cm. Essas características médias dependem das interações da cultivar com as condições edafoclimáticas do local (Embrapa, 2013).

A cultivar é indicada para os Estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Pará, Paraná, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Rondônia, Santa Catarina, São Paulo, Sergipe e para o Distrito Federal. Nas regiões de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Distrito Federal a época de semeadura ocorre entre fevereiro e início de março. Além disso, recomenda-se seguir as indicações do zoneamento agrícola para reduzir riscos climáticos, assim como realizar o cultivo em solos corrigidos e férteis, devido à sensibilidade da cultura ao alumínio trocável e à maior exigência em boro, que pode ser crítico (Embrapa, 2013).

### **3.5 Maturação fisiológica**

#### **3.5.1 Conceito, importância e determinação da maturidade fisiológica nas sementes de girassol**

A maturidade fisiológica (MF) é caracterizada, em várias culturas, como o momento em que as sementes atingem os valores máximos de germinação, de vigor e de peso máximo de matéria seca, a maior qualidade ou o produto comercializável máximo. A MF é de grande importância na fenologia da cultura, visto que é o término do enchimento dos grãos. Ela pode ser influenciada por práticas culturais como o plantio, a adubação, a irrigação e a colheita (Kaya *et al.*, 2004).

A aplicação de dessecante é uma prática muito comum na cultura do girassol, assim, a aplicação de dessecantes nessa cultura, deve ser feita na MF ou logo após, visando maximizar a produtividade (Gesh; Johnson, 2012). Os estádios vegetativos e reprodutivos da planta, incluindo

a maturidade fisiológica, foram determinados por Schneiter e Miller (1981). Os estádios reprodutivos começam com o aparecimento do broto floral (R1) até a maturidade fisiológica (R9).

Na fase R1 é possível visualizar a inflorescência envolta pela bráctea imatura. Na fase R2 ocorre o alongamento do internódio abaixo da inflorescência (de 0,5 a 2,0 cm) e acima da folha mais próxima da inflorescência. No R3, esse alongamento continua. Na fase R4 a inflorescência começa a abrir e as folhas liguladas tornam-se visíveis, distendendo-se mais de 2,0 cm. Em seguida, na fase R5, a antese se inicia: as flores liguladas estão completamente expandidas e o disco das flores está visível. Esta fase, por sua vez, se divide em subfases, dependendo da área do capítulo (Castro; Farias, 2005).

Na fase R6 a antese está completa, com as flores liguladas murchando e perdendo turgidez. Em seguida, na fase R7, o dorso do capítulo torna-se amarelo-claro, podendo iniciar o amarelecimento pelo centro do dorso do capítulo, adjacente às brácteas. A fase R8 é a anterior à maturidade fisiológica e é descrito como a continuação do desenvolvimento dos aquênios. Nessa fase o dorso do capítulo fica amarelo, podendo apresentar alguns pontos castanhos, entretanto, as brácteas permanecem verdes. No girassol, o enchimento dos aquênios ocorre durante os estádios reprodutivos tardios, R7 e R8. A fase R9 corresponde ao ponto de maturidade fisiológica, momento em que a parte de trás do receptáculo do girassol fica completamente amarelada e as brácteas adquirem coloração marrom, nesse estágio os grãos atingem o máximo acúmulo de matéria seca (Castro; Farias, 2005)

Em vários estudos a maturação fisiológica do girassol tem sido identificada usando métodos e características distintas, principalmente como a determinação visual (Robinson, 1983; Schneiter; Miller, 1981), o teor de água dos aquênios (Anderson, 1975; Robertson; Chapman; Wilson, 1978), o peso seco máximo (Browne, 1978; Connor; Hall, 1997) e o teor de óleo nas sementes (Harris; Mcwilliam; Mason, 1978; Johnson; Jellum, 1972).

### **3.5.2 Métodos visuais para identificar a maturidade fisiológica**

Apesar de existirem métodos objetivos, a avaliação visual ainda é considerada uma maneira confiável e prática para determinar e prever a MF (Gesh; Johnson, 2012). Alguns indicadores visuais são a mudança de coloração na parte posterior do capítulo de verde para amarelo, a coloração marrom das brácteas involucrais (Johnson; Jellum, 1972; Robinson, 1983), além do ressecamento das folhas e pecíolos (Robinson, 1971).

Estimar a MF visualmente pode ser subjetivo, uma abordagem mais objetiva seria modelar a relação entre o acúmulo de matéria seca dos aquênios e seu grau de queda de umidade. Assim, seria possível indicar o percentual do teor de água que corresponde ao teor máximo de matéria seca desses aquênios. Essa abordagem prática tem funcionado bem para outras culturas, como a soja (Fraser; Egli; Leggett, 1982) e trigo (Calderini; Abeledo; Slafer, 2000).

Na literatura existem evidências de que o teor de água, no ponto de maturação fisiológica, pode variar de 30% (Browne, 1978) a 40% (Anderson, 1975). A variação nos resultados dessas pesquisas, no que diz respeito ao teor de água das sementes no ponto de maturação, pode estar ligada a alguns fatores como o tipo de amostra de semente utilizada para esses estudos, os fatores ambientais que influenciam o desenvolvimento dos estádios fenológicos do girassol, a constituição das sementes (Connor; Hall, 1997; Ploschuk; Hall, 1995) e ao genótipo (Rondanini; Savin; Hall, 2007).

### **3.6 Dormência no girassol**

A dormência de sementes é caracterizada como sendo a incapacidade de uma semente viável, de determinada espécie vegetal, germinar mesmo em condições ambientais favoráveis (Carvalho; Nakagawa, 2012). A classificação da dormência é feita de acordo com a sua origem ou com os possíveis mecanismos envolvidos (Ferreira; Borguetti, 2004).

Em relação a origem são reconhecidos dois tipos de dormência, a primária e a secundária. A dormência primária é estabelecida durante a fase de desenvolvimento das sementes, de maneira que, na dispersão da planta-mãe, já se encontram em estado de dormência. Normalmente, a dormência primária está ligada a aspectos fisiológicos, às condições ambientais durante a maturação e à planta - mãe (Ferreira; Borguetti, 2004). A dormência secundária se estabelece quando a semente se encontra em ambiente desfavorável para a germinação, principalmente em relação à falta de um ou mais fatores como água, temperatura, luz e oxigênio (Carvalho; Nakagawa, 2012; Ferreira; Borguetti, 2004).

Os mecanismos envolvidos na dormência das sementes são divididos em dois grandes grupos. O primeiro é caracterizado como dormência endógena, também chamada de embrionária, mas pode envolver tecidos extraembrionários. Esta categoria pode ser subdividida em fisiológica, morfológica e morfofisiológica (Ferreira; Borguetti, 2004). O segundo grupo é caracterizado como dormência exógena ou extraembrionária, causada primordialmente pelo tegumento, pelo

endocarpo, pelo pericarpo e por órgãos extraflorais. Esse grupo se divide em dormência física, mecânica e química (Ferreira; Borguetti, 2004).

As sementes de girassol, quando recém-colhidas, exibem dormência do tipo fisiológica, localizada dentro do embrião (Corbineau; Bagniol; Comê, 1990; Le Page- Degivry; Garello, 1992). A dormência fisiológica é causada por mecanismos de inibição que envolvem os processos metabólicos e o controle do desenvolvimento, normalmente induzido por hormônios inibidores da germinação. Nesse tipo de dormência, diversos mecanismos atuam e estão localizados principalmente no embrião, mas também podem se encontrar nos tecidos e estruturas adjacentes, como tegumento e endosperma. Esses mecanismos são pouco conhecidos, o que gera confusão na literatura científica sobre o enquadramento de casos de dormência fisiológica (Ferreira; Borguetti, 2004).

De acordo com Marcos Filho (2005), na dormência fisiológica as sementes se desligam da planta-mãe com a sua estrutura morfológica completa, entretanto o embrião está fisiologicamente imaturo. Esse tipo de dormência está atribuído à desuniformidade na maturação de sementes na mesma planta, provocando uma colheita com parte da maturação das sementes incompleta causando desequilíbrio entre substâncias (hormônios) que promovem e inibem a germinação.

A colheita quando realizada muito cedo, pode apresentar elevado número de sementes imaturas, chochas e malformadas, e tendo como consequência a diminuição do rendimento por área, grande descarte no beneficiamento e baixo vigor das sementes (Maeda *et al.*, 1987). No estudo realizado por Zimmerman e Zimmer (1978), com épocas de colheita de dois cultivares de girassol, Peredovik e Sputnik, foi observado que as sementes colhidas em estágio de desenvolvimento mais desenvolvidos apresentavam período de dormência menor do que aquelas colhidas antecipadamente.

A dormência da semente pode estar associada ao acúmulo de ácido abscísico durante o amadurecimento, à espessura e permeabilidade do tegumento e também sofrer influência da maturação (Marcos Filho, 2005; Kucera; Cohn; Leubner-Metzger, 2005). A dormência do girassol pode ser superada com poucos meses de pós-colheita no armazenamento em ambiente seco, tornando-se capazes de germinar em temperaturas que variam de 5 a 40 °C, com aumento da germinação em todas as temperaturas (Corbineau; Bagniol; Comê, 1990).

Ainda existem informações inconsistentes sobre os efeitos da temperatura durante o armazenamento a seco na superação da dormência de aquênios de girassol. Não se sabe ao certo se o efeito da temperatura de armazenamento é mediado por meio de mudanças na dormência do

embrião e/ou na dormência imposta pelo tegumento, e mudanças no metabolismo hormonal e/ou sensibilidade (Rodríguez *et al.*, 2018).

### **3.7 Dessecantes na agricultura**

#### **3.7.1 Importância da dessecação pré-colheita**

A obtenção de sementes de qualidade superior depende da utilização de diferentes técnicas de manejo para vencer algumas limitações que podem diminuir a qualidade como fatores nutricionais, climáticos, momentos da colheita e danos causados por insetos e micro-organismos. Estas são as principais causas de deterioração de sementes ainda em campo (França Neto *et al.*, 2016).

No ponto de maturação fisiológica, as plantas atingem o maior peso seco de sementes, a mais alta qualidade fisiológica ou o ponto de maior valor comercial e é nesse momento que a colheita deveria ser feita, entretanto, nesse estágio as sementes possuem grau de umidade elevado (em torno de 30% a 40%), o que impossibilita a colheita mecanizada para a maioria das culturas (Anderson, 1975; Anfirud, 1997; Kaya *et al.* 2004).

A umidade do grão está fortemente relacionada aos processos de manejo, trilha e armazenagem. Por isso, deve ser levada em consideração para que se obtenha o produto com menor dano e menores perdas na colheita (Rosa, 1986). A colheita, portanto, deve ser realizada no momento adequado, normalmente quando os teores de água das sementes atingem valores entre 16% e 14% (Castro *et al.*, 1997).

Uma das práticas de manejo adotadas para a produção de sementes de alta qualidade é a realização da dessecação pré-colheita. Essa técnica promove a rápida secagem das plantas, favorecendo a queda das folhas e viabilizando a rápida perda de água das sementes. Dessa forma, permite-se que a colheita seja efetuada em fases mais próximas ao ponto de maturação fisiológica (Lacerda *et al.*, 2005).

Além de promover a secagem, a dessecação visa melhorar a uniformidade de maturação das sementes e tem como consequência a antecipação da colheita (Pereira *et al.*, 2015). Além disso, a dessecação tem como objetivo agilizar as operações de campo para o cultivo em sucessão (Barros *et al.*, 2019).

### 3.7.2 Fatores que influenciam a eficiência dos dessecantes

O sucesso no uso dos dessecantes deve levar em consideração fatores como: o estudo das respostas das cultivares quanto as condições climáticas da região específica de produção, a sua compatibilidade com o tipo de dessecante, o estágio de aplicação e a dose. Esses são fatores que podem influir diretamente na eficiência de ação do produto e, indiretamente, sobre a qualidade das sementes e na produtividade (Pereira *et al.*, 2015).

### 3.7.3 Resultados de pesquisas com diferentes dessecantes

Existem diversos trabalhos que utilizaram herbicidas como dessecantes, entre eles paraquat, diquat, glufosinato de amônio, glifosato e etefon, relacionando seu uso à qualidade das sementes, à antecipação da colheita e à produtividade. A dessecação para a antecipação da colheita é uma prática realizada em diversas culturas como sorgo (Barros *et al.*, 2019), soja (Albrecht *et al.*, 2023; Guimarães *et al.*, 2012), trigo (Krenchinski *et al.*, 2017), feijão (Simionatto *et al.*, 2021), arroz (He *et al.*, 2015) e girassol (Szemruch *et al.*, 2017; Szemruch *et al.*, 2019; Canak *et al.*, 2020; Farias *et al.*, 2023).

Barros *et al.* (2019), por exemplo, observaram em sorgo que a aplicação de paraquat não prejudicou a germinação e antecipou a colheita em 14 dias, enquanto o glifosato reduziu a germinação das sementes e adiantou a colheita em 12 dias. Em soja, Guimarães *et al.* (2012) verificaram que o uso do paraquat resultou em melhores índices de germinação, ao passo que o glifosato reduziu o vigor das sementes.

Na aplicação dos dessecantes paraquat, diquat e etefon, na cultura do arroz, observou-se a redução da umidade das sementes entre dois e quatro dias, sem afetar o peso dos grãos ou a porcentagem de germinação. No entanto, a porcentagem de plântulas normais foi reduzida com o uso do paraquat, enquanto o diquat apresentou os melhores resultados na manutenção da qualidade da semente e na eficiência da dessecação (He *et al.*, 2015).

Simionatto *et al.* (2021) em trabalho com feijão, utilizaram o glufosinato de amônio, que resultou em plântulas mais vigorosas e sementes mais pesadas, e o glifosato de potássio reduziu o vigor das plântulas.

Szemruch *et al.* (2017) utilizou o paraquat, em seu trabalho para a dessecação de diferentes híbridos de girassol, esse herbicida não exerceu efeitos prejudiciais na germinação, que permaneceu acima do tratamento controle em todas as condições de armazenamento (câmara fria

e armazenamento à temperatura ambiente). O vigor permaneceu acima do tratamento controle apenas no armazenamento em câmara fria para híbridos com baixo teor de ácido oleico.

Szemruch *et al.* (2019) também utilizou dessecantes como paraquat, carfentrazone e saflufenacil após a maturidade fisiológica em diferentes genótipos de girassol e chegou à conclusão de que esses produtos não afetaram a germinação e o vigor das sementes. O paraquat teve efeito mais rápido de secagem que os outros dois herbicidas testados.

Um outro trabalho utilizando dessecante na cultura do girassol foi o de Canak *et al.* (2020), e teve como objetivo avaliar o efeito da dessecação com o diquat na germinação e armazenamento de três linhas femininas endogâmicas de girassol em diferentes datas de aplicação (do final da floração até a maturidade). A conclusão foi que a aplicação não afetou a germinação das sementes.

Um trabalho mais recente com o uso de paraquat em diferentes fases reprodutivas de cultivares de girassol (R7, R8 e R9) mostrou que a aplicação do dessecante no R7 foi prejudicial à germinação quando comparado ao tratamento controle, enquanto no R8 e no R9 a germinação não diferiu estatisticamente em relação ao controle. Além disso, o R9 apresentou a maior taxa de germinação (Farias *et al.*, 2023).

Esses resultados demonstraram que os herbicidas possuem mecanismos de ação diferentes, mostraram uma comparação entre alguns tipos de dessecantes e qual se encaixa melhor para a aplicação na cultura, ou seja, qual influencia na preservação da qualidade das sementes, na produtividade, na dessecação mais rápida da planta e qual o melhor estágio de aplicação.

#### **3.7.4 Situação no girassol e substitutos ao paraquat**

Embora existam dessecantes registrados para grande parte dos cultivos, no girassol há poucos produtos registrados para essa finalidade, o que leva a uma carência de informações para suas aplicações.

Um herbicida muito utilizado, para dessecação de várias culturas, foi o paraquat, entretanto, o produto foi banido por ser um produto extremamente tóxico e por existirem estudos que ligam a exposição do produto à doença de Parkinson (Kim; Kim, 2019; Monquero; Silva, 2021). A Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 177 (Brasil, 2017), estabeleceu um prazo de três anos para que fosse proibida a produção, importação, comercialização e utilização de produtos à base de paraquat no Brasil e em 2020 foi oficialmente proibido (Brasil, 2020).

De acordo com Albrecht *et al.* (2022) há outros produtos que podem substituir o paraquat e que têm sido utilizados para a dessecação da soja, mas que podem ser usados em outras culturas como no girassol, sendo o glufosinato de amônio, o diquat, o carfentrazone e flumioxazina.

### 3.7.5 Mecanismos de ação do glufosinato de amônio e do diquat

O glufosinato de amônio é um herbicida de contato não seletivo que inibe a atividade da enzima glutamina sintetase (GS), causando diferentes efeitos fisiológicos, explicados por diferentes hipóteses sobre o seu mecanismo de ação na planta. A primeira hipótese diz respeito ao acúmulo de amônia na planta, causado pela inibição da GS, enzima que transforma amônia em glutamina. Esse acúmulo interfere na assimilação do gás carbônico (CO<sub>2</sub>) causando prejuízos à fotossíntese e levando à morte celular (Bernard; Habash, 2009).

A segunda hipótese é a de inibição da fotossíntese, quando a GS é inibida reduz os níveis de glutamina e glutamato causando, conseqüentemente, interferência na fotorrespiração, interferindo na fixação de carbono, prejudicando o crescimento da planta. (Frantz; Peterson; Durbin, 1982; Wendler; Barniske; Wild, 1990).

Já a hipótese mais recente, proposta por Takano *et al.* (2019), demonstrou que a principal causa da morte dos tecidos das plantas é a produção em massa de espécies reativas de oxigênio, como o peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) e o superóxido (O<sub>2</sub><sup>-</sup>). Esses compostos causam peroxidação lipídica, gerando um colapso nas membranas celulares e a morte rápida das células. Ou seja, a rápida morte celular não ocorre somente pelo acúmulo de amônia ou pela inibição da fotossíntese, como se acreditava anteriormente, mas ocorre principalmente pela produção de espécies reativas de oxigênio e danos oxidativos.

O diquat, por sua vez, também é um herbicida dessecante de ação de contato que pertence ao grupo químico dos bipyridílios. É classificado como inibidor do Fotosistema I, atuando na etapa fotoquímica da fotossíntese. Ele interfere na captação de energia luminosa, desviando elétrons e produzindo peróxido de hidrogênio, ocasionando a morte dos tecidos (Benedet, 2018; Retzinger; Mallory-Smith, 1997).

O local de ação do diquat se encontra próximo a ferredoxina, que é o último receptor de elétrons da fotofosforilação acíclica da fotossíntese, assim, essa proteína é responsável por intermediar a transmissão de elétrons permitindo a diminuição da enzima NADP<sup>+</sup> a NADPH. O diquat, quando presente, compete com a NADP<sup>+</sup> aceitando os elétrons em seu lugar, formando

uma molécula reduzida que rapidamente doa o elétron ao oxigênio molecular ( $O_2$ ), gerando ânions superóxido ( $O_2^-$ ). Esses, por sua vez, se convertem em peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) e depois em radicais hidroxila ( $OH^-$ ), favorecendo peroxidação lipídica das membranas celulares. Esse acúmulo de radicais livres destrói as membranas celulares e faz com que vazem conteúdo celular que resulta em dessecação rápida e morte da planta (Hess, 2000; Jones; Vale, 2000; Marchi; Marchi; Guimarães, 2008).

### **3.8 Qualidade e armazenamento de sementes**

O uso de dessecantes químicos deve levar em consideração fatores que possam prejudicar a qualidade das sementes, como a possibilidade de afetar de forma negativa o vigor das plântulas, o rendimento de grãos e a eventual ocorrência de resíduos tóxicos no produto colhido (Santos *et al.*, 2005). A qualidade fisiológica das sementes é um fator importante para atingir estande de plantas adequado, sendo que a avaliação da qualidade, com o objetivo de comercialização, é normalmente feita pelo teste de germinação (TG) (Haesbaert *et al.*, 2017).

O teste de germinação, porém, determina apenas a capacidade das sementes produzirem plântulas normais sob condições favoráveis de ambiente (Carvalho; Nakagawa, 2012) tendo, assim, limitações para expressar a performance do lote em condições de campo (Marcos Filho, 1999). O teste de germinação, portanto, não é eficiente para diferenciar o vigor dos lotes pois superestima o potencial fisiológico das sementes. Desta forma, é necessária a adoção de testes específicos para complementar as informações obtidas no teste de germinação (Marcos Filho, 1999).

A determinação do potencial máximo de germinação de um lote de sementes é usada para realizar comparações de lotes de sementes distintos e para estimar o valor da emergência em campo. No entanto, o teste em condições de campo não é tão satisfatório, pois os resultados nem sempre podem ser reproduzidos fielmente, por causa das condições ambientais. Por isso, métodos de análise em condições controladas nos laboratórios têm sido estudados e desenvolvidos permitindo germinação mais regular, rápida e completa das sementes de uma espécie. Essas condições ótimas são padronizadas a fim de se reproduzir e comparar os resultados dos testes de germinação. A germinação em teste de laboratório é a emergência e o desenvolvimento de estruturas essenciais do embrião, como o sistema radicular, parte aérea, gemas terminais, cotilédones e coleóptilo, demonstrando sua aptidão de produzir plântulas normais sob condições favoráveis de campo (Brasil, 2009).

Um outro teste que avalia a viabilidade das sementes assim como o teste de germinação é o teste de tetrazólio (TZ). Esse teste determina de forma rápida a viabilidade das sementes, principalmente de sementes que apresentam dormência ou quando no final do teste de germinação houver alta porcentagem de sementes não germinadas (Brasil, 2009). O teste consiste na imersão das sementes em uma solução de 2, 3, 5 trifenil cloreto ou brometo de tetrazólio que é usada como um indicador para revelar o processo de redução que acontece dentro das células vivas em que íons de H<sup>+</sup> liberados na respiração, mediada por enzimas (desidrogenases), reduzem o tetrazólio a trifenil formazan (composto vermelho carmim) que é um composto estável e não difusível. Dessa forma, os tecidos vivos são coloridos e podem ser diferenciados dos mortos, que continuam incolores (Brasil, 2009).

O vigor das sementes é a soma das propriedades que estabelecem a capacidade de atividade e performance de uma semente ou de um lote de sementes durante a germinação e emergência da plântula (Amaro *et al.*, 2015). Os testes de vigor visam complementar o de germinação para se obter informações mais precisas de qualidade (Ohlson *et al.*, 2010).

Existem alguns testes de vigor como o de Envelhecimento Acelerado (EA), Condutividade elétrica (CE) da solução de embebição das sementes, massa de matéria seca das plântulas e emergência de plântulas em campo:

O teste de envelhecimento acelerado consiste em aumentar consideravelmente a taxa de deterioração das sementes quando submetidas a níveis altos de temperatura e umidade relativa do ar. Esses fatores são considerados imprescindíveis na intensidade e velocidade de deterioração. Dessa forma, sementes de baixa qualidade deterioram-se mais rápido do que as mais vigorosas, mostrando forte queda da viabilidade (Marcos Filho, 1999).

O teste de condutividade elétrica determina a quantidade de íons lixiviados presentes na solução de embebição. Assim, membranas mal estruturadas e células danificadas estão, normalmente, ligadas ao processo de deterioração da semente, as quais perdem mais lixiviados, ou seja, com sementes de baixo vigor (Vieira; Krzyzanowski, 1999).

O teste realizado para avaliar a matéria seca de plântulas tem a finalidade de determinar a transferência de matéria seca dos tecidos de reserva, que se acumulou durante os primeiros estágios de desenvolvimento da planta, para o eixo embrionário. As amostras com maiores pesos de matéria seca de plântulas normais são consideradas as mais vigorosas (Nakagawa, 1999). Esse teste é importante para entender como as plântulas convertem, de forma eficiente, os recursos disponíveis em crescimento, mostrando sua capacidade de se estabelecer em campo.

A emergência de plântulas em campo (APC) é realizado com o objetivo de avaliar o desempenho das sementes em campo. No ambiente de campo, as sementes estão sujeitas às condições adversas e à influência direta do ambiente. Por isso, é fundamental estudar os fatores de campo, pois, se não forem ideais, a emergência das plântulas será comprometida, prejudicando posteriormente a produção da cultura (Coimbra *et al.*, 2009).

A qualidade de sementes é de grande importância para a obtenção da produtividade esperada e o armazenamento pode auxiliar na manutenção da qualidade fisiológica, sendo um método que pode preservar a viabilidade e manter o vigor das sementes até a semeadura (Azevedo *et al.*, 2003). A longevidade e a viabilidade durante o armazenamento têm correlação direta com a redução do teor de água das sementes e a temperatura de exposição (Salomão; Gimenes; Brasileiro, 2021).

O armazenamento então, visa assegurar a integridade e a viabilidade das estruturas vegetais por períodos mais longos, preservando assim, suas qualidades genéticas, fisiológicas, sanitárias e físicas (Menegaes; Stefanello; Nunes, 2024).

As sementes de girassol são vulneráveis à deterioração durante o processo de armazenamento, por causa do seu alto teor de óleo, e por esse motivo as condições de umidade relativa do ar e temperatura devem ser constantemente monitoradas nos armazéns. As recomendações são manter a temperatura em até 25 °C e a umidade relativa do ar em até 60% para evitar perdas de qualidade (Krzyzanowski *et al.*, 2005).

#### 4 REFERÊNCIAS

ALBRECHT, A. J. P. et al. Alternativas ao paraquat para o controle químico de azevém, aveia e buva. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 10, n. 1, p. 068–074, 1 Mar. 2022.

ALBRECHT, L. P. et al. Formulações de glufosinate na dessecação pré-colheita da soja. **Nativa**, v. 11, n. 1, p. 96–100, 17 Fev. 2023.

AMABILE, R. F.; BARCELOS, A.O. Produção agropecuária e florestal: demandas para a pesquisa. In: **Savanas: Demandas para a pesquisa**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2009. p. 53–65.

AMABILE, R. F.; GUIMARÃES, D. P.; FARIAS NETO, A. L. Análise de crescimento de girassol em latossolo com diferentes níveis de saturação por bases no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 2, p. 219–224, Fev. 2003.

AMARO, H. et al. Teste de vigor para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 38, n. 3, p. 383–389, 2015.

ANDERSON, W. Maturation of sunflower. **Australian journal of experimental agriculture and animal husbandry**, v. 15, n. 77, p. 833, 1975.

ANFIRUD, M. N. Planting hybrid seed production and seed quality evaluation. In: **Sunflower technology and production**. Madison: American society of agronomy; Crop Science Society of America; Soil Science Society of America, 1997. p. 697–704.

AZEVEDO, M. R.Q.A. et al. Influência das embalagens e condições de armazenamento no vigor de sementes de gergelim. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 3, p. 519–524, 2003.

BARROS, A. F. et al. Dessecação pré-colheita em sorgo granífero: qualidade fisiológica das sementes e efeito sobre a rebrota. **Agrária**, v. 14, n. 2, p. 1–8, 30 Jun. 2019.

BENEDET, D. L. **Produtividade e qualidade fisiológica de soja em função de estádios de dessecação com paraquat e diquat**. 2018. 41f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2018. Disponível em: <https://tede.unioeste.br/handle/tede/3911> . Acesso em: 27 Ago. 2025.

BERNARD, S. M.; HABASH, D. Z. The importance of cytosolic glutamine synthetase in nitrogen assimilation and recycling. **New Phytologist**, v. 182, n. 3, p. 608–620, 16 Abr. 2009.

BORLAUG, N. E. Feeding a world of 10 billion people: the miracle ahead. **In Vitro Cellular & Developmental Biology – Plant**, v. 38, n. 2, p. 221–228, 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SDA, 2009.399p.

BRASIL. RDC nº 428, 7 de Outubro de 2020. Dispõe sobre medidas transitórias e regras complementares ao banimento do paraquat. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 8 Out. 2020. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-rdc-n-428-de-7-de-Outubro-de-2020-281575601>. Acesso em: 27 Ago. 2025.

BRASIL. Resolução RDC nº 177, de 21 de setembro de 2017. Dispõe sobre a proibição do ingrediente ativo paraquat em produtos agrotóxicos no país e sobre as medidas transitórias de mitigação de riscos. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 22 set. 2017. Disponível em: <https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/legislacoes/resolucao-rdc-177-de-21-09-2017,1389.html>. Acesso em: 27 Ago. 2025.

BROWNE, C. Identification of physiological maturity in sunflowers (*Helianthus annuus*). **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry**, v. 18, n. 91, p. 282–286, 1978.

CALDERINI, D. F.; ABELEDO, L. G.; SLAFER, G. A. Physiological maturity in wheat based on kernel water and dry matter. **Agronomy Journal**, v. 92, n. 5, p. 895–901, 2000.

ČANAK, P. et al. Sunflower seed germination and storability response to chemical desiccation. **Selekcija i Semearstvo**, v. 24, n. 2, p. 53–60, 2020.

- CARRÃO-PANIZZI, M. C.; MANDARINO, J. M. G. Produtos proteicos do girassol. In: **Girassol no Brasil**. Londrina, PR: Embrapa Soja, 2005. p. 51–66.
- CARVALHO, C. G. P. et al. **Informes da avaliação de genótipos de girassol: 2014/2015 e 2015**. Londrina: Embrapa Soja, 2015. 106p.
- CARVALHO, N. M. DE; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590p.
- CASTRO, C. et al. **A cultura do girassol**. Londrina: Embrapa-CNPSO, 1997. 36 p. (Circular Técnica, 13).
- CASTRO, C.; FARIAS, J. R. B. Ecofisiologia do girassol. In: **Girassol no Brasil**. Londrina, PR: Embrapa Soja, 2005. p. 163–218.
- CASTRO, C.; LEITE, R. M. V. B. C. Main aspects of sunflower production in Brazil. **OCL – Oilseeds & fats Crops and Lipids**, v. 25, n. 1, p. D104, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1051/ocl/2017056>. Acesso em: 14 Jul. 2025.
- COIMBRA, R.A. et al. Teste de vigor utilizados na avaliação da qualidade fisiológica de lotes de sementes de milho-doce (sh2). **Ciência Rural**, v. 39, n. 9, p. 2402–2408, 1 Dez. 2009.
- CONAB (Brasil). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: safra 2024/25, quarto levantamento**. Brasília, DF, Jan. 2025. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 18 Mar. 2025.
- CONNOR, D. J.; HALL, A. J. Sunflower Physiology. In: **Sunflower technology and production**. Madison: American Society of Agronomy; Crop Science Society of America; Soil Science Society of America, 1997. p. 113–182.
- CORBINEAU, F.; BAGNIOL, S.; CÔME, D. Sunflower (*Helianthus annuus* L.) seed dormancy and its regulation by ethylene. **Israel Journal of Botany**, v. 39, n. 4–6, p. 313–325, 1990.
- DALL'AGNOL, A.; VIEIRA, O. V.; LEITE, R. M. V. B. de C. Origem e histórico do girassol. In: **Girassol no Brasil**. Londrina, PR: Embrapa Soja, 2005. p. 1–14.
- DALL'AGNOLL, A.; CASTIGLIONI, V. B. R.; TOLEDO, J. F. F. A cultura do girassol no Brasil. In: **Mejoramiento genético de girasol**. Montevideo: IICA-PROCISUR, 1994. p. 37–41.
- DANTAS, M. S. M. et al. Production and morphological components of sunflower on soil fertilized with cassava wastewater. **Revista Ceres**, v. 64, n. 1, p. 77–82, 2017.
- EITEN, G. Delimitation of the cerrado concept. **Vegetatio**, v. 36, n. 3, p. 169–178, Mar. 1978.
- EMBRAPA (Brasil). **BRS 323: híbrido com produtividade e precocidade**. Londrina, PR: Embrapa Soja; Embrapa Produtos e Mercado, 2013. (Folder técnico). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/964171/1/folderBRS323copy.pdf>. Acesso em: 5 Out. 2025.

FARIAS, J. P. et al. Paraquat action in reproductive phases of sunflower on agronomic behavior and seed quality. **DELLOS: Desarrollo Local Sostenible**, v. 16, n. 47, p. 2942–2951, 2023.

FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004.323p.

FRANÇA-NETO, J. de B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A.; PÁDUA, G. P. de; LORINI, I.; HENNING, F. A. **Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade**. Londrina: Embrapa Soja, 2016. 82 p. (Documentos/ Embrapa Soja, ISSN 2176-2937; 380).

FRANTZ, T. A.; PETERSON, D. M.; DURBIN, R. D. Sources of ammonium in oat leaves treated with tabtoxin or methionine sulfoximine. **Plant Physiology**, v. 69, n. 2, p. 345–348, 1982.

FRASER, J.; EGLI, D. B.; LEGGETT, J. E. Pod and seed development in soybean cultivars with differences in seed size. **Agronomy Journal**, v. 74, n. 1, p. 81–85, Jan./Fev. 1982.

GESCH, R. W.; JOHNSON, B. L. Seed moisture at physiological maturity in oilseed and confectionary sunflower hybrids in the northern U.S. **Field Crops Research**, v. 133, p. 1–9, 2012.

GUIMARÃES, V. F. et al. Produtividade e qualidade de sementes de soja em função de estádios de dessecação e herbicidas. **Planta Daninha**, v. 30, n. 3, p. 567–573, 18 Ago. 2012.

GUO, S.; GE, Y.; NA JOM, K. A review of phytochemistry, metabolite changes, and medicinal uses of the common sunflower seed and sprouts (*Helianthus annuus* L.). **Chemistry Central Journal**, v. 11, n. 1, p. 95, 2017.

HAESBAERT, F. M. et al. Tamanho de amostra para determinação da condutividade elétrica individual de sementes de girassol. **Bragantia**, v. 76, n. 1, p. 54–61, 2017.

HARRIS, H.; MCWILLIAM, J.; MASON, W. Influence of temperature on oil content and composition of sunflower seed. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 29, n. 6, p. 1203, 1978.

HE, Y. et al. Effects of pre-harvest chemical application on rice desiccation and seed quality. **Journal of Zhejiang University SCIENCE B**, v. 16, n. 10, p. 813–823, 2015.

HESS, F. D. Light-dependent herbicides: an overview. **Weed Science**, v. 48, n. 2, p. 160–170, 2000.

JOHNSON, B. J.; JELLUM, M. D. Effect of planting date on sunflower yield, oil, and plant characteristics. **Agronomy Journal**, v. 64, n. 6, p. 747–748, 1972.

JONES, G. M.; VALE, J. A. Mechanisms of toxicity, clinical features, and management of diquat Poisoning: A Review. **Journal of Toxicology: Clinical Toxicology**, v. 38, n. 2, p. 123–128, 2000.

KAYA, Y. et al. The determining physiological maturity time in sunflower. **Trakya University Journal of Science**, v. 5, n. 1, p. 1–10, 2004.

- KIM, J.W.; KIM, D.S. Paraquat: toxicology and impacts of its ban on human health and agriculture. **Weed Science**, v. 68, n. 3, p. 208–213, 2019.
- KRENCHINSKI, F. H. et al. Yield and physiological quality of wheat seeds after desiccation with different herbicides. **Journal of Seed Science**, v. 39, n. 3, p. 254–261, set. 2017.
- KRZYZANOWSKI, F. C. et al. Tecnologia para produção de sementes de girassol. In: **Girassol no Brasil**. Londrina, PR: Embrapa Soja, 2005. p. 547–568.
- KUCERA, B.; COHN, M. A.; LEUBNER-METZGER, G. Plant hormone interactions during seed dormancy release and germination. **Seed Science Research**, v. 15, n. 4, p. 281–307, 2005.
- LACERDA, A. L. et al. Efeitos da dessecação de plantas de soja no potencial fisiológico e sanitário das sementes. **Bragantia**, v. 64, n. 3, p. 447–457, 2005.
- LACERDA, A. L. S. et al. Aplicação de dessecantes na cultura de soja: teor de umidade nas sementes e biomassa nas plantas. **Planta Daninha**, v. 21, n. 3, p. 427–434, 2003.
- LE PAGE-DEGIVRY, M.T.; GARELLO, G. In situ abscisic acid synthesis: a requirement for induction of embryo dormancy in *helianthus annuus*. **Plant Physiology**, v. 98, p. 1386–1390, 1992.
- MAEDA, J. A. et al. Estádio de maturação e qualidade de sementes de girassol. **Bragantia**, v. 46, n. 1, p. 35–44, 1987.
- MANDARINO, J. M.G. Óleo de girassol como alimento funcional. In: **Girassol no Brasil**. Londrina, PR: Embrapa Soja, 2005. p. 43–48.
- MARCHI, G.; MARCHI, E. C. S.; GUIMARÃES, T. G. **Herbicidas: mecanismos de ação e uso**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. 36 p. (Documentos, 227).
- MARCOS FILHO, J. Dormência de sementes. In: **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005. p. 253–287.
- MARCOS FILHO, J. Teste de Envelhecimento Acelerado. In: **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 3.1–3.24.
- MATIAS, S. S. R. et al. Recomendação de calagem com base na variabilidade espacial de atributos químicos do solo do Cerrado brasileiro. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 4, p. 896-907, 2019.
- MENEGAES, J. F.; STEFANELLO, R.; NUNES, U. R. Introdução: principais aspectos na qualidade de sementes (revisão). In: **Sementes: foco em pesquisa sobre qualidade fisiológica e sanitária - Volume 2**. Nova Xavantina- MT: Pantanal, 2024. p. 7–24.
- MONQUERO, P. A.; SILVA, A. F. M. Comportamento de herbicidas no ambiente. In: **Matologia: estudos sobre plantas daninhas**. Jaboticabal: Fábrica da Palavra, 2021. p. 253–294.
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 2.1–2.24.

- NOWATSKI, J. Harvesting. In: **Sunflower Production Guide**. Fargo: North Dakota State University Extension; North Dakota Agricultural Experiment Station, 2020.
- OHLSON, O. de C. et al. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de trigo 1. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 4, p. 118–124, 2010.
- PELEGRINI, B. **Girassol**: uma planta solar que das Américas conquistou o mundo. São Paulo: Ícone, 1985. p. 117
- PEREIRA, T. et al. Dessecação química para antecipação de colheita em cultivares de soja. **Semina Ciências Agrárias**, v. 36, n. 4, p. 2383–2383, 13 Ago. 2015.
- PLOCHUK, E. L.; HALL, A. J. Capitulum position in sunflower affects grain temperature and duration of grain filling. **Field Crops Research**, v. 44, n. 2-3, p. 111–117, 1995.
- REATTO, A. et al. Solos do bioma Cerrado: aspectos pedológicos. In: **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 107–150.
- RETZINGER, E. J.; MALLORY-SMITH, C. Classification of Herbicides by Site of Action for Weed Resistance Management Strategies. **Weed Technology**, v. 11, n. 2, p. 384–393, 1997.
- RIBEIRO, J. F.; SANO, S. M.; SILVA, J. A. Chave preliminar de identificação dos tipos fisionômicos da vegetação do Cerrado. p. 124-133 In: **Anais do XXXII Congresso Nacional de Botânica**. Sociedade Botânica do Brasil, Teresina, Brasil. 1981.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As Principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 151–212.
- ROBERTSON, J. A.; CHAPMAN, G. W.; WILSON, R. L. Relation of days after flowering to chemical composition and physiological maturity of sunflower seed. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 55, n. 2, p. 266–269, 1978.
- ROBINSON, R. G. Maturation of sunflower and sector sampling of heads to monitor maturation. **Field Crops Research**, v. 7, p. 31–39, 1983.
- ROBINSON, R. G. Sunflower phenology—year, variety, and date of planting effects on day and growing degree-day summations. **Crop Science**, v. 11, n. 5, p. 635–638, 1971.
- RODRÍGUEZ, M. V. et al. Effect of storage temperature on dormancy release of sunflower (*Helianthus annuus*) achenes. **Seed Science Research**, v. 28, n. 2, p. 101–111, 2018.
- RONDANINI, D. P.; SAVIN, R.; HALL, A. J. Estimation of physiological maturity in sunflower as a function of fruit water concentration. **European Journal of Agronomy**, v. 26, n. 3, p. 295–309, 2007.
- ROSA, E. Cosecha. In: **Girasol – algunos aspectos de manejo y producción**. La Estanzuela, Uruguay: Centro de Investigaciones Agrícolas “Alberto Boerger” (CIAAB), Ministério de Ganadería, Agricultura y Pesca, 1986. p. 65–67.

SALOMÃO, A. N.; GIMENES, M. A.; BRASILEIRO, A. C. M. **Armazenamento e conservação de sementes convencionais e transgênicas**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2021. 18 p. (Circular Técnica, 95).

SANTOS, J. B. et al. Efeitos da dessecação de plantas de feijão sobre a qualidade de sementes armazenadas. **Planta Daninha**, v. 23, n. 4, p. 645–651, 2005.

SCHNEITER, A. A.; MILLER, J. F. Description of sunflower growth stages. **Crop Science**, v. 21, n. 6, p. 901–903, 1981.

SEILER, G. Utilization of wild sunflower species for the improvement of cultivated sunflower. **Field Crops Research**, v. 30, n. 3-4, p. 195–230, 1992.

SIMIONATTO, T. et al. Quality of black bean seeds submitted to pre-harvest desiccation by different active principles and application times. **Ensaio e Ciência**, v. 25, n. 3, p. 322–327, 2021.

SIMÕES, W. L. et al. Sunflower cultivation under different irrigation systems and planting spacings in the sub-middle region of São Francisco Valley. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 41, n. 6supl2, p. 2899–2910, 6 Nov. 2020.

SZEMRUCH, C. L. et al. Dynamics of dry-down in seed, head and stalk from sunflower genotypes sprayed with chemical desiccants after physiological maturity. **Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology**, v. 7, n. 2, p. 192–201, 2019.

SZEMRUCH, C. L. et al. Hybrid sunflower seed yield, composition and deterioration after chemical desiccation. **International Journal of Plant Production**, v. 11, n. 2, p. 225–240, 2017.

TAKANO, H. K. et al. Reactive oxygen species trigger the fast action of glufosinate. **Planta**, v. 249, n. 6, p. 1837–1849, 2019.

USDA (United State of America). Foreign Agricultural Service. **Production, supply and distribution – oilseeds: sunflower seed**. Washington, D.C., 2024/2025a. Disponível em: <https://www.fas.usda.gov/data/production/commodity-group/oilseeds>. Acesso em: 27 de Ago. 2025.

USDA (United State of America). Foreign Agricultural Service. **Production, supply and distribution – oilseeds: sunflower seed**. Washington, D.C., 2024/2025b. Disponível em: <https://www.fas.usda.gov/data/production/commodity/2224000>. Acesso em: 18 Mar. 2025.

VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C. Teste de condutividade elétrica. In: **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 4.1–4.26.

VRANCEANU, A. V. **El girassol**. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1977. 379 p.

WENDLER, C.; BARNISKE, M.; WILD, A. Effect of phosphinothricin (glufosinate) on photosynthesis and photorespiration of C3 and C4 plants. **Photosynthesis Research**, v. 24, n. 1, p. 55–61, Abr. 1990.

YEGOROV, B. et al. Prospects of using by-products of sunflower oil production in compound feed industry. **Food Science and Technology**, v. 13, n. 1, Mai 2019

ZIMMERMAN, D. C.; ZIMMER, D. E. Influence of harvest date and freezing on sunflower seed germination. **Crop Science**, v. 18, n. 3, p. 479–481, Mai 1978.

## CAPÍTULO 2

### QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE GIRASSOL EM FUNÇÃO DA DESSECAÇÃO PRÉ-COLHEITA E ESTÁDIO FENOLÓGICO

#### RESUMO

A dessecação química tem sido utilizada como estratégia para antecipar a colheita e uniformizar a maturação do girassol, porém seus efeitos sobre a qualidade fisiológica das sementes ainda demandam investigação. O objetivo neste trabalho foi determinar a influência da aplicação de glufosinato de amônio e diquat, nos estádios fenológicos R8 e R9, sobre a qualidade fisiológica de sementes de girassol da cultivar BRS 323. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e quatro repetições. As sementes foram avaliadas quanto à germinação, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica, massa de matéria seca de plântulas após envelhecimento acelerado e emergência em campo. Os resultados indicaram que a dessecação química, independentemente do dessecante e do estágio de aplicação, não comprometeu a germinação, mantendo-se acima do padrão mínimo exigido para comercialização. No entanto, aplicações em R8 resultaram em tendência de redução do vigor, evidenciada por maiores valores de condutividade elétrica e menor desempenho após o envelhecimento acelerado. A aplicação em R9 mostrou-se mais segura quanto à manutenção da estabilidade fisiológica das sementes. Conclui-se que a dessecação química pode ser utilizada no cultivo do girassol, preferencialmente na maturidade fisiológica, visando minimizar impactos negativos sobre o vigor e o potencial de armazenamento das sementes.

**Palavras-chave:** *Helianthus annuus*. L; qualidade de sementes, vigor de sementes; dessecação química.

## ABSTRACT

Chemical desiccation has been used as a strategy to anticipate harvest and uniform sunflower maturation; however, its effects on seed physiological quality still require further investigation. The objective of this study was to determine the influence of ammonium glufosinate and diquat application at the phenological stages R8 and R9 on the physiological quality of sunflower seeds of the cultivar BRS 323. The experiment was conducted in a completely randomized design with five treatments and four replications. Seeds were evaluated for germination, accelerated aging, electrical conductivity, seedling dry matter mass after accelerated aging, and field emergence. The results indicated that chemical desiccation, regardless of the desiccant and the application stage, did not compromise germination, which remained above the minimum standard required for commercialization. However, applications at R8 resulted in a tendency toward reduced vigor, as evidenced by higher electrical conductivity values and lower performance after accelerated aging. Application at R9 proved to be safer in maintaining seed physiological stability. It is concluded that chemical desiccation can be used in sunflower cultivation, preferably at physiological maturity, in order to minimize negative impacts on seed vigor and storage potential.

**Keywords:** *Helianthus annuus* L.; seed quality; seed vigor; chemical desiccation.

## 1 INTRODUÇÃO

O girassol é uma das três principais oleaginosas cultivadas no mundo (USDA, 2025a), sendo cultivado principalmente para a produção de óleo destinado ao consumo humano e à produção de biocombustíveis (Dantas, 2017). A qualidade das sementes é o principal fator responsável pela germinação e pelo estabelecimento da cultura no campo, portanto, o uso de sementes de alta qualidade é de suma importância para alcançar elevada população de plantas, crescimento vigoroso e alta produtividade (Das *et al.*, 2020).

A qualidade das sementes, para fins de propagação, aumenta durante a fase final de maturação. A maturação fisiológica é um dos principais fatores de qualidade e um pré-requisito para uma boa germinação e emergência, é nessa fase que ocorre o acúmulo máximo de matéria seca, e as sementes apresentam máximo vigor (Sripathy; Groot, 2023). Para a realização da colheita de sementes com elevado potencial fisiológico é fundamental identificar o estágio de maturação fisiológica, uma vez que a colheita realizada muito cedo ou tardiamente pode comprometer a viabilidade e o vigor das sementes. No girassol a colheita deve ser realizada quando os teores de água das sementes atingem valores entre 14% e 16% (Castro *et al.*, 1997).

Um método amplamente utilizado para uniformizar a maturação das sementes, minimizar as perdas de qualidade no campo e antecipar a colheita é a dessecação pré-colheita. O herbicida dessecante acelera e uniformiza o processo de secagem da planta e pode ser aplicado, no girassol, após a maturação fisiológica (Botelho *et al.*, 2016; Barros *et al.*, 2019; Nowatski, 2020). A dessecação é uma prática comum realizada em diferentes culturas, inclusive no girassol (Szemruch *et al.*, 2017; Szemruch *et al.*, 2019; Canak *et al.*, 2020; Farias *et al.*, 2023); entretanto, a não utilização do produto adequado e a aplicação em estádios fenológicos inadequados podem afetar negativamente a qualidade das sementes (Botelho *et al.*, 2016).

Desse modo, o efeito da dessecação está estreitamente associado ao momento de aplicação, sendo o estágio fenológico da cultura um fator determinante para o comportamento das sementes.

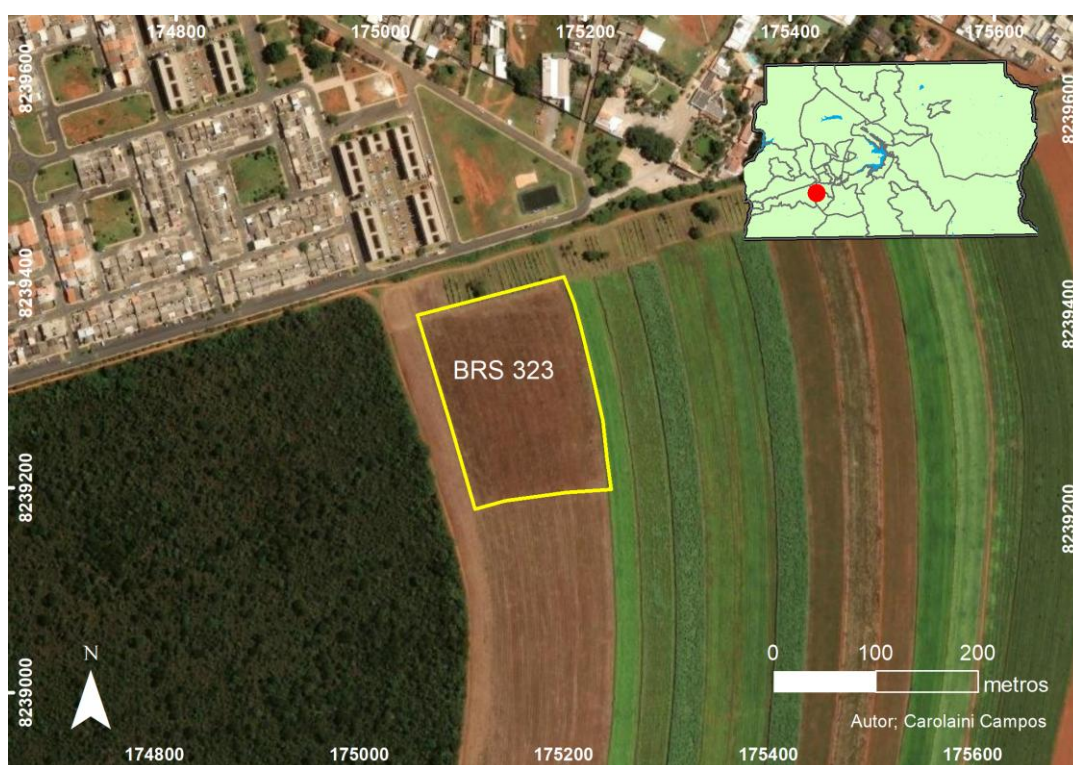
Apesar de existirem estudos sobre a utilização de dessecantes na cultura do girassol, as informações específicas sobre a aplicação desses produtos com foco na produção de sementes ainda são limitadas. Em particular, os efeitos da aplicação nos estádios R8 e R9, que correspondem a momentos próximos, porém fisiologicamente distintos, da maturação das sementes, sobre a qualidade fisiológica inicial permanecem pouco esclarecidos, evidenciando a necessidade de pesquisa.

Nesse cenário, no presente trabalho objetivou-se determinar o efeito da aplicação de dessecantes em dois estádios fenológicos sobre a qualidade fisiológica de sementes de girassol BRS 323.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área experimental

O experimento foi conduzido no Centro de Inovação em Genética Vegetal da Embrapa Cerrados (CIGV), localizado no Riacho Fundo II, Distrito Federal, às coordenadas 15°54'14" S de latitude e 48°02'01" W de longitude, durante o ano de 2024 (Figura1).



**Figura 1.** Localização da implantação do experimento, CIGV-Riacho Fundo II.

A área apresenta solo predominantemente classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, de textura argilosa, situada a 1.250 m de altitude, sob sistema plantio direto, em uma região de clima Aw, segundo a classificação de Köppen. A implantação do experimento foi realizada em uma área de 2,7 hectares, com a proporção de cinco linhas de genitora (macho estéril) para cada duas linhas de genitor (fértil), espaçadas em 50 cm entrelinhas e com densidade de 60 mil plantas por hectare.

## 2.2 Práticas culturais

O plantio foi realizado no dia 09 de fevereiro de 2024, as sementes foram tratadas com Standak Top na dose de 600 mL por 100 kg de sementes. A adubação de semeadura foi formulada com base nas recomendações de nutrição da cultura do girassol, conforme o sistema de produção recomendado pela Embrapa Soja (2007). Foram utilizados 200 kg ha<sup>-1</sup> de MAP (50% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 10% N) e 200 kg ha<sup>-1</sup> de KCl (58% K<sub>2</sub>O), em função da necessidade nutricional de P e K para estabelecimento da cultura e produtividade de grãos. Na adubação de cobertura foram aplicados 100 kg ha<sup>-1</sup> de ureia como fonte de nitrogênio, no dia 18 de março de 2024, aproximadamente 31 dias após a emergência das plantas, em conformidade com as faixas de doses recomendadas em manejo nutricional para girassol, que envolvem integração de fontes de N em cobertura após a emergência para manter suprimento adequado durante fases críticas de desenvolvimento da cultura (Embrapa Soja, 2007).

A aplicação dos dessecantes glufosinato de amônio e diquat foi realizada, respectivamente, nos dias 22 e 29 do mês de abril de 2024, aos 73 e 80 dias de ciclo da cultura. O glufosinato de amônio foi utilizado em uma dose de 1,5 L ha<sup>-1</sup> conforme a bula do produto (Adapar, 2025), sendo um herbicida de contato não seletivo. O diquat foi aplicado em uma dose de 2,0 L ha<sup>-1</sup> (Adapar, 2024), herbicida de contato não seletivo. Em razão da ausência de recomendação específica para a cultura do girassol, adotou-se a dose indicada para a cultura da soja, conforme descrito nas respectivas bulas.

As aplicações foram realizadas por um pulverizador de barra tratorizado, com capacidade de tanque de 2.000 L e com barra lateral de 11 m de largura, em quatro áreas de 330 m<sup>2</sup>. O volume calda aplicado foi de 250 L ha<sup>-1</sup>, nos estádios R8 (antes da maturação fisiológica) e R9 (estádio de maturação fisiológica) da cultivar BRS 323, segundo a escala fenológica apresentada por Schneiter e Miller (1981).

A colheita foi realizada entre os dias 13 e 15 de maio de 2024, com ciclo total aproximado de 95 dias.

## 2.3 Aquisição de dados

A aptidão para a colheita foi verificada por meio da determinação do teor de água dos grãos com medidor portátil, após os aquênios atingirem grau de 15% de água, associada à avaliação visual das características morfológicas das plantas. Com base nesses critérios, a cultura apresentou condições adequadas para colheita aproximadamente entre os dias 4 e 6 de maio de 2024. A

colheita de todos os tratamentos foi realizada nos dias 13 e 15 de maio, aos 95 dias após a semeadura, em função de condições operacionais e do fato de que a testemunha (sem aplicação de dessecantes) atingiu a umidade adequada de colheita nesse período, caracterizando atraso em relação ao ponto ideal. Dessa forma, embora os tratamentos submetidos à dessecação tivessem condições de colheita em datas anteriores, a operação foi conduzida de forma conjunta, assegurando comparabilidade entre os tratamentos. A antecipação do ciclo não pôde, portanto, ser expressa em dias efetivos de colheita, sendo considerada apenas de forma estimada com base no estágio fenológico e nos critérios de aptidão avaliados. Para tanto, utilizou-se uma colheitadeira de parcelas da marca Wintersteiger, do tipo clássica, caracterizando a colheita como mecanizada. Após a colheita, os capítulos destinados às avaliações experimentais foram beneficiados manualmente no Centro de Inovação em Genética Vegetal da Embrapa Cerrados (CIGV), com o uso de peneira de aço, com o objetivo de minimizar danos mecânicos, evitar contaminações entre tratamentos e preservar a qualidade fisiológica das sementes utilizadas nas análises laboratoriais.

As avaliações foram conduzidas após o beneficiamento, a fim de caracterizar a qualidade fisiológica inicial.

Após o beneficiamento, as sementes foram acondicionadas em sacos de papel multifoliado, com capacidade de 5 kg, onde permaneceram até as avaliações.

As sementes foram analisadas inicialmente, por meio do teste padrão de germinação (TG), seguido pelo teste de tetrazólio (TZ). Após o primeiro teste as sementes foram mantidas em armazém não climatizado. O armazém é próprio para armazenamento de sementes, mantido integralmente à temperatura do ar ambiente. Assim, a avaliação da qualidade fisiológica das sementes foi realizada após trinta dias da colheita. As sementes ficaram sob temperatura ambiente média estimada de 21,3 °C no mês de maio (Inmet, 2024) e de 19 °C no mês de junho de 2024 (WeatherSpark, 2024) e umidade relativa do ar em torno de 50 a 60%.

A cultivar BRS 323 desenvolvida pela Embrapa para uso no Cerrado, foi submetida a análises laboratoriais para avaliação de qualidade de sementes durante o mês de junho de 2024. Os testes realizados nas sementes foram: Teste de Germinação (TG), Envelhecimento Acelerado (EA), Condutividade Elétrica (CE), Massa de Matéria Seca de Plântula após EA (MMS após EA) e Emergência de Plântulas em Campo (EPC).

## 2.4 Descrição dos testes

Os testes laboratoriais (TG, TZ, EA, CE, MMS após EA e EPC) foram conduzidos no Laboratório de Sementes da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília.

As sementes testadas foram da cultivar BRS 323 com glufosinato e diquat nos dois estádios fenológicos (R8 e R9), e a testemunha, Tabela 1.

**Tabela 1.** Descrição dos tratamentos utilizados em sementes de girassol BRS 323, nas avaliações de TG, EA, CE, MMS após EA e EPC com relação ao tipo de dessecante e ao estágio fenológico.

| Tratamento | Cultivar | Dessecante            | Estádio fenológico |
|------------|----------|-----------------------|--------------------|
| GR8        | BRS 323  | glufosinato de amônio | R8                 |
| DR8        | BRS 323  | diquat                | R8                 |
| GR9        | BRS 323  | glufosinato de amônio | R9                 |
| DR9        | BRS 323  | diquat                | R9                 |
| TEST       | BRS 323  | (testemunha)          | –                  |

O Teste de Germinação (TG) foi realizado seguindo as regras para análise de sementes no processo de montagem do experimento. Os tratamentos contiveram 200 sementes, ou seja, quatro repetições de 50 sementes. Foram utilizadas folhas de papel para germinação de sementes, nas dimensões 28 cm x 38 cm, separadas em três conjuntos de folhas para cada repetição. As folhas foram umedecidas com cerca de 2,5 vezes o peso do papel seco (Brasil, 2009). Na água destilada utilizada foi adicionado 2 mL de nistatina (fungicida) para cada um litro de água utilizado no umedecimento dos rolos de papel (Pereira *et al.*, 2020).

Após o umedecimento, foi posicionado nas folhas um contador de sementes, com capacidade para 50 sementes. Em seguida as sementes foram depositadas sobre as duas últimas folhas e cobertas com a terceira, e posteriormente foram enroladas em forma de rolos, que foram colocados em sacos plásticos, selados para evitar a perda de água, e levados a uma câmara de germinação a 25 °C (Brasil, 2009). Foi adotado um período de sete dias para a avaliação do teste de germinação, que tem fundamentação em estudos que demonstram que, para sementes de girassol, a contagem final pode ser realizada nesse intervalo quando o teste é conduzido em papel

para germinação de sementes e sob condições controladas de temperatura, mantendo a confiabilidade dos resultados e proporcionando maior agilidade na avaliação da qualidade fisiológica dos lotes (Caldeira, 2010). Após esse período foi realizada a contagem de germinação, dada em porcentagem de germinação (%). As sementes germinadas foram contadas se tivessem a radícula e a parte aérea desenvolvida. A germinação que gerou plântulas com essas características recebe o nome de plântulas normais (P.N) e as que não tiveram foram consideradas anormais (A) ou mortas (M).

O teste de tetrazólio (TZ) foi feito com quatro repetições (50 sementes) de cada tratamento, em sementes recém colhidas após o teste inicial de germinação. As sementes foram imersas em 75 mL de água destilada, em copos com capacidade de 180 mL, por 18 horas a 20 °C. Após esse período o tegumento foi removido cuidadosamente, cortando através dos cotilédones, a fim de expor os tecidos do embrião e para permitir melhor absorção da solução de tetrazólio e facilitar a avaliação. O embrião então, foi imerso em uma solução de 1 % de TZ por três horas a 30 °C. Após o período de embebição foi feita a classificação das sementes (Brasil, 2009).

O Envelhecimento Acelerado (EA) foi feito com a distribuição das sementes de cada tratamento, em uma única camada, em caixas plásticas do tipo gerbox (11,0 cm x 11,0 cm x 3,5 cm) com tela de aço inoxidável em seu interior. As caixas receberam 40 mL de água destilada, depois foram colocadas as telas com as sementes, de forma que as sementes não entrassem em contato com a água depositada. As caixas foram tampadas com suas respectivas tampas identificadas com a numeração do tratamento e em seguida foram levadas a uma câmara incubadora BOD, modelo LUCA-161/02 a 42 °C por 48 horas (Adamo *et al.*, 1984). Após esse período foi realizado o TG cujo resultado foi apresentado em porcentagem de germinação (%).

O teste de Condutividade Elétrica (CE) da solução de imersão das sementes foi realizado de acordo com o método descrito por Vieira e Krzyzanowski (1999). De início foram separadas quatro repetições com 50 sementes para cada tratamento, colocadas em copos plásticos com capacidade de 180 mL que posteriormente foram pesadas em balança de precisão com duas casas decimais, em seguida os dados foram anotados em planilha do Excel. Depois da pesagem foram colocados 75 mL de água destilada em cada repetição de sementes. Os copos foram colocados em câmara de germinação a 25 °C por 24 horas. Depois do período, os copos foram retirados da câmara e a solução foi agitada para uniformizar os eletrólitos lixiviados, em seguida foram levados para a bancada para a leitura do valor da condutividade elétrica da solução com o uso do condutivímetro

digital. A obtenção do valor da condutividade elétrica, foi dividido pelo peso das amostras das sementes em gramas, pesadas antes da embebição e expresso em  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ .

As plântulas obtidas no TG após EA, em cada repetição dos tratamentos, foram acondicionadas em sacos de papel kraft e levadas a uma estufa de ventilação forçada a  $65 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$  por 48 h para a obtenção da Massa de Matéria Seca de Plântula após EA (MMS após EA) e na sequência foi aferida a massa em balança de precisão, com duas casas decimais, sendo os resultados expressos em peso médio por plântula (Nakagawa, 1999).

A Emergência de Plântulas em Campo (EPC) foi conduzida no CIGV. O teste foi instalado em sementeira de concreto com 60 cm de altura, preenchida com latossolo argiloso. Os tratamentos foram constituídos de 100 sementes sendo 25 por repetição, semeadas em sulcos de 50 cm de comprimento e com profundidade de 3 cm. A contagem do número de plântulas emergidas foi feita aos 10 dias após a semeadura e o resultado foi expresso em porcentagem para cada tratamento.

## 2.5 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e quatro repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância conforme o modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

Em que:

$Y_{ij}$  = valor observado no  $i$ -ésimo tratamento e  $j$ -ésima repetição;

$\mu$  = média geral;

$T_i$  = efeito do  $i$ -ésimo tratamento;

$\varepsilon_{ij}$  = erro experimental, assumido como independente e identicamente distribuído.

Os tratamentos foram resultantes da combinação de dois dessecantes (glufosinato de amônio e diquat) e dois estádios fenológicos de aplicação (R8 e R9) além da testemunha sem dessecante em ambiente de armazenamento não climatizado. A significância dos efeitos dos tratamentos foi avaliada pelo teste F, a 5% de probabilidade. Quando verificada significância, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância. A adequação do modelo foi verificada por meio dos testes de normalidade dos resíduos (Shapiro–Wilk) e de homogeneidade de variâncias, e os resultados foram expressos em valores médios

acompanhados do coeficiente de variação (CV). Adicionalmente, os dados foram analisados por meio de uma matriz de dispersão e por Análise de Componentes Principais (ACP) com o objetivo de explorar as relações entre as variáveis fisiológicas e a discriminação dos tratamentos. As análises foram realizadas no software R (R Core Team, 2024).

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Antecipação de colheita

A estimativa de antecipação de colheita indicou que os tratamentos submetidos à dessecação química atingiriam condições adequadas de colheita com base no teor de água dos grãos (15%) e nas características morfológicas das plantas. A colheita de todos os tratamentos ocorreu aos 95 dias após a semeadura, quando todas as sementes, incluindo a testemunha (sem dessecante), atingiram os 15% de teor de água. Dessa forma, a antecipação do ciclo pôde ser estimada pelo estágio fenológico e pelos critérios de aptidão para colheita, representando sete dias de antecipação para os tratamentos dessecados em relação à testemunha.

#### 3.2 Testes iniciais de germinação e viabilidade

O teste de germinação (TG) realizado imediatamente após o beneficiamento revelou que nenhum dos tratamentos apresentou germinação inicial. O teste de tetrazólio (TZ) identificou elevada viabilidade das sementes, pois os tecidos internos das sementes apresentavam coloração característica e, portanto, metabolicamente ativos.

#### 3.3 Qualidade fisiológica das sementes: ANOVA, matriz de dispersão e ACP

Houve efeito significativo dos tratamentos sobre a germinação (TG), envelhecimento acelerado (EA), massa de matéria seca de plântulas após envelhecimento acelerado (MMS após EA) e condutividade elétrica (CE) (Tabela 2). Para emergência de plântulas em campo (EPC), não foram detectadas diferenças estatísticas entre os tratamentos (Tabela 3).

**Tabela 2.** Germinação (TG), envelhecimento acelerado (EA), massa de matéria seca de plântulas após EA (MMS após EA) e condutividade elétrica (CE) de sementes da cultivar BRS 323 submetidas a diferentes tratamentos de dessecação.

| Tratamento | TG (%) | EA (%) | MMS após E.A (g) | CE ( $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ) |
|------------|--------|--------|------------------|--|
| DR8        | 97 a   | 89 a   | 0,0418 bc        | 43,22 a                                    |

| <b>Tratamento</b> | <b>TG (%)</b> | <b>EA (%)</b> | <b>MMS após E.A (g)</b> | <b>CE (<math>\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}</math>)</b> |
|-------------------|---------------|---------------|-------------------------|--|
| GR9               | 95 a          | 84 ab         | 0,0450 ab               | 34,70 b  |
| TEST              | 93 a          | 88 a          | 0,0418 bc               | 36,51 b  |
| DR9               | 92 a          | 81 ab         | 0,0455 a                | 33,48 b  |
| GR8               | 84 b          | 71 b          | 0,0403 c                | 36,05 b  |
| <b>CV (%)</b>     | <b>3,35</b>   | <b>9,41</b>   | <b>3,58</b>             | <b>5,99</b>  |

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV = coeficiente de variação.

**Tabela 3.** Emergência de plântulas em campo (EPC) oriunda de sementes de girassol da cultivar BRS 323 submetidas a diferentes tratamentos de dessecação.

| <b>Tratamento</b> | <b>EPC (%)</b> |
|-------------------|----------------|
| DR8               | 100            |
| DR9               | 97             |
| GR8               | 98             |
| GR9               | 97             |
| TEST              | 96             |
| <b>CV (%)</b>     | <b>3,61</b>    |

Não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos pelo teste F, a 5% de probabilidade ( $p > 0,05$ ). CV = coeficiente de variação.

A germinação variou de 84% a 97% (Tabela 2). Os tratamentos DR8, GR9, TEST e DR9 apresentaram os maiores valores de TG, não diferindo estatisticamente entre si, enquanto GR8 apresentou germinação significativamente inferior aos demais tratamentos. O coeficiente de variação para essa variável foi de 3,35%, de acordo com Pimentel-Gomes (2009), coeficientes de variação inferiores a 10% indicam elevada precisão experimental.

Resultados semelhantes foram observados para o envelhecimento acelerado, com valores variando entre 71% e 89%. Os tratamentos DR8 e TEST apresentaram os maiores percentuais de germinação após o envelhecimento, diferindo estatisticamente de GR8, que apresentou o menor valor. Os tratamentos GR9 e DR9 apresentaram desempenho intermediário, não diferindo dos tratamentos de maior desempenho. O coeficiente de variação foi de 9,41%.

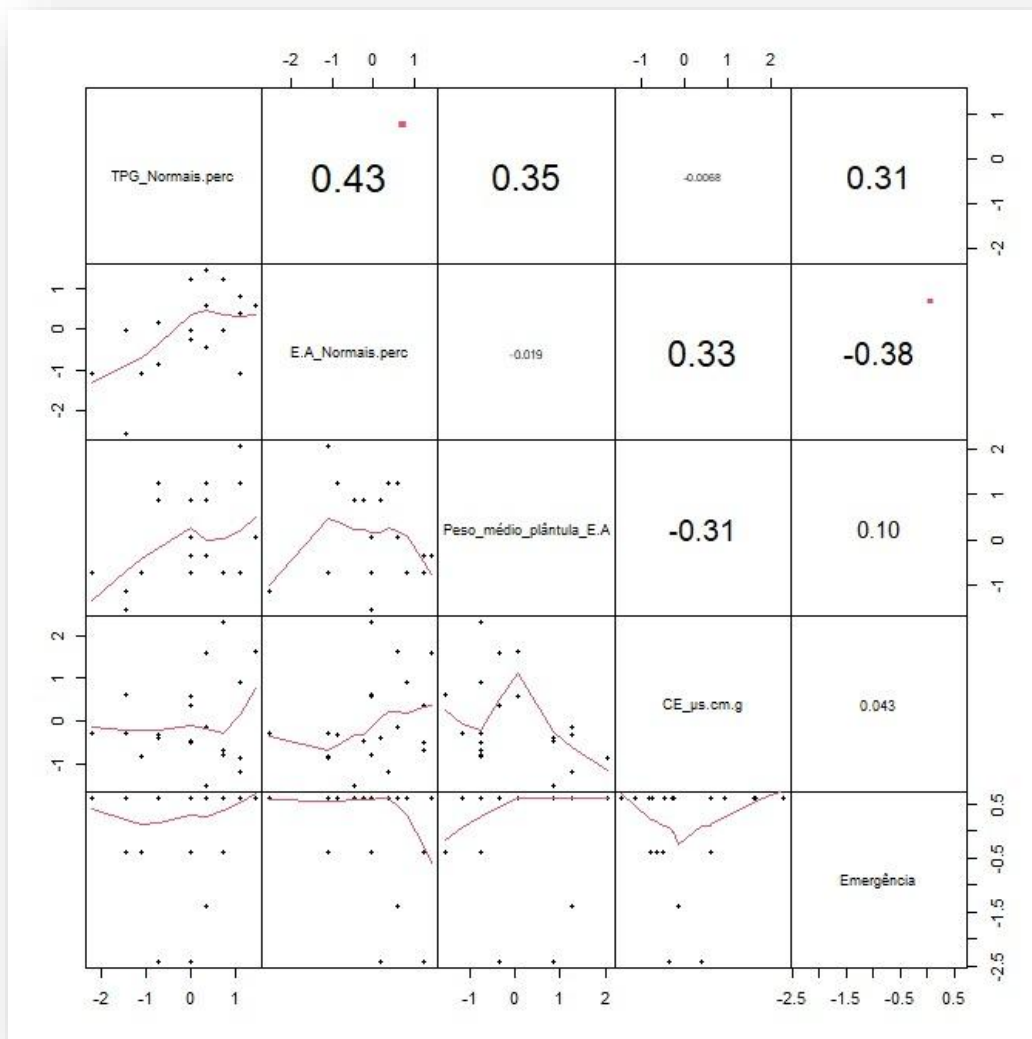
Para MMS após EA, observou-se variação entre 0,0403 g e 0,0455 g. O maior valor foi obtido no tratamento DR9, diferindo estatisticamente de GR8, que apresentou o menor acúmulo

de massa seca. Os tratamentos GR9, DR8 e TEST apresentaram valores intermediários. O coeficiente de variação para essa variável foi de 3,58%.

Os valores médios para condutividade elétrica apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, variando de 33,48 a 43,22  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ . O tratamento DR8 apresentou o maior valor de CE, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos, que não diferiram entre si. O coeficiente de variação foi de 5,99%.

A emergência de plântulas em campo apresentou valores médios elevados para todos os tratamentos, variando entre 96% e 100%, sem diferença estatística entre eles. O coeficiente de variação foi de 3,61%, indicando uniformidade de emergência nas condições de campo avaliadas.

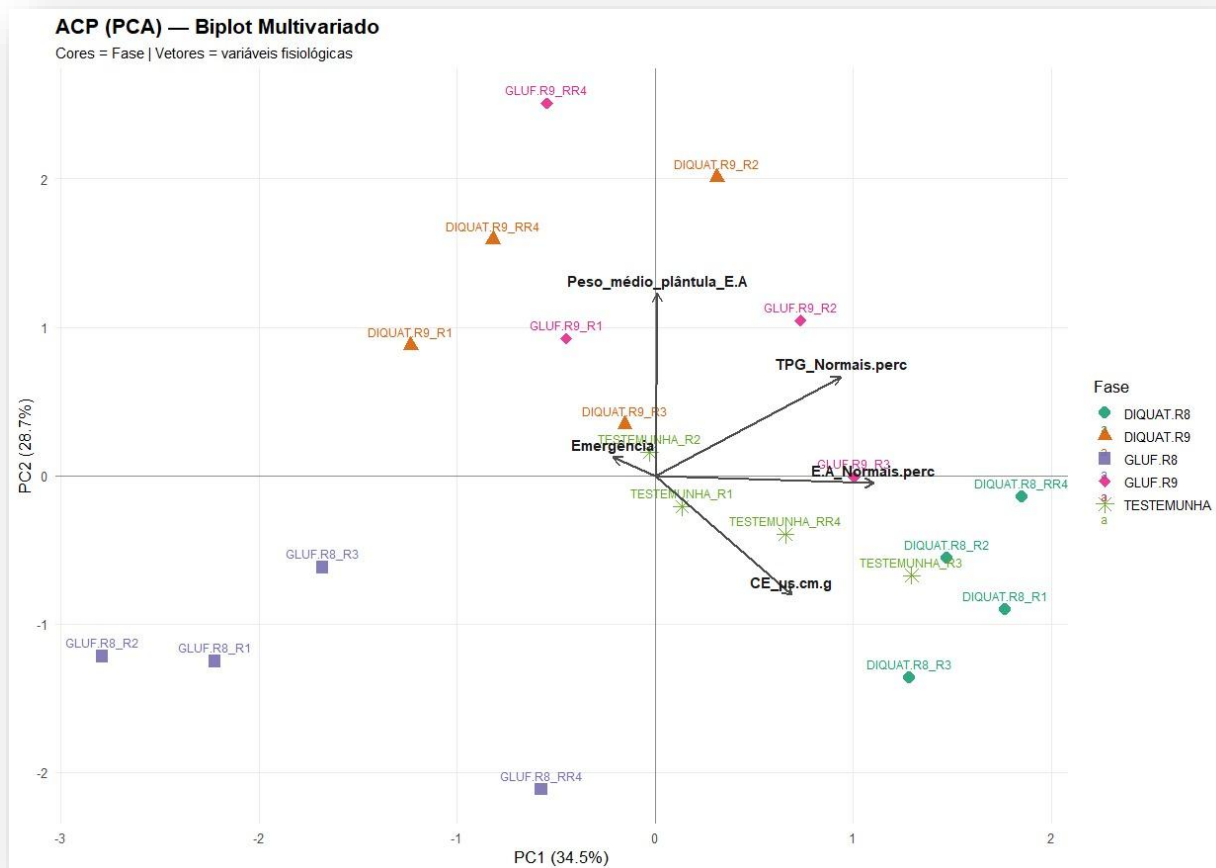
A matriz de dispersão permitiu a avaliação exploratória das relações entre as variáveis de qualidade fisiológica das sementes (Figura 2).



**Figura 2.** Matriz de dispersão entre germinação (TG), envelhecimento acelerado (EA), massa de matéria seca de plântula após envelhecimento acelerado (MMS após EA), condutividade elétrica (CE) e emergência de plântulas em campo (EPC), de sementes da cultivar BRS 323.

Observou-se correlação positiva entre o teste de germinação e o teste de envelhecimento acelerado ( $r = 0,43$ ), verificou-se também correlação positiva entre a germinação e a massa de matéria seca de plântula ( $r = 0,35$ ). A condutividade elétrica apresentou correlação negativa com a MMS ( $r = -0,31$ ), e positiva com EA ( $0,33$ ). A emergência em campo apresentou correlações fracas com as demais variáveis fisiológicas, indicando menor contribuição para a discriminação dos tratamentos. Essas relações bivariadas indicaram a presença de padrões fisiológicos e

justificaram a aplicação da Análise de Componentes Principais (ACP), Figura 3, como ferramenta de integração multivariada dos dados.



Os vetores representam as variáveis fisiológicas avaliadas: germinação (TG), envelhecimento acelerado (EA), condutividade elétrica (CE), massa de matéria seca de plântulas após envelhecimento acelerado (MMS após EA) e emergência de plântulas em campo (EPC).

**Figura 3.** Biplot da Análise de Componentes Principais (ACP) da qualidade fisiológica de sementes de girassol submetidas a diferentes dessecantes e estádios fenológicos de aplicação.

A Análise de Componentes Principais (ACP) explicou 63,2% da variabilidade total dos dados nos dois primeiros componentes (CP1 = 34,5%; CP2 = 28,7%) (Figura 3). O CP1 apresentou associação positiva com germinação e envelhecimento acelerado e associação negativa com a condutividade elétrica, representando um gradiente de qualidade fisiológica das sementes. O CP2 esteve associado principalmente à massa de matéria seca de plântulas após o EA.

A distribuição dos tratamentos no ACP refletiu os padrões observados nas análises univariadas. O tratamento DR8 posicionou-se próximo ao vetor de condutividade elétrica, em concordância com o maior valor de CE observado na análise de variância. Os tratamentos GR9 e DR9 posicionaram-se mais próximos aos vetores de germinação, envelhecimento acelerado e massa de matéria seca de plântulas. O tratamento GR8 concentrou-se em regiões opostas aos vetores de germinação e vigor, coerente com os menores valores observados para TG, EA e MMS após EA. A testemunha apresentou posicionamento intermediário no plano bidimensional, compatível com seu desempenho estatístico nas análises univariadas.

## **4 DISCUSSÃO**

### **4.1 Antecipação de colheita por dessecação**

Os resultados indicam que a dessecação química promoveu antecipação de sete dias do momento de colheita do girassol em relação à testemunha, com base no teor de água dos aquênios e nas características morfológicas das plantas. Embora a colheita efetiva tenha ocorrido simultaneamente para todos os tratamentos, por limitações operacionais e pela necessidade de aguardar a testemunha atingir teor de água adequada, a estimativa baseada no estágio fenológico confirma o potencial da dessecação como ferramenta de manejo para antecipação do ciclo. Por exemplo, a dissertação de Silva (2011) demonstrou que o uso de diquat na maturidade fisiológica reduziu em até 7 dias o intervalo entre aplicação e colheita, sem prejuízos à qualidade física, fisiológica ou sanitária das sementes.

Estudos em culturas comerciais distintas mostram que a dessecação química em estádios fenológicos próximos à maturidade pode antecipar a colheita e preservar a qualidade fisiológica das sementes. No cultivo do arroz demonstrou-se que a aplicação de dessecantes como diquat e paraquat promove reduções significativas do teor de água dos grãos em 2 a 4 dias após a aplicação, acelerando a dessecação e possibilitando um manejo de colheita mais rápido (He *et al.*, 2015). Em soja, a aplicação de diquat no estágio R7 reduziu a umidade e permitiu antecipar a colheita sem prejuízo à produtividade ou massa de grãos, indicando que a dessecação pode ser uma estratégia eficiente de manejo (Silva *et al.*, 2021). Em sorgo granífero, a dessecação com paraquat possibilitou antecipação de até 14 dias da colheita sem prejuízo para a germinação em determinadas doses (Barros *et al.*, 2019). Esses resultados corroboram que a dessecação química, quando ajustada ao estágio fenológico correto, pode antecipar a colheita sem perdas substanciais de qualidade fisiológica.

## 4.2 Germinação inicial, viabilidade e dormência

A ausência de germinação imediatamente após o beneficiamento, associada à confirmação de viabilidade pelo teste de tetrazólio, indica a presença de dormência fisiológica nas sementes de girassol, fenômeno comum nesta espécie. Essa dormência está relacionada principalmente ao balanço hormonal entre ácido abscísico e giberelinas e tende a ser superada durante o armazenamento (Xia *et al.*, 2019; Lachabrouilli *et al.*, 2021). O teste de tetrazólio evidenciou que as sementes estavam viáveis, mesmo na ausência de germinação inicial, uma vez que esse método se baseia na atividade metabólica dos tecidos vivos e não é limitado pela dormência fisiológica (Maia *et al.*, 2023).

## 4.3 Germinação e vigor das sementes

Aos 30 dias após a colheita, os percentuais de germinação observados em todos os tratamentos foram elevados e acima do padrão mínimo exigido para a comercialização de sementes de girassol no Brasil, que é de 75%, conforme estabelecido pela Instrução Normativa nº 25/2005 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2005). Esse resultado indica que, sob as condições avaliadas, a aplicação de dessecantes tanto em R8 quanto em R9 não comprometeu a germinação mínima exigida, aspecto fundamental do ponto de vista regulatório e comercial, embora diferenças em atributos de vigor tenham sido observadas entre os estádios.

A manutenção de elevados valores de germinação, mesmo quando os dessecantes são aplicados no estádio R8, pode estar associada à natureza do material propagativo do girassol, que é um aquênio. O aquênio é um tipo de fruto simples seco e indeiscente que contém uma só semente ligada ao pericarpo em apenas um ponto (Castro; Farias, 2005).

O pericarpo apresenta camadas de tecidos mecânicos, como hipoderme e esclerênquima, além da presença de fitomelanina, características que conferem elevada rigidez e resistência estrutural ao aquênio (Jocković *et al.*, 2020). Essa organização anatômica contribui para a proteção física da semente contra danos mecânicos e ambientais ao longo do desenvolvimento, da maturação e do armazenamento, além de influenciar processos fisiológicos relacionados à germinação e ao vigor (Ovuka *et al.*, 2025). Dessa forma, o pericarpo pode atuar como uma barreira parcial à ação direta de agentes químicos, reduzindo a exposição das estruturas embrionárias e favorecendo a preservação da capacidade germinativa das sementes após a dessecação pré-colheita, especialmente quando realizada próxima à maturidade fisiológica.

Estudos anteriores indicaram que a dessecação química aplicada próximo à maturidade fisiológica do girassol tende a não comprometer significativamente a germinação das sementes. Szemruch *et al.* (2019) relataram que a aplicação de desseccantes após a maturidade fisiológica não afetou a germinação de sementes de girassol sob diferentes genótipos, enquanto Čanak *et al.* (2020) observaram que, quando a dessecação é feita em um momento fisiologicamente adequado para cada genótipo, os percentuais de germinação permanecem altos mesmo após armazenamento prolongado. Nesse mesmo caminho, Szemruch *et al.* (2017) mostraram que a dessecação avançou o momento da colheita sem redução da germinação ou do vigor durante o armazenamento.

Entretanto, embora a germinação não tenha diferido de forma expressiva entre os estádios R8 e R9, os testes de vigor evidenciaram diferenças mais sensíveis entre os tratamentos. Os resultados de envelhecimento acelerado, condutividade elétrica e massa de matéria seca de plântulas, após estresse, indicaram que aplicações realizadas em R9 apresentaram, de modo geral, melhor desempenho fisiológico, sugerindo maior estabilidade das membranas celulares e maior tolerância ao estresse. A literatura destaca que os testes de vigor fornecem um índice mais sensível do estado fisiológico das sementes do que o teste de germinação isolado, pois permitem detectar alterações fisiológicas sutis associadas ao manejo pré-colheita, à deterioração e ao potencial de desempenho das sementes em condições adversas. Estudos recentes apontam que testes de vigor avaliam atributos relacionados à velocidade e uniformidade de germinação, resistência a estresses e desempenho pós-armazenamento, capturando diferenças entre lotes que muitas vezes não são evidenciadas pelo teste de germinação tradicional (Marcos Filho, 2015; Basu; Groot, 2023).

#### **4.4 Integração dos testes fisiológicos por ACP**

A Análise de Componentes Principais (ACP) corroborou e ampliou a interpretação dos resultados da ANOVA e da matriz de dispersão, ao agrupar as variáveis relacionadas ao desempenho fisiológico (TG, EA e MMS após EA) em oposição à condutividade elétrica, explicando grande parte da variabilidade total dos dados. O posicionamento dos tratamentos na ACP indicou tendência de associação dos tratamentos aplicados em R9 com melhores atributos fisiológicos, enquanto aplicações em R8 apresentaram maior dispersão e, em alguns casos, associação com maiores valores de condutividade elétrica. Esse tipo de abordagem integrada tem sido amplamente defendido na literatura como uma forma robusta de avaliar a qualidade fisiológica de sementes submetidas a diferentes manejos agrônômicos. Por exemplo, Ding *et al.* (2025) utilizaram ACP para reduzir a dimensionalidade de um conjunto de 11 variáveis

relacionadas ao vigor de sementes de soja medidas antes e depois de envelhecimento acelerado, gerando componentes que explicaram a maior parte da variabilidade. De forma comparável, Da Silva (2023) também aplicou ACP em estudos para agrupar e relacionar diferentes testes de vigor físico e fisiológico e identificar padrões de associação entre lotes ou tratamentos, reforçando a capacidade da análise multivariada em sintetizar múltiplas respostas fisiológicas em um espaço de menor dimensão que favorece interpretações integradas.

Do ponto de vista fisiológico, esses resultados podem ser explicados pela dinâmica de aquisição de vigor durante a maturação das sementes. Em *Helianthus annuus* L., o vigor das sementes aumenta gradualmente ao longo do desenvolvimento até atingir um pico próximo à maturidade fisiológica, acompanhado de incremento no peso seco, acúmulo de reservas e alterações hormonais correlacionadas ao vigor, o que indica que a plena aquisição de qualidade fisiológica ocorre após a maturidade fisiológica da semente, quando os processos de consolidação metabólica e tolerância à dessecação estão completos (Da Silva, 2023). A aplicação de herbicidas com ação dessecante em estádios precoces, conforme demonstrado por Chamma *et al.* (2023) em soja, pode interromper parcialmente esse processo natural de aquisição de vigor e longevidade, resultando em sementes que, embora ainda germinem adequadamente, apresentam menor desempenho sob condições de estresse ou armazenamento, devido à interrupção dos mecanismos fisiológicos envolvidos.

Nesse contexto, os resultados obtidos permitem inferir que a aplicação de dessecantes em R8 pode ser considerada tecnicamente viável, especialmente quanto ao atendimento aos padrões mínimos de germinação exigidos pela legislação vigente. No entanto, quando se considera a maximização do vigor e da estabilidade fisiológica das sementes, os dados indicam que a aplicação em R9 oferece maior segurança, alinhando-se tanto com os princípios fisiológicos da maturação quanto com os resultados observados nos testes de vigor e nas análises multivariadas. Estudos com girassol também mostram que o uso de dessecantes aplicados após a maturidade fisiológica não comprometeu a germinação nem o vigor das sementes (Szemruch *et al.*, 2019). Em soja, embora a dessecação precoce não tenha afetado a germinação imediata, observou-se comprometimento da aquisição completa de vigor e longevidade durante o armazenamento (Chamma *et al.*, 2023). Em feijão, aplicações em estádios mais precoces reduziram o vigor e a germinação, enquanto aplicações mais tardias preservaram melhor a qualidade fisiológica das sementes (Rosado *et al.*, 2019).

Assim, a integração dos resultados deste estudo com a literatura indica que a dessecação química no girassol deve ser conduzida com atenção ao estágio fenológico, sendo possível admitir tecnicamente o uso de dessecantes a partir de R8 sob condições controladas, mas com preferência para R9 quando o destino for a produção de sementes de maior vigor e longevidade.

## 5 CONCLUSÃO

A aplicação de dessecantes em girassol nos estádios R8 e R9 resultou em percentuais de germinação superiores ao mínimo de 75% exigido pela legislação brasileira, evidenciando a viabilidade técnica do manejo sob os aspectos regulatório e comercial.

A qualidade fisiológica foi influenciada pelo produto e pelo estágio fenológico de aplicação. De modo geral, aplicações realizadas no estágio R9 proporcionaram melhor desempenho fisiológico, independentemente do dessecante utilizado, com resultados semelhantes à testemunha na maioria das variáveis analisadas.

No estágio R8, o diquat apresentou desempenho superior ao glufosinato, mantendo maiores valores de germinação e vigor, enquanto o glufosinato em R8 promoveu redução significativa da qualidade fisiológica.

Assim, recomenda-se a realização da dessecação preferencialmente no estágio R9, podendo-se utilizar tanto diquat quanto glufosinato, e, caso realizada em R8, priorizar o uso de diquat para maior segurança fisiológica das sementes.

## 6 REFERÊNCIAS

ADAMO, P.E. et al. Comportamento germinativo de sementes de girassol submetidas ao teste de envelhecimento precoce. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.6, n.3, p.15-20, 1984.

ADAPAR. **Finale** : Bula de herbicida à base de glufosinato de amônio. Paraná, 2025. Disponível em: [https://www.adapar.pr.gov.br/sites/adapar/arquivos\\_restritos/files/documento/2025-06/finale.pdf](https://www.adapar.pr.gov.br/sites/adapar/arquivos_restritos/files/documento/2025-06/finale.pdf). Acesso em: 21 Fev. 2026.

ADAPAR. **Venia BR** : bula de herbicida à base de diquat. Paraná, 2024. Disponível em: [https://www.adapar.pr.gov.br/sites/adapar/arquivos\\_restritos/files/documento/2024-12/veniAbr.pdf](https://www.adapar.pr.gov.br/sites/adapar/arquivos_restritos/files/documento/2024-12/veniAbr.pdf). Acesso em: 21 Fev. 2026.

BARROS, A. F. et al. Dessecação pré-colheita em sorgo granífero: qualidade fisiológica das sementes e efeito sobre a rebrota. **Agrária**, v. 14, n. 2, p. 1–8, 30 Jun. 2019.

BASU, S.; GROOT, S. P. C. Seed vigour and invigoration. In: **Seed Science and Technology**. [s.l.] International Seed Testing Association, 2023. p. 67–89.

BOTELHO, F. J. E. et al. Qualidade de sementes de soja obtidas de diferentes cultivares submetidas à dessecação com diferentes herbicidas e épocas de aplicação. **Agro@ambiente online**, v. 10, n. 2, p. 137–137, 19 Jul. 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 25, de 16 de Dezembro de 2005: Padrões Nacionais de Sementes**. Brasília, DF: MAPA, 2005. Disponível em: <<https://Abrasem.com.br/wp-content/uploads/2012/10/Instru%C3%A7%C3%A3o-Normativa-n%C2%BA-25-de-16-de-Dezembro-de-2005-Pr%C3%B5es-Nacionais-de-Sementes.pdf>>. Acesso em: 23 Jan. 2026.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SDA, 2009. p.399.

CALDEIRA, C. M. **Testes rápidos para a avaliação da qualidade de sementes de girassol**. 2010. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

ČANAK, P. et al. Sunflower seed germination and storability response to chemical desiccation. **Selekcija i Semenarstvo**, v. 24, n. 2, p. 53–60, 2020.

CASTRO, C. et al. **A cultura do girassol**. Londrina: Embrapa-CNPSo, 1997. 36p. (Circular Técnica, 13).

CASTRO, C.; FARIAS, J. R. B. Ecofisiologia do girassol. In: **Girassol no Brasil**. Londrina, PR: Embrapa Soja, 2005. p. 163–218.

CHAMMA, L. et al. Does forced plant maturation by applying herbicide with desiccant action influence seed longevity in soybean? **Plants**, v. 12, n. 15, p. 2769–2769, 26 Jul. 2023.

DA SILVA, P. C. et al. Multivariate analysis applied to the evaluation of genetic variability for the physiological quality trait of common bean seeds. **Journal of Seed Science**, v. 45, n. e202345031, p. 1–7, 1 Jan. 2023.

DANTAS, M. S. M. et al. Production and morphological components of sunflower on soil fertilized with cassava wastewater. **Revista Ceres**, v. 64, n. 1, p. 77–82, 2017.

DAS, R.; BISWAS, S.; MANDAL, A. K. Quality parameters of sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds and seedlings under various storage duration and seed invigoration. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 9, n. 2, p. 76–87, 10 Feb. 2020.

DING, W. et al. Development of a comprehensive evaluation system and models to determine soybean seed vigor. **Industrial Crops and Products**, v. 224, p. 120329, Feb. 2025.

EMBRAPA SOJA. **Indicações para o cultivo de girassol nos Estados do Rio Grande do Sul, Paraná, Mato Grosso, Goiás e Roraima**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 4 p. (Embrapa Soja. Comunicado técnico, 78).

FARIAS, J. P. et al. Paraquat action in reproductive phases of sunflower on agronomic behavior and seed quality. **DELLOS: Desarrollo Local Sostenible**, v. 16, n. 47, p. 2942–2951, 2023.

HE, Y. et al. Effects of pre-harvest chemical application on rice desiccation and seed quality. **Journal of Zhejiang University SCIENCE B**, v. 16, n. 10, p. 813–823, 1 Out. 2015.

INMET. **Balço do mês de maio de 2024 nas capitais: Brasília – DF**. Nota Técnica, Brasília-DF, 3 Jun. 2024. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/uploads/notastecnicas/Balan%C3%A7o-Bras%C3%ADlia-Mai.pdf>. Acesso em : 29 Jan. 2026.

JOCKOVIĆ, J. et al. Pericarp features of wild perennial *Helianthus* L. species as a potential source for improvement of technical and technological properties of cultivated sunflower. **Industrial Crops and Products**, v. 144, p. 112030, 1 Fev. 2020.

LACHABROUILLI, A.S. et al. Effects of agroclimatic conditions on sunflower seed dormancy at harvest. **European Journal of Agronomy**, v. 124, p. 126209–126209, 1 Mar. 2021.

MAIA, S. da S. et al. Adaptation of tetrazolium test methodology to estimate the viability of *Eugenia stipitata* McVaugh ssp. *sororia* McVaugh seeds. **Hoehnea**, v. 50, n. e142023, 2023.

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

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 2.1–2.24.

NOWATSKI, J. Harvesting. In: **Sunflower production guide**. Fargo: North Dakota State University Extension; North Dakota Agricultural Experiment Station, 2020.

OVUKA, J. et al. Biophysical and morphometric characteristics of sunflower achenes: implications for industrial processing and byproduct utilization. **Agronomy**, v. 15, n. 5, p. 1035–1035, 25 Abr. 2025.

PEREIRA, M. et al. Processamento digital de imagens de plântulas na avaliação do vigor de sementes de *Moringa oleífera* Lam. **Ciência Florestal**, vol. 30, no. 2, p. 291–306, 2020.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: FEALQ, 2009.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2024. Disponível em: <https://www.r-project.org/>. Acesso em: 22 Fev. 2026.

ROSADO, C. B. et al. Physiological quality of bean seeds after application of desiccant herbicides. **Ciência Rural**, v. 49, n. 9, 2019.

SCHNEITER, A. A.; MILLER, J. F. Description of Sunflower Growth Stages. **Crop Science**, v. 21, n. 6, p. 901–903, 1981.

SILVA, A. R. et al. Dessecação química da soja em diferentes estádios fenológicos para antecipação da colheita. **UNICIÊNCIAS**, v. 25, n. 2, p. 125–129, 14 Dez. 2021.

SILVA, H.P da. **Dessecação de plantas de girassol e qualidade de sementes armazenadas**. 2011. 76 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufla.br/server/api/core/bitstreams/abb1f04f-b9c0-4106-8f25-dcfada12e384/content>. Acesso em: 23 Jan. 2026.

SRIPATHY, K. V.; GROOT, S. P. C. Seed development and maturation. In: **Seed Science and Technology**. Singapore: International Seed Testing Association, 2023. p. 17–38.

SZEMRUCH, C. L. et al. Dynamics of dry-down in seed, head and stalk from sunflower genotypes sprayed with chemical desiccants after physiological maturity. **Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology**, v. 7, n. 2, p. 192–201, 2019.

SZEMRUCH, C. L. et al. Hybrid sunflower seed yield, composition and deterioration after chemical desiccation. **International Journal of Plant Production**, v. 11, n. 2, p. 225–240, 2017.

USDA (United State of America). **Foreign Agricultural Service. Production, Supply and Distribution – Oilseeds: Sunflower seed**. Washington, D.C., 2024/2025a. Disponível em: <https://www.fas.usda.gov/data/production/commodity-group/oilseeds>. Acesso em: 27 Ago. 2025.

VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C. Teste de condutividade elétrica. In: **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 4.1–4.26.

WEATHERSPARK. **Clima característico em Brasília, Distrito Federal, Brasil, durante o ano**. Disponível em: <https://pt.weatherspark.com/y/30238/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Bras%C3%ADlia-Distrito-Federal-Brasil-durante-o-ano>. Acesso em: 29 Jan. 2026

XIA, Q. et al. Re-localization of hormone effectors is associated with dormancy alleviation by temperature and after-ripening in sunflower seeds. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, 19 Mar. 2019.

## CAPÍTULO 3

### DESEMPENHO FISIOLÓGICO DE SEMENTES DESSECADAS DE GIRASSOL EM CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO

#### RESUMO

O armazenamento adequado é essencial para a manutenção da qualidade fisiológica de sementes, especialmente em culturas oleaginosas como o girassol, que apresentam maior susceptibilidade à deterioração. O objetivo neste estudo foi determinar o desempenho fisiológico de sementes de girassol submetidas à dessecação química em diferentes produtos e estádios fenológicos e armazenadas por 240 dias sob distintas condições. O experimento foi conduzido com a cultivar BRS 323, submetida à aplicação de glufosinato de amônio e diquat nos estádios R8 e R9, além de uma testemunha sem dessecante. Após a colheita, as sementes foram armazenadas em câmara fria, armazém não climatizado e câmara fria seguida de armazém não climatizado. As análises de qualidade fisiológica incluíram os testes de germinação, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica e massa de matéria seca de plântulas. Os resultados indicaram que a fase de dessecação exerceu maior influência sobre a qualidade fisiológica das sementes do que as condições de armazenamento. Sementes desseçadas no estádio R9 apresentaram maior estabilidade fisiológica ao longo do armazenamento, enquanto a aplicação no estádio R8, especialmente com glufosinato de amônio, resultou em maior deterioração. As diferentes condições de armazenamento foram eficientes na preservação da viabilidade e do vigor das sementes durante o período avaliado. Conclui-se que a qualidade fisiológica inicial, determinada pelo manejo pré-colheita, é determinante para o desempenho de sementes de girassol durante o armazenamento.

**Palavras-chave:** *Helianthus annuus* L.; dessecação pré-colheita; vigor de sementes; armazenamento; qualidade fisiológica.

## ABSTRACT

Proper storage is essential for maintaining the physiological quality of seeds, especially in oilseed crops such as sunflower, which are more susceptible to deterioration. The objective of this study was to determine the physiological performance of sunflower seeds subjected to chemical desiccation with different products at distinct phenological stages and stored for 240 days under different conditions. The experiment was conducted using the cultivar BRS 323, subjected to the application of ammonium glufosinate and diquat at the R8 and R9 stages, in addition to a control treatment without desiccant. After harvest, the seeds were stored in a cold chamber, a non-climatized warehouse, and in a cold chamber followed by a non-climatized warehouse. Physiological quality analyses included germination, accelerated aging, electrical conductivity, and seedling dry matter mass tests. The results indicated that the desiccation stage had a greater influence on seed physiological quality than the storage conditions. Seeds desiccated at the R9 stage showed greater physiological stability throughout storage, whereas application at the R8 stage, especially with ammonium glufosinate, resulted in greater deterioration. The different storage conditions were effective in preserving seed viability and vigor during the evaluated period. It is concluded that the initial physiological quality, determined by pre-harvest management, is decisive for the performance of sunflower seeds during storage.

**Keywords:** *Helianthus annuus*. L.; pre-harvest desiccation; seed vigor; storage; physiological quality.

## 1 INTRODUÇÃO

O armazenamento é uma etapa primordial na cadeia produtiva e tem como objetivo manter os níveis almejados de qualidade da semente, especialmente de germinação, vigor e sanidade até a próxima safra no ciclo de cultivo, mantendo assim, a preservação por um período mais longo, de suas qualidades genéticas, fisiológicas, sanitárias e físicas (Dadlani *et al.*, 2023; Menegaes; Stefanello; Nunes, 2024).

Ao longo do tempo, as sementes têm o seu vigor germinativo reduzido, uma vez que o seu sistema metabólico inicia processos de deterioração, resultando em diminuição da germinação, desenvolvimento deficiente de plântulas e um menor estabelecimento das que conseguem germinar. Desta forma, o armazenamento eficiente depende da desaceleração do metabolismo das sementes, sem causar danos (De Vitis *et al.*, 2020).

A deterioração das sementes é um processo progressivo e inevitável, influenciado principalmente por variações no teor de água das sementes e pelas condições ambientais de temperatura e umidade relativa durante o armazenamento (Ray; Bordolui, 2020; Ray; Bordolui, 2022). A velocidade desse processo é determinada tanto por propriedades intrínsecas das sementes, associadas a alterações morfológicas, fisiológicas e bioquímicas, quanto por fatores extrínsecos, como as condições de armazenamento, incluindo temperatura, umidade relativa do ar, composição gasosa do ambiente e fatores bióticos (Han *et al.*, 2022; Pirredda *et al.*, 2023; Xing *et al.*, 2025).

Em sementes oleaginosas, como as de girassol, o processo de deterioração tende a ser mais acelerado em função do elevado teor de lipídios. Esse aspecto favorece reações de oxidação de ácidos graxos e a formação de espécies reativas de oxigênio durante o armazenamento, promovendo a peroxidação lipídica, danos às membranas celulares e, conseqüentemente, a perda de vigor e da qualidade fisiológica das sementes (Ferreira *et al.*, 2021; Huang *et al.*, 2021).

Quanto aos tipos de armazenamento, as sementes podem ser mantidas em ambiente natural (em ambiente não climatizado), no qual ficam sujeitas às variações de temperatura e umidade relativa do ar, ou em condições controladas, como em câmaras frias. Estudos com sementes de girassol demonstraram que o armazenamento sob temperaturas reduzidas, como em câmara fria, refrigerador ou freezer, favorece a manutenção da viabilidade e do vigor ao longo do tempo, quando comparado ao armazenamento em ambiente natural, no qual as perdas de qualidade fisiológica ocorrem de forma mais acentuada (Lima *et al.*, 2014). De forma complementar, avaliações mais recentes confirmam que a redução da temperatura e da umidade relativa do ar

contribuiu significativamente para a manutenção da viabilidade e do vigor de sementes armazenadas sob diferentes condições ambientais (Selemani *et al.*, 2023).

Além das condições ambientais de armazenamento, práticas de manejo adotadas no campo podem influenciar a qualidade fisiológica inicial das sementes e, conseqüentemente, seu comportamento durante o armazenamento. Entre essas práticas, destaca-se a dessecação pré-colheita, amplamente utilizada para uniformizar a maturação e antecipar a colheita (Nowatski, 2020). Estudos com girassol demonstram que o momento de aplicação do dessecante influencia a manutenção da capacidade germinativa de sementes armazenadas por longos períodos, evidenciando efeitos diretos sobre a armazenabilidade dos lotes (Canak *et al.*, 2020). Resultados semelhantes são observados em outras culturas, como a soja, nas quais a dessecação realizada em diferentes estádios fenológicos interfere na qualidade fisiológica inicial das sementes, refletindo em alterações no vigor, na integridade das membranas celulares e no desempenho durante o armazenamento (Silva Júnior, 2023). Dessa forma, a fase de aplicação de dessecantes constitui um fator relevante na determinação do potencial fisiológico inicial e da longevidade das sementes armazenadas.

Apesar da relevância do armazenamento para a manutenção da qualidade de sementes, ainda são limitados os estudos que avaliam de forma integrada o desempenho fisiológico de sementes de girassol ao longo do tempo, considerando diferentes condições de armazenamento, especialmente para cultivares adaptadas às condições do Cerrado. Assim, a compreensão do comportamento fisiológico das sementes em distintos ambientes de armazenamento torna-se essencial para subsidiar estratégias que minimizem perdas de qualidade e assegurem maior longevidade dos lotes.

Diante desse contexto, o presente estudo foi realizado com objetivo de determinar o desempenho fisiológico de sementes de girassol BRS 323, dessecadas em diferentes estádios fenológicos e mantidas sob diferentes condições de armazenamento durante 240 dias.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Área experimental**

O experimento foi conduzido no Centro de Inovação em Genética Vegetal da Embrapa Cerrados (CIGV), localizado no Riacho Fundo II, Distrito Federal, às coordenadas 15°54'14" S de latitude e 48°02'01" W de longitude, durante o ano de 2024. A área apresenta solo predominantemente classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, de textura argilosa, situada

a 1.250 m de altitude, sob sistema plantio direto, em uma região de clima Aw, segundo a classificação de Köppen. A implantação do experimento foi realizada em uma área de 2,7 hectares, com a proporção de cinco linhas de genitora (macho estéril) para cada duas linhas de genitor (fértil), espaçadas em 50 cm entrelinhas e com densidade de 60 mil plantas por hectare.

## 2.2 Práticas culturais

O plantio foi realizado no dia 09 de fevereiro de 2024, as sementes foram tratadas com Standak Top na dose de 600 mL por 100 kg de sementes. A adubação de semeadura foi formulada com base nas recomendações de nutrição da cultura do girassol, conforme o sistema de produção recomendado pela Embrapa Soja (2007). Foram utilizados 200 kg ha<sup>-1</sup> de MAP (50% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 10% N) e 200 kg ha<sup>-1</sup> de KCl (58% K<sub>2</sub>O), em função da necessidade nutricional de P e K para estabelecimento da cultura e produtividade de grãos. Na adubação de cobertura foram aplicados 100 kg ha<sup>-1</sup> de ureia como fonte de nitrogênio, no dia 18 de março de 2024, aproximadamente 31 dias após a emergência das plantas, em conformidade com as faixas de doses recomendadas em manejo nutricional para girassol, que envolvem integração de fontes de N em cobertura após a emergência para manter suprimento adequado durante fases críticas de desenvolvimento da cultura (EMBRAPA SOJA, 2007).

A aplicação dos dessecantes glufosinato de amônio e diquat foi realizada, respectivamente, nos dias 22 e 29 do mês de Abril de 2024, aos 73 e 80 dias de ciclo da cultura. O glufosinato de amônio foi utilizado em uma dose de 1,5 L ha<sup>-1</sup> conforme a bula do produto (ADAPAR, 2025), sendo um herbicida de contato não seletivo. O diquat foi aplicado em uma dose de 2,0 L ha<sup>-1</sup> (ADAPAR, 2024), herbicida de contato não seletivo. Em razão da ausência de recomendação específica para a cultura do girassol, adotou-se a dose indicada para a cultura da soja, conforme descrito nas respectivas bulas.

As aplicações foram realizadas com um pulverizador de barra tratorizado, com capacidade de tanque de 2.000 L e com barra lateral de 11 m de largura, em quatro áreas de 330 m<sup>2</sup>. O volume calda aplicado foi de 250 L ha<sup>-1</sup>, nos estádios R8 (antes da maturação fisiológica) e R9 (estádio de maturação fisiológica) da cultivar BRS 323, segundo a escala fenológica apresentada por Schneiter e Miller (1981).

Os dados pluviométricos registrados no período de fevereiro a abril de 2024 no CIGV indicaram um total de 437 mm de chuva, sendo que, ao longo de 2024, a precipitação acumulada atingiu 1.600 mm. A colheita foi realizada entre os dias 13 e 15 de maio de 2024.

### **2.3 Aquisição de dados**

Após a colheita e o beneficiamento manual, as sementes da cultivar BRS 323 foram acondicionadas em sacos de papel multifoliado com capacidade de 5 kg e armazenadas em três condições distintas: (i) câmara fria (CF), com temperatura do ar entre 15 e 17 °C e umidade relativa do ar controlada em torno de 40%; (ii) câmara fria por 30 dias, seguida de armazenamento em armazém não climatizado (FNC); e (iii) armazém não climatizado (NC).

No caso do armazenamento em armazém não climatizado, as sementes ficaram sob temperatura ambiente média estimada entre 19 °C e 25 °C, faixa típica para o período de maio de 2024 a fevereiro de 2025 no Riacho Fundo II – DF e umidade relativa do variando entre 50 e 60%. O armazém não climatizado é destinado ao armazenamento de sementes, mantido integralmente à temperatura do ar ambiente.

A cultivar BRS 323 desenvolvida pela Embrapa para uso no Cerrado, foi submetida a análises laboratoriais de qualidade de sementes durante sete meses de armazenamento, a partir do mês de julho de 2024 até o mês de fevereiro de 2025. Os testes realizados para a avaliação da qualidade das sementes foram: Teste de Germinação (TG), Envelhecimento Acelerado (EA), Condutividade Elétrica (CE) e Massa de matéria seca de plântula (MMS) após EA e após TG. As análises da qualidade fisiológica das sementes foram realizadas a partir de 60 dias de armazenamento. Esse período inicial correspondeu à permanência das sementes por 30 dias em câmara fria, seguida de 30 dias em ambiente não climatizado, no tratamento FNC. A partir desse momento, as avaliações foram conduzidas a cada 30 dias até os 240 dias.

### **2.4 Descrição dos testes**

Os testes laboratoriais (TG, EA, CE e MMS) foram conduzidos no Laboratório de Sementes da Faculdade de Agronomia e Medicina veterinária da Universidade de Brasília.

As sementes testadas foram a BRS 323 com glufosinato e diquat nos dois estádios fenológicos (R8 e R9), e a testemunha. Durante o armazenamento as sementes foram divididas de acordo com os tratamentos da Tabela 4.

**Tabela 4.** Descrição dos tratamentos utilizados em sementes de girassol BRS 323, nas avaliações de TG, EA, CE e MMS com relação ao tipo de dessecante, ao estágio fenológico e ao ambiente de armazenamento das sementes.

| Fase | Tratamento | Cultivar | Dessecante            | Estádio fenológico | Armazenamento |
|------|------------|----------|-----------------------|--------------------|---------------|
| GR8  | GR8CF      | BRS 323  | glufosinato de amônio | R8                 | CF            |
|      | GR8NC      | BRS 323  | glufosinato de amônio | R8                 | NC            |
|      | GR8FNC     | BRS 323  | glufosinato de amônio | R8                 | FNC           |
| DR8  | DR8CF      | BRS 323  | diquat                | R8                 | CF            |
|      | DR8NC      | BRS 323  | diquat                | R8                 | NC            |
|      | DR8FNC     | BRS 323  | diquat                | R8                 | FNC           |
| GR9  | GR9CF      | BRS 323  | glufosinato de amônio | R9                 | CF            |
|      | GR9NC      | BRS 323  | glufosinato de amônio | R9                 | NC            |
|      | GR9FNC     | BRS 323  | glufosinato de amônio | R9                 | FNC           |
| DR9  | DR9CF      | BRS 323  | diquat                | R9                 | CF            |
|      | DR9NC      | BRS 323  | diquat                | R9                 | NC            |
|      | DR9FNC     | BRS 323  | diquat                | R9                 | FNC           |
| TEST | TESTCF     | BRS 323  | testemunha            | –                  | CF            |
|      | TESTNC     | BRS 323  | testemunha            | –                  | NC            |
|      | TESTFNC    | BRS 323  | testemunha            | –                  | FNC           |

O Teste de Germinação (TG) foi realizado seguindo as regras para análise de sementes no processo de montagem do experimento. Os tratamentos contiveram 200 sementes, quatro repetições de 50 sementes. Foram utilizadas folhas de papel para germinação de sementes, nas dimensões 28 cm x 38 cm, separadas em três conjuntos de folhas para cada repetição. As folhas foram umedecidas com cerca de 2,5 vezes o peso do papel seco (Brasil, 2009). Na água destilada utilizada foi adicionado 2 mL de Nistatina (fungicida) para cada um litro de água utilizado no umedecimento dos rolos de papel (Pereira *et al.*, 2020).

Após o umedecimento, foi posicionado nas folhas um distribuidor de sementes, com capacidade para 50 sementes. Em seguida as sementes foram depositadas sobre as duas últimas folhas e cobertas com a terceira, e posteriormente foram enroladas em forma de rolos, que foram

colocados em sacos plásticos, selados para evitar a perda de água, e levados a uma câmara de germinação a 25 °C (Brasil, 2009). Foi adotado um período de sete dias para a avaliação do teste de germinação, que tem fundamentação em estudos que demonstram que, para sementes de girassol, a contagem final pode ser realizada nesse intervalo quando o teste é conduzido em papel para germinação de sementes e sob condições controladas de temperatura, mantendo a confiabilidade dos resultados e proporcionando maior agilidade na avaliação da qualidade fisiológica dos lotes (Caldeira, 2010). Após esse período foi realizada a contagem de germinação, dada em porcentagem de germinação (%). As sementes germinadas foram contadas se tivessem a radícula e a parte aérea desenvolvida. A germinação que gerou plântulas com essas características recebe o nome de plântulas normais (P.N) e as que não tiveram foram consideradas anormais (A) ou mortas (M).

O Envelhecimento Acelerado (EA) foi realizado com a distribuição das sementes de cada tratamento, em uma única camada, em caixas plásticas do tipo Gerbox (11,0 cm x 11,0 cm x 3,5 cm) com tela de aço inoxidável em seu interior. As caixas receberam 40 mL de água destilada, depois foram colocadas as telas com as sementes, de forma que as sementes não entrassem em contato com a água depositada. As caixas foram tampadas com suas respectivas tampas identificadas com a numeração do tratamento e em seguida foram levadas a uma câmara incubadora BOD, a 42 °C por 48 horas (Adamo *et al.*, 1984). Após esse período foi realizado o TG cujo o resultado foi apresentado em porcentagem de germinação (%).

O teste de Condutividade Elétrica (CE) da solução de imersão das sementes foi realizado de acordo com o método descrito por Vieira e Krzyzanowski (1999). De início foram separadas quatro repetições com 50 sementes para cada tratamento, colocadas em copos plásticos com capacidade de 180 mL que posteriormente foram pesadas em balança de precisão com duas casas decimais, em seguida os dados foram anotados em planilha do Excel. Depois da pesagem foram colocados 75 mL de água destilada em cada repetição de sementes. Os copos foram colocados em câmara de germinação a 25 °C por 24 horas. Depois do período, os copos foram retirados da câmara e a solução foi agitada para uniformizar os eletrólitos lixiviados, em seguida realizada a leitura da condutividade elétrica da solução com condutivímetro digital. A obtenção do valor da condutividade elétrica, expresso em  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ , de semente, foi obtido com a divisão da leitura pelo peso das amostras secas das sementes em gramas, pesadas antes da embebição.

As plântulas obtidas no TG e no TG após EA, em cada repetição dos tratamentos, foram acondicionadas em sacos de papel kraft e levadas a uma estufa de ventilação forçada mantida a 65

$\pm 3$  °C por 48 h para a obtenção da Massa de Matéria Seca de Plântula (MMS) e na sequência foi aferida a massa em balança de precisão, com duas casas decimais, sendo os resultados expressos em peso médio por plântula (Nakagawa, 1999).

## **2.5 Delineamento Experimental**

O delineamento utilizado foi o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), em esquema fatorial, com 15 tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos resultantes da combinação de dois dessecantes (glufosinato de amônio e diquat), dois estádios fenológicos de aplicação (R8 e R9) e três métodos de armazenamento (câmara fria, armazém não climatizado e câmara fria seguida de armazém não climatizado) mais uma testemunha sem dessecante em cada ambiente de armazenamento (Tabela 4). As médias foram agrupadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os dados foram analisados com o software estatístico R (R Core Team, 2024).

Além da análise de médias, foi realizada também análise de regressão considerando o tempo de armazenamento como variável independente, com o objetivo de modelar o comportamento fisiológico das sementes durante o armazenamento. Para cada combinação de dessecante, estágio e ambiente, foram ajustados modelos de regressão linear ou polinomial, selecionados com base na significância dos coeficientes, no maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e no comportamento biológico esperado para cada variável (TG, CE, EA e MMS).

## **3 RESULTADOS**

### **3.1 Teste de germinação (TG)**

A síntese da análise de variância, para TG, indicou ausência de interação significativa entre fase e armazenamento na maioria dos períodos avaliados com exceção do período de 210 dias, no qual foi observada interação significativa entre os fatores (Tabela 5).

**Tabela 5.** Significância dos fatores Fase, Armazenamento e a interação Fase × Armazenamento para a variável germinação (TG, %) nos diferentes períodos de avaliação.

| TG (%)         |      |      |           |        |                                |
|----------------|------|------|-----------|--------|--------------------------------|
| Período (dias) | Fase | Arm. | Interação | CV (%) | Interpretação                  |
| 60             | S    | NS   | NS        | 2,69   | Sem interação → ver Apêndice A |
| 90             | NS   | NS   | NS        | 1,88   | Sem interação → ver Apêndice A |
| 120            | S    | NS   | NS        | 1,59   | Sem interação → ver Apêndice A |
| 150            | S    | S    | NS        | 2,43   | Sem interação → ver Apêndice A |
| 180            | S    | NS   | NS        | 2,40   | Sem interação → ver Apêndice A |
| 210            | S    | NS   | S         | 2,46   | Com interação → ver Apêndice B |
| 240            | S    | NS   | NS        | 5,22   | Sem interação → ver Apêndice A |

Legenda: CV (%) = coeficiente de variação; S = significativo ( $p \leq 0,05$ ); NS = não significativo

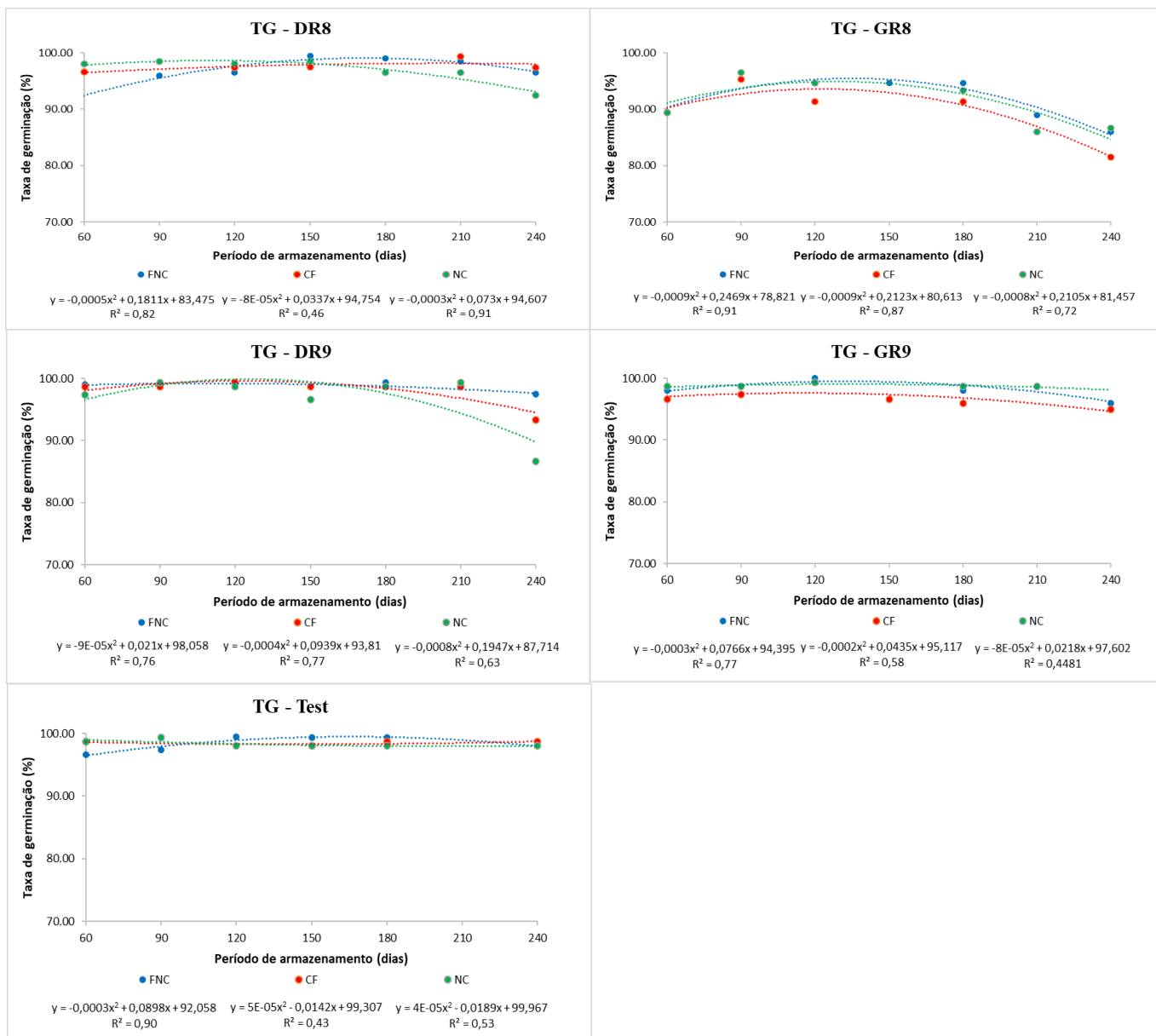
Para períodos sem interação, as médias comparadas pelo teste de Tukey encontram-se no Apêndice A. Nos casos com interação significativa, o desdobramento dos fatores está apresentado no Apêndice B.

Nas épocas sem interação entre fase de dessecação e armazenamento (Apêndice A, Tabela A.1), as fases TEST, GR9, DR8 e DR9 agruparam-se predominantemente no grupo estatístico de maiores médias, mantendo elevada germinação ao longo das avaliações. O tratamento GR8 apresentou, de forma recorrente, as menores médias, situando-se nos grupos estatísticos inferiores.

Quanto às condições de armazenamento (Apêndice A, Tabela A.2), não foram observadas diferenças estatísticas na maioria dos períodos avaliados. Exceção ocorreu aos 150 dias, quando o armazenamento em câmara fria apresentou menor germinação, contudo, de forma geral, os três tipos de armazenamento foram eficientes na preservação do potencial germinativo.

Nas épocas com interação significativa, aos 210 dias (Tabela B.1), as fases TEST, GR9, DR8 e DR9 mantiveram-se estatisticamente iguais nos três ambientes de armazenamento (FNC, CF e NC). A fase GR8 apresentou as menores médias nos ambientes FNC e NC, enquanto, em CF, não diferiu estatisticamente dos demais tratamentos.

A análise de regressão indicou que a germinação ao longo do armazenamento ajustou-se a modelos polinomiais de segundo grau (Figura 3).



**Figura 3.** Curvas de regressão polinomial de segunda ordem ajustadas para germinação (TG, %) de sementes de girassol para as fases DR8, GR8, DR9, GR9 e TEST, submetidas a três condições de armazenamento: câmara fria (CF), armazém não climatizado (NC) e câmara fria + armazém não climatizado (FNC), por 240 dias.

De modo geral, observou-se elevada estabilidade da germinação, com pequenas oscilações ao longo do tempo. Em alguns tratamentos, especialmente aquelas dessecados em estágio menos avançado, a germinação aos 60 dias apresentou valores ligeiramente inferiores aos observados nos períodos subsequentes, seguido por estabilização ou leve declínio nos períodos finais. A partir de aproximadamente 120 a 150 dias, verificou-se diferenciação mais clara entre as fases, com tendência de redução da germinação em sementes dessecadas no estágio R8, especialmente GR8, enquanto os tratamentos em R9 e a testemunha mantiveram comportamento mais estável. Os valores de R<sup>2</sup> variaram de baixos a moderados, indicando ajuste parcial dos modelos ao longo do tempo.

### 3.2 Teste de condutividade elétrica (CE)

Para a CE, a síntese da análise de variância indicou ausência de interação significativa entre fase e armazenamento em todos os períodos avaliados permitindo a interpretação dos efeitos principais (Tabela 6).

**Tabela 6.** Significância dos fatores Fase, Armazenamento e da interação Fase × Armazenamento para a variável condutividade elétrica (CE,  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ) nos diferentes períodos de avaliação.

| CE ( $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ) |      |      |           |        |                                |
|--|------|------|-----------|--------|--------------------------------|
| Período<br>(dias)                          | Fase | Arm. | Interação | CV (%) | Interpretação                  |
| 60   | S    | NS   | NS        | 6,33   | Sem interação → ver Apêndice A |
| 90   | S    | NS   | NS        | 7,98   | Sem interação → ver Apêndice A |
| 120  | S    | NS   | NS        | 8,50   | Sem interação → ver Apêndice A |
| 150  | S    | S    | NS        | 5,96   | Sem interação → ver Apêndice A |
| 180  | NS   | NS   | NS        | 8,75   | Sem interação → ver Apêndice A |
| 210  | S    | NS   | NS        | 5,82   | Sem interação → ver Apêndice A |
| 240  | S    | NS   | NS        | 6,91   | Sem interação → ver Apêndice A |

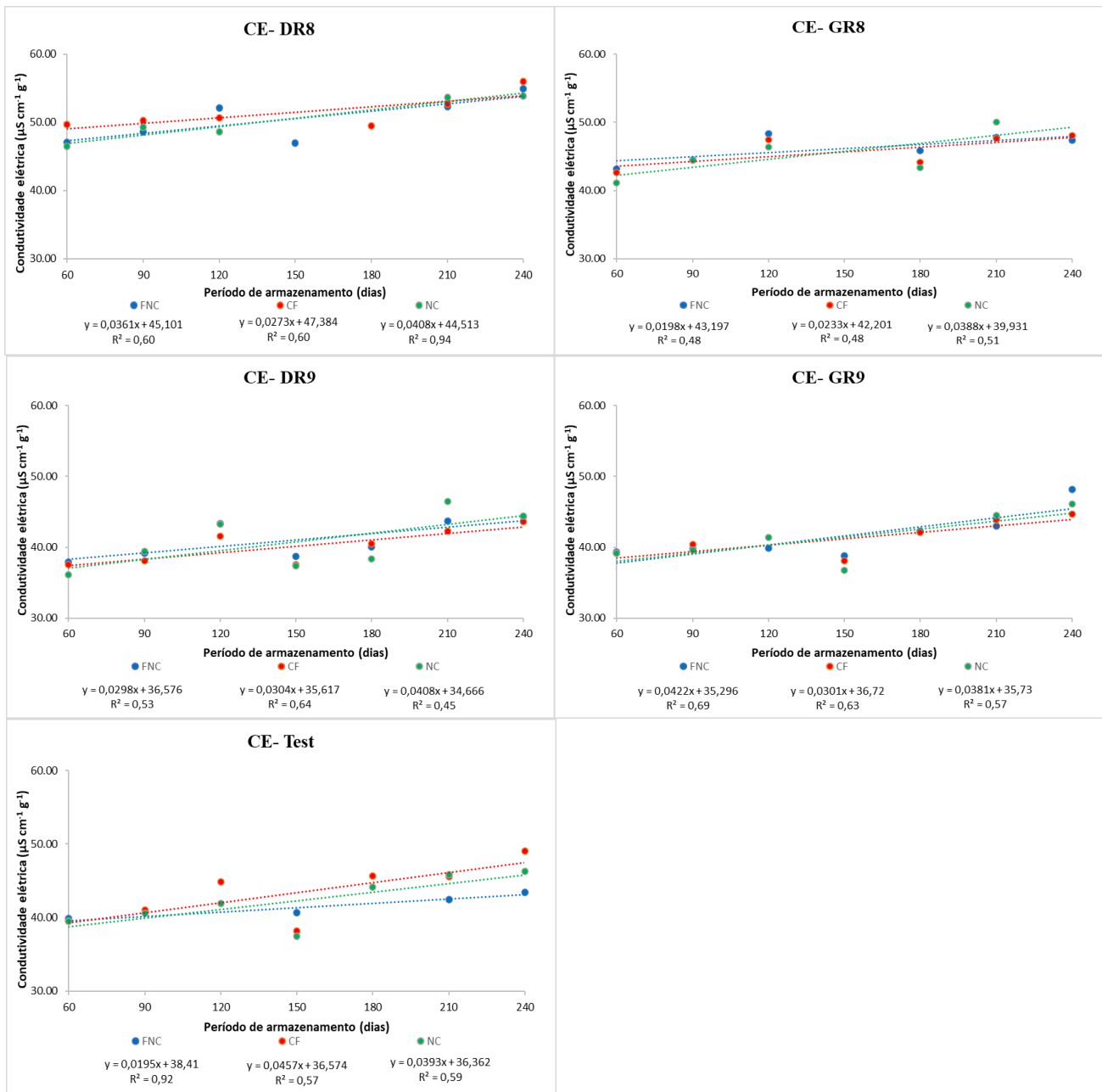
Legenda: CV (%) = coeficiente de variação; S = significativo ( $p \leq 0,05$ ); NS = não significativo

Para épocas sem interação, as médias comparadas pelo teste de Tukey encontram-se no Apêndice A. Nos casos com interação significativa, o desdobramento dos fatores está apresentado no Apêndice B.

Os resultados referentes às fases de dessecação (Tabela A.3) indicaram que a fase DR8 apresentou, na maioria dos períodos, as maiores médias de CE, evidenciando maior liberação de eletrólitos. As fases TEST, DR9 e GR9 apresentaram os menores valores, enquanto GR8 mostrou comportamento intermediário, com valores superiores aos observados para TEST, DR9 e GR9.

Em relação às condições de armazenamento (Tabela A.4), quando houve significância estatística, como aos 150 dias, o armazenamento NC apresentou a menor média de CE, seguido pela CF, enquanto o armazenamento em FNC apresentou os maiores valores.

A análise de regressão indicou ajuste linear dos valores de CE ao longo do armazenamento (Figura 4), com tendência geral de aumento ao longo do tempo. Os coeficientes de determinação variaram de baixos a moderados, indicando que o período de armazenamento explica apenas parte da variação observada nessa variável.



**Figura 4.** Regressões lineares ajustadas para a condutividade elétrica (CE) de sementes de girassol para as fases DR8, GR8, DR9, GR9 e TEST, submetidas a três condições de armazenamento: câmara fria (CF), armazém não climatizado (NC) e câmara fria + armazém não climatizado (FNC), por 240 dias.

Os gráficos de regressão, confirmam que DR8 mantém os valores mais elevados ( maior deterioração) ao longo dos períodos, com crescimento mais acentuado, enquanto TEST, DR9 e GR9 apresentam linhas mais estáveis e baixas ao longo do tempo. O GR8 teve um comportamento intermediário, com valores mais baixos que DR8 e mais alto que os demais.

Assim, para CE, as fases de melhor desempenho são TEST, DR9 e GR9, enquanto DR8 seguido de GR8 apresentam o pior comportamento fisiológico entre todas as fases avaliadas.

### 3.3 Envelhecimento acelerado (EA)

A análise de variância para o teste de envelhecimento acelerado indicou efeito significativo das fases de dessecação na maioria dos períodos avaliados, bem como interação entre fase e armazenamento em períodos específicos (Tabela 7).

**Tabela 7.** Significância dos fatores Fase, Armazenamento e da interação Fase × Armazenamento para a variável envelhecimento acelerado (EA, %) nos diferentes períodos de avaliação.

| Período<br>(dias) | E.A (%) |      |           | CV (%) | Interpretação                  |
|-------------------|---------|------|-----------|--------|--------------------------------|
|                   | Fase    | Arm. | Interação |        |                                |
| 60                | S       | NS   | NS        | 3,48   | Sem interação → ver Apêndice A |
| 90                | S       | NS   | S         | 2,04   | Com interação → ver Apêndice B |
| 120               | S       | NS   | S         | 3,00   | Com interação → ver Apêndice B |
| 150               | S       | NS   | S         | 2,10   | Com interação → ver Apêndice B |
| 180               | S       | NS   | NS        | 2,54   | Sem interação → ver Apêndice A |
| 210               | NS      | NS   | NS        | 2,99   | Sem interação → ver Apêndice A |
| 240               | S       | S    | S         | 2,23   | Com interação → ver Apêndice B |

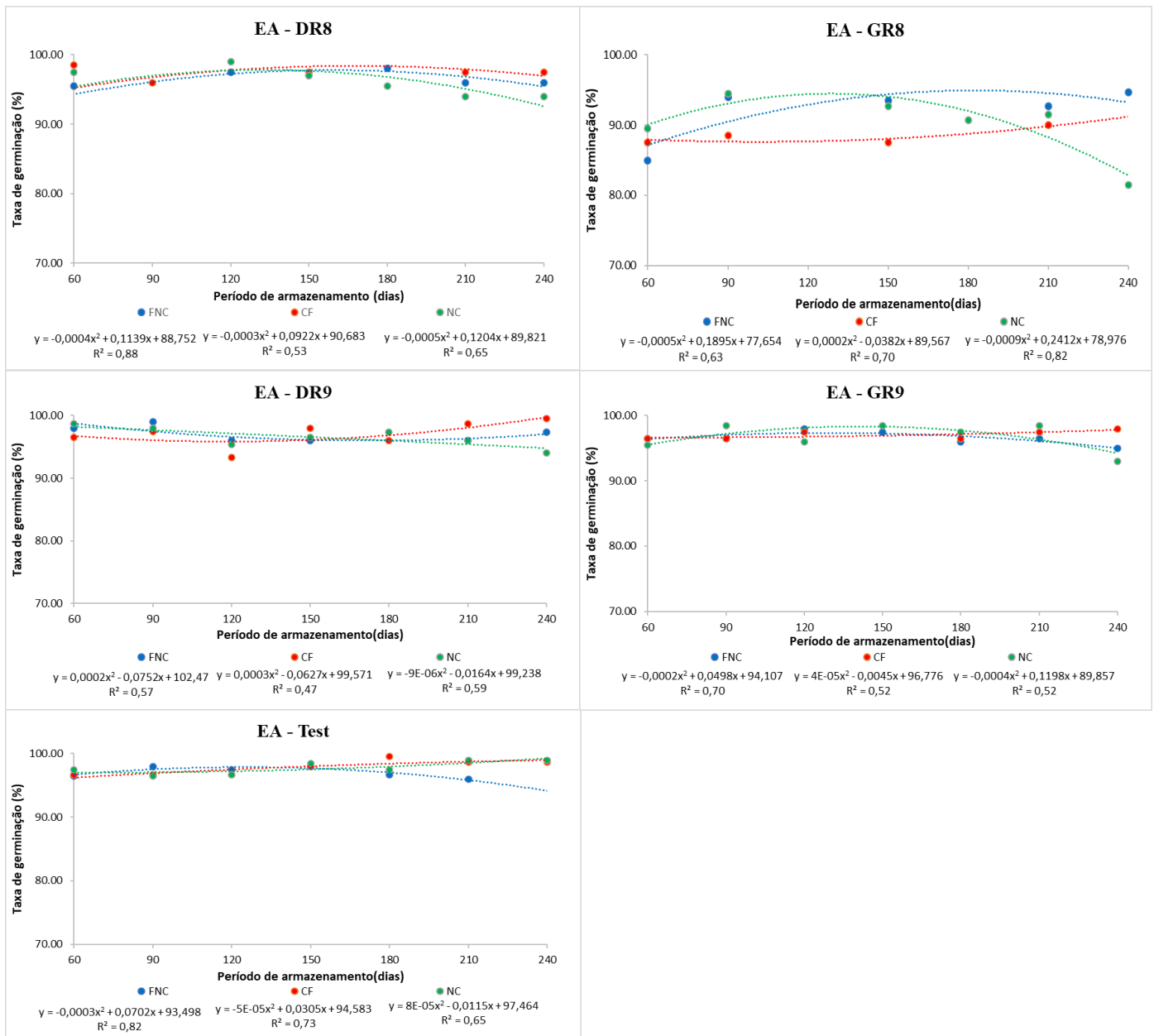
Legenda: CV (%) = coeficiente de variação; S = significativo ( $p \leq 0,05$ ); NS = não significativo

Para épocas sem interação, as médias comparadas pelo teste de Tukey encontram-se no Apêndice A. Nos casos com interação significativa, o desdobramento dos fatores está apresentado no Apêndice B.

Nas épocas sem interação (Apêndice A, Tabela A.5), as fases T, DR8, DR9 e GR9 apresentaram as maiores porcentagens de vigor, enquanto GR8 permaneceu sistematicamente nos grupos estatísticos inferiores. As condições de armazenamento, avaliadas isoladamente, não diferiram estatisticamente entre si (Tabela A.6).

Nas épocas com interação, aos 90 dias (Tabela B.2), os maiores valores de EA foram observados para DR8, DR9, TEST e GR9 nos três ambientes de armazenamento, enquanto GR8 apresentou as menores médias em CF e NC. Aos 120 (Tabela B.4) e 150 dias (Tabela B.5), as fases DR9, GR9 e TEST mantiveram os maiores valores, com destaque para o desempenho de DR8 no ambiente NC. Por outro lado, GR8 manteve os menores valores nos três tipos de armazenamento. Aos 240 dias (Tabela B.6), as fases DR8, DR9, T e GR9 apresentaram desempenho superior em relação ao GR8 nos ambientes FNC e NC, não diferindo estatisticamente em CF.

As regressões para EA (%) ajustaram-se a modelos polinomiais de segundo grau (Figura 5), com coeficientes de determinação variando entre baixos e moderados, indicando influência parcial do período de armazenamento sobre o vigor das sementes.



**Figura 5.** Curvas de regressão polinomial de segunda ordem ajustadas para o envelhecimento acelerado (E.A., %) de sementes de girassol para as fases DR8, GR8, DR9, GR9 e TEST, submetidas a três condições de armazenamento: câmara fria (CF), armazém não climatizado (NC) e câmara fria + armazém não climatizado (FNC), por 240 dias.

Os gráficos de regressão (Figura 5), reforçam essas observações, evidenciando queda mais acentuada no vigor das sementes tratadas com GR8, que já inicia com valores inferiores aos demais, tem o seu pico de germinação em 120 dias (em NC), 180 dias (em FNC) e permaneceu estável ao longo dos períodos em CF. AS demais fases, DR8, DR9, TEST e GR9, embora apresentem leve declínio ao longo do tempo, mantêm tendências mais estáveis e superiores às de GR8.

### 3.4 Massa de matéria seca de plântula após EA

A análise de variância indicou efeito significativo das fases de dessecação na maioria dos períodos avaliados, exceto aos 210 dias, e interação significativa entre fase e armazenamento aos 180 dias (Tabela 8).

**Tabela 8.** Significância dos fatores para o peso médio de plântula no envelhecimento acelerado (MMS após EA).

| Período (dias) | Fase | Arm. | Interação | CV (%) | Interpretação                  |
|----------------|------|------|-----------|--------|--------------------------------|
| 60             | S    | NS   | NS        | 3,05   | Sem interação → ver Apêndice A |
| 90             | S    | NS   | NS        | 3,70   | Sem interação → ver Apêndice A |
| 120            | S    | S    | NS        | 7,12   | Sem interação → ver Apêndice A |
| 150            | S    | NS   | NS        | 3,56   | Sem interação → ver Apêndice A |
| 180            | S    | NS   | S         | 3,16   | Com interação → ver Apêndice B |
| 210            | NS   | NS   | NS        | 5,06   | Sem interação → ver Apêndice A |
| 240            | S    | NS   | NS        | 6,48   | Sem interação → ver Apêndice A |

Legenda: CV (%) = coeficiente de variação; S = significativo ( $p \leq 0,05$ ); NS = não significativo

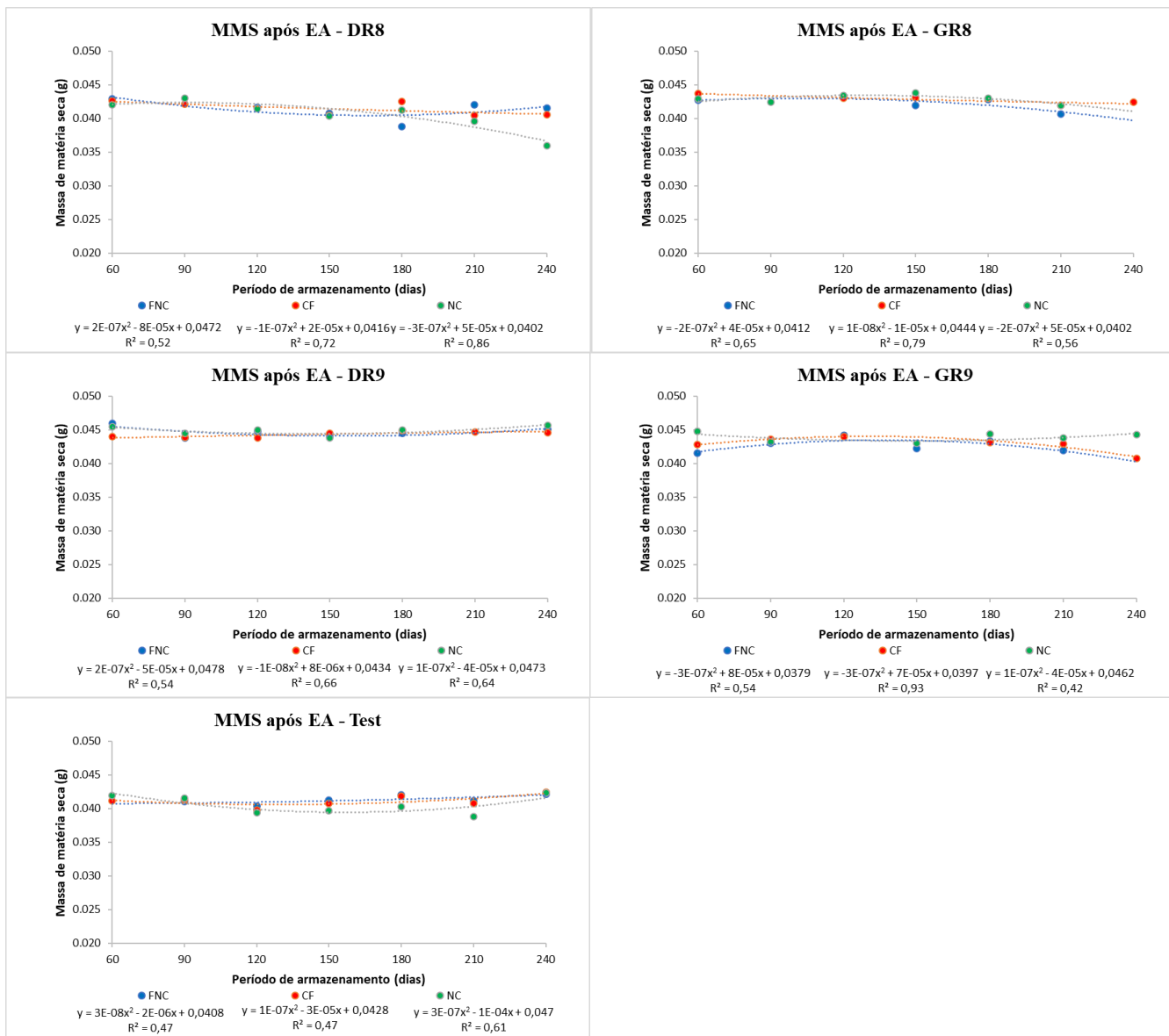
Para épocas sem interação, as médias comparadas pelo teste de Tukey encontram-se no Apêndice A. Nos casos com interação significativa, o desdobramento dos fatores está apresentado no Apêndice B.

De modo geral, a MMS após EA foi influenciada principalmente pela fase de dessecação (Tabela A.7). Os tratamentos aplicados no estágio R9, especialmente na fase DR9, apresentaram os maiores valores ao longo do armazenamento. As fases GR9 e GR8 apresentaram desempenho intermediário, enquanto DR8 e a TEST apresentaram, em geral, os menores valores.

As condições de armazenamento não diferiram estatisticamente na maioria dos períodos (Tabela A.8), com exceção dos 120 dias, quando o armazenamento em NC apresentou maior MMS após EA, enquanto CF apresentou o menor valor, com FNC em posição intermediária.

Aos 180 dias, em que foi observada interação significativa entre fase e armazenamento (Tabela B.6), verificou-se que na fase DR9 manteve os maiores valores de MMS pós EA em todas as condições de armazenamento. A fase GR9 apresentou valores intermediários, sem diferir de DR9 em alguns ambientes. A fase GR8 apresentou redução significativa em CF, a TEST em NC e a DR8 em FNC.

A análise de regressão indicou que os dados de MMS após EA ajustaram-se a modelos polinomiais de segundo grau, com  $R^2$  variando de baixos a moderados (Figura 6).



**Figura 6.** Curvas de regressão polinomial de segunda ordem ajustadas para MMS após EA (g) de sementes de girassol para as fases DR8, GR8, DR9, GR9 e TEST, submetidas a três condições de armazenamento: câmara fria (CF), armazém não climatizado (NC) e câmara fria + armazém não climatizado (FNC), por 240 dias.

Os gráficos de regressão da massa de matéria seca de plântulas após o envelhecimento acelerado (MMS pós EA) indicam, de modo geral, curvas pouco acentuadas ao longo do período de armazenamento, sugerindo relativa estabilidade dessa variável. Os tratamentos aplicados no estádio R9, especialmente na fase DR9, apresentaram curvas mais estáveis e valores consistentemente mais elevados de MMS pós EA ao longo do tempo, com os maiores valores médios observados na Tabela A.7. As fases GR9 e GR8 apresentaram comportamento intermediário, com pequenas oscilações e manutenção dos valores ao longo do armazenamento.

Em contraste, os tratamentos na fase DR8 apresentaram maior variação e tendência de redução da MMS pós EA nos períodos finais, compatível com seus menores valores médios. A testemunha apresentou, na maioria dos períodos, valores inferiores de MMS após EA, com curvas situadas em patamares mais baixos em relação às fases com dessecantes, aproximando-se das fases intermediárias apenas no período final de armazenamento.

### 3.5 Massa de matéria seca de plântula após TG

A análise de variância indicou efeito significativo das fases de dessecação em todos os períodos avaliados, com interação significativa entre fase e armazenamento aos 150 e 210 dias (Tabela 9).

**Tabela 9.** Significância dos fatores para o peso médio de plântula no envelhecimento acelerado (MMS após TG).

| Período (dias) | Fase | Arm. | Interação | CV (%) | Interpretação                  |
|----------------|------|------|-----------|--------|--------------------------------|
| 60             | S    | NS   | NS        | 3,57   | Sem interação → ver Apêndice A |
| 90             | S    | S    | NS        | 2,70   | Sem interação → ver Apêndice A |
| 120            | S    | NS   | NS        | 2,56   | Sem interação → ver Apêndice A |
| 150            | S    | S    | S         | 4,60   | Com interação → ver Apêndice B |
| 180            | S    | NS   | NS        | 6,18   | Sem interação → ver Apêndice A |
| 210            | S    | S    | S         | 5,49   | Com interação → ver Apêndice B |

| <b>Período (dias)</b> | <b>Fase</b> | <b>Arm.</b> | <b>Interação</b> | <b>CV (%)</b> | <b>Interpretação</b>           |
|-----------------------|-------------|-------------|------------------|---------------|--------------------------------|
| 240                   | S           | NS          | NS               | 3,74          | Sem interação → ver Apêndice A |

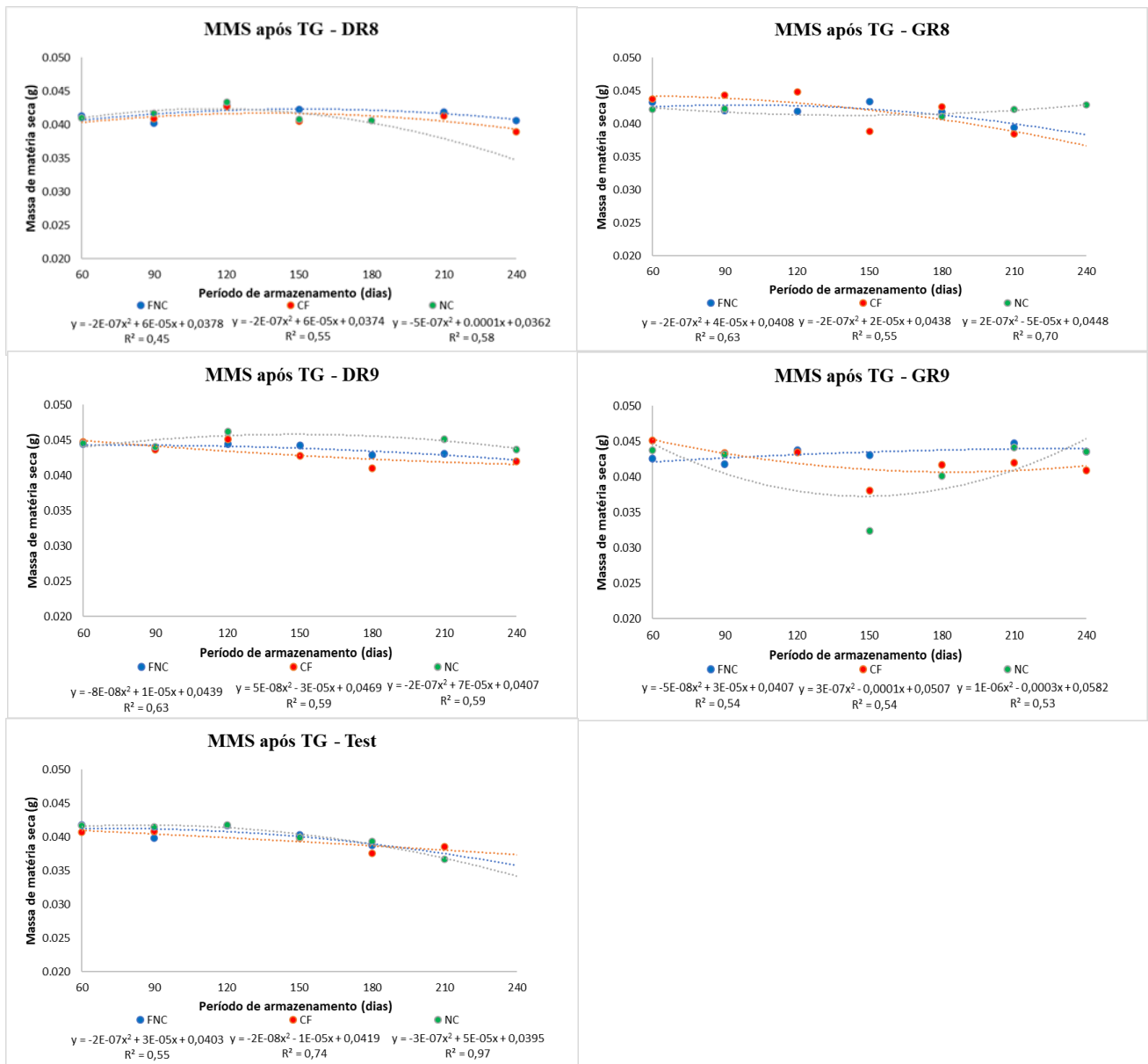
Legenda: CV (%) = coeficiente de variação; S = significativo ( $p \leq 0,05$ ); NS = não significativo

Para épocas sem interação, as médias comparadas pelo teste de Tukey encontram-se no Apêndice A. Nos casos com interação significativa, o desdobramento dos fatores está apresentado no Apêndice B.

Os maiores valores de MMS após TG foram observados nos tratamentos aplicados no estádio R9, com destaque para a fase DR9, enquanto GR9 e GR8 apresentaram comportamento intermediário e DR8 e a TEST apresentaram os menores valores (Tabela A.9). As condições de armazenamento, avaliadas isoladamente, não diferiram estatisticamente entre si (Tabela A.10).

Nos períodos com interação, aos 150 dias (Tabela B.7), os tratamentos nas fases GR9 e GR8 apresentaram redução da MMS após TG no armazenamento NC, enquanto DR9 manteve valores estáveis. Aos 210 dias (Tabela B.8), DR9 apresentou os maiores valores em todas as condições, enquanto DR8 mostrou redução em CF e NC, e GR8 em CF.

A análise de regressão indicou que os dados de MMS após TG ajustaram-se a modelos polinomiais de segundo grau, com  $R^2$  variando de baixos a moderados (Figura 7).



**Figura 7.** Curvas de regressão polinomial de segunda ordem ajustadas para MMS após TG (g) de sementes de girassol para as fases DR8, GR8, DR9, GR9 e TEST, submetidas a três condições de armazenamento: câmara fria (CF), armazém não climatizado (NC) e câmara fria + armazém não climatizado (FNC), por 240 dias.

Os gráficos de regressão da massa de matéria seca de plântulas após o teste de germinação (MMS após TG) indicam, de modo geral, curvas pouco acentuadas ao longo do período de armazenamento, com pequenas variações entre as fases e condições de armazenamento. Os tratamentos na fase DR9 apresentaram comportamento mais estável, com valores elevados e pouca variação ao longo do tempo, corroborando os maiores valores médios observados nas Tabelas A.9, B.7 e B.8. Os tratamentos na fase GR9 apresentaram oscilações moderadas, com tendência de leve redução da MMS após TG nos períodos mais avançados de armazenamento, especialmente sob armazenamento NC (150 dias) e CF (210 dias). A fase GR8 mostrou uma queda leve nos últimos períodos para FNC e CF. A fase DR8 apresentou curva estável ao longo do tempo, com tendência de decréscimo nos períodos finais, enquanto a TEST apresentou curvas em patamares inferiores, com tendência de redução progressiva da MMS após TG ao longo do armazenamento.

## **4 DISCUSSÃO**

### **4.1 Teste de germinação (TG)**

A estabilidade da germinação ao longo do armazenamento indica que o potencial germinativo das sementes foi relativamente preservado ao longo do tempo, com exceção do tratamento GR8, que apresentou viabilidade inferior. Em sementes de girassol, o vigor aumenta gradualmente durante o desenvolvimento até atingir seu pico próximo à maturidade fisiológica, momento em que o conteúdo de matéria seca, óleo e proteína está maximizado e associado diretamente aos índices de germinação e vigor das sementes (Cai *et al.*, 2023). Isso ajuda a explicar por que os tratamentos em R9 se mantiveram com germinação elevada enquanto em R8, especialmente na fase GR8, apresentaram desempenho inferior. No trabalho Albrecht *et al.* (2022) com a aplicação de diquat e glufosinato em soja, observaram resultado semelhante. A aplicação quando feita antes do estágio fenológico recomendado, para os dessecatantes, afetou negativamente a qualidade fisiológica das sementes. Em contraste, quando os dessecatantes foram aplicados em estágio mais avançado, o impacto sobre a qualidade fisiológica foi reduzido, pois as sementes já haviam alcançado a maturidade fisiológica.

A análise de regressão para a germinação evidenciou comportamento caracterizado por valores iniciais ligeiramente inferiores em alguns tratamentos, principalmente nos dessecados

em R8, seguido por incremento nos períodos iniciais de armazenamento, atingindo um pico intermediário, e posterior estabilização ou leve declínio nos períodos finais.

Esse incremento inicial da germinação pode estar associado à presença de dormência fisiológica residual, comum em sementes de girassol recém-colhidas. Em *Helianthus annuus* L., é reconhecido que sementes viáveis podem apresentar germinação reduzida logo após a colheita devido à dormência, a qual é gradualmente superada durante o armazenamento a seco, em função de alterações hormonais que envolvem redução da sensibilidade ao ácido abscísico (ABA) e modulação da ação de etileno e giberelinas e à medida que essa dormência é atenuada, a germinação tende a aumentar (Xia *et al.*, 2019), explicando o comportamento ascendente observado nos períodos intermediários. Durante o envelhecimento, as sementes acumulam danos fazendo com que a viabilidade das sementes primeiro diminui lentamente, depois sofre um declínio acentuado (Corbineau *et al.*, 2023), e isso explica a leve queda da germinação ao final da curva.

Os coeficientes de determinação moderados obtidos nos ajustes indicam que o tempo de armazenamento explica apenas parte da variação observada na germinação, reforçando que a fase de dessecação e a qualidade fisiológica inicial das sementes exerceram influência mais determinante do que as condições de armazenamento propriamente ditas. Embora a perda de germinação ao longo do armazenamento seja descrita na literatura como um processo não linear de natureza sigmoideal, com uma fase inicial de estabilidade seguida por queda acelerada da viabilidade (Ellis; Roberts, 1980; Mead; Gray, 1999), no presente estudo o intervalo experimental avaliou apenas uma fração desse processo, permitindo que o comportamento fosse adequadamente descrito por modelos de regressão polinomial, sem atingir a fase de declínio acentuado.

No presente estudo, a manutenção de elevados percentuais de germinação ao longo do armazenamento confirma que o tempo de conservação, dentro do intervalo avaliado, não foi suficiente para promover perdas expressivas de viabilidade. Estudos prévios também observaram que sementes de girassol mantêm altos percentuais de germinação ao longo do tempo quando armazenadas sob condições adequadas. Smaniotto *et al.* (2020) observaram manutenção da germinação ao longo de 270 dias em diferentes embalagens, evidenciando lenta deterioração da germinação mesmo após meses de armazenamento, desde que as sementes não sejam submetidas a estresses térmicos ou hídricos severos. De forma semelhante, Marques *et*

*al.* (2023) determinaram que o tempo de armazenamento (até 10 meses) não afetou de forma significativa a qualidade fisiológica das sementes de girassol, incluindo a germinação.

## 4.2 Condutividade elétrica (CE)

A condutividade elétrica (CE) tem sido amplamente utilizada como parte integrante do conjunto de testes de vigor, destacando-se por sua capacidade de diferenciar lotes de sementes quanto ao potencial fisiológico antes que alterações significativas na germinação se tornem evidentes. A literatura sobre testes de vigor reconhece a CE como um método que, ao quantificar eletrólitos liberados durante a embebição, fornece informação sensível sobre o estado metabólico e os primeiros sinais de deterioração em sementes, complementando a avaliação de viabilidade por germinação (Marcos Filho, 2015).

No presente estudo, o aumento geral da CE ao longo do armazenamento, visto de forma evidente nos gráficos de regressão, aponta para a progressiva desorganização das membranas celulares das sementes com o avanço do tempo de armazenamento. Resultados semelhantes foram observados em outras espécies, como em sementes de sorgo, nas quais o aumento dos valores de CE ao longo do armazenamento refletiu a liberação progressiva de eletrólitos associada à deterioração fisiológica acumulada (Rodrigues *et al.*, 2020), e em sementes de quinoa armazenadas sob diferentes regimes de umidade relativa, os valores de CE aumentaram de forma constante com a duração do armazenamento, o que foi interpretado como aumento do dano às membranas celulares e peroxidação lipídica ao longo do tempo (Hamzeh *et al.* 2025).

O aumento da CE ao longo do tempo foi observado de forma mais acentuada no estágio R8 principalmente na fase DR8, que apresentou as maiores médias em grande parte dos períodos avaliados, refletindo maior dano à integridade das membranas celulares e, portanto, maior deterioração fisiológica. Esse comportamento pode ser explicado pelo mecanismo de ação do diquat, que atua como um herbicida dessecante de contato que desvia energia do processo fotossintético e promove a formação de radicais peróxidos e espécies reativas de oxigênio (ROS), causando estresse oxidativo, ou seja, danos aos tecidos e membranas provocando redução da qualidade fisiológica das sementes (Hess, 2000; Jones; Vale, 2000; Marchi; Marchi; Guimarães, 2008).

Na fase GR8, embora o aumento da CE tenha sido menos proeminente do que na DR8, foi superior ao observado nas demais fases, indicando também maior comprometimento das membranas. Evidências recentes demonstraram que o glufosinato pode induzir produção elevada de ROS (Takano *et al.*, 2019), o que ajuda a explicar o aumento da CE nesse tratamento.

### 4.3 Envelhecimento acelerado

O teste de Envelhecimento Acelerado (EA) evidenciou diferenças consistentes no desempenho fisiológico das sementes ao longo do armazenamento. As fases TEST, DR8, DR9 e GR9 mantiveram maiores porcentagens de vigor durante os períodos avaliados, enquanto a GR8 mostrou vigor substancialmente inferior, com maior sensibilidade ao estresse imposto pelo teste. Esse comportamento manifesta menor capacidade das sementes da fase GR8 em tolerar condições adversas, refletindo fragilidade fisiológica mais acentuada em comparação às demais fases.

A inferioridade da fase GR8 observada no EA foi coerente com o seu desempenho também inferior no teste de germinação, indicando que a redução da qualidade fisiológica não se restringiu apenas ao vigor, mas envolveu igualmente comprometimento da viabilidade das sementes. Esse resultado sugere que a fase GR8 revelou qualidade fisiológica inicial inferior, condição que tende a amplificar os efeitos do envelhecimento e do armazenamento, resultando em maior perda de desempenho sob estresse.

As análises de regressão para o envelhecimento acelerado evidenciaram comportamento semelhante ao observado para a germinação, porém com variações mais acentuadas, especialmente nos tratamentos dessecados em R8. As curvas expressam valores iniciais mais baixos, ligados a resquícios de dormência como explicado na seção de TG, incremento nos períodos intermediários e declínio mais evidente nos períodos finais, refletindo maior sensibilidade do vigor ao estresse imposto pelo teste. Os valores de  $R^2$ , de baixos a moderados, apontam que o tempo de armazenamento contribuiu para a variação do vigor, porém diferenças associadas à qualidade fisiológica inicial, determinada pela fase de dessecação, tiveram papel predominante na resposta das sementes ao envelhecimento acelerado.

Esse padrão reforça a interpretação de que tratamentos capazes de comprometer a qualidade fisiológica inicial das sementes, como a aplicação de glufosinato em estágio menos

avançado de maturação, reduzem a resistência ao estresse imposto pelo teste. Por outro lado, sementes oriundas de tratamentos com melhor condição fisiológica inicial, como aquelas dessecadas em R9, preservam o vigor ao longo do armazenamento, mesmo quando submetidas a condições severas de estresse artificial, visto que possuem maior qualidade fisiológica por já ter alcançado a maturidade e acumulado a maior parte de suas reservas (Albrecht *et al.*, 2022; Cai *et al.*, 2023).

Os resultados estão de acordo com Matera *et al.* (2025), que evidenciam o teste de envelhecimento acelerado como uma ferramenta altamente sensível para a diferenciação de lotes quanto ao vigor, mesmo quando a germinação permanece elevada. Esses autores observaram correlação significativa entre os resultados do EA e Outros atributos fisiológicos, como germinação, condutividade elétrica e emergência em campo, ressaltando que o EA detecta diferenças de qualidade que não seriam plenamente identificadas apenas pelo teste de germinação.

#### **4.4 MMS após EA e MMS após TG**

Para ambos os testes de MMS após EA e MMS após TG, os maiores valores observados nos tratamentos aplicados em R9, especialmente na fase DR9, apontam maior capacidade de manutenção do crescimento das plântulas mesmo após a imposição de estresse severo. Esse resultado sugere maior integridade metabólica e melhor eficiência no uso das reservas, características típicas de sementes que completaram adequadamente o processo de maturação fisiológica.

A literatura recente mostra que a massa de matéria seca de plântulas pós envelhecimento acelerado é um indicador importante do vigor fisiológico de sementes, uma vez que reflete a capacidade de mobilização de reservas e o crescimento inicial das plântulas sob condições adversas. Estudos utilizando técnicas de análise de imagens em sementes de alface demonstraram que, mesmo após exposição prolongada ao teste de envelhecimento acelerado, as cultivares com maior vigor evidenciam maiores valores de massa seca da parte aérea e boas correlações entre projeções de crescimento e biomassa acumulada, sugerindo que plântulas derivadas de sementes mais tolerantes ao envelhecimento mantêm maior acumulação de matéria seca e melhor desenvolvimento inicial (Iradukunda *et al.*, 2024).

De forma complementar, estudos recentes mostram que o peso seco de plântulas pós a germinação está fortemente associada à qualidade fisiológica das sementes, refletindo não apenas a capacidade germinativa, mas também a eficiência do crescimento pós-germinação sob diferentes condições ambientais e de armazenamento (Tao *et al.*, 2024).

#### **4.5 Síntese dos efeitos dos ambientes de armazenamento**

A ausência de diferenças estatísticas consistentes entre os ambientes de armazenamento, na maioria dos períodos avaliados apontam que, nas condições testadas, o tipo de ambiente exerceu influência secundária sobre a qualidade fisiológica das sementes, enquanto o tempo de armazenamento e, sobretudo, a qualidade fisiológica inicial foram mais determinantes. Para a germinação, a estabilidade da TG ao longo dos períodos avaliados, nas três condições de armazenamento, é compatível com o comportamento de sementes ortodoxas armazenadas sob condições favoráveis, nas quais variações moderadas do ambiente não são suficientes para provocar reduções expressivas da viabilidade quando a qualidade inicial é elevada (Solberg *et al.*, 2020). Esse mesmo padrão foi observado para a condutividade elétrica e o envelhecimento acelerado, em que a ausência de diferenças entre os ambientes reforça que as condições de armazenamento adotadas foram adequadas para evitar deterioração rápida das membranas e perdas acentuadas de vigor, possivelmente em função da baixa umidade interna e da ausência de estresses térmicos extremos. De forma semelhante, a massa de matéria seca de plântulas, avaliada pós o envelhecimento acelerado e pós o teste de germinação, foi influenciada predominantemente pela fase de dessecação, com efeito menos pronunciado das condições de armazenamento ao longo do tempo. Assim, os resultados revelaram que, dentro do intervalo avaliado, os regimes de armazenamento não limitaram o desempenho fisiológico das sementes, e que a fase de dessecação foi o principal fator responsável pela diferenciação dos tratamentos quanto à viabilidade e ao vigor.

### **5. CONCLUSÕES**

A qualidade fisiológica das sementes de girassol foi influenciada pela fase de dessecação, enquanto as condições de armazenamento exerceram efeito menos pronunciado ao longo de 240 dias. A dessecação realizada no estágio R9 resultou em sementes com maior

estabilidade fisiológica durante o armazenamento, expressa por elevados percentuais de germinação, menores valores de condutividade elétrica e melhor desempenho nos testes de vigor.

A aplicação de dessecantes no estágio R8 compromete a qualidade fisiológica inicial das sementes, com destaque para o glufosinato de amônio, que resulta em maior deterioração ao longo do armazenamento, afetando negativamente a integridade das sementes.

As três condições de armazenamento avaliadas por 240 dias são eficientes na preservação da viabilidade e vigor das sementes, não ocasionando perdas na qualidade fisiológica das sementes de girassol BRS 323.

A escolha adequada do estágio fenológico para a dessecação é fundamental no desempenho fisiológico de sementes de girassol armazenadas por 240 dias.

## 6. REFERÊNCIAS

ADAMO, P. E. et al. Comportamento germinativo de sementes de girassol submetidas ao teste de envelhecimento precoce. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.6, n.3, p.15-20, 1984.

ADAPAR. **Finale** : bula de herbicida à base de glufosinato de amônio. Paraná, 2025. Disponível em: [https://www.adapar.pr.gov.br/sites/adapar/arquivos\\_restritos/files/documento/2025-06/finale.pdf](https://www.adapar.pr.gov.br/sites/adapar/arquivos_restritos/files/documento/2025-06/finale.pdf). Acesso em: 21 Fev. 2026.

ADAPAR. **Venia BR** : bula de herbicida à base de diquat. Paraná, 2024. Disponível em: [https://www.adapar.pr.gov.br/sites/adapar/arquivos\\_restritos/files/documento/2024-12/veniAbr.pdf](https://www.adapar.pr.gov.br/sites/adapar/arquivos_restritos/files/documento/2024-12/veniAbr.pdf). Acesso em: 21 Fev. 2026.

ALBRECHT, L. P. et al. Glufosinate and diquat in pre-harvest desiccation of soybean at four phenological stages, and their impact on seed quality. **Chilean journal of agricultural research**, v. 82, n. 3, p. 448–456, 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SDA, 2009.p.399.

CAI, S. et al. Physiological changes involved in the acquisition of seed vigor during maturation of sunflower seed. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 45, n. 3, p. 51, 1 Mar. 2023.

CALDEIRA, C. M. **Testes rápidos para a avaliação da qualidade de sementes de girassol**. 2010.87 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

ČANAK, P. et al. Sunflower seed germination and storability response to chemical desiccation. **Selekcija i Semearstvo**, v. 24, n. 2, p. 53–60, 2020.

CORBINEAU, F. The effects of storage conditions on seed deterioration and ageing: how to improve seed longevity. **Seeds**, v. 3, n. 1, p. 56–75, 1 Mar. 2024.

DADLANI, M. et al. Seed storage and packaging. **Seed Science and Technology**. Singapore: Springer Nature, 2023, p. 239–266.

DE VITIS, M. et al. Seed storage: maintaining seed viability and vigor for restoration use. **Restoration Ecology**, v. 28, n. S3, p. S249–S255, 26 Mai.2020.

ELLIS, R. H.; ROBERTS, E. H. Improved equations for the prediction of seed longevity. **Annals of Botany**, v. 45, n. 1, p. 13–30, Jan. 1980.

EMBRAPA SOJA. **Indicações para o cultivo de girassol nos Estados do Rio Grande do Sul, Paraná, Mato Grosso, Goiás e Roraima**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 4 p. (Embrapa Soja. Comunicado técnico, 78).

FERREIRA, R. A. et al. Watching the days go by: aging during sunflower seed storage under distinct oxygen availability. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 45, 1 Jan. 2021.

HAMZEH, M. et al. Differential humidity effects on seed viability and oxidative stress responses in Quinoa (*Chenopodium Quinoa* Willd.) during short-term storage. **BMC Plant Biology**, v. 25, n. 1, 15 Out. 2025.

HAN, P. et al. The physiology of plant seed aging: a review. **Sheng wu Gong Cheng xue bao= Chinese Journal of Biotechnology**, v. 38, n. 1, p. 77-88, 2022.

HESS, F. D. Light-dependent herbicides: an overview. **Weed Science**, v. 48, n. 2, p. 160–170, 2000.

HUANG, Y. et al. High drying temperature accelerates sunflower seed deterioration by regulating the fatty acid metabolism, glycometabolism, and abscisic acid/gibberellin balance. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, 28 Mai. 2021.

IRADUKUNDA, M. et al. the use of imaging to quantify the impact of seed aging on lettuce seed germination and seedling vigor. **Sensors**, v. 24, n. 13, p. 4235, 29 Jun. 2024.

JONES, G. M.; VALE, J. A. Mechanisms of toxicity, clinical features, and management of diquat Poisoning: A Review. **Journal of Toxicology: Clinical Toxicology**, v. 38, n. 2, p. 123–128, 2000.

LIMA, D. DE C. et al. Storage of sunflower seeds. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 2, p. 361–369, 1 Jun. 2014.

MARCHI, G.; MARCHI, E. C. S.; GUIMARÃES, T. G. **Herbicidas: mecanismos de ação e uso**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. 36 p. (Documentos, 227).

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

- MARQUES, M. G. et al. Influência da adubação boratada sobre o potencial fisiológico de sementes de girassol armazenadas. **Revista Agricultura Neotropical**, v. 10, n. 4, p. e7421–e7421, 31 Out. 2023.
- MATERA, T. C. et al. Classification of vigor levels for soybean seeds using the accelerated aging test. **Journal of Seed Science**, v. 47, 2025.
- MEAD, A.; GRAY, D. Prediction of seed longevity: a modification of the shape of the Ellis and Roberts seed survival curves. **Seed Science Research**, v. 9, n. 1, p. 63–73, Jan. 1999.
- MENEGAES, J. FARIAS; STEFANELLO, RACHEL; NUNES, U. R. Introdução: principais aspectos na qualidade de sementes (revisão). In: **Sementes: foco em pesquisa sobre qualidade fisiológica e sanitária - Volume 2**. Nova Xavantina- MT: Pantanal, 2024. p. 7–24.
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 2.1–2.24.
- NOWATSKI, J. Harvesting. In: **Sunflower production guide**. Fargo: North Dakota State University Extension; North Dakota Agricultural Experiment Station, 2020.
- PEREIRA, M. et al. Processamento digital de imagens de plântulas na avaliação do vigor de sementes de *Moringa oleifera* Lam. **Ciência Florestal**, vol. 30, no. 2, pp. 291–306, 2020.
- PIRREDDA, M. et al. Seed longevity and ageing: a review on physiological and genetic factors with an emphasis on hormonal regulation. **Plants**, v. 13, n. 1, p. 41–41, 21 Dez. 2023.
- R CORE TEAM. R: **A language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2024. Disponível em: <https://www.r-project.org/>. Acesso em: 22 Fev. 2026.
- RAY, J.; BORDOLUI, S. K. Effect of seed treatments and storing period on physiological and biochemical parameters of tomato during storage. **Journal of Crop and Weed**, v. 18, n. 2, p. 230–239, 1 Fev. 2022.
- RAY, J.; BORDOLUI, S. K. Seed storing potential of some Marigold genotypes during storage. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 9, n. 5, p. 2470–2486, 10 Mai.2020.
- RODRIGUES, G. B. et al. Physiological quality of graniferous sorghum seeds during storage. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 6, p. e27963152, 10 Abr. 2020.
- SCHNEITER, A. A.; MILLER, J. F. Description of sunflower growth stages. **Crop Science**, v. 21, n. 6, p. 901–903, 1981.
- SELEMANI, S.; MADEGE, R.; NZOGELA, Y. Influence of storage conditions on viability and vigour of sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds. **Journal of Current Opinion in Crop Science**, v. 4, n. 3, p. 141–153, 30 Set. 2023.

SILVA JÚNIOR, R. A da. **Qualidade fisiológica e bioquímica de sementes de soja dessecadas em diferentes estádios de maturação e armazenadas**. 2023. 91 f. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Viçosa, 2023.

SMANIOTTO, T. A. S. et al. Qualidade fisiológica de sementes de girassol armazenadas em diferentes embalagens. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 6, p. e47963466, 12 Abr. 2020.

SOLBERG, S. Ø. et al. Long-term storage and longevity of orthodox seeds: a systematic review. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, n. 1007, 3 Jul. 2020.

TAKANO, H. K. et al. Reactive oxygen species trigger the fast action of glufosinate. **Planta**, v. 249, n. 6, p. 1837–1849, 2019.

TAO, Q. et al. Siberian Wildrye (*Elymus sibiricus*) Seed Vigor Estimation for the Prediction of Emergence Performance under Diverse Environmental Conditions. **Agronomy**, v. 14, n. 1, p. 173, 12 Jan. 2024.

VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C. Teste de condutividade elétrica. In: **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 4.1–4.26.

XIA, Q. et al. Re-localization of hormone effectors is associated with dormancy alleviation by temperature and after-ripening in sunflower seeds. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, 19 Mar. 2019.

XING, W. et al. Deciphering seed deterioration: molecular insights and priming strategies for revitalizing aged seeds. **Plants**, v. 14, n. 11, p. 1730, 5 Jun. 2025.

## APÊNDICE A - Médias e comparação pelo teste de Tukey (períodos sem interação)

**Tabela A.1.** Médias das fases (dessecante × estágio) nos períodos sem interação para o TG (%).

| <b>Fase</b> | <b>60</b> | <b>90</b> | <b>120</b> | <b>150</b> | <b>180</b> | <b>240</b> |
|-------------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|
| TEST        | 98 a      | 98 a      | 99 ab      | 99 a       | 99 a       | 98 a       |
| GR9         | 98 a      | 98 a      | 99 a       | 96 a       | 97 ab      | 99 a       |
| DR9         | 98 a      | 99 a      | 99 a       | 98 a       | 99 a       | 92 a       |
| DR8         | 97 a      | 97 a      | 96 b       | 99 a       | 97 ab      | 96 a       |
| GR8         | 89 b      | 96 a      | 92 c       | 87 b       | 93 b       | 83 b       |

Legenda: Fase = dessecante x estágio; D = diquat; R8 = estágio fenológico; G = glufosinato; R9 = estágio fenológico; TEST = testemunha

Médias (%) seguidas pela mesma letra na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

**Tabela A.2.** Valores médios para as três formas de armazenamento nos seis períodos sem interação para o TG (%).

| <b>Arm.</b> | <b>60</b> | <b>90</b> | <b>120</b> | <b>150</b> | <b>180</b> | <b>240</b> |
|-------------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|
| CF          | 96 a      | 98 a      | 98 a       | 94 b       | 97 a       | 93 a       |
| FNC         | 96 a      | 98 a      | 98 a       | 98 a       | 98 a       | 96 a       |
| NC          | 96 a      | 98 a      | 98 a       | 96 a       | 97 a       | 93 a       |

Legenda: CF = câmara fria; FNC = Câmara fria + armazém não climatizado; NC = armazém não climatizado; Arm. = armazenamento.

Médias (%) seguidas pela mesma letra na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

**Tabela A.3.** Médias das fases (dessecante × estágio) nos períodos sem interação para a CE ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ ).

| <b>Fase</b> | <b>60</b> | <b>90</b> | <b>120</b> | <b>150</b> | <b>180</b> | <b>210</b> | <b>240</b> |
|-------------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|
| DR8         | 49,01 a   | 50,06 a   | 46,81 a    | 45,56 a    | 47,77 a    | 52,78 a    | 54,56 a    |
| GR8         | 45,94 a   | 47,13 ab  | 42,33 b    | 42,46 b    | 44,43 a    | 48,39 ab   | 46,01 b    |
| TEST        | 41,46 b   | 43,07 b   | 39,49 bc   | 38,00 c    | 43,63 a    | 45,65 bc   | 45,32 b    |
| GR9         | 39,75 b   | 41,70 b   | 39,54 bc   | 38,01 c    | 41,35 a    | 43,61 c    | 44,80 b    |
| DR9         | 39,19 b   | 42,32 b   | 37,24 c    | 38,12 c    | 39,80 a    | 44,42 bc   | 43,89 b    |

Legenda: Fase = dessecante x estágio; D = diquat; R8 = estágio fenológico; G = glufosinato; R9 = estágio fenológico; TEST= testemunha

Médias ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ ) seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

**Tabela A.4.** Médias dos armazenamentos nas épocas sem interação para a CE ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ ).

| <b>Arm.</b> | <b>60</b> | <b>90</b> | <b>120</b> | <b>150</b> | <b>180</b> | <b>210</b> | <b>240</b> |
|-------------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|
| CF          | 43,04 a   | 45,35 a   | 40,94 a    | 40,73 ab   | 44,68 a    | 46,25 a    | 47,18 a    |
| FNC         | 43,91 a   | 44,94 a   | 41,34 a    | 42,43 a    | 43,21 a    | 46,75 a    | 47,60 a    |
| NC          | 43,12 a   | 43,21 a   | 40,74 a    | 39,27 b    | 42,09 a    | 48,03 a    | 47,20 a    |

Legenda: CF = câmara fria; FNC = Câmara fria + armazém não climatizado; NC = armazém não climatizado; Arm. = armazenamento.

Médias ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ ) seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

**Tabela A.5.** Médias das fases (dessecante × estágio) nos períodos sem interação para o EA (%).

| <b>Fase</b> | <b>60</b> | <b>180</b> | <b>210</b> |
|-------------|-----------|------------|------------|
| DR9         | 98 a      | 98 a       | 97 a       |
| TEST        | 97 a      | 98 a       | 98 a       |
| GR9         | 96 a      | 97 a       | 98 a       |
| DR8         | 92 b      | 98 a       | 96 a       |
| GR8         | 87 b      | 86 b       | 93 a       |

Legenda: Fase = dessecante x estágio; D = diquat; R8 = estágio fenológico; G = glufosinato; R9 = estágio fenológico; TEST = testemunha

Médias (%) seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

**Tabela A.6.** Médias dos armazenamentos nos períodos sem interação para o EA (%).

| <b>Arm.</b> | <b>60</b> | <b>180</b> | <b>210</b> |
|-------------|-----------|------------|------------|
| CF          | 94 a      | 96 a       | 97 a       |
| FNC         | 93 a      | 95 a       | 96 a       |
| NC          | 95 a      | 99 a       | 97 a       |

Legenda: CF = câmara fria; FNC = Câmara fria + armazém não climatizado; NC = armazém não climatizado; Arm. = armazenamento.

Médias (%) seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

**Tabela A.7.** Médias das fases (dessecante × estágio) nos períodos sem interação para o MMS após EA (g).

| <b>Fase</b> | <b>60</b> | <b>90</b> | <b>120</b> | <b>150</b> | <b>210</b> | <b>240</b> |
|-------------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|
| DR9         | 0,0454 a  | 0,0443 a  | 0,0436 ab  | 0,0439 a   | 0,0425 a   | 0,0453 a   |
| GR9         | 0,0432 b  | 0,0431 ab | 0,0443 a   | 0,0423 abc | 0,0437 a   | 0,0424 ab  |
| GR8         | 0,0430 bc | 0,0421 b  | 0,0430 ab  | 0,0421 ab  | 0,0412 a   | 0,0428 ab  |
| DR8         | 0,0426 bc | 0,0419 b  | 0,0398 ab  | 0,0406 bc  | 0,0409 a   | 0,0394 b   |

| Fase | 60       | 90       | 120      | 150     | 210      | 240       |
|------|----------|----------|----------|---------|----------|-----------|
| TEST | 0,0413 c | 0,0412 b | 0,0388 b | 0,0401c | 0,0417 a | 0,0419 ab |

Legenda: Fase = dessecante x estádio; D = diquat; R8 = estádio fenológico; G = glufosinato; R9 = estádio fenológico; TEST = testemunha

Médias (g) seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

**Tabela A.8.** Médias dos armazenamentos nos períodos sem interação para MMS após EA (g).

| Arm. | 60       | 90       | 120       | 150      | 210      | 240      |
|------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|
| CF   | 0,0421 a | 0,0427 a | 0,0398 b  | 0,0421 a | 0,0427 a | 0,0411 a |
| FNC  | 0,0432 a | 0,0419 a | 0,0425 ab | 0,0417 a | 0,0411 a | 0,0427 a |
| NC   | 0,0433 a | 0,0428 a | 0,0436 a  | 0,0416 a | 0,0418 a | 0,0421 a |

Legenda: CF = câmara fria; FNC = Câmara fria + armazém não climatizado; NC = armazém não climatizado; Arm. = armazenamento.

Médias (g) seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

**Tabela A.9.** Médias das fases (dessecante × estádio) nos períodos sem interação para o MMS após TG (g).

| Fase | 60        | 90         | 120      | 180       | 240       |
|------|-----------|------------|----------|-----------|-----------|
| DR9  | 0,0445 a  | 0,0452 a   | 0,0437 a | 0,0417 ab | 0,0431 a  |
| GR9  | 0,0438 a  | 0,0442 ab  | 0,0428 a | 0,0399 ab | 0,0421 ab |
| GR8  | 0,0433 ab | 0,0435 abc | 0,0427 a | 0,0427 a  | 0,0435 ab |
| TEST | 0,0416 b  | 0,0411 c   | 0,0410 b | 0,0381 b  | 0,0418 ab |
| DR8  | 0,0413 b  | 0,0424 bc  | 0,0410 b | 0,0385 ab | 0,0411 b  |

Legenda: Fase = dessecante x estádio; D = diquat; R8 = estádio fenológico; G = glufosinato; R9 = estádio fenológico; TEST = testemunha

Médias (g) seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

**Tabela A.10.** Médias dos armazenamentos nos períodos sem interação para MMS após TG (g).

| <b>Arm.</b> | <b>60</b> | <b>90</b> | <b>120</b> | <b>180</b> | <b>240</b> |
|-------------|-----------|-----------|------------|------------|------------|
| FNC         | 0,0427 a  | 0,0421 a  | 0,0416 a   | 0,0393 a   | 0,0422 a   |
| CF          | 0,0432 a  | 0,0434 a  | 0,0423 a   | 0,0402 a   | 0,0428 a   |
| NC          | 0,0429 a  | 0,0443 a  | 0,0426 a   | 0,0399 a   | 0,0428 a   |

Legenda: CF = câmara fria; FNC = Câmara fria + armazém não climatizado; NC = armazém não climatizado; Arm. = armazenamento.

Médias (g) seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

## APÊNDICE B - Médias e comparação pelo teste de Tukey (épocas com interação)

**Tabela B.1.** TG (%). No período de 210 dias (interação Fase x Armazenamento), fase dentro de Armazenamento.

| <b>Fase</b> | <b>FNC<br/>(média)</b> | <b>CF<br/>(média)</b> | <b>NC<br/>(média)</b> |
|-------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| DR9         | 99 a                   | 99 a                  | 99 a                  |
| GR9         | 99 a                   | 98 a                  | 99 a                  |
| DR8         | 99 a                   | 100 a                 | 99 a                  |
| TEST        | 96 ab                  | 99 a                  | 100 a                 |
| GR8         | 90 b                   | 96 a                  | 85 b                  |

Legenda: Fase = dessecante x estágio; D = diquat; R8 = estágio fenológico; G = glufosinato; R9 = estágio fenológico; TEST = testemunha; CF = câmara fria; FNC = câmara fria + armazém não climatizado; NC = armazém não climatizado

Médias (%) seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

**Tabela B.2.** E.A (%) no período de 90 dias (interação Fase x Armazenamento), fase dentro de Armazenamento.

| <b>Fase</b> | <b>FNC<br/>(média)</b> | <b>CF<br/>(média)</b> | <b>NC<br/>(média)</b> |
|-------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| DR8         | 96 a                   | 98 a                  | 98 a                  |
| DR9         | 99 a                   | 97 a                  | 97 a                  |
| TEST        | 99 a                   | 97 a                  | 96 a                  |
| GR9         | 96 a                   | 96 a                  | 99 a                  |
| GR8         | 94 a                   | 89 b                  | 95 b                  |

Legenda: Fase = dessecante x estágio; D = diquat; R8 = estágio fenológico; G = glufosinato; R9 = estágio fenológico; TEST = testemunha; CF = câmara fria; FNC = câmara fria + armazém não climatizado; NC = armazém não climatizado

Médias (%) seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

**Tabela B.3.** EA (%) no período de 120 dias (interação Fase x Armazenamento), fase dentro de Armazenamento.

| <b>Fase</b> | <b>FNC<br/>(média)</b> | <b>CF<br/>(média)</b> | <b>NC<br/>(média)</b> |
|-------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| DR8         | 87 b                   | 96 a                  | 89 a                  |
| DR9         | 96 a                   | 95 a                  | 96 a                  |
| TEST        | 99 a                   | 97a                   | 94 a                  |
| GR9         | 97 a                   | 96 a                  | 96 a                  |
| GR8         | 71 c                   | 64 b                  | 76 b                  |

Legenda: Fase = dessecante x estágio; E = Época; D = diquat; R8 = estágio fenológico; G = glufosinato; R9 = estágio fenológico; TEST= testemunha; CF = câmara fria; FNC = câmara fria + armazém não climatizado; NC = armazém não climatizado

Médias (%) seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

**Tabela B.4.** No período de 150 dias (interação Fase x Armazenamento), fase dentro de Armazenamento.

| <b>Fase</b> | <b>FNC<br/>(média)</b> | <b>CF<br/>(média)</b> | <b>NC<br/>(média)</b> |
|-------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| DR8         | 98 ab                  | 92 b                  | 99 a                  |
| DR9         | 96 ab                  | 100 a                 | 95 ab                 |
| TEST        | 98 a                   | 100 a                 | 99 a                  |
| GR9         | 98 a                   | 99 a                  | 99 a                  |
| GR8         | 92 b                   | 90 b                  | 90 b                  |

Legenda: Fase = dessecante x estágio; D = diquat; R8 = estágio fenológico; G = glufosinato; R9 = estágio fenológico; TEST = testemunha; CF = câmara fria; FNC = câmara fria + armazém não climatizado; NC = armazém não climatizado

Médias (%) seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

**Tabela B.5.** EA (%) no período de 240 dias (interação Fase x Armazenamento), fase dentro de Armazenamento.

| <b>Fase</b> | <b>FNC</b><br><b>(média)</b> | <b>CF</b><br><b>(média)</b> | <b>NC</b><br><b>(média)</b> |
|-------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| DR8         | 96,00 ab                     | 97,00 a                     | 94,00 ab                    |
| DR9         | 98,00 ab                     | 99,33 a                     | 94,00 ab                    |
| T           | 99,33 a                      | 100,00 a                    | 98,67 a                     |
| GR9         | 97,00 ab                     | 97,00 a                     | 92,00 b                     |
| GR8         | 94,00 b                      | 96,00 a                     | 84,00 c                     |

Legenda: Fase = dessecante x estágio; D = diquat; R8 = estágio fenológico; G = glufosinato; R9 = estágio fenológico; TEST = testemunha; CF = câmara fria; FNC = câmara fria + armazém não climatizado; NC = armazém não climatizado

Médias (%) seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

**Tabela B.6.** MMS após EA (g) no período de 180 dias (interação Fase x Armazenamento), fase dentro de Armazenamento.

| <b>Fase</b> | <b>FNC</b><br><b>(média)</b> | <b>CF</b><br><b>(média)</b> | <b>NC</b><br><b>(média)</b> |
|-------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| DR9         | 0,0457 a                     | 0,0446 a                    | 0,0448 a                    |
| GR9         | 0,0434 ab                    | 0,0429 a                    | 0,0436 ab                   |
| GR8         | 0,0421 ab                    | 0,0379 b                    | 0,0424 ab                   |
| TEST        | 0,0423 ab                    | 0,0419 a                    | 0,0395 b                    |
| DR8         | 0,0395 b                     | 0,0432 a                    | 0,0414 ab                   |

Legenda: Fase = dessecante x estágio; E = Época; D = diquat; R8 = estágio fenológico; G = glufosinato; R9 = estágio fenológico; TEST = testemunha; CF = câmara fria; FNC = câmara fria + armazém não climatizado; NC = armazém não climatizado

Médias (g) seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

**Tabela B.7.** MMS após TG (g) no período de 150 dias (interação Fase x Armazenamento), fase dentro de Armazenamento

| <b>Fase</b> | <b>FNC<br/>(média)</b> | <b>CF<br/>(média)</b> | <b>NC<br/>(média)</b> |
|-------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| DR9         | 0,0437 a               | 0,0414 a              | 0,0430 a              |
| DR8         | 0,0423 a               | 0,0407 a              | 0,0408 ab             |
| GR8         | 0,0434 a               | 0,0402 a              | 0,0374 bc             |
| GR9         | 0,0428 a               | 0,0384 a              | 0,0327 c              |
| TEST        | 0,0420 a               | 0,0404 a              | 0,0396 ab             |

Legenda: Fase = dessecante x estágio; E = Época; D = diquat; R8 = estágio fenológico; G = glufosinato; R9 = estágio fenológico; TEST = testemunha; CF = câmara fria; FNC = câmara fria + armazém não climatizado; NC = armazém não climatizado

Médias (g) seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

**Tabela B.8.** MMS após TG (g) no período de 210 dias (interação Fase x Armazenamento), fase dentro de Armazenamento

| <b>Fase</b> | <b>FNC<br/>(média)</b> | <b>CF<br/>(média)</b> | <b>NC<br/>(média)</b> |
|-------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| DR9         | 0,0430 a               | 0,0443 a              | 0,0452 a              |
| GR9         | 0,0449 a               | 0,0416 ab             | 0,0439 a              |
| GR8         | 0,0406 a               | 0,0350 b              | 0,0421 a              |
| TEST        | 0,0427 a               | 0,0384 ab             | 0,0396 a              |
| DR8         | 0,0419 a               | 0,0409 ab             | 0,0321 b              |

Legenda: Fase = dessecante x estágio; E = Época; D = diquat; R8 = estágio fenológico; G = glufosinato; R9 = estágio fenológico; TEST = testemunha; CF = câmara fria; FNC = câmara fria + armazém não climatizado; NC = armazém não climatizado

Médias (g) seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).