

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE
PLANTAS**

POLLYANA REGINA DA ROCHA SILVA

**Qualidade fisiológica das sementes de gergelim cultivar K3 sob
diferentes desseccantes e períodos de armazenamento**

**CÁCERES
MATO GROSSO- BRASIL
AGOSTO-2025**

POLLYANA REGINA DA ROCHA SILVA

**Qualidade fisiológica das sementes de gergelim cultivar K3 sob
diferentes desseccantes e períodos de armazenamento**

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Celice Alexandre Silva

Coorientadoras: Prof^a. Dr^a. Tanismare Tatiana de Almeida e Prof^a. Dr^a Maria do Socorro Bezerra de Araújo

CÁCERES
MATO GROSSO- BRASIL
AGOSTO-2025

S586q Silva, Pollyana Regina da Rocha.

Qualidade fisiológica das sementes de gergelim cultivar K3 sob diferentes desseccantes e períodos de armazenamento / Pollyana Regina da Rocha Silva. - Cáceres, 2025.
56f.: il.

Universidade do Estado de Mato Grosso "Carlos Alberto Reyes Maldonado", Genética e Melhoramento de Plantas/CAC-PGMP - Alta Floresta - Mestrado Acadêmico, Campus Universitário de Cáceres "Jane Vanini".
Orientadora: Dra. Celice Alexandre Silva.

1. Qualidade Fisiológica. 2. Dessecação. 3. <i>Sesamum indicum</i>. I. Silva, Celice Alexandre, Dra. II. Título.

UNEMAT / MT- SCB

CDU 582.916.36

Qualidade fisiológica das sementes de gergelim cultivar K3 sob diferentes desseccantes e períodos de armazenamento

POLLYANA REGINA DA ROCHA SILVA

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, para a obtenção do título de “Mestre”.
Orientadora: Prof^a. Dr.^a Celice Alexandre Silva

Comissão Examinadora:

Prof.^a Tanismare Tatiana de Almeida (Dra. em Agronomia e Fitotecnia) - UNEMAT

Prof. Adriano Alves da Silva (Dr. em Agronomia e Fitotecnia) UNIFOR - MG

Prof. Rodrigo de Góes Esperon Reis (Dr. em Agronomia e Fitotecnia) - UNEMAT

Profa. Sabrina Cassaro (Dra. em Genética e Melhoramento de Plantas) - UNEMAT

Profa. Celice Alexandre Silva (Dra. Em Botânica) - UNEMAT
(Orientadora)

“Seja forte e corajoso. Não tema as adversidades, pois dentro de você reside a força para superá-las e a coragem para enfrentá-las.”

(Josué 1:9)

In memoriam de meu pai, Paulo Afonso da
Rocha Silva

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, minha eterna gratidão. Por cada instante de força, inspiração e fé, pela presença constante nas horas mais difíceis e pela dádiva de chegar até aqui. Sem Sua orientação e amor, este caminho não teria sido possível.

À Universidade do Estado de Mato Grosso, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas (PGMP), e à Capes pela disposição de recursos para o desenvolvimento dos experimentos.

Ao meu filho Heitor, minha maior motivação e razão de toda esta luta, minha gratidão mais profunda. É por você e para você que enfrento cada desafio. Seu sorriso e sua presença me dão forças para continuar e buscar sempre o melhor. Esta conquista também é sua.

À minha mãe, Regina Brandão da Rocha Silva, meu exemplo de amor e resiliência, e a quem devo todo o meu carinho e respeito. Obrigada por seu apoio constante e por estar ao meu lado em cada passo dessa caminhada. Ao meu irmão, minhas irmãs e meu cunhado, minha gratidão por toda a companhia, compreensão e incentivo. Vocês foram fundamentais para que eu não desistisse e continuasse acreditando em meu potencial.

Em especial, dedico este trabalho à memória do meu pai, Paulo Afonso da Rocha Silva. Sua presença sempre será uma luz a me guiar, um exemplo de integridade, determinação e coragem. Seu amor e ensinamentos permanecem vivos em mim, e é em sua honra que persevere e celebro essa conquista.

À minha orientadora, Celice Alexandre Silva, às minhas coorientadoras Tanismare Tatiana de Almeida e Maria do Socorro B. de Araújo e professora Leonarda Grillo Neves, deixo aqui meu mais profundo agradecimento. Sua paciência, sua orientação e, principalmente, seu apoio em momentos cruciais foram essenciais para a realização deste trabalho. Vocês me abraçaram e lutaram ao meu lado quando eu mais precisei, e a generosidade de cada uma ficará sempre guardada em meu coração.

Aos colegas dos Laboratórios de Melhoramento Genético de Plantas - LMGV e Centro de Estudos e Análises de Sementes - CEAS, no campus da Unemat de Cáceres-MT, em especial aos amigos Yuri, Wallace, Pedro Filho, Cristine e Yasmin minha sincera gratidão pela colaboração nos projetos, pela disponibilidade em me

ajudar sempre que precisei, por cada conversa e cada momento de parceria, que foram essenciais para o bom desenvolvimento deste trabalho. A todos, meu muito obrigada!

BIOGRAFIA

Pollyana Regina da Rocha Silva, filha de Regina Brandão da Rocha Silva e Paulo Afonso da Rocha Silva, nasceu no município de Cáceres em 1993, onde cursou todo o ensino fundamental e médio, concluindo os estudos no Instituto Santa Maria, atualmente Colégio Salesiano, no ano de 2010. Em março de 2012, foi aprovada no vestibular de Agronomia da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), no campus de Cáceres-MT. Em julho de 2021, graduou-se como Engenheira Agrônoma pela UNEMAT. Dois anos após a graduação, ingressou no Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas, também pela UNEMAT. Durante o mestrado, recebeu bolsa da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e iniciou pesquisas em Melhoramento Genético de Teca, focando na resistência da planta ao isolado 76 T do fungo *Lasiodiplodia theobromae*. Posteriormente, foi necessário alterar o objeto e o tema de pesquisa, passando a estudar a cultura do gergelim, com o objetivo de avaliar a influência de dessecantes na qualidade fisiológica das sementes ao longo de quatro períodos de armazenamento. Sua dissertação foi defendida em fevereiro de 2025.

SUMÁRIO

RESUMO	ix
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. Sesamum Indicum L.	4
2.2. Cultivar K3.....	6
2.3. Implicação da dessecação sobre a qualidade da semente	7
2.4. Armazenamento e a qualidade fisiológica das sementes	11
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1. Avaliação da qualidade das sementes	15
3.1.1. Análise de Pureza	15
3.1.2. Teor de água.....	16
3.1.3. Peso de mil Sementes - PMS	16
3.1.4. Teste de Germinação - GERM.....	16
3.1.5. Teste de Emergência em canteiro - EMERG.....	17
3.1.6. Massa seca de plântulas – MSECA	17
3.1.7. Teste de Tetrazólio - TZ-VIGOR	17
3.1.8. Teste de envelhecimento acelerado - ENVAC	18
3.2. Análise estatística.....	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
4.1. Germinação	21
4.2. Emergência.....	23
4.3. Massa seca.....	26
4.4. Envelhecimento acelerado	29
4.5. Tetrazólio.....	33
5. CONCLUSÕES	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

RESUMO

SILVA, Pollyana Regina da Rocha; M. Sc.; UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO; agosto de 2025; Qualidade fisiológica das sementes de gergelim cultivar K3 sob diferentes dessecantes e períodos de armazenamento; Orientadora: Celice Alexandre Silva; Co-Orientadoras: Tanismare Tatiana de Almeida e Maria do Socorro B. de Araujo.

A dessecação do gergelim pode antecipar a colheita, reduzir o tempo de exposição das sementes e minimizar perdas, tornando o manejo mais eficiente. No entanto, seus efeitos sobre a qualidade fisiológica das sementes ainda são pouco estudados. Neste trabalho avaliou-se a influência de dessecantes na qualidade das sementes de gergelim cultivar K3 durante 90 dias de armazenamento. Sementes da safra 2024/2024, produzidas no campo experimental do Centro de Estudos e Análises de Sementes - CEAS, cujas plantas foram submetidas à dessecação com Diquat, Glifosato, Flumioxazina e Glufosinato de Amônio, aplicados 60 dias após a antese, além do tratamento controle, sem dessecante. Os dados foram submetidos a testes para os pressupostos da análise de variância e, posteriormente, às análises de variância seguindo o modelo de DBC em parcelas subdivididas (Fator A x B), seguidas por teste de comparação de médias de Tukey a 5% de significância e de regressão para dados quantitativos, no programa R. Foram avaliados pureza, teor de água, peso de mil sementes, germinação, emergência, envelhecimento acelerado, tetrazólio e massa seca de plântulas nos períodos de 0, 30, 60 e 90 dias. O controle apresentou maior germinação e vigor, demonstrando melhor preservação da qualidade das sementes. O estudo demonstrou que o uso de dessecantes e o tempo de armazenamento influenciam significativamente a qualidade fisiológica das sementes de gergelim. As variáveis, germinação, emergência, vigor (tetrazólio) e envelhecimento acelerado foram afetadas pelos tratamentos, com destaque para a testemunha, que manteve os melhores resultados ao longo dos 90 dias. A germinação foi inferior nos tratamentos com dessecantes, sugerindo efeitos tóxicos sobre o sistema radicular e fisiologia da semente. O teste de emergência mostrou sensibilidade ao glufosinato de amônio, especialmente sob condições climáticas desfavoráveis. Os efeitos do estresse induzido pela aplicação dos dessecantes podem não se manifestar de forma acentuada no armazenamento em curto prazo.

Palavras-chave: Qualidade fisiológica, dessecação, *Sesamum indicum*.

ABSTRACT

SILVA, Pollyana Regina da Rocha; M. Sc.; UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO; August of 2025; Physiological quality of sesame seeds of cultivar K3 under different desiccants and storage periods; Advisor: Celice Alexandre Silva. Co-advisors: Tanismare Tatiana de Almeida e Maria do Socorro B. de Araujo.

Desiccation in sesame can promote earlier harvesting, reduce seed exposure duration in the field, and minimize losses, thereby enhancing management efficiency. However, its effects on seed physiological quality remain insufficiently investigated. This study aimed to assess the influence of desiccant application on the physiological quality of sesame (*Sesamum indicum* L.) seeds, cultivar K3, over a 90-day storage period. Seeds from the 2024/2024 growing season, produced at the experimental field of the Centro de Estudos e Análises de Sementes (CEAS, Center for Seed Studies and Analysis), were obtained from plants subjected to desiccation using Diquat, Glyphosate, Flumioxazin, and Ammonium Glufosinate, applied 60 days after anthesis, in addition to a non-desiccated control. Data were tested for compliance with ANOVA assumptions and subsequently analyzed using analysis of variance in a randomized complete block design with a split-plot arrangement (Factor A $\times$ B). Tukey's test at a 5% significance level was applied for mean comparisons, and regression analysis was performed for quantitative variables using R software. The following parameters were evaluated at 0, 30, 60, and 90 days of storage: seed purity, moisture content, thousand-seed weight, germination, seedling emergence, accelerated aging, tetrazolium staining, and seedling dry mass. The control treatment exhibited superior germination and vigor, indicating better preservation of seed quality. The results demonstrated that both desiccant application and storage duration significantly influenced the physiological quality of sesame seeds. Germination, emergence, seed vigor (as assessed by the tetrazolium test), and accelerated aging were adversely affected by desiccant treatments, with the control maintaining the highest performance throughout the storage period. Lower germination rates in desiccant-treated seeds suggest potential phytotoxic effects on the root system and seed physiology. Seedling emergence was particularly sensitive to ammonium glufosinate, especially under unfavorable environmental conditions. The effects of stress induced by desiccant application may not be fully expressed during short-term storage.

Keywords: physiological quality, desiccation, storage, *Sesamum indicum*.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, houve no Brasil um crescimento significativo na produção de gergelim (*Sesamum indicum* L.). De 2019 a 2020, a área cultivada registrou um aumento de 230%, expandindo de 53 mil hectares para 175 mil hectares. Esse crescimento veio acompanhado de um aumento expressivo na produção, que subiu 123%, passando de 41,3 mil para 95,8 mil toneladas. Na safra 2024/2025, a área cultivada com gergelim alcançou 659,9 mil hectares, resultando em uma produção de 332,6 mil toneladas (Conab, 2024). Essa expansão é particularmente notável no estado do Mato Grosso, especificamente em municípios como Água Boa e Canarana. Conhecida como a capital nacional do gergelim, Canarana dispõe de uma cadeia produtiva bem estruturada, que inclui indústrias de beneficiamento, empresas exportadoras, consultorias e outras organizações (Ibrafe, 2023; Fiorese et al., 2024).

Sua tolerância à seca e a capacidade de se adaptar a diferentes tipos de solo são características que tornam essa planta uma alternativa para a diversificação agrícola, havendo a possibilidade de cultivo em consórcio com outras culturas considerando sua capacidade de resistir ao estresse hídrico e de apresentar um significativo potencial econômico tanto no mercado interno quanto externo (Barros et al., 2001; Pandey et al., 2021; Qureshi et al., 2023). Além disso, o óleo de gergelim se destaca por sua resistência à oxidação, em comparação aos outros óleos vegetais, devido à presença de lignanas como sesamina, sesamolina e sesamol. Ademais, a proteína extraída do gergelim possui composição de aminoácidos e valor nutricional muito semelhante ao da proteína da soja (Cheng et al., 2021; VP et al., 2025).

Frente aos desafios na produção do gergelim, o momento da colheita é uma etapa desafiadora, por ser nessa fase em que ocorre uma grande perda das sementes por ocasião da abertura dos frutos na maturação, principalmente nas cultivares de frutos deiscentes (Almeida et al., 2024). Apesar da colheita dessa cultura ocorrer de forma manual em pequenas propriedades, essa não é a realidade em grandes áreas. Embora a utilização de genótipos de frutos indeiscentes fosse uma condição ideal para a redução dessas perdas, muitas cultivares ainda têm como característica a abertura das cápsulas, seja em maior ou menor grau, o que tem levado os produtores

à adoção de outras práticas de manejo (Garcia et al., 2004).

No sistema mecanizado, existe a prática da aplicação do dessecante que tem a finalidade de acelerar e uniformizar a secagem das plantas, facilitando assim a colheita (Garcia et al., 2004). Conforme afirmam Queiroga e Silva (2008), a colheita se destaca como uma das fases cruciais para o desempenho final do sistema de produção do gergelim. Isso porque perdas de sementes que ultrapassam 50% podem ocorrer devido à cultura apresentar uma maturação irregular dos frutos, o que resulta na queda das sementes no solo antes do início da colheita. Também a qualidade das sementes pode ser comprometida se houver chuvas no período em que frutos já estão abertos, resultando em potenciais prejuízos financeiros (Porto et al., 2013; Gupta et al., 2015; Fiorese et al., 2024).

O processo de maturação dos frutos de gergelim tem início na porção basal da planta, onde os frutos começam a se abrir, enquanto os localizados na região apical ainda permanecem verdes e fechados. Nesse contexto, determinar o momento ideal de colheita pode maximizar a produtividade de cada cultivar, bem como definir o estágio fenológico mais adequado para a aplicação do dessecante, sua dosagem e os efeitos sobre a qualidade fisiológica das sementes (Porto et al., 2013). Vale destacar que a dessecação química com herbicidas, aplicada antes da maturação fisiológica, pode interferir no ciclo biológico da planta, afetando diretamente variáveis agrônomicas importantes. Assim, embora o uso de dessecantes represente uma estratégia promissora para uniformizar a secagem das plantas e viabilizar a colheita mecanizada antes da deiscência dos frutos, é imprescindível o desenvolvimento de estudos abrangentes que esclareçam os impactos desses produtos na cultura do gergelim, visando garantir sua viabilidade agrônômica e comercial (Gupta et al., 2015; Teboul et al., 2022).

Adicionalmente, é importante compreender também a influência que esses dessecantes exercem sobre a qualidade fisiológica das sementes durante o armazenamento, visto que a ação dos herbicidas atua de forma diferenciada na planta, podendo ser sistêmico, como o glifosato ou de contato, como o Diquat (Metruccio et al., 2001).

As sementes representam a base da agricultura, e sua conservação adequada é essencial para garantir a disponibilidade de cultivares de importância econômica, sobretudo em um cenário de mudanças climáticas e crescimento

populacional (Ramanadane et al., 2024). Segundo a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação - FAO (FAO, 2020), a manutenção de bancos de sementes e a adoção de técnicas eficientes de armazenamento são estratégias cruciais para fortalecer a resiliência dos sistemas agrícolas e preservar variedades em risco de extinção. Além de assegurar a conservação genética, o armazenamento adequado impacta diretamente a viabilidade, o vigor e a qualidade das sementes, influenciando o sucesso das safras subsequentes.

A deterioração das sementes pode acarretar perdas significativas na produção e impactar a economia das comunidades agrícolas (Bornhofen et al., 2015). Durante o armazenamento, especialmente em sementes oleaginosas como o gergelim, observa-se um declínio progressivo na germinação e no vigor, fenômeno acentuado por condições inadequadas de temperatura e umidade. Essa redução do vigor diminui a resistência das sementes a estresses ambientais e está associada à oxidação dos lipídios e à degradação de proteínas, comprometendo a mobilização dos nutrientes essenciais para a germinação (McDonald e COPELAND, 2012; Bornhofen et al., 2015).

Dessa forma, para identificar estratégias que possam contribuir para otimizar o manejo da dessecação e da pós-colheita, visando garantir maior qualidade e longevidade das sementes, no presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da aplicação de diferentes dessecantes sobre a qualidade fisiológica de sementes de gergelim, cultivar K3, durante o armazenamento, considerando distintos períodos de avaliação.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. *Sesamum Indicum* L.

O gergelim é uma espécie da família Pedaliaceae, nativa dos continentes da África e da Ásia, sendo a África reconhecida como a região que abriga a maioria das espécies do gênero *Sesamum*. Considerado uma das oleaginosas mais antigas e importantes no mundo, foi introduzido no Brasil por exploradores portugueses no século XVI, especificamente na região Nordeste (Cheng et al., 2021; Vanderleis et al., 2023).

É uma espécie diploide com $2n = 26$ cromossomos, correspondendo a 13 pares homólogos. Esses dados são consistentes com estudos citogenéticos clássicos que apontam esse número cromossômico como característico da espécie, mostrando estabilidade genética entre diferentes cultivares (Mesfer Alshamrani et al., 2022). De acordo com o *World Flora Online Plant List* (junho de 2025), o gênero reúne 129 nomes registrados, embora nem todos sejam reconhecidos como espécies válidas (*World Flora Online* - WFO, 2025). Na literatura científica, estima-se que o gênero compreende aproximadamente 20 a 38 espécies aceitas, a maioria silvestres (Ogasawara et al., 1998; Bedigian, 2015; Kishlyan et al., 2021; Takvorian et al., 2024). Apesar dessa diversidade, apenas uma espécie é efetivamente cultivada em escala agrícola: o gergelim (*S. indicum* L.), conhecido mundialmente pelo alto valor nutricional e econômico de suas sementes oleaginosas (Patil et al., 2020; Kishlyan et al., 2021). As demais espécies permanecem em estado silvestre, desempenhando papel importante como reservatórios de variabilidade genética útil para programas de melhoramento (Patil et al., 2020).

O desenvolvimento da planta é favorecido com temperatura entre 25°C e 30°C, principalmente durante a germinação das sementes. Temperaturas mais baixas (20°C) podem prejudicar a germinação e o crescimento da planta, enquanto abaixo de 10°C o metabolismo da planta é interrompido, levando à sua morte. Por outro lado, temperaturas mais altas (40°C) podem resultar no aborto das flores (Embrapa, 2007). Uma temperatura média de 27°C, por sua vez, é ideal para promover o crescimento vegetativo e a maturação dos frutos (Tesfaye et al., 2021; Baath et al., 2022).

Essa espécie é classificada como eudicotiledônea e possui um sistema radicular pivotante. O caule é ereto, podendo ser ramificado ou não, e pode apresentar pelos. Geralmente, cerca de 15 cm acima do nível do solo, o caule apresenta formato quadrangular ou arredondado, e sua altura varia conforme o cultivar, de 0,5 a 3 metros. Além disso, o caule influencia a disposição e diversidade das folhas ao longo da planta, podendo exibir diferentes graus de heterofilia. As folhas apresentam variações em formato e tamanho, mesmo dentro da mesma planta. As folhas da parte inferior são maiores, mais largas e arredondadas, enquanto as folhas do topo são mais estreitas e alongadas. Já as folhas intermediárias têm uma morfologia adaptada para minimizar o sombreamento das folhas inferiores, assegurando que toda a planta receba a iluminação necessária (Mili et al., 2021; Miao et al., 2021).

O gergelim é uma espécie predominantemente autógama, favorecida pela presença de flores hermafroditas. No entanto, suas flores também atraem polinizadores, o que pode favorecer a ocorrência de polinização cruzada (alogamia) em menor escala (Andrade et al., 2014; Layek et al., 2024). A taxa dessa polinização cruzada também pode ser influenciada conforme a região, cultivares, condições climáticas e a presença de insetos visitantes. As flores estão presentes individualmente na axila das folhas inferiores e em números múltiplos nos ramos superiores ou no caule. Elas são, em sua maioria, pilosas e apresentam diversas cores e tamanhos. O fruto é uma cápsula com seções retangulares e uma ponta curta triangular, profundamente sulcada. A cápsula possui de 2 a 8 cm de comprimento, 4 a 12 lóculos e é, geralmente, parcialmente coberta por pelos. Dependendo da abertura das cápsulas, elas são divididas em dois tipos: deiscente e indeiscente (Mili et al., 2021).

As sementes geralmente medem de 3 a 4 mm de comprimento, pesando entre 2 e 4 gramas por 1.000 sementes, dependendo da cultivar e das condições ambientais (FAO, 2021). Apresentam uma morfologia oval e levemente achatada, têm um espectro de cores que vão do branco ao preto, passando por tons de marrom, verde-oliva e amarelo. O número de sementes por fruto e o tamanho das sementes podem variar conforme a cultivar e as condições edafoclimáticas. O constituinte predominante das sementes de gergelim é o óleo, que constitui aproximadamente 60% de seu peso total. Esse conteúdo é afetado tanto pelo tipo de cultivar quanto pela região de cultivo

(Mohamed et al., 2020; Karem, 2022). A floração, a depender do cultivar, é sensível ao fotoperíodo, começa de 6 a 8 semanas após o plantio, nas axilas das folhas, e continua por várias semanas (Mili et al., 2021).

2.2. Cultivar K3

A cultivar K3 tem se destacado entre as variedades de gergelim cultivadas em Mato Grosso, especialmente na região de Canarana, onde é amplamente utilizada pelos produtores. Registrado no Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) com apoio do Sindicato Rural de Canarana e do Instituto Mato-Grossense do Algodão, o K3 é reconhecido pelo seu rendimento e facilidade de manejo. Aproximadamente 80% dos produtores brasileiros utilizam essa cultivar, principalmente para a produção de óleo, que contém sabor amargo e características menos indicadas para o consumo direto ou uso na indústria alimentícia (Martins et al., 2024).

Uma das principais qualidades dessa cultivar é sua adaptabilidade a solos ácidos e pobres em nutrientes, características comuns em muitas regiões agrícolas brasileiras. Além disso, ela apresenta ciclo precoce, elevada produtividade e desempenho satisfatório mesmo sob condições climáticas adversas, como altas temperaturas e baixa disponibilidade hídrica. Essa robustez torna a K3 uma escolha valiosa para a produção de óleo e farinha, produtos valorizados pela alta qualidade dos grãos (Almeida et al., 2021). Suas características agronômicas e produtivas têm sido foco de diversos estudos recentes que visam melhorar o manejo, a produtividade e a qualidade das sementes e grãos. Em estudos conduzidos por Costa et al. (2022) em solos classificados como Latossolo Amarelo, no estado de Mato Grosso, o cultivar K3 apresentou produtividade variando entre 880 e 1.300 kg ha⁻¹, evidenciando sua adaptabilidade e potencial para a produção de sementes na região. Os autores também destacaram a importância da adubação potássica como fator determinante para o incremento da produtividade. A aplicação correta de nutrientes contribui para o desenvolvimento adequado das plantas e maximiza o rendimento, evidenciando que as práticas de manejo são eficazes.

Além dos avanços no manejo, a cultivar K3 tem desempenhado um papel importante na expansão da cadeia produtiva do gergelim no Brasil. Segundo Santos e Pereira (2023), o cultivo de gergelim oferece uma alternativa economicamente

atrativa para pequenos e médios agricultores. Isso se deve ao baixo custo de produção aliado à crescente demanda internacional, especialmente no mercado asiático.

Com esses atributos agronômicos relevantes, a cultivar K3 tem se consolidado como uma alternativa estratégica para o fortalecimento da cadeia produtiva do gergelim no Brasil. Sua versatilidade econômica, aliada à demanda crescente por culturas oleaginosas de baixo custo e alta rentabilidade, torna essa variedade especialmente atrativa para regiões de clima quente e solos com fertilidade variável, como ocorre em parte do Cerrado mato-grossense. Esses avanços reforçam sua contribuição para a diversificação das lavouras e para a promoção de sistemas agrícolas mais resilientes e sustentáveis (Silva et al., 2022a).

2.3. Implicação da dessecação sobre a qualidade da semente

Diversos dessecantes agrícolas são amplamente utilizados em diferentes culturas com o objetivo de antecipar a colheita, uniformizar a maturação dos grãos ou frutos e facilitar os processos de colheita mecanizada, especialmente em áreas de grande extensão. Essa prática contribui diretamente para a redução da deterioração das sementes no campo, uma vez que o tempo prolongado de exposição após a maturação fisiológica pode comprometer significativamente a qualidade fisiológica das sementes. Tal deterioração está associada à perda de vigor, frequentemente agravada pelas condições ambientais adversas, como altas temperaturas e umidade elevada, comuns no período de colheita (Garcia et al., 2004).

Esses produtos químicos atuam promovendo a morte controlada da parte aérea das plantas, reduzindo a umidade dos tecidos e acelerando a secagem das estruturas vegetativas. A remoção adequada da água livre das sementes é essencial para garantir a eficiência no armazenamento e na conservação. Contudo, uma dessecação inadequada pode provocar danos que comprometem parcial ou totalmente a viabilidade das sementes, mesmo antes do início do armazenamento. Esses danos podem se intensificar ao longo do tempo, resultando na deterioração ou na perda total da viabilidade do material biológico. As lesões celulares ocasionadas podem ter diversas origens, abrangendo aspectos estruturais, funcionais, mecânicos, moleculares, metabólicos, físicos e fisiológicos (Figueiredo et al, 2019).

A resistência à dessecação é uma das características mais significativas das sementes. Trata-se de um fenômeno essencial para o ciclo de vida das plantas, funcionando como uma estratégia adaptativa que permite que as sementes sobrevivam durante o armazenamento, mesmo em condições ambientais adversas, garantindo assim a propagação da espécie (Medeiros, 2006). Essa característica é especialmente relevante para o uso de dessecantes, pois sementes com alta resistência à dessecação toleram melhor a secagem acelerada promovida por esses produtos, mantendo sua viabilidade e vigor após a colheita. Por isso, a aplicação de dessecantes é mais eficaz e segura quando realizada em sementes que já atingiram a maturação fisiológica e apresentam essa resistência natural (Assis et al., 2019).

Entre os principais tipos de dessecantes estão os herbicidas de contato, que agem apenas nas partes da planta com as quais entram em contato direto, promovendo ação rápida e localizada, e os herbicidas sistêmicos, que são absorvidos e translocados pelos tecidos da planta, atingindo órgãos distantes e proporcionando uma dessecação mais completa (Mendes et al., 2022).

Entre os dessecantes mais utilizados estão o Diquat (dibrometo de diquate o), um herbicida de contato empregado em culturas como milho, batata e arroz, promovendo a rápida dessecação da parte aérea e permitindo colheita antecipada sem comprometer a qualidade dos grãos ou tubérculos (Souza et al., 2018) e o Glifosato (N-(fosfonometil)-glicina), que, além de sua função como herbicida sistêmico não seletivo, é comumente utilizado na fase final do ciclo de culturas como trigo, soja, feijão e cevada, sendo eficaz para padronizar a maturação e reduzir o teor de umidade dos grãos no momento da colheita (Mendes et al., 2015). Outros dessecantes de contato relevantes são a Flumioxazina (N-fenil ftalimida), que apresenta bons resultados em leguminosas como feijão-caupi e feijão azuki, proporcionando a senescência uniforme das plantas e contribuindo para a manutenção da qualidade fisiológica das sementes (Freitas et al., 2021); e o Glufosinato de Amônio (aminoácido não proteico) que tem sido aplicado em culturas como soja e batata, demonstrando eficiência na dessecação da parte aérea sem causar danos severos à qualidade das sementes, desde que utilizado no estágio fenológico adequado (Santos et al., 2020).

As metodologias utilizadas no cultivo do gergelim variam conforme as práticas agrícolas adotadas desde a semeadura até a colheita e o processamento. A incorporação de tecnologias e técnicas adequadas nesse processo pode promover

ganhos significativos na produtividade da cultura (Fiorese et al., 2020). Contudo, até o presente momento, não há herbicidas registrados para uso como dessecantes na cultura do gergelim. Além disso, ainda são escassas as pesquisas que investiguem métodos de aplicação e o momento ideal para a dessecação, considerando a umidade adequada para a colheita. Isso é fundamental para evitar perdas excessivas por deiscência dos frutos e, simultaneamente, preservar a qualidade fisiológica das sementes (Lopes, 2023).

Contudo, há informações abrangentes sobre vários tipos de agroquímicos recomendados para diferentes culturas, através da plataforma AGROFIT (https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons), gerida pelo MAPA. No cultivo das oleaginosas, para o uso como dessecantes, são registrados os princípios ativos haloxifope-P-metílico, dibrometo de diquate, saflufenacil, glufosinato - sal de amônio, glifosato - sal de isopropilamina, glifosato – sal de dimetilamina, glufosinato - sal de amônio + lauril éter sulfato de sódio e flumioxazina, para a cultura da soja; saflufenacil e haloxifope-P-metílico para cultura do algodão; e o saflufenacil para cultura do girassol. Cada herbicida tem um mecanismo de ação e funções distintos para inibir múltiplas rotas e processos enzimáticos, que podem ou não comprometer a qualidade das sementes, pois a translocação de compostos dentro da planta resulta em alterações nas enzimas e nas vias metabólicas (Mendes et al., 2022).

Por exemplo, a Flumioxazina, exerce seus efeitos inibindo a enzima protoporfirinogênio oxidase, parte integrante das vias de biossíntese da clorofila e do citocromo. As consequências dessa inibição incluem a formação de moléculas altamente reativas, que incitam a peroxidação lipídica da membrana, a degradação da clorofila e o início subsequente da morte celular (Zimdahl, 2018). A Flumioxazina é um herbicida que leva à destruição das membranas celulares e rápida dessecação dos tecidos proporcionando secagem uniforme e rápida, ideal para a colheita mecanizada (Silva et al., 2022a), podendo causar redução no vigor das sementes quando aplicado em estágios precoces ou em doses excessivas. De acordo com Martins et al. (2019) um estudo mostrou que a aplicação de Flumioxazina em gergelim no estágio de 80% de maturação fisiológica resultou em sementes com maior uniformidade de teor de umidade, mas com ligeira redução na taxa de germinação.

O Glifosato é um herbicida que atua na inibição da enzima EPSPS (5-

enolpiruvilshiquimato-3-fosfato sintetase), interferindo na síntese de aminoácidos aromáticos, promovendo maturação uniforme e facilita o manejo de plantas daninhas na área, podendo reduzir a qualidade das sementes devido à translocação do princípio ativo para as mesmas, resultando em redução do vigor e da germinação (Santos et al., 2020). De acordo com Schuistak et al. (2024) o uso de glifosato em doses controladas no estágio final da maturação de gergelim, demonstrou ser eficaz na uniformização da colheita, mas reduziu o potencial germinativo em até 10%.

Já o Glufosinato de Amônio é um herbicida que atua inibindo a enzima glutamina sintetase, essencial para a assimilação do nitrogênio. Sua aplicação resulta em um rápido acúmulo de amônia, que está associado à destruição de cloroplastos, redução dos níveis de fotossíntese e na produção de aminoácidos, culminando na inibição da fotossíntese e morte celular. Comparado ao Glifosato, o Glufosinato de Amônio apresenta menor translocação para as sementes e ação mais rápida, levando à necrose dos tecidos (Brunharo et al., 2014). Estudos indicam que sua aplicação em culturas como o gergelim tem um impacto limitado na germinação das sementes, embora sua eficácia varie conforme as condições climáticas (Pereira et al., 2021).

Por outro lado, o herbicida Diquat, atua na captura dos elétrons durante a fotossíntese e a respiração, resultando na geração de radicais tóxicos. Estas substâncias promovem degradação das membranas (peroxidação de lipídios), causando o extravasamento do conteúdo celular (Jones e Vale, 2000; Sousa et al., 2023). O Diquat é um herbicida que atua como agente oxidante, causando peroxidação lipídica e destruição rápida dos tecidos vegetais, causando rápida dessecação e baixo risco de translocação para as sementes, sendo ideal para culturas com ciclos curtos (Alves et al., 2020). De acordo com estudos feitos por Santos et al. (2020) em gergelim, o Diquat proporcionou uniformidade na maturação e preservou o vigor das sementes, mas exigiu maior controle operacional durante a aplicação.

Estudos têm demonstrado que a aplicação de dessecantes como paraquat, diquat, glufosinato de amônio, glifosato e saflufenacil na cultura da canola pode resultar em uma redução significativa no teor de óleo das sementes. Esse efeito é especialmente pronunciado quando esses produtos são aplicados em estágios fenológicos anteriores à maturação fisiológica (Rosa et al., 2019).

A aplicação prematura desses herbicidas interfere nos processos metabólicos da planta, comprometendo a síntese e o acúmulo de óleo nos grãos, o que pode

impactar negativamente tanto a qualidade quanto o rendimento final da produção. Dessa forma, a escolha do dessecante adequado, assim como o momento da aplicação, é fundamental para garantir a eficiência do processo e evitar prejuízos à qualidade fisiológica das sementes ou grãos. Além disso, o uso desses produtos deve considerar aspectos como resíduos nos produtos colhidos, impacto ambiental e segurança do trabalhador rural (Lima et al., 2024).

2.4. Armazenamento e a qualidade fisiológica das sementes

O armazenamento de sementes oleaginosas exige condições controladas para preservar a viabilidade e o vigor germinativo ao longo do tempo. Esses cuidados são necessários devido ao alto teor de lipídios das sementes, que as tornam suscetíveis à oxidação e ao envelhecimento acelerado em ambientes inadequados. Condições ideais de armazenamento envolvem a manutenção de baixa umidade (entre 8% e 10%) e temperatura inferior a 20°C, além da minimização da exposição ao oxigênio. Tais fatores reduzem a atividade metabólica e a proliferação de micro-organismos, ambos prejudiciais à qualidade das sementes (Carvalho e Nakagawa, 2000; Marcos-Filho, 2015).

O armazenamento adequado é importante para a manutenção da qualidade fisiológica das sementes. Esse método permite preservar a viabilidade das sementes e manter seu vigor em níveis adequados durante o intervalo entre o plantio e a colheita (Azevedo, 2003). Vários fatores, como a umidade das sementes, a temperatura do armazenamento e a umidade relativa, impactam diretamente a sua qualidade. Estudos indicam que mais de 25% das sementes mantidas em armazéns são perdidas a cada ano devido à degradação estrutural e às mudanças bioquímicas nos compostos fitoquímicos ao longo do tempo (Kumar e Kalita, 2017). As condições de temperatura durante o armazenamento podem impactar de forma considerável a composição dos ácidos graxos presentes nas sementes oleaginosas, resultando em deterioração ou modificação dessas sementes. O aumento da temperatura e da umidade afeta lipídios, proteínas e açúcares, gerando espécies reativas de oxigênio (ROS), o que diminui a viabilidade das sementes e pode comprometer a qualidade do óleo (Hussein et al, 2015).

A seleção de um local com condições ideais, incluindo ventilação adequada e controle de temperatura e umidade, é fundamental para prevenir a

contaminação por fungos e a multiplicação de pragas. Ademais, a escolha correta das embalagens desempenha um papel crucial na proteção das sementes contra influências externas, como umidade e insetos. Levar em consideração esses fatores ao decidir sobre o armazenamento é crucial para assegurar a qualidade dos grãos e sementes ao longo do tempo, preservando seu valor tanto nutricional quanto comercial (Guimarães, 2024).

A preparação para o armazenamento é uma etapa importante para assegurar a qualidade e a durabilidade das sementes ao longo do tempo. Esse processo abrange diversas atividades destinadas a proteger as sementes de fatores externos, como umidade, insetos e fungos, além de criar condições ideais para um armazenamento prolongado. Um dos principais passos na preparação para o armazenamento é a limpeza das sementes, que envolve a remoção de impurezas, detritos e sementes danificadas ou contaminadas. Uma limpeza eficiente previne a contaminação por microrganismos e mantém a qualidade do produto final (Carvajal et al, 2017).

As sementes oleaginosas, como no caso do gergelim, possuem elevados teores de óleo e, devido à presença de ácidos graxos insaturados, são altamente suscetíveis à oxidação lipídica durante o armazenamento. Em condições inadequadas, como alta umidade e temperaturas elevadas, ocorre uma reação entre os lipídios e o oxigênio, gerando compostos oxidativos como peróxidos e aldeídos. Esses produtos de oxidação, responsáveis pelo sabor e odor rançosos, reduzem o valor nutricional e comprometem a qualidade sensorial do óleo extraído das sementes (Marcos-Filho, 2015). Além disso, a oxidação contínua resulta em uma perda da estabilidade oxidativa dos óleos, o que reduz sua vida útil e aplicabilidade para consumo humano e na indústria de alimentos (Santos et al.,2005).

Durante o armazenamento, o processo gradual de envelhecimento das sementes reduz sua viabilidade, especialmente quando submetidas a condições de temperatura elevada e alta umidade relativa. Em ambientes úmidos, a atividade metabólica interna das sementes aumenta, acelerando o processo de deterioração e comprometendo a capacidade germinativa. Essa perda de viabilidade pode ser irreversível e tem impacto direto no uso das sementes para a produção agrícola (Carvalho e Nakagawa, 2000). Como apontam estudos de Marcos-Filho (2015), a manutenção de níveis ideais de umidade é essencial para prolongar a qualidade fisiológica das sementes durante o armazenamento. Sementes de gergelim

permanecem viáveis por até 12 meses quando armazenadas em ambiente seco de câmara fria ou geladeira, já em ambiente não controlado esse período é de até seis meses (Lima et al., 2014).

O vigor, que serve como um parâmetro da sua qualidade, principalmente em condições desfavoráveis, também sofre influência durante o armazenamento. Pesquisas indicam que, ao longo do tempo, há uma diminuição progressiva do vigor, reduzindo a resistência das sementes a estresses ambientais, o que afeta diretamente a taxa de germinação (McDonald e COPELAND, 2012). Essa perda de vigor pode ser ainda mais intensa em sementes oleaginosas, onde a oxidação dos lipídios e a degradação das proteínas prejudicam a mobilização de nutrientes essenciais durante a germinação.

O armazenamento prolongado de sementes oleaginosas também impacta a preservação dos nutrientes e compostos bioativos. Nutrientes como proteínas, vitaminas e antioxidantes podem se degradar com o tempo, especialmente sob condições inadequadas, o que reduz o valor nutricional das sementes e dos óleos extraídos. A perda desses compostos pode ter implicações não apenas para a qualidade nutricional, mas também para as propriedades funcionais do óleo, comprometendo seu uso para fins alimentares e industriais (Carvalho e Nakagawa, 2000).

O óleo de gergelim é conhecido por sua estabilidade oxidativa relativamente alta, devido à presença de antioxidantes naturais como sesamina, sesamolina e tocoferóis. Contudo, a umidade pode prejudicar essa estabilidade, favorecendo reações de oxidação e degradação térmica. Como descrito por Lee et al. (2016), a interação entre umidade e ácidos graxos no óleo de gergelim pode levar à formação de compostos voláteis indesejáveis, afetando o sabor e o aroma.

Além disso, o teor de água nas sementes de gergelim antes da extração do óleo é um fator determinante. Estudos indicam que sementes com alta umidade podem produzir óleos com maior suscetibilidade à deterioração, devido à transferência de água durante o processo de extração (Kumar et al., 2015). A presença de água residual nos óleos pode trazer diversas complicações, entre as quais se destaca a rancificação hidrolítica. Esse fenômeno ocorre devido à decomposição dos triglicerídeos em ácidos graxos livres e glicerol, resultando em um sabor indesejado (Kumar et al., 2015). Ademais, o aumento da oxidação: a água presente pode acelerar

a formação de peróxidos, que são indicadores da oxidação lipídica (Lee et al., 2016). Por fim, a perda de compostos bioativos: antioxidantes naturais, como as lignanas, podem ser degradados na presença de água, o que diminui tanto os benefícios nutricionais quanto a qualidade sensorial do produto (Silva et al., 2024).

A conservação da qualidade das sementes de gergelim durante o armazenamento depende de diversos fatores, entre eles o tipo de embalagem utilizada, o controle da umidade e a proteção contra pragas. Embora o envelhecimento natural das sementes não possa ser completamente evitado, a adoção de técnicas adequadas pode prolongar significativamente sua longevidade (Mcdonald e Copeland, 2012; Ista, 2020).

A escolha da embalagem é um dos principais fatores nesse processo. Recipientes herméticos e resistentes à umidade ajudam a preservar as propriedades físico-químicas das sementes e do óleo, reduzindo a taxa de oxidação lipídica e a perda de qualidade (Ahmed et al., 2017; Ahmed et al., 2020). Tradicionalmente, materiais como papel kraft e sacos de algodão são utilizados em sistemas agrícolas devido ao baixo custo e à capacidade de permitir trocas gasosas. No entanto, sua baixa eficiência no controle da umidade e na proteção contra pragas e contaminantes limita seu desempenho (Martins et al., 2019).

Alternativamente, sacos plásticos de polietileno, especialmente os de baixa densidade, oferecem boas barreiras contra a umidade, mas podem reter calor e favorecer o crescimento de microrganismos caso as sementes estejam com alta umidade inicial (Carvalho e Nunes, 2021). Embalagens metálicas ou laminadas, por sua vez, proporcionam excelente proteção contra a luz, oxigênio e umidade, sendo consideradas as mais eficazes na conservação de sementes oleaginosas. Elas reduzem a oxidação e mantêm o aroma e a qualidade do óleo de gergelim por mais tempo (Ahmed et al., 2020).

Além disso, a tecnologia de atmosfera modificada (ATM), que substitui o oxigênio por gases inertes como nitrogênio ou dióxido de carbono, tem se mostrado uma estratégia promissora para prolongar a vida útil das sementes de gergelim. Essa técnica reduz a atividade oxidativa e limita o desenvolvimento de insetos e microrganismos, contribuindo para a manutenção da viabilidade e vigor das sementes por períodos mais longos (Kumar et al., 2017).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido no Centro de Estudos e Análises de Sementes (CEAS) da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Campus Cáceres. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com parcelas subdivididas no tempo, onde o fator principal consistiu em cinco tratamentos (quatro produtos dessecantes e um controle sem dessecação), e o subfator correspondeu às quatro épocas de avaliação durante o armazenamento (0, 30, 60 e 90 dias), com quatro repetições por tratamento.

Foram utilizadas sementes de gergelim da cultivar K3, safra 2024/2025, produzidas na unidade experimental do CEAS/UNEMAT. As plantas foram dessecadas aos 60 dias após a antese (aproximadamente 90 dias após a semeadura), com aplicação dos seguintes ingredientes ativos e respectivas dosagens: Diquat (2 L/ha em 200 L de calda), Glifosato (1 kg/ha em 200 L de calda), Flumioxazina (100 mL/ha em 200 L de calda) e Glufosinato de amônio (3 L/ha em 200 L de calda), além do tratamento controle, sem aplicação de dessecante.

Após a dessecação, as sementes de gergelim de cada tratamento foram colhidas manualmente e beneficiadas por meio de peneiramento e limpeza com soprador de sementes do tipo South Dakota. Em seguida, foi determinada a umidade das sementes de cada tratamento. As sementes foram acondicionadas em embalagens de papel e armazenadas sob temperatura controlada de 10 °C, em câmara refrigerada, durante os períodos de 0, 30, 60 e 90 dias.

Ao final de cada período de armazenamento, as sementes foram submetidas a análises laboratoriais para avaliação da qualidade fisiológica, de acordo com as metodologias recomendadas pelas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009). As variáveis avaliadas, bem como os métodos utilizados, são descritos abaixo.

3.1. Avaliação da qualidade das sementes

3.1.1. Análise de Pureza

Para a determinação da pureza física, as amostras de sementes foram inicialmente homogeneizadas e divididas utilizando o método do divisor de solos. Em

seguida, foram pesadas amostras de sete gramas por tratamento, as quais foram separadas manualmente nas seguintes frações: sementes puras, outras sementes e materiais inertes (Brasil, 2009).

3.1.2. Teor de água

Foram separadas duas repetições de dois gramas de sementes de cada tratamento, que em seguida foram colocadas em cápsulas de alumínio, pesadas e transferidas para a estufa, onde permaneceram por 24 horas a temperatura de 105°C. Após esse período, as sementes foram retiradas da estufa, mantidas em dessecador e novamente pesadas (Brasil, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem (%) com base no peso úmido. O teor de água foi calculado pela diferença de peso antes e após a secagem, utilizando a fórmula:

$$\text{Teor de água (\%)} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

3.1.3. Peso de mil Sementes - PMS

O teste de peso de mil sementes foi realizado para determinar o peso médio das sementes que compõem cada amostra. Para a realização desse teste, oito repetições de 100 sementes foram pesadas para cada tratamento, e o desvio padrão e o coeficiente de variação foram calculados. O teor de água foi ajustado para 6%, e os valores foram expressos em gramas (Brasil, 2009).

3.1.4. Teste de Germinação - GERM

A cada tempo de armazenamento foi retirada a amostra para a montagem do teste de germinação. Antes da semeadura, as sementes foram pré-condicionadas durante 12 horas em papel mata-borrão umedecido com água equivalente a 2,5 vezes o peso do papel. Após esse período, foram semeadas quatro repetições com 50 sementes, em caixas tipo gerbox (11,0 x 11,0 x 3,5 cm) contendo areia umedecida com água, na quantidade equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato seco. Em seguida, as caixas foram mantidas em câmara B.O.D. a 25 °C (Ojeda et al., 2021) com fotoperíodo de doze horas. As avaliações foram realizadas no terceiro e no sexto dia após a semeadura (Brasil, 2009).

3.1.5. Teste de Emergência em canteiro - EMERG

O teste de emergência foi conduzido em canteiro utilizando substrato composto por uma mistura de areia e terra na proporção de 2:1. Foram semeadas quatro repetições de cada tratamento com 50 sementes distribuídas uniformemente sobre a superfície do solo. A emergência das plântulas foi monitorada e ao final de 15 dias avaliou-se o número de plântulas emergidas. Os resultados foram expressos em porcentagem (%), correspondendo à proporção de sementes que emergiram em relação ao total de sementes semeadas (Krzyzanowski, 2020).

Para o teste de emergência das plântulas, foi acompanhado o período de precipitação, conforme dados da estação meteorológica do CEAS/UNEMAT, Campus de Cáceres, no período de agosto a dezembro de 2024.

3.1.6. Massa seca de plântulas – MSECA

Após a conclusão do teste de emergência, as plântulas emergidas foram cuidadosamente coletadas, lavadas e colocadas em sacos de papel para secagem. As amostras foram então mantidas em estufa ajustada a 80°C por 24 horas, a fim de garantir que as plântulas estivessem completamente secas, removendo toda a umidade residual. Após o período de secagem, as amostras foram pesadas em balança analítica de precisão. A massa total de matéria seca foi determinada por meio da pesagem das plântulas secas, permitindo a quantificação da biomassa acumulada. Para obter um valor representativo da massa por plântula, a massa obtida foi dividida pelo número de plântulas normais, resultando na média de matéria seca por plântula, expressa em g/plântula (Marcos Filho et al., 1999).

3.1.7. Teste de Tetrazólio - TZ-VIGOR

As sementes foram distribuídas em duas repetições de 50 sementes para cada tratamento, colocadas para embeber em água durante 60 minutos como pré-condicionamento, em temperatura de 30°C na B.O.D. e no escuro. Em seguida, as sementes foram cortadas na região distal ao eixo embrionário e divididas longitudinalmente ao longo do maior comprimento, sendo utilizada apenas metade de cada semente. Posteriormente, foram imersas em uma solução de Tetrazólio a 1% por três horas e mantidas em B.O.D., no escuro, a 30°C. Após esse período, as sementes foram avaliadas quanto à viabilidade e classificadas conforme descrito por Jesus et al.

(2015).

3.1.8. Teste de envelhecimento acelerado - ENVAC

Para este teste, uma camada uniforme de sementes foi distribuída sobre uma tela metálica acoplada a uma caixa plástica tipo gerbox contendo 40 mL de água destilada. Posteriormente foram mantidas em câmara B.O.D. a 45 °C por 48 horas (sem fotoperíodo) (Lima et al., 2014). Após esse período, foi realizado o teste de germinação conforme descrito anteriormente.

3.2. Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos a testes de normalidade, independência, homogeneidade e homoscedasticidade para os pressupostos da análise de variância (ANOVA). Posteriormente, foi realizada análise de variância seguindo o modelo de DBC em parcelas subdivididas no tempo com quatro repetições, seguidas por teste de comparação de médias de Tukey a 5% de significância e de regressão para dados quantitativos, no programa R.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diferenças significativas entre as fontes de variação do tempo de armazenamento, dessecantes e interação foram identificadas pelo teste F. Os coeficientes de variação (CV) observados neste estudo refletem a precisão experimental relativa às variáveis analisadas e estão dentro dos padrões esperados para as variáveis estudadas, indicando boa confiabilidade experimental (Tabela 1).

Tabela 1. Quadro de Análise de variância com os respectivos quadrados médios, significâncias, médias e coeficientes de variação para as variáveis analisadas

FV	GL	TZ-VIGOR	MSECA	GERM	EMERG	ENVAC
Bloco	2	693,80 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	34,62 ^{ns}	195,95 ^{ns}	324,95 ^{ns}
Parcela						
Dessecantes (A)	4	1436,54*	0,0003 ^{ns}	1411,10*	957,72*	1565,04*
Erro (a)	8	196,84	0,0002	104,33	124,26	235,30
Subparcela						
Tempo (B)	3	495,92*	0,0115*	685,21*	948,35*	3013,91*
A x B	12	301,44*	0,0004*	278,80 ^{ns}	230,36*	273,06*
Erro (b)	30	53,59	0,0001	142,65	100,20	52,63
Média		46,00	0,05	72,00	59,00	63,00
CV1 (%)		30,00	32,80	14,30	18,70	24,50
CV2 (%)		15,60	24,90	16,70	16,80	11,50

TZ-VIGOR: Tetrazólio vigor; MSECA: Massa seca; GERM: Germinação; EMERG: Emergência; ENVAC: Envelhecimento Acelerado; * significativo a ($P < 0,05$) pelo teste F; ^{ns} não significativo a ($P < 0,05$) pelo teste F.

Os resultados da Tabela 1 demonstram que os dessecantes utilizados exercem influência significativa sobre a qualidade fisiológica das sementes de gergelim, particularmente em variáveis como TZ-VIGOR, GERM, EMERG e ENVAC. Além disso, o tempo de armazenamento se destaca como um fator crítico, afetando diretamente as variáveis como TZ-VIGOR, MSECA, GERM, EMERG e ENVAC.

Houve significância na interação (AxB) entre os fatores dessecante e tempo nas variáveis avaliadas, exceto para germinação, cujas médias estão descritas na Tabela 2. Essa significância sugere que os dessecantes apresentam efeitos diferenciados ao longo do armazenamento, principalmente quando avaliado o vigor. Esse comportamento reforça a importância de escolher tratamentos que minimizem os impactos negativos e promovam a preservação da qualidade fisiológica das

sementes, considerando o tempo de armazenamento necessário. Isso porque o armazenamento não melhora a qualidade de um lote de sementes. Essa qualidade é adquirida durante o processo de desenvolvimento e pode ser perdida por processos deteriorativos e/ou condução durante toda a fase de produção.

As sementes de algumas espécies, podem ter seu grau de umidade reduzido, mantendo a viabilidade e o vigor durante longos períodos de armazenamento a baixas temperaturas. Essas sementes são denominadas ortodoxas e toleram a dessecação pós-colheita a graus de umidade em torno de 4% (Roberts, 1973). Isso inclui as sementes de gergelim, que no momento do armazenamento apresentavam o teor de água que variava de 4,4% a 5,1%: 4,5% (Diquat); 4,7% (Glifosato); 4,5% (Flumioxazina); 5,1% (Glufosinato de Amônio); 4,4% (Testemunha) (Tabela 2).

Tabela 2. Comparação das médias das variáveis germinação, umidade, pureza e PMS, obtidas pelas análises de sementes de gergelim da cultivar K3 durante o armazenamento

VARIÁVEIS	Diquat	Glifosato	Flumioxazina	Glufosinato de amonio	Testemunha
GERMINAÇÃO (%)	62 B	67 B	69 B	67 B	90 A
UMIDADE (%)	4,5 A	4,7 A	4,5 A	5,1 A	4,4 A
PUREZA (%)	99,9 A	99,9 A	99,6 A	99,9 A	99,9 A
PMS	3,05 A	2,97 A	3,10 A	3,04 A	3,20 A

Letras maiúsculas na linha para médias dos dessecantes não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%. PMS: Peso de mil sementes

Os resultados da análise de pureza física das sementes de gergelim mostraram valores elevados para todos os tratamentos, variando de 99,6% (Flumioxazina) a 99,9% (Diquat, Glufosinato de amônio e Testemunha), não havendo diferença significativa entre os tratamentos ($p > 0,05$), conforme o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Esses valores indicam que, independentemente do uso dos diferentes dessecantes, a colheita e o beneficiamento das sementes foi eficiente, com poucas impurezas.

Considerado PMS, um parâmetro físico importante que reflete o desenvolvimento e a maturidade das sementes, este pode ser influenciado por fatores genéticos, ambientais e pelas práticas de manejo, como o uso de dessecantes na pré-colheita (Bedawy e Mohamed, 2018). Na Tabela 2, observa-se que o PMS variou entre 2,97 g (Glifosato) e 3,20 g (Testemunha), não havendo diferença entre os tratamentos. Esses valores estão de acordo com as Regras para Análise de Sementes

que varia entre 2,5 g e 4,0 g para a espécie (Ras, 2009). Dessa forma, todos os tratamentos se encontram dentro do intervalo aceitável, o que reforça que, do ponto de vista físico, as sementes mantiveram um padrão adequado.

4.1. Germinação

O resultado médio da germinação da testemunha (90%) foi superior à dos dessecantes, cujos valores variaram entre 62% e 69%, o que indica que o uso dos dessecantes afeta a germinação do gergelim (Tabela 2). É importante esclarecer que durante as avaliações da germinação foram verificadas uma elevada porcentagem de plântulas anormais, em torno de 30%, caracterizada por dano mecânico e pela presença de fungos. Embora a colheita tenha sido manual, a reduzida umidade das sementes, valor médio de 4,6%, pode ter comprometido a sua qualidade no beneficiamento.

Com base nos testes de compressão estática realizados, Zhao et al. (2022) concluíram que as sementes de gergelim suportam a maior carga de esmagamento quando submetidas à compressão plana, seguida pela compressão lateral, e apresentam a menor resistência à compressão vertical. Esses autores ressaltam que compreender os danos mecânicos nas sementes de gergelim é fundamental para o desenvolvimento de técnicas de colheita mais eficientes, uma vez que a resistência à compressão varia conforme a direção aplicada — seja plana, lateral ou vertical.

Para os valores de germinação ao longo do armazenamento não houve interação entre os fatores, permitindo a avaliação dos efeitos de forma independente. Os resultados médios da germinação em função da época de armazenamento, foram ajustados por uma equação quadrática com coeficiente de determinação $R^2 = 0,92$, indicando elevado grau de ajuste do modelo aos dados experimentais (Figura 1).

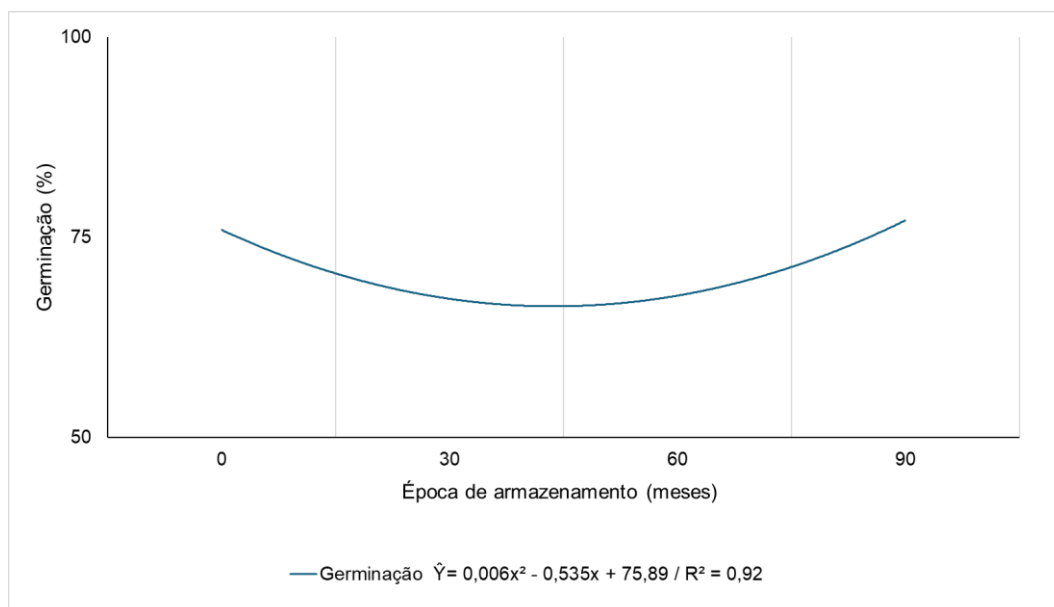


Figura 1. Efeito do período de armazenamento (0, 30, 60 e 90 dias) sobre a qualidade fisiológica de sementes submetidas à dessecação. Avaliações realizadas por meio do teste de Germinação.

Observa-se que, embora tenha ocorrido uma leve redução na porcentagem de germinação das sementes submetidas a dessecação, até aproximadamente 35-40 dias de armazenamento, seguida de uma recuperação gradual, essa variação não foi suficientemente expressiva para caracterizar perda significativa de qualidade fisiológica das sementes. A germinação inicial, próxima a 76%, sofreu uma redução até cerca de 66%, retomando valores acima de 70% nos períodos posteriores. Esse padrão sugere que não houve deterioração progressiva acentuada, mas sim flutuações dentro de uma faixa aceitável de viabilidade.

A recuperação observada após o ponto mínimo pode estar associada a mecanismos fisiológicos de superação de dormência, comuns em determinadas espécies, ou ainda a efeitos benéficos do armazenamento em condições controladas sobre a reserva de sementes de oleaginosas, que podem favorecer a estabilização e a reestruturação de componentes celulares ao longo do tempo (Silva et al., 2020a). É importante destacar que, durante todo o período de armazenamento (até 90 dias), os valores de germinação permaneceram acima de 60%, confirmando a manutenção da viabilidade das sementes e a eficiência do sistema de conservação utilizado.

A utilização de herbicidas como Flumioxazina, Glufosinato de Amônio e Diquat tem sido amplamente estudada devido ao potencial impacto sobre a germinação de sementes, especialmente em culturas oleaginosas (Kalpana e Babu, 2017; Grichar et

al., 2021). De acordo com Silva et al. (2020b) e Cardoso et. al. (2024), esses produtos podem comprometer o potencial germinativo, dependendo das condições ambientais e do modo de aplicação, o que explica os valores mais baixos observados para esses dessecantes em comparação a testemunha. Lopes (2023) concluiu que a aplicação convencional, independente do produto utilizado como dessecante, prejudica a qualidade fisiológica das sementes, sendo o glifosato responsável por promover maior fitotoxicidade ao sistema radicular de plântulas de gergelim.

Embora o gráfico apresente uma pequena variação na porcentagem de germinação ao longo dos 90 dias de armazenamento, essa diferença não é significativa, evidenciando a estabilidade da qualidade fisiológica das sementes durante o período avaliado. A curva ajustada apresenta uma leve diminuição até cerca de 35-40 dias, seguida de uma recuperação gradual, o que reforça a ausência de deterioração progressiva da germinação. Além disso, os valores de germinação permaneceram acima de 60%, indicando que a viabilidade das sementes foi mantida.

4.2. Emergência

A emergência das plântulas ao longo do tempo de armazenamento foi influenciada de forma diferenciada pelos tratamentos com herbicidas, conforme demonstrado na Figura 2. O modelo quadrático ajustado para os tratamentos testemunha e Glufosinato foi significativo, com elevados coeficientes de determinação ($R^2 = 0,95$ e $0,84$, respectivamente), enquanto para os demais herbicidas (Diquat, Flumioxazina e Glifosato), os ajustes não foram significativos ($\hat{y} = ns$).

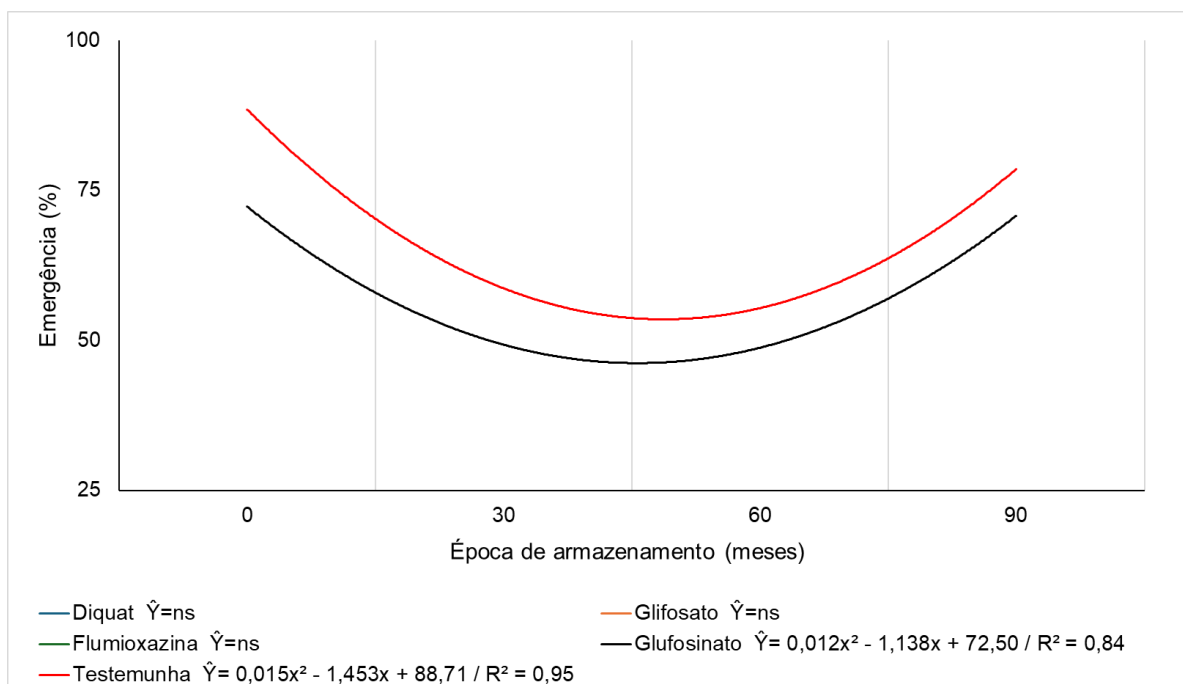


Figura 2. Efeito do período de armazenamento (0, 30, 60 e 90 dias) sobre a qualidade fisiológica de sementes submetidas à dessecação. Avaliações realizadas por meio do teste de Emergência.

Para os tratamentos com Diquat, Flumioxazina e Glifosato, não foram observadas variações significativas no padrão de emergência ao longo do tempo de armazenamento. Isso sugere que esses herbicidas, nas condições testadas, não comprometeram de forma significativa a qualidade fisiológica das sementes durante o período avaliado, possivelmente devido à rápida degradação ou à baixa absorção residual dos princípios ativos pelas sementes.

Na testemunha, observou-se emergência inicial elevada (~89%), com decréscimo progressivo até aproximadamente 48 dias (~53%), seguido de uma recuperação gradual até 90 dias (~74%). Esse comportamento é típico de sementes armazenadas por longos períodos, onde a perda inicial de vigor pode ser atribuída à deterioração natural, enquanto a posterior recuperação pode estar relacionada à superação de dormência fisiológica ou à estabilização de processos metabólicos durante o armazenamento (Marcos Filho, 2015b).

Para o Glufosinato, a emergência inicial foi inferior à da testemunha (~73%) e a curva ajustada demonstrou uma redução mais acentuada (~45% aos 48 meses), com posterior recuperação parcial. Esse resultado indica um possível efeito residual negativo do herbicida sobre a fisiologia das sementes, afetando processos relacionados à emergência, possivelmente por estresse oxidativo ou alterações no

metabolismo celular (Galon et al., 2023).

É possível verificar que ao longo do armazenamento, tanto o Glufosinato de Amônio quanto a testemunha tiveram a mesma tendência. Aos 30 e 60 dias os valores da porcentagem de emergência foram menores em comparação aos resultados obtidos aos 90 dias. Esse comportamento possivelmente pode ter ocorrido por influência de condições ambientais, principalmente precipitação ocorrida nos períodos de semeadura (Figura 3).

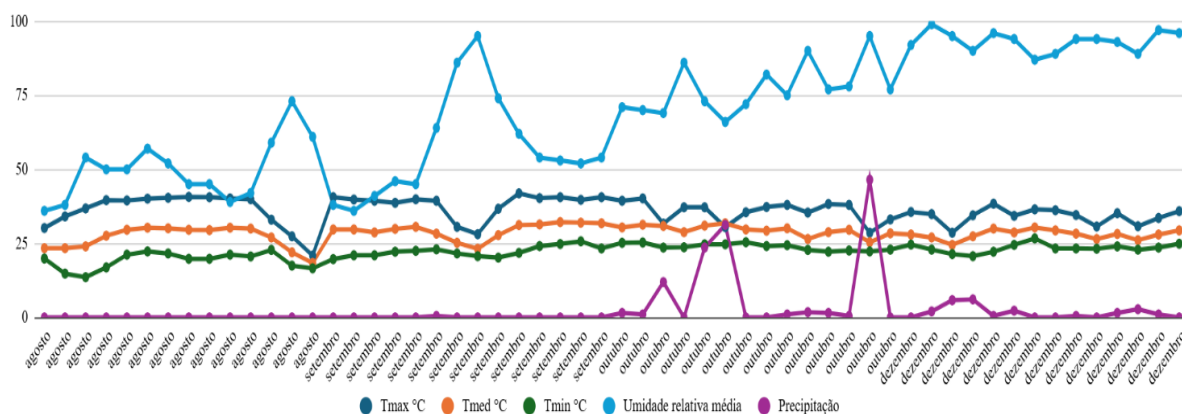


Figura 3. Variação das temperaturas máxima, média e mínima (°C), umidade relativa média (%) e precipitação (mm) no período de agosto a dezembro de 2024, em Cáceres-MT.

Nesse período com a alta precipitação o solo fica encharcado e o gergelim possui um sistema radicular profundo e sensível ao encharcamento, isso pode ter comprometido a emergência em canteiro (Habibullah et al., 2021). Outro fator que pode ter influenciado os resultados de germinação e emergência foi a temperatura do solo. Segundo Freitas Bueno et al. (2017), a faixa ideal para a germinação de oleaginosas situa-se entre 20 °C e 30 °C, o que reforça a importância do monitoramento das condições térmicas ao longo do período de avaliação.

Temperaturas acima de 35°C, especialmente quando associadas a condições de baixa umidade do solo, podem comprometer a germinação devido ao estresse térmico e hídrico, o que explica a baixa taxa de germinação observada aos 30 dias em todos os tratamentos, por estarem em condições ambientais desfavoráveis. Estudos confirmam que temperaturas de 25 °C e 30 °C promovem melhor germinação em comparação com temperaturas mais baixas (20 °C) ou mais altas (35 °C). Nesse sentido (Pérez Mendoza et al., 2015; Ojeda et al., 2021). Pérez Mendonza et al. (2015) relata que a velocidade de germinação aumenta em temperaturas mais altas, porém

apenas as sementes mais vigorosas germinam, ocasionando baixa porcentagem de germinação, o contrário ocorre em temperaturas mínimas, onde há redução na velocidade de germinação e consequentemente alteração na uniformidade de emergência.

É importante ressaltar que os herbicidas de contato, utilizados como dessecantes químicos em pré-colheita como o Diquat, Flumioxazina e Glufosinato de Amônio, podem contaminar diretamente as sementes, sendo necessário estudos para definir os modos de aplicação e principalmente o tempo de carências (Martins, 2013), bem como o efeito desses produtos durante o armazenamento.

Os menores resultados observados com sementes dessecadas utilizando o Glufosinato de amônio, sugerem que o produto pode ter provocado efeitos sobre a qualidade das sementes, tornando mais suscetíveis aos efeitos do armazenamento. Marcos Filho (2015a) destaca que após a aplicação de um produto de contato, a transferência de reservas da planta para a semente é interrompida bruscamente, o que pode prejudicar a germinação e o vigor, pois o processo de maturação não é completado naturalmente. Já para os produtos sistêmicos, que é absorvido para depois ser translocado, não há essa interrupção imediata.

Comparado ao Glifosato, o Glufosinato de amônio apresenta menor translocação para as sementes e ação mais rápida, levando à necrose dos tecidos. Estudos indicam que sua aplicação em culturas como o gergelim tem um impacto limitado na germinação das sementes, embora sua eficácia varie conforme as condições climáticas (Pereira et al., 2021).

De modo geral, os resultados evidenciam que a emergência de plântulas pode ser influenciada pelo tipo de herbicida aplicado, sendo o Glufosinato o que apresentou maior impacto negativo, enquanto os demais mantiveram estabilidade semelhante à testemunha. Além disso, a manutenção de valores de emergência superiores a 50% ao longo de todo o período reforça a viabilidade das sementes mesmo após armazenamento prolongado.

4.3. Massa seca

No presente estudo, observou-se que, independentemente do tratamento, a massa seca apresentou um comportamento quadrático ao longo do tempo de armazenamento (Figura 4), com tendência de crescimento inicial até cerca de 45–60

dias, seguido por queda acentuada até 90 dias.

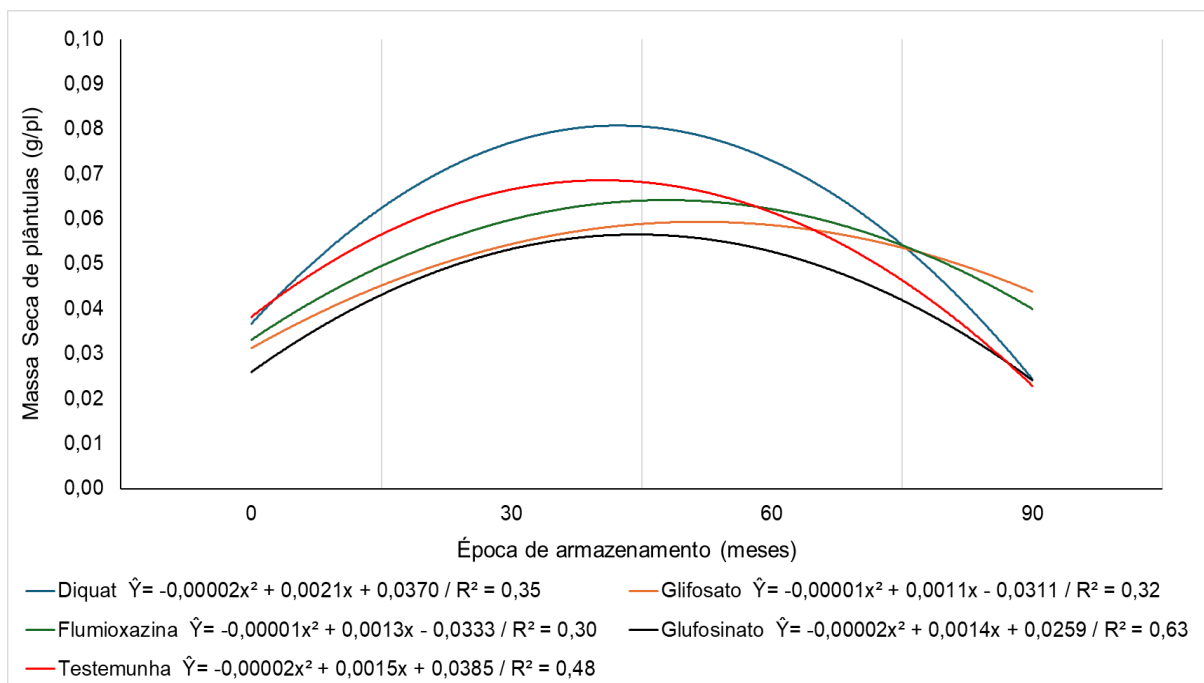


Figura 4. Efeito do período de armazenamento (0, 30, 60 e 90 dias) sobre a qualidade fisiológica de sementes submetidas à dessecação. Avaliações realizadas por meio do teste de Massa Seca de plântulas.

O modelo ajustado apresentou coeficientes de determinação (R^2) relativamente baixos para a maioria dos tratamentos (variando de 0,30 a 0,48), exceto para o glufosinato, que alcançou $R^2 = 0,63$. Assim, mesmo com R^2 entre 0,30 e 0,63, o padrão das curvas ajustadas representa uma tendência fisiológica plausível, com acúmulo de massa até cerca de 45 dias, seguido de decréscimo, possivelmente associado à perda de vigor fisiológico das sementes.

A massa seca de plântulas é um indicador crucial do vigor e da qualidade fisiológica das sementes de gergelim, refletindo sua capacidade de desenvolver tecidos funcionais e acumular biomassa. Pesquisas indicam que diversos fatores, incluindo a posição dos frutos no caule da planta e os métodos de fertilização, influenciam significativamente a massa seca das plântulas e a qualidade geral das sementes (Nogueira Filho et al., 2017; Silva et al., 2017). A testemunha apresentou maior acúmulo de massa seca ao longo do armazenamento do que os tratamentos com herbicidas, indicando que a ausência de resíduos químicos favoreceu o desenvolvimento inicial das plântulas. Aos 0 dias a testemunha apresentou maior valor inicial (0,03 g/pl) em comparação aos demais tratamentos, no entanto, o valor máximo também foi observado por volta de 45–60 meses (0,058 g/pl), seguido de uma redução

natural, associada à perda gradual de vigor das sementes ao longo do tempo, assim como os outros tratamentos.

Entre os tratamentos com herbicidas, Diquat foi o que apresentou maior acúmulo de massa seca, com valor máximo aproximado de 0,078 g/pl por volta dos 45–50 dias, superior à testemunha (0,070 g/pl). Apesar do ajuste moderado ($R^2 = 0,35$), os resultados sugerem que, nas condições aplicadas, o Diquat não comprometeu o desenvolvimento das plântulas, podendo ter tido baixo ou nulo efeito residual sobre as sementes.

Embora o Glufosinato tenha apresentado o melhor ajuste entre os modelos ($R^2 = 0,63$), resultou em menor acúmulo de massa seca, com valor máximo de aproximadamente 0,050 g/pl aos 35 dias, inferior aos demais tratamentos. A partir desse ponto, observou-se declínio acentuado até os 90 dias, reforçando os indícios de um efeito fitotóxico tardio do herbicida, corroborado também pelos resultados de emergência (Figura 2). O glufosinato, apresenta efeitos fitotóxicos em diversas culturas, incluindo as sementes de gergelim, embora seu impacto possa variar de acordo com as taxas de aplicação e as condições ambientais. Pesquisas indicam que o glufosinato atua principalmente sobre a glutamina sintetase, levando ao acúmulo de espécies reativas de oxigênio (ROS) e, conseqüentemente, à fitotoxicidade em plantas sensíveis (Takano et al., 2020).

Flumioxazina e Glifosato apresentaram desempenhos intermediários, ambos alcançaram valores máximos próximos de 0,064 g/pl e 0,058 g/pl, respectivamente, até cerca de 45 dias de armazenamento, mantendo comportamento semelhante ao da testemunha no início do período. No entanto, observaram-se quedas mais acentuadas na massa seca após os 60 dias, o que pode estar relacionado a presença residual dos herbicidas ou de sua interação com o tempo de armazenamento.

Embora o armazenamento prolongado geralmente resulte na redução da qualidade fisiológica das sementes, refletida por menor porcentagem de emergência e acúmulo de biomassa, os dados obtidos neste estudo indicam um comportamento atípico, especialmente nos primeiros meses de armazenamento. Observou-se um aumento na massa seca de plântulas aos 30 e 60 dias (Figura 4), mesmo com uma redução no número de plântulas emergidas (Figura 2).

De modo geral, os resultados indicam que a capacidade de acúmulo de massa seca é sensível ao tempo de armazenamento e ao tipo de herbicida utilizado,

sendo observada uma tendência comum de aumento seguido de declínio, consistente com padrões de perda de vigor fisiológico descritos na literatura (Vieira et al., 2002; Bewley et al., 2013).

Além disso, é possível que o ambiente experimental tenha favorecido a alocação de recursos para menos indivíduos emergentes, resultando em maior disponibilidade de substrato, luz e umidade por plântula, o que também pode ter contribuído para o maior acúmulo de biomassa. Essa situação reforça a importância de analisar não apenas o percentual de emergência, mas também a qualidade das plântulas formadas, visto que uma população menor, porém vigorosa, pode ter desempenho agrônômico superior ao campo (Bewley et al., 2013; Marcos Filho, 2015b).

Outra possibilidade a ser considerada como explicação para o aumento da massa seca, mesmo diante da redução no número de plântulas emergidas, refere-se à diminuição da competição intraespecífica por recursos. Nos períodos em que se observou menor taxa de emergência (Figura 2), houve, concomitantemente, um aumento na massa seca individual das plântulas (Figura 4), principalmente aos 30 e 60 dias após a semeadura, nos primeiros meses de armazenamento. Isso sugere que a menor densidade de plântulas por unidade de área pode ter favorecido o crescimento individual, uma vez que cada plântula passou a dispor de maior quantidade de recursos ambientais como luz, água, nutrientes e espaço radicular.

Essa menor competição pode ter compensado, em parte, os efeitos fisiológicos negativos do envelhecimento das sementes, possibilitando o desenvolvimento de plântulas mais robustas, embora em menor número. Situação semelhante foi relatada por Carvalho e Nakagawa (2012), que observaram maior crescimento individual de plântulas em condições de baixa densidade de emergência, associado à maior disponibilidade de substrato por planta.

Assim, os resultados reforçam a ideia de que a qualidade da plântula não depende exclusivamente da quantidade de sementes viáveis, mas também das condições ambientais e espaciais disponíveis no momento da emergência, as quais podem influenciar diretamente o acúmulo de biomassa.

4.4. Envelhecimento acelerado

Ao contrário dos demais testes, o resultado do envelhecimento acelerado não

apresentou a mesma tendência. De maneira geral, a Figura 5 mostra que todas as curvas apresentaram tendência de aumento na porcentagem de sementes viáveis após o teste, indicando resistência progressiva ao estresse, com diferentes intensidades entre os tratamentos.

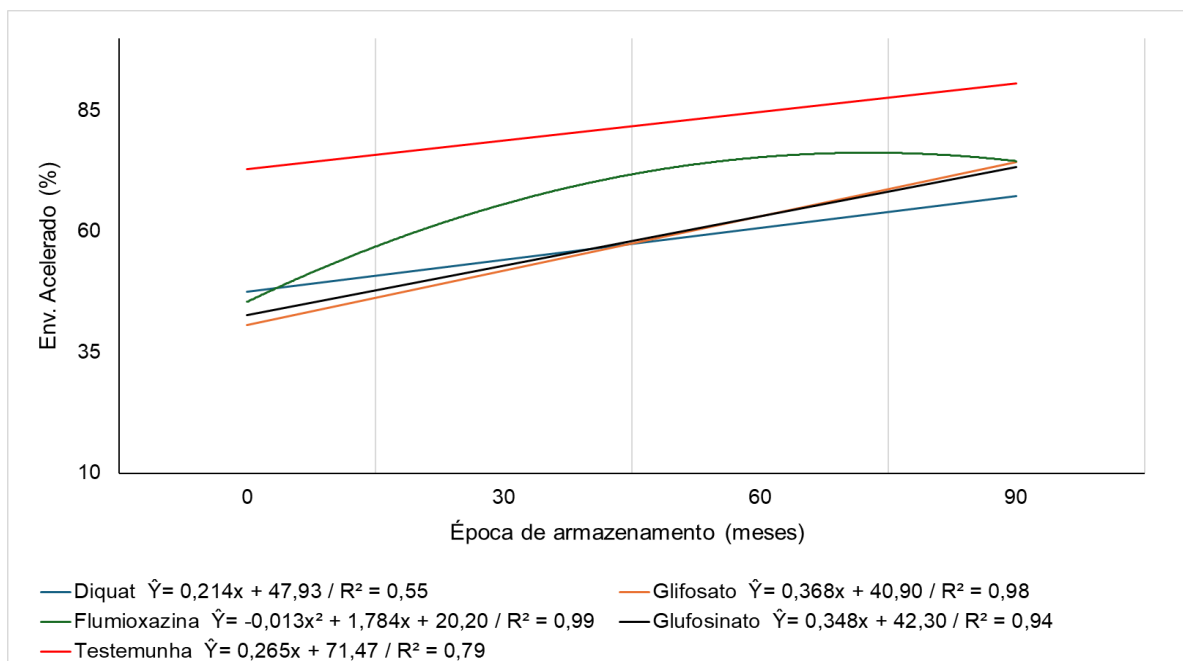


Figura 5. Efeito do período de armazenamento (0, 30, 60 e 90 dias) sobre a qualidade fisiológica de sementes submetidas à dessecação. Avaliações realizadas por meio do teste de Envelhecimento Acelerado.

A testemunha apresentou os maiores valores absolutos de vigor ao longo de todo o período, com aumento contínuo de aproximadamente 71% para 95%, revelando uma preservação efetiva da qualidade fisiológica durante os 90 meses de armazenamento. O modelo linear ajustado ($R^2 = 0,79$) indica consistência na resposta positiva ao envelhecimento, possivelmente devido à ausência de resíduos herbicidas que pudessem comprometer os sistemas de reparo celular e a integridade das membranas.

Entre os tratamentos com herbicidas, Flumioxazina apresentou um comportamento distinto dos demais, com modelo quadrático altamente ajustado ($R^2 = 0,99$). A porcentagem de envelhecimento acelerado aumenta até cerca de 70% aos 60 dias e então estabiliza ou apresenta leve queda até os 90 dias. Esse padrão pode indicar uma resposta inicial positiva ao armazenamento, seguida de saturação fisiológica ou limitação adaptativa tardia. Ainda assim, manteve desempenho superior à maioria dos herbicidas testados.

Glifosato e Glufosinato apresentaram modelos lineares com excelente ajuste

($R^2 = 0,98$ e $0,94$, respectivamente) e taxas constantes de aumento do vigor ao longo do tempo, atingindo valores de cerca de 74% (Glifosato) e 73% (Glufosinato) aos 90 dias. Embora não tenham superado a testemunha, esses dados indicam resiliência das sementes, mesmo na presença de resíduos desses herbicidas, especialmente considerando os efeitos negativos previamente observados na massa seca e emergência. Para Diquat, apesar de apresentar o menor R^2 ($0,55$), também apresentou tendência de aumento, com valores finais de envelhecimento acelerado próximos de 66%, porém inferiores aos demais tratamentos.

Para avaliar a qualidade das sementes podem ser realizados diferentes testes que tem o potencial de identificar as principais alterações envolvidas na deterioração das sementes. Dentre as principais alterações envolvidas na deterioração, destacam-se o esgotamento das reservas, alteração da composição química, alteração de enzimas, redução da integridade e o aumento da permeabilidade das membranas (Silva et al., 2020b).

O teste de envelhecimento acelerado tem como objetivo avaliar a resistência das sementes ao estresse térmico e hídrico, sendo amplamente utilizado como um dos principais indicadores do vigor fisiológico (Marcos-Filho, 2015a). Contudo, um fator crítico nesse teste é o teor de água inicial das sementes, pois ele afeta diretamente a velocidade de absorção hídrica e a intensidade do estresse imposto. Sementes com baixo teor de umidade, como é o caso do gergelim, podem apresentar respostas distintas ao envelhecimento acelerado. Nessas condições, a exposição ao estresse hídrico e térmico pode simular um condicionamento fisiológico, ativando mecanismos de defesa metabólica e promovendo respostas positivas ao envelhecimento, ao invés de deterioração acentuada (Torres, 2004; Kavitha et al., 2017).

No presente estudo, os teores de umidade variaram de 4,4% a 5,1%, sem diferença significativa entre os tratamentos. Esse controle hídrico garantiu condições equitativas de estresse durante o teste, eliminando um possível fator de viés nos resultados. De forma interessante, mesmo com esses baixos teores de água, que poderiam, em tese, aumentar a sensibilidade ao envelhecimento, as sementes apresentaram manutenção ou aumento do vigor ao longo do tempo de armazenamento em todos os tratamentos. Esse comportamento confirma o que a literatura descreve como um efeito de condicionamento fisiológico em sementes

ortodoxas de baixa umidade, e pode ser explicado pela ativação de sistemas antioxidantes e pela seleção de sementes mais resistentes que permaneceram viáveis durante o armazenamento (Bewley et al., 2013; Marcos-Filho, 2015b). Isso reforça a hipótese de que a resiliência fisiológica observada está mais relacionada à ação dos herbicidas e ao tempo de exposição, e não ao teor de água presente nas sementes.

Apesar de o envelhecimento fisiológico ser, em geral, agravado pelo tempo de armazenamento, como observado por Kavitha et al. (2017), que relataram redução na germinação de sementes de gergelim e no vigor das plântulas submetidas ao teste de envelhecimento acelerado; os resultados deste estudo demonstram que o vigor das sementes se manteve ou até aumentou em todos os tratamentos ao longo do tempo. Esse comportamento sugere que as condições de armazenamento foram adequadas para evitar uma deterioração acentuada e que, possivelmente, houve ativação de mecanismos de defesa ou tolerância ao estresse em sementes mais vigorosas, que resistiram ao envelhecimento natural. Além disso, a redução da emergência em alguns tratamentos pode ter atuado como um filtro fisiológico, permitindo a emergência apenas das sementes mais resistentes, o que se refletiu em um melhor desempenho no teste de envelhecimento acelerado.

Cabe ressaltar que os estudos sobre testes de vigor voltados para as grandes culturas (Alahakoon et al., 2021; Silva et al., 2022b; Jo et al., 2023; Silva et al., 2024), como o envelhecimento acelerado, já se encontram amplamente estabelecidos, em comparação aos estudos de sementes de gergelim. Portanto, ainda há necessidade de maiores estudos, especialmente para avaliar a combinação entre o período de exposição e a temperatura durante a incubação no teste de envelhecimento acelerado.

Um estudo com arroz transgênico, foi observado que as taxas de germinação das sementes com superexpressão do gene *OsMyBas1* aumentaram significativamente em 25,0% e 21,7% em comparação com o tipo selvagem após o envelhecimento acelerado, indicando que esse gene regula positivamente a germinação de sementes sob condições de estresse (Wu, 2025). De forma semelhante, as sementes de gergelim também foram submetidas a condições de estresse devido à aplicação de dessecantes, o que pode ter provocado ou desencadeado alterações fisiológicas relevantes.

Pelo teste de envelhecimento acelerado é possível simular o processo de

envelhecimento das sementes, pois o estresse com alta temperatura e umidade acelera as mudanças fisiológicas e bioquímicas que ocorrem nas sementes ao longo do tempo (Bertolin et al, 2011). Embora os testes de envelhecimento acelerado forneçam informações valiosas sobre a qualidade das sementes, é essencial considerar que esses testes podem não replicar totalmente os processos naturais de envelhecimento, potencialmente levando a resultados diferentes no desempenho das sementes em condições de campo (Marcos Filho et al., 1999) e que tratamentos específicos e até mesmo modificações genéticas podem aumentar as taxas de germinação, sugerindo estratégias potenciais para melhorar a viabilidade das sementes nas práticas agrícolas (Wu, 2025).

4.5. Tetrazólio

A viabilidade das sementes de gergelim, avaliada por meio do teste de tetrazólio, apresentou variações significativas entre os tratamentos com dessecantes e os períodos de armazenamento (Figura 6). De modo geral, os dados revelam que o armazenamento prolongado afetou negativamente a qualidade fisiológica das sementes, conforme descrito por Marcos Filho (2015b), que aponta a deterioração celular, a perda de integridade de membranas e a redução da atividade metabólica como causas centrais da perda de viabilidade em sementes ortodoxas ao longo do tempo.

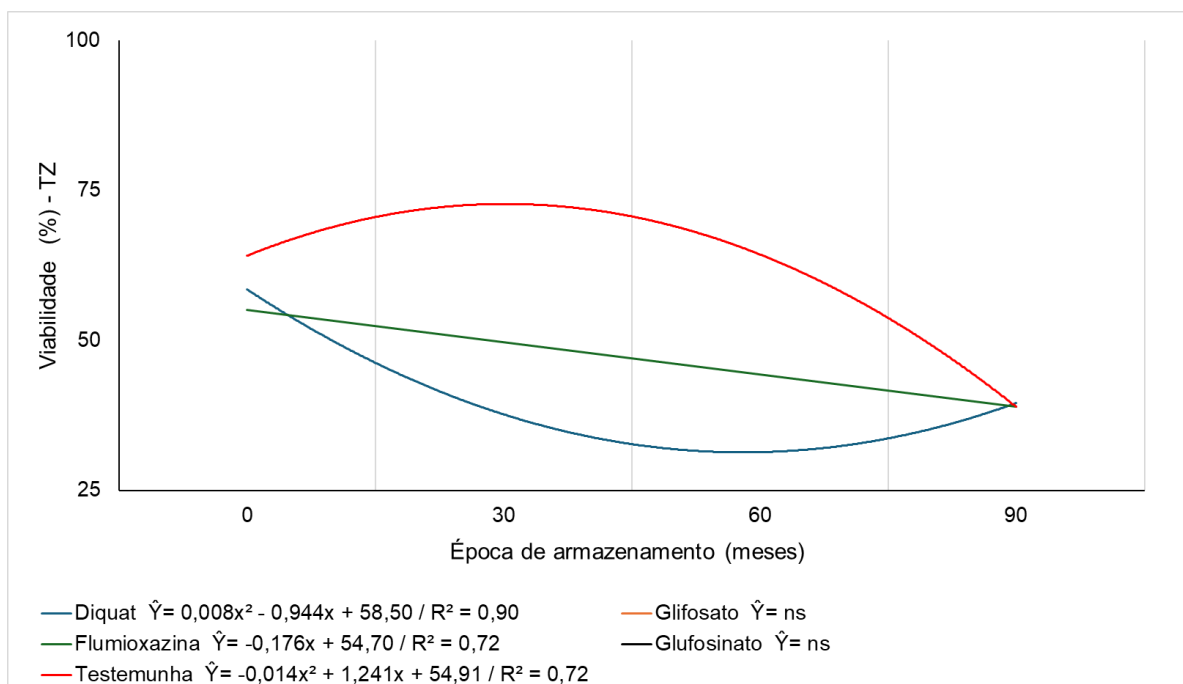


Figura 6. Efeito do período de armazenamento (0, 30, 60 e 90 dias) sobre a qualidade fisiológica de sementes submetidas à dessecação. Avaliações realizadas por meio do teste de Tetrazólio.

Com base nos resultados, observa-se que o tratamento testemunha apresentou os maiores valores de viabilidade em todos os tempos, com pico estimado de aproximadamente 73% aos 30 dias, seguido por um declínio até cerca de 45 % aos 90 dias, conforme equação ajustada ($R^2 = 0,72$). Isso reflete uma menor suscetibilidade das sementes ao estresse oxidativo na ausência de herbicidas, indicando que os danos fisiológicos se acumulam de maneira mais lenta sem a interferência de agentes químicos.

O tratamento com Diquat apresentou comportamento distinto, com queda acentuada na viabilidade até os 60 dias (~30%), seguido de um leve aumento para aproximadamente 45% aos 90 dias, com alto coeficiente de determinação ($R^2 = 0,90$). Esse padrão, representado por uma curva quadrática de concavidade positiva, pode ser explicado pela seleção fisiológica natural, em que apenas as sementes mais resistentes permanecem viáveis após longos períodos de armazenamento. Esse comportamento de redução pode ser atribuído à toxicidade elevada do composto, que promove danos oxidativos às membranas celulares, acelerando a deterioração das sementes. Segundo estudos de Dayan e Duke (2014), herbicidas com ação oxidativa têm o potencial de intensificar a perda de vigor e viabilidade das sementes ao longo do armazenamento.

Embora, o aumento final possa não representar uma “recuperação” real da qualidade, ele indica que o lote manteve uma fração de sementes tolerantes aos estresses acumulados. A significância estatística da interação entre dessecante e tempo ($p < 0,05$) confirma que o Diquat influenciou de forma diferenciada a viabilidade das sementes ao longo do tempo. De acordo com estudos feitos por Santos et al. (2020) em gergelim, o Diquat proporcionou uniformidade na maturação e preservou o vigor das sementes, mas exigiu maior controle operacional durante a aplicação.

O tratamento com Flumioxazina demonstrou uma queda contínua e linear na viabilidade, com valores estimados decrescendo de ~55% para ~45% entre 0 e 90 dias. Ainda assim, a curva apresentou ajuste moderado ($R^2 = 0,72$), sugerindo consistência nos dados. Esses resultados reforçam que os efeitos dos dessecantes não se limitam ao momento da aplicação, podendo influenciar negativamente a longevidade e a qualidade fisiológica das sementes de forma diferenciada. O fato de a testemunha manter os maiores valores de viabilidade e o Diquat demonstrar um comportamento de recuperação “parcial” sugere que alguns dessecantes podem ser menos prejudiciais ao metabolismo celular das sementes, ou que sua ação residual se dissipe mais rapidamente.

Importante destacar que, embora a viabilidade do TZ permaneça acima de 45% em quase todos os tratamentos até 90 meses, o declínio acentuado na maioria deles alerta para limitações no armazenamento prolongado de sementes dessecadas quimicamente. Estratégias que associem manejo pós-colheita adequado, escolha de dessecantes menos agressivos e condições ideais de armazenamento são fundamentais para preservar a qualidade das sementes ao longo do tempo (Sharma et al., 2023; Gebregergis et al., 2024). Embora essas estratégias sejam eficazes, Usman et al. (2022) destacam que as limitações econômicas enfrentadas pelos agricultores podem restringir a adoção de tecnologias avançadas de pós-colheita, resultando em perdas contínuas de qualidade nas sementes de gergelim.

A classificação das sementes de gergelim pelo teste de tetrazólio seguiu o método proposto por Jesus et al. (2015), que permite avaliar a viabilidade e o vigor das sementes por meio da coloração do tecido embrionário. O teste de tetrazólio não apenas confirma a viabilidade, mas também destaca a ocorrência de danos que comprometem o desempenho das sementes.

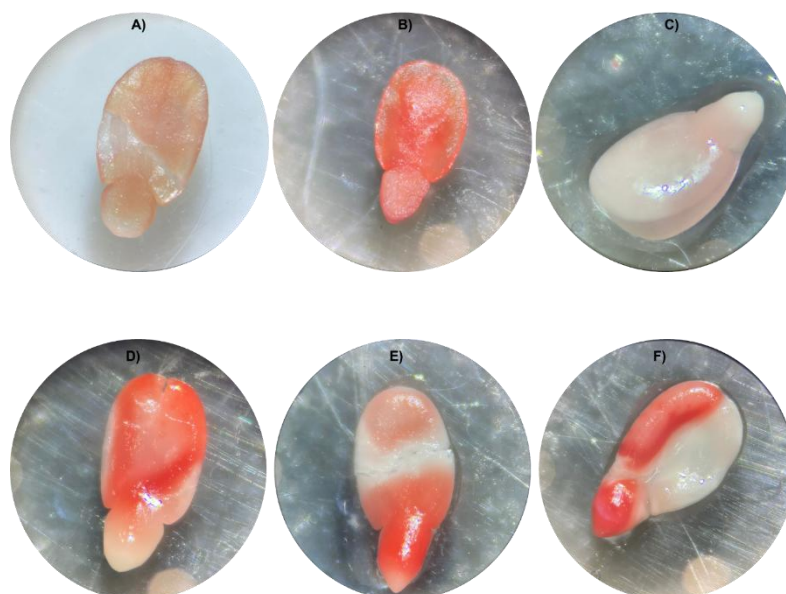


Figura 6. Avaliações realizadas por meio do teste de Tetrazólio: Sementes viáveis (A e B), semente morta (C) e sementes não viáveis (D, E e F).

Com base nessa coloração, observou-se que sementes submetidas a menores concentrações de dessecantes ou ao controle (sem aplicação) apresentaram coloração intensa e/ou uniforme (Figuras 6A e 6B), sendo classificadas como viáveis e metabolicamente ativas. Em contrapartida, sementes com coloração ausente ou brancas (Figura 6C) foram consideradas mortas, confirmando sua inviabilidade; e aquelas com coloração parcial ou irregular (Figuras 6D, 6E e 6F), frequentemente associadas a danos mecânicos ou fisiológicos, foram classificadas como não viáveis. Esses padrões de coloração corroboram os resultados obtidos anteriormente, que indicaram o Diquat como o dessecante mais prejudicial à viabilidade das sementes, enquanto o Glufosinato de Amônio e o Glifosato mostraram efeitos menos severos. Assim, a análise visual proporcionada pelo teste de tetrazólio confirma o impacto diferencial dos herbicidas sobre a integridade fisiológica das sementes e reforça a necessidade de práticas que minimizem danos durante o manejo e armazenamento.

5. CONCLUSÕES

Tanto o tipo de dessecante aplicado quanto o tempo de armazenamento influenciam significativamente a qualidade fisiológica das sementes de gergelim.

Estudos com períodos de armazenamento mais longos e dosagem de dessecantes são recomendados, a fim de melhor compreender as possíveis interações entre esses produtos aplicados em pré-colheita e o desempenho fisiológico das sementes ao longo do tempo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALAHAKOON, A. A. C. B., ABEYSIRIWARDENA, D. D. Z., DAMUNUPOLA, J. W., HAY, F. R., GAMA-ARACHCHIGE, N. S. Accelerated aging test of seed vigour for predicting field emergence of wet direct-seeded rice. **Crop and Pasture Science**. 72(10): 773-781, 2021.
- ALMEIDA, T. T, OLIVEIRA, A. S., SANTOS, F. A. S. Análise de imagem para detecção da morfometria de sementes de gergelim durante a maturação. **Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana**. 22(10): 1–15, 2024.
- ANDRADE, P. B. D. FREITAS, B. M. ROCHA. E. E. D. M. LIMA, J. A. D, RUFINO, L. L. Biologia floral e exigências de polinização do gergelim (*Sesamum indicum* L.). **Acta Scientiarum**. 36(1): 93-99, 2014.
- ASSIS, M. DE O., ARAÚJO, E. F., FREITAS, F. C. L. DE, SILVA, L. J. DA, ARAUJO, R. F. Pre-Harvest Desiccation in Productivity and Physiological Quality of Cowpea Seeds. **Planta Daninha**. 37: 019177741, 2019.
- AZEVEDO, M. R., DE GOUVEIA, J. P., TROVÃO, D. M. D. M., QUEIROGA, V. D. P. Influência das embalagens e condições de armazenamento no vigor de sementes de gergelim. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 7: 519-524, 2003.
- BAATH, G. S. KAKANI, V. G. NORTHUP, B. K. GOWDA, P. H. ROCATELI, A. C. SINGH, H. Quantifying and modeling the influence of temperature on growth and reproductive development of sesame. **Journal of Plant Growth Regulation**. 41(1), 143-152, 2022.
- BARROS, M. A.L.; SANTOS, R. F. dos; BENATI, T.; FIRMINO, P. de T..; Importância Econômica e Social. In: BELTRÃO, N. E. de M.; VIEIRA, D. J. **O Agronegócio do gergelim no Brasil**. Brasília: EMBRAPA, Comunicação para Transferência de Tecnologia, 21 –35, 2021.
- BEDAWY, I. M., and MOHAMED, N. E. M. Phenotypic and Genotypic Variability in a Set of Sesame (*Sesamum indicum* L.) Genotypes. **Egyptian Journal of Agronomy**. 40(3), 193–205, 2018.
- BEDIGIAN, D. Systematics and evolution in *Sesamum* L. (Pedaliaceae), part 1: Evidence regarding the origin of sesame and its closest relatives. **Webbia**. 70(1), 1-42 (2015).
- BERTOLIN, D. C., SÁ, M. E., MOREIRA, E. R. Parâmetros do teste de envelhecimento acelerado para determinação do vigor de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**. 33(1), 104-112, 2011.
- BEWLEY, J. D., BRADFORD, K., HILHORST, H. Seeds: physiology of development,

germination and dormancy. **Springer Science & Business Media**. 392: 2012.

BORNHOFEN, E.; BENIN, G.; GALVÃO, J. C. C.; FLORES, M. F. Épocas de semeadura e desempenho qualitativo de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. 45(1): 46-55, 2015.

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

BRUNHARO, C. A. D. C. G., CHRISTOFFOLETI, P. J., NICOLAI, M. Aspectos do mecanismo de ação do amonio glufosinato: Culturas resistentes e resistência de plantas daninhas. **Revista Brasileira de Herbicidas**. 13(2), 2014. <https://doi.org/10.7824/rbh.v13i2.293>

CARDOSO, C. P., PERISSATO, S. M., BIANCHI, L., RIBEIRO, M., CHAMMA, L., SILVA, E. A. D. Characterization of acquisition of physiological quality in soybean seeds from desiccated plants. **Journal of Seed Science**. 46: e202446013, 2024.

CARVAJAL, C., MÁRQUEZ, M., GUTIÉRREZ, B., GONZÁLEZ-VERA, A., ARELLANO, J., ÁVILA, M. Aspectos de fisiología, deterioro y calidad en semilla de soja. **Revista Alcance**. 73, 76-92, 2017.

CARVALHO, N. M., NAKAGAWA, J. **Sementes: Ciência, Tecnologia e Produção**. Jaboticabal: Funep, 2000.

CHENG, R., LIAO, X., ADDOU, A. M., QIAN, J., WANG, S., CHENG, Z., ... HUANG, J. Effects of “nine steaming nine sun-drying” on proximate composition, oil properties and volatile compounds of black sesame seeds. **Food Chemistry**. 344: 128577, 2021.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: Safra 2024/2025**. Brasília, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/atualizacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-graos/monitoramento-agricola/monitoramento-agricola>. Acesso em 22 de fevereiro de 2025.

DAYAN, F. E.; DUKE, S. O. Sondagem dos mecanismos de ação das fitotoxinas como base para a descoberta de herbicidas. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 62(13): 3681-3691, 2014.

FAO – Food And Agriculture Organization Of The United Nations. **Sesame (*Sesamum indicum* L.)**. Rome: FAO, 2021.

FIGUEIREDO, G. R. G., PEREIRA, C. E., SACRAMENTO, C. K. Dessecação e viabilidade de sementes de graviola. **Scientia Plena**. 15(6): 1-5, 2019.

FIGUEROA, D. A.; MACHADO, T. M.; PELEGRIN, J. H. B.; CERVO, F. M.; RAMOS, A. C. M.; PEREIRA, A. E. S. Perdas na colheita do gergelim. **Agriworld**. 11(1): 42-49, 2020.

FREIRE, P. C. M., MANCINI-FILHO, J., FERREIRA, T. A. P. D. C. Principais alterações físico-químicas em óleos e gorduras submetidos ao processo de fritura

por imersão: regulamentação e efeitos na saúde. **Revista de Nutrição**. 26: 353-358, 2013.

FREITAS BUENO, A., BORTOLOTO, O. C., DE FREITAS BUENO, R. C. O., HAMADA, E., FAVETTI, B. M., SILVA, G. V. Efeitos do aquecimento global sobre pragas de oleaginosas. **Aquecimento Global e Problemas Fitossanitários**. 280, 2017.

GALON, L., DE OLIVEIRA, B. C., BAGNARA, M. A. M., SCHMITZ, M. H., DE OLIVEIRA, C. V., PIGATTO, S. C., ... TIRONI, S. P. Manejo químico de plantas daninhas infestantes da cultura do trigo. **Brazilian Journal of Science**, 2(8), 1-22, 2023.

GARCIA, D. C.; BARROS, A. C. S. A.; PESKE, S. T.; MENEZES, N. L. A Secagem de Sementes. **Ciência Rural**. 34 (2): 603-608, 2004.

GEBREGERGIS, Z., BARAKI, F., FISESEHA, D. Effects of environmental factors and storage periods on sesame seed quality and longevity. **CABI Agriculture and Bioscience**. 5(1): 1-11, 2024.

GRICHAR, W. J., ROSE, J. J., DOTRAY, P. A., TREDAWAY, J. A., BAGAVATHIANNAN, M. V., SHANKLE, M. W., LANGHAM, D. R. W. Sesame (*Sesamum Indicum* L.) Response to Delayed Applications of Preemergence Herbicides Applied 3 or 6 Day After Emergence. **Journal of Experimental Agriculture International**. 43(1): 34–50, 2021.

GUPTA, S. K. (Ed.). **Melhoramento de culturas oleaginosas para produção sustentável: oportunidades e restrições**. Academic Press, 2015, 584p.

HABIBULLAH, M., SARKAR, S., ISLAM, M. M., AHMED, K. U., RAHMAN, MD. Z., AWAD, M. F., ELSAYED, A. I., MANSOUR, E., HOSSAIN, MD. S. Assessing the Response of Diverse Sesame Genotypes to Waterlogging Durations at Different Plant Growth Stages. **Plants**. 10(11): 2294, 2021.

HUSSEIN, Y., AMIN, G., AZAB, A., GAHIN, H. Induction of drought stress resistance in sesame (*Sesamum indicum* L.) plant by salicylic acid and kinetin. **Journal of Plant Sciences**. 10(4): 128, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FEIJÃO E PULSE (IBRAFE). **O aumento da demanda por Gergelim (2023)**. Disponível em: <https://ibrafe.org/artigo/o-aumento-da-demanda-por-gergelim->. Acesso em 15 de fevereiro de 2024.

ISTA (*International Seed Testing Association*) **Regras Internacionais para Testes de Sementes**. 2020.

JESUS, L. L., NERY, M. C., ROCHA, A. S., MELO, S. G., CRUZ, S. M., e DIAS, D. C. Teste de tetrazólio para sementes de *Sesamum indicum*. **Revista de Ciências Agrárias**, 38(3): 422-428, 2015.

JO, H., NOY, N., SONG, J. T., LEE, J. D. Selection of soybean accessions with seed storability test under accelerated aging conditions. **Plant Breeding and**

Biotechnology, 11(4): 263-270, 2023.

JONES, G. M., VALE, J. A. Mechanisms of Toxicity, Clinical Features, and Management of Diquat Poisoning: A Review. **Journal of Toxicology: Clinical Toxicology**, 38(2): 123–128, 2020.

KALPANA, R., VENKATARAMAN, N. S., BABU, R. Bio-efficacy of flumioxazine for weed management in soybean and its residual effect on succeeding crops. **Indian Journal of Weed Science**, 49(3), 295-297, 2017.

KAREM, S. Z. TAHA, S. S. Physiochemical Properties Characterization of Local Sesame Seeds (*Sesamum indicum* L.) Grown in Kurdistan Region. **Al-Qadisiyah Journal for Agriculture Sciences**. 12(2): 41-48, 2022.

KAVITHA, S., MENAKA, C., ANANTHI, M. Deterioration in sesame (*Sesamum indicum* L.) seeds under natural and accelerated ageing. **International Journal of Chemical Studies**. 5(4): 1141-1146, 2017.

KISHLYAN, N. V., ASFANDIYAROVA, M. SH., YAKUSHEVA, Y. V., DUBOVSKAYA, A. G. Biological features and cultivation of sesame (a review). **Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding**. 182(4): 156-165, 2021.

KUMAR, D., KALITA, P. Reducing postharvest losses during storage of grain crops to strengthen food security in developing countries. **Foods**. 6(1): 8, 2017.

LAYEK U, BHANDARI T, DAS A, KARMAKAR P. Floral visitors of sesame (*Sesamum indicum* L.): Elucidating their nectar-robbing behaviour and impacts on the plant reproduction. **PLoS ONE**. 19(4): e0300398, 2024.

LIMA, D. D. C., DUTRA, A. S., CAMILO, J. D. M. Physiological quality of sesame seeds during storage. **Revista Ciência Agronômica**, 45: 138-145, 2014.

LIMA, J. J. P.; ROCHA, A. G. DA; SILVA, G. F. DA; FONTES, L. DE O.; GONÇALVES, E. P.; VIANA, J. S. Dessecação química e épocas de aplicação na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Contribuições para Las Ciencias Sociales**. 17 (9): e10350, 2024.

LOPES, M. F. Q. **Alterações Fisiológicas nos Componentes de Rendimento e Qualidade Nutricional do Gergelim Associadas a Aplicações de Dessecante**. Areia, PB, 2023.

MAGUIRE, J. A. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**. 2(2): 176-177, 1962.

MARCOS FILHO, J. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. **Scientia agricola**, 72(4): 363-374, 2015b.

MARCOS FILHO, J.; KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R. D. **Vigor de sementes: conceitos e testes** - Londrina: ABRATES, 1999. p. 93-104.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas**. Londrina: ABRATES, 2015^a, p. 659.

MARTINS, T. Herbicida Paraquat: conceitos, modo de ação e doenças relacionadas. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**. 34(2): 175-186, 2013.

MARTINS, L. A., MAIA, J. C. D. S., BASÍLIO, J. P., CAMILI, E. C., MELO, S. P. D. Growth and seed yield of K3 sesame crops in a typic hapludox with potassium fertilization. **Revista Caatinga**. 37: e12504, 2024.

McDONALD, M. B., COPELAND, L. O. **Seed production: principles and practices**. Springer Science & Business Media, 2012, p. 749.

MENDES, K. F., SILVA, A. A., MIELKE, K. C. Classificação, seletividade e mecanismos de ação de herbicidas. In: K.F. MENDES, K. F., SILVA, A. A. (Eds.). **Plantas Daninhas: Herbicidas (2)**, Oficina de Textos, São Paulo, 2022, p. 7-56.

MENDOZA, C. P.; FUENTES, L. T.; AGUILERA, L. A., DE CRISTALDO, R. M. O. Efeito de diferentes temperaturas na qualidade fisiológica de sementes de gergelim. **Pesquisa Agrícola**. 17 (2): 122–128, 2015.

MESFER ALSHAMRANI, S., SAFHI, F. A., ALSHAYA, D. S., IBRAHIM, A. A., MANSOUR, H., ABD EL MONEIM, D. Genetic diversity using biochemical, physiological, karyological and molecular markers of *Sesamum indicum* L. **Frontiers in Genetics**, 13: 1035977, 2022.

METRUCCIO, F., TOSTI, L., WILKS, M. F., MORETTO, A. Herbicides. **Patty's Toxicology**. 1-20, 2001.

MIAO, H., LANGHAM, D.R., ZHANG, H. Botanical Descriptions of Sesame. In: Miao, H., Zhang, H., Kole, C. (eds) **The Sesame Genome**. Compendium of Plant Genomes. Springer, Cham. 2021.

MILI, A., DAS, S., NANDAKUMAR, K., LOBO, R. A comprehensive review on *Sesamum indicum* L.: Botanical, ethnopharmacological, phytochemical, and pharmacological aspects. **Journal of Ethnopharmacology**, 281: 114503, 2021.

MOHAMED, A. I. A. MUSA Ö. M. USLU, N. JUHAIMI, F. A. OSMAN, M. A. ALQAH, H. A. BABIKER, E. E. Effect of microwave roasting on color, total phenol, antioxidant activity, fatty acid composition, tocopherol, and chemical composition of sesame seed and oils obtained from different countries. **Journal of Food Processing and Preservation**. 44(10): e14807, 2020.

NASCIMENTO, J. J. V. R., AZEVEDO, C. A. V., SOUSA, J. S. C., MENDES, L. B., NETO, J. D. Eficiência do uso de água do gergelim em função da água disponível no solo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. 6(4): 2011.

NOGUEIRA FILHO, F. P., DE OLIVEIRA, A. B., DE SOUSA PEREIRA, M., DE QUEIROZ LOPES, M. D. F., DA SILVA, R. T. Efetividade do teste de raios x para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de gergelim em função da posição dos frutos na planta. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)**. 12(4): 435-440, 2017.

OGASAWARA, T.; CHIBA, K.; TADA, M. *Sesamum indicum* L.(sesame): in vitro culture, and the production of naphthoquinone and other secondary metabolites. In: **Medicinal and Aromatic Plants X**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1998. p. 366-393.

OJEDA, V. L., OLIVEIRA, A. DOS S., ALMEIDA, T. T., BÁRBARA, C. DAS N. V. Temperatura como fator determinante na primeira contagem do teste de germinação de *Sesamum indicum*. **Revista Ciência Agrícola**. 19(2): 155–163, 2021.

PANDEY, B. B. RATNAKUMAR, P. B. U. K. USHA KIRAN, B. DUDHE, M. Y. LAKSHIMI, G. S. RAMESH, K. GUHEY, A. Identificação de características associadas à tolerância terminal à seca em genótipos de gergelim (*Sesamum indicum* L.). **Fronteiras na Ciência Vegetal**. 739896: 2021.

PATIL, R. Y., BARHATE, K. K., TAGAD, B. A., GIRASE, V. S. Genetic diversity studies in Sesamum. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**. 9(12): 894-906, 2020.

PÉREZ MENDOZA, C., TAVITAS FUENTES, L., AYALA AGUILERA, L., OVIEDO DE CRISTALDO, R. M. Efecto de diferentes temperaturas sobre la calidad fisiológica de semillas de sésamo Effect of different temperatures on physiological quality of sesame seeds. **Investigación agraria**. 17(2): 122-128, 2015.

PORTO, V. C. N.; BELTRÃO, N. E. D. M.; ROCHA, M. D. S.; QUEIROZ, N. L.; FERREIRA, L. L.; TAVARES, M. D. S.; ALENCAR, R. D. **O gergelim e seu cultivo no semiárido brasileiro**. Natal: IFRN, 2013, p. 225.

QUEIROGA, V. P.; SILVA, O. R. R. F. **Tecnologias Utilizadas no Cultivo do Gergelim Mecanizado**. Documentos 203. Embrapa Algodão: Campina Grande, PB, 2008, p. 140.

QURESHI, M., ARSLAN, M., GOLUKCU, M., BERA, S. K., UZUN, B., YOL, E. Assessment of drought tolerance of sesame germplasm with agronomic and quality traits. **Crop Science**. 63(5): 2763-2777, 2023.

RAMANADANE, T., SATHYA, S., HEMALATHA, G., GNANASEKAR, R. Effect of Desiccants and Packaging Materials on Seed Storability in Soybean [Glycine max (L.) Merrill]. **Agricultural Science Digest**. 1-7, 2024.

ROSA, W. B., DUARTE, J. B., PEREGO, I., ALMEIDA, B. H. DE, COSTA, A. C. T. DA, TOMM, G. O. Desempenho agrônômico de canola submetida à dessecação com herbicidas em diferentes estádios fenológicos da maturação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. 23: 419–424, 2019b.

SCHUISTAK, L., MORGAN, I., FIORESE, D., da SILVA, V. Q. R., BOTELHO, S. Qualidade de sementes de duas cultivares de gergelim visando a colheita mecanizada, 2024. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1161950>). Acesso em 16 de fevereiro de 2024.

SHARMA, P., ROY, M., ROY, B., DEKA, S. D. Post harvest management strategies and storage approaches for quality seed production. **Emerging issues in agricultural sciences**. 2: 110-129, 2023.

SILVA, B. N. P., MASETTO, T. E., DA SILVA PEREIRA, G., VILHASANTI, C. B., ARANTES, G. C., DE SOUZA, L. C. F. Características morfológicas e fisiológicas de sementes de trigo mourisco durante a maturação. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**. 15(1): 55-63, 2022b.

SILVA, J. R.; OLIVEIRA, M. A.; SOUZA, P. F. Processos de deterioração em sistemas biológicos: mecanismos e impactos. **Revista de Ciência e Tecnologia dos Alimentos**. 35(2): 215-230, 2020a.

SILVA, L. M., DE SOUZA, A. D. V., PEIXOTO, N., BENETT, K. S. S. Accelerated Aging Test to Determine the Vigor of Mungbean Seeds. **Journal of Agricultural Science**. 11(7), 1-42, 2024.

SILVA, R. T., DE OLIVEIRA, A. B., LOPES, M. D. F. Q., NOGUEIRA FILHO, F. P., NOGUEIRA, A. L. D. S. P., e SILVA, M. N. C. Physiological quality and vigor of sesame seeds due to organic fertilizing and fruits position on stem. **Journal of Cereals and Oilseeds**. 8(1), 1-9, 2017.

SOUSA, U. V. DE, CÔRREA, F. R., SILVA, N. F. DA, CAVALCANTE, W. S. DA S., RIBEIRO, D. F., RODRIGUES, E. Interaction of tank mix between diquat and glyphosate herbicides in desiccation of fallow land. **Brazilian Journal of Science**. 2(2): 61–70, 2023.

TAKANO, H. K., BEFFA, R., PRESTON, C., WESTRA, P., DAYAN, F. E. A novel insight into the mode of action of glufosinate: how reactive oxygen species are formed. **Photosynthesis Research**. 144(3): 361-372, 2020.

TAKVORIAN, N., ZANGUI, H., NAINO JIKA, A. K., ALOUANE, A., SILJAK-YAKOVLEV, S. Genome size variation in *Sesamum indicum* L. germplasm from Niger. **Genes**. 15(6): 711, 2024.

TESFAYE, T., TESFAYE, K., KENENI, G., ALEMU, T. Morphological characteristics and genetic diversity of Ethiopian sesame genotypes. **African Crop Science Journal**. 29(1): 59-76, 2021.

TORRES, S. B. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de erva-doce. **Revista Brasileira de Sementes**. 26(2): 20-24, 2004.

USMAN, M., RAZZAQ, M., KHAN, R. A. R., REHMAN, M. A., ALI, M. M., GULL, S., ... GOLOKHAVAST, K. S. Factors affecting postharvest losses of sesame (*Sesamum indicum* L.) and their mitigation strategies. **Agronomy**. 12(10): 2470, 2022.

VP, V. G., JAYAPAL, A., GOPINATH, P. P. Integrated morphological and biochemical analysis of selected sesame (*Sesamum* spp.) species. **Frontiers in Plant Science**. 16: 1571363, 2025.

WU, R., DING, Y., LI, C., WU, B., HUANG, Z., LI, Z., WANG, X., ZHAO, G. An R2R3-

Type Transcription Factor OsMYBAS1 Regulates Seed Germination under Artificial Accelerated Aging in Transgenic Rice (*Oryza sativa* L.). **Agronomy**. 12(8): 2022.

ZHAO, J.; WEI, T.; CHENG, Q. Danos mecânicos às sementes de gergelim durante o plantio, a colheita e a debulha. **Agricultural Engineering Research**. 45(3): 215-223, 2022.