



DANILO CORDEIRO MACIEL

**APLICAÇÃO DE HERBICIDAS EM DIFERENTES ESTÁDIOS
DE DESENVOLVIMENTO EM SOJA ENLIST® E A
QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES**

**LAVRAS - MG
2023**

DANILO CORDEIRO MACIEL

**APLICAÇÃO DE HERBICIDAS EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE
DESENVOLVIMENTO EM SOJA ENLIST® E A QUALIDADE FISIOLÓGICA DE
SEMENTES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Everson Reis Carvalho
Orientador

**LAVRAS - MG
2023**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Maciel, Danilo Cordeiro.

Aplicação de herbicidas em diferentes estádios de desenvolvimento em soja Enlist® e a qualidade fisiológica de sementes / Danilo Cordeiro Maciel. - 2023.

54 p.

Orientador(a): Everson Reis Carvalho.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2023.

Bibliografia.

1. Glycine max L Merrill. 2. Vigor. 3. Manejo de plantas daninhas. I. Carvalho, Everson Reis. II. Título.

DANILO CORDEIRO MACIEL

**APLICAÇÃO DE HERBICIDAS EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE
DESENVOLVIMENTO EM SOJA ENLIST® E A QUALIDADE FISIOLÓGICA DE
SEMENTES**

**APPLICATION OF HERBICIDES AT DIFFERENT STAGES OF DEVELOPMENT
IN SOYBEAN ENLIST® AND THE PHYSIOLOGICAL QUALITY OF SEEDS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 19 de janeiro de 2023.

Dr. Edila Vilela de Resende Von Pinho

UFLA

Dr. André Delly Veiga

IF Sul de Minas

Prof. Dr. Everson Reis Carvalho
Orientador

**LAVRAS-MG
2023**

Para vocês, minha amada família, mais uma vez dedico.....

.....

Dedico do fundo do coração

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, sempre generoso, compreensivo e conhecedor dos nossos corações. Ele que nunca falha, nunca erra e nunca se engana. Gratidão pela caminhada que me proporcionou até aqui, e por todo o caminho que ainda percorrerei. Agradeço ao amor, por ser grande, imprevisível, que sempre se fez presente, próprio ou compartilhado, por me cercar de todos os lados e me sustentar todas as vezes em que pensei que fosse cair.

Agradeço minha mãe Solange Cordeiro Maciel por um “tudo” que não se explica, que não se mede e não se entende. Ela que é minha maior inspiração como pessoa. Meu eterno exemplo. Agradeço a minha amada esposa Juylia N. Cordeiro dos Reis pela parceria, por dedicar, e dividir momentos, principalmente, por me proporcionar a dádiva de ser pai. Agradeço a minha princesa Helena Reis Maciel que me faz sempre evoluir, me ensinando, e me tornando uma pessoa melhor a cada dia.

Agradeço aos meus irmãos que tanto amo, que suportaram minhas ausências mantendo em perfeita ordem os sentimentos, e a confiança, estando sempre dispostos a ajudar, assegurando que mais está página fosse escrita na nossa história.

Agradeço a todos os amigos que me permitem fazer parte dos seus momentos, que confiam em mim e me confidenciam suas vidas, que me dão espaço sincero e genuíno em seus corações e que me acompanham de perto, de longe, de muito longe... vocês são essenciais. Em especial ao meu querido amigo Ranyer Lucas Campos Afonso, por partilhar o sonho em pesquisar, e nisso, ser incentivador, e que possamos seguir juntos a esclarecer dúvidas que apenas a ciência explica.

Agradeço meu orientador, Everson Reis Carvalho, a quem considero tanto, e admiro, que nesse momento para agradecer, retiro os títulos cujo nome precedem, não para diminuir, mas sim para aproximar, para com admiração, respeito e carinho chamar apenas de amigo. Nossos nomes caminharão juntos à partir de agora por meio dessa obra que produzimos, espero que seja motivo de orgulho para você tanto quanto é para mim.

Agradeço a Nasma Heriqueta Da Sorte Cossa que tornou mais uma amiga, e nos momentos de experimentação se fez presente, auxiliando e tirando dúvidas. Por fim, agradeço aos colegas do Laboratório de Sementes da Universidade Federal de Lavras e ao programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia junto a Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade de realização do mestrado, pelos encontros icônicos que vou levar pra vida, as inúmeras horas dedicado ao trabalho, os bordões, as figurinhas, as risadas, o conhecimento compartilhado, as experiências, as lições dadas e aprendidas, e acima de tudo, ao forte laço entre nós criado. Nosso encontro foi ímpar e singular.

Este presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior –Brasil (CAPES).

Muito obrigado!

RESUMO

Um dos fatores de extrema importância que tem contribuído para o aumento dos atuais níveis de produção de soja no país é a adoção de novas tecnologias por parte dos agricultores. Sendo muitas delas veiculadas por meio de sementes dos novos genótipos com genes para tolerância a herbicidas específicos, visando facilitar o manejo de plantas daninhas. O objetivo neste trabalho foi avaliar os efeitos dos herbicidas 2,4 D, glifosato e glufosinato de amônio sobre a qualidade fisiológica das sementes de soja transgênica “Enlist®”, aplicados em estádios fenológicos reprodutivos. Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados com três repetições, constituindo fatorial 3x5+1, composto por três herbicidas (Glifosato, 2,4-D, Glufosinato de amônio) aplicados em cinco estádios fenológicos (R2, R4, R5, R6 e R7), e um tratamento controle, sem aplicações dos herbicidas. Os testes para avaliar a qualidade fisiológica das sementes foram realizados antes e após 120 dias de armazenamento, sendo que cada época constituiu um experimento. A aplicação dos herbicidas, glifosato, 2,4 D e glufosinato de amônio em estádios reprodutivos a partir de R2 afeta a qualidade das sementes de soja Enlist®, com efeitos mais nocivos em estádios próximos a formação das sementes, como R5 e R6. O uso do glifosato é o mais prejudicial à qualidade fisiológica das sementes seguido do 2,4D e o menor efeito é com glufosinato de amônio.

Palavras-chave: *Glycine max.* L. Merrill. Vigor. Manejo de plantas daninhas. Glifosato. Glufosinato. 2,4D.

ABSTRACT

One of the extremely important factors that has contributed to the increase in the current levels of soybean yield in the country is the adoption of new technologies by farmers. Many of them are propagated through seeds of new genotypes with genes for tolerance to specific herbicides, aiming to facilitate weed management. The aim of this work was to evaluate the effects of herbicides 2,4 D, glyphosate, and ammonium glufosinate on the physiological quality of transgenic soybean seeds “Enlist®”, applied in reproductive phenological stages. A randomized block design with three replications was used, constituting a 3x5+1 factorial, composed of three herbicides (Glyphosate, 2,4-D, Glufosinate of ammonium) applied in five phenological stages (R2, R4, R5, R6 and R7), and a control treatment without herbicide applications. The tests to evaluate the physiological quality of the seeds were carried out before and after 120 days of storage, with each period constituting an experiment. The application of herbicides, glyphosate, 2,4 D and ammonium glufosinate at reproductive stages from R2 affects the quality of Enlist® soybean seeds, with more harmful effects at stages close to seed formation, such as R5 and R6. The use of glyphosate is the most harmful to the physiological quality of the seeds followed by 2,4D and the smallest effect is with ammonium glufosinate.

Keywords: *Glycine max.* L. Merrill. Vigor. Weed management. Glyphosate. Glufosinate. 2,4D.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1- Representação da precipitação e temperaturas máximas e mínimas para o período do experimento (12 de novembro de 2021 a 29 de março de 2022). Ijaci, Minas Gerais, Brasil, temporada 2021-2022. | 21 |
| Figura 2 - Temperaturas (°C) e umidades relativas médias do ar (%) monitorada por meio de Datalogger, ao longo do período de armazenamento, na Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil. | 23 |
| Figura 3 - Resultados do teste de germinação (%) de sementes de soja, produzidas com aplicação dos herbicidas glifosato (GLI), 2,4 D e Glufosinato de amônio (GLU) em diferentes estádios reprodutivos. | 27 |
| Figura 4 - Resultados da primeira contagem do teste de germinação (%) de sementes de soja, produzidas com aplicação dos herbicidas glifosato (GLI), 2,4 D e Glufosinato de amônio (GLU) em diferentes estádios reprodutivos. | 28 |
| Figura 5 - Resultados da primeira contagem (5d) do teste de Emergência (%) de sementes de soja, produzidas com aplicação dos herbicidas glifosato (GLI), 2,4 D e Glufosinato de amônio (GLU) em diferentes estádios reprodutivos..... | 29 |
| Figura 6 - Porcentagem de plântulas normais no teste de envelhecimento acelerado em papel (%) para sementes de soja produzidas com aplicação dos herbicidas glifosato (GLI), 2,4 D e Glufosinato de amônio (GLU) em diferentes estádios reprodutivos..... | 31 |
| Figura 7 - Condutividade elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$) de sementes de soja produzidas com aplicação dos herbicidas glifosato (GLI), 2,4 D e Glufosinato de amônio (GLU) em diferentes estádios reprodutivos. | 33 |
| Figura 8 - Resultados médios do teste de germinação (%) de sementes de soja, produzidas com aplicação isoladas dos herbicidas glifosato (GLI), 2,4 D e Glufosinato de amônio (GLU) em diferentes estádios reprodutivos, armazenamento de 120 dias..... | 35 |
| Figura 9 - Resultados da primeira contagem do teste de germinação (%) de sementes de soja, produzidas com aplicação dos herbicidas glifosato (GLI), 2,4 D e Glufosinato de amônio (GLU) em diferentes estádios reprodutivos, e após armazenamento de 120 dias..... | 36 |
| Figura 10 - Porcentagem de plântulas normais no teste envelhecimento acelerado em papel (%) de sementes de soja, produzidas com aplicação dos herbicidas glifosato (GLI), 2,4 D e Glufosinato de amônio (GLU) em diferentes estádios reprodutivos, após armazenamento de 120 dias..... | 38 |

| | |
|---|----|
| Figura 11 - Resultados da primeira contagem do teste de envelhecimento acelerado em substrato (%) de sementes de soja, produzidas com aplicação dos herbicidas glifosato (GLI), 2,4 D e Glufosinato de amônio (GLU) em diferentes estádios reprodutivos, após armazenadas em 120 dias..... | 40 |
| Figura 12 - Resultados do teste de envelhecimento acelerado em substrato (%) de sementes de soja, produzidas com aplicação dos herbicidas glifosato (GLI), 2,4 D e Glufosinato de amônio (GLU) em diferentes estádios reprodutivos, e armazenadas em 120 dias..... | 42 |
| Figura 13 - Resultados do teste de condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$) de sementes de soja, produzidas com aplicação dos herbicidas glifosato (GLI), 2,4 D e Glufosinato de amônio (GLU) em diferentes estádios reprodutivos, após armazenamento de 120 dias..... | 43 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Composição química e física do solo Latossolo Vermelho Típico (0-0,20 m) antes da instalação do experimento. IJACI - MG, no ano agrícola 2021/2022..... | 21 |
| Tabela 2A - Análise de variância com quadrados médios do grau de umidade (GU), primeira contagem de germinação (PCG), germinação (GERM), emergência de plântulas cinco (EM5) e oito dias (EM8), velocidade de emergência de plântulas (IVE), envelhecimento acelerado com germinação em papel em cinco dias (EAP), envelhecimento acelerado com semeadura em substrato em cinco(EAS5), oito dias (EAS8), e teste de condutividade elétrica(CE) de sementes de SOJA, cultivar B5710 CE Enlist®, tratadas com diferentes produtos herbicidas (H), aplicados em diferentes estádios fenológicos (E), e submetidas a armazenamento, após 120 dias de armazenagem..... | 53 |
| Tabela 3A - Análise de variância com quadrados médios do grau de umidade (GU), primeira contagem de germinação (PCG), germinação (GERM), emergência de plântulas cinco (EM5) e oito dias (EM8), velocidade de emergência de plântulas (IVE), envelhecimento acelerado com germinação em papel em cinco dias (EAP), envelhecimento acelerado com semeadura em substrato em cinco(EAS5), oito dias (EAS8), e teste de condutividade elétrica(CE) de sementes de SOJA, cultivar B5710 CE Enlist®, tratadas com diferentes produtos herbicidas (H), aplicados em diferentes estádios fenológicos (E), e submetidas a armazenamento, após 120 dias de armazenagem..... | 54 |

SUMÁRIO

| | | |
|-----|--|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 11 |
| 2 | REFERENCIAL TEÓRICO | 13 |
| 2.1 | A cultura da soja | 13 |
| 2.2 | Herbicidas na cultura da soja | 14 |
| 2.3 | Qualidade da semente de soja e o uso de herbicidas | 16 |
| 3 | MATERIAL E MÉTODOS | 20 |
| 3.1 | Condução do experimento | 20 |
| 3.2 | Avaliação da qualidade fisiológica | 23 |
| 3.3 | Delineamento experimental e análise estatística | 25 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES | 26 |
| 4.1 | Qualidade fisiológica antes do armazenamento | 26 |
| 4.2 | Qualidade fisiológica após armazenamento | 33 |
| 5 | CONCLUSÕES | 44 |
| | REFERÊNCIAS | 45 |
| | ANEXO | 53 |

1 INTRODUÇÃO

A soja está entre as culturas de maior importância econômica no cenário agrícola brasileiro, principal fonte de geração de divisas via exportação, status que torna o Brasil atualmente um dos principais produtores de soja, destacando-se como o maior exportador desse grão. Dados do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos-USDA divulgados pela Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2022). Em termos de produção, estima-se para a safra 2022/23, uma área plantada com a cultura de soja de 43,4 milhões de hectares com recorde de produção de 153,5 milhões de toneladas, e produtividade estimada de 3,536 kg.ha⁻¹ representando incremento de 16,8% em comparação à safra anterior.

Um dos fatores de extrema importância que tem contribuído para o aumento de produção de soja no país é a adoção de novas tecnologias por parte dos agricultores, sendo muitas delas veiculadas por meio de novos genótipos com gene de tolerância a herbicidas específicos, visando facilitar o manejo de plantas daninhas. Dentre os materiais recentemente disponibilizados aos agricultores são cultivares de soja com o evento Enlist[®], que confere tolerância aos herbicidas glifosato, 2,4 D e glufosinato de amônia (NANDULA, 2019). Sabe-se que, um dos fatores limitantes que podem afetar o sucesso do cultivo de soja é a qualidade das sementes. Os atributos de qualidade de sementes são cada vez mais requeridos, imprimindo maior eficiência produtiva no cenário agrícola, o que requer mais conhecimento para aplicação em programas de controle da qualidade de sementes.

A qualidade de sementes é o resultado da soma de atributos genéticos, fisiológicos, físicos e sanitários, e constitui fator determinante no processo produtivo e garante estandes uniformes, aumentando as chances de sucesso da cultura. Segundo França- Neto et al. (2010) a semente, é o insumo básico para a agricultura e responsável pela transferência de inovações tecnológicas e dos ganhos genéticos resultantes dos trabalhos de melhoramento.

A construção da qualidade das sementes pode ser afetada por diversos fatores como nutrição mineral das plantas e fertilidade do solo, condições edafoclimáticas durante o processo de produção, tipo de colheita, incidência de pragas e doenças no campo de produção, tratamento químico, temperatura e o tempo de armazenamento, e ainda pelo manejo de plantas daninhas e moléculas herbicidas utilizadas. Por isso, cada um dos fatores merece atenção, tornando cada processo único.

Em relação à produção de sementes, uma importante ferramenta para o processo produtivo é o controle de plantas daninhas com produtos fitossanitários, devido suas diversas

vantagens, no entanto, alguns herbicidas se inseridos de forma errada no sistema de produção de sementes podem afetar negativamente a qualidade das mesmas. Neste contexto o uso de alguns herbicidas dessecantes pode apresentar efeitos negativos sobre a germinação e matéria seca das plântulas em determinadas situações, a depender do estágio de desenvolvimento fenológico da soja, e da molécula do produto aplicado (ZUFFO et al., 2020).

Dessa forma, no caso da soja com a biotecnologia Enlist® recentemente inserida no sistema produtivo nacional, que tende a contribuir para rotacionar o uso de moléculas de herbicidas no controle de plantas daninhas resistentes, torna-se importante conhecer os efeitos dos manejos com os herbicidas glifosato, glufosinato e 2,4-D aplicados no controle de plantas daninhas e sua relação não só na produtividade, mas sobretudo na qualidade de sementes.

Assim, o objetivo no trabalho foi avaliar os efeitos das aplicações dos herbicidas 2,4 D, glifosato e glufosinato de amônio sobre a qualidade fisiológica das sementes de soja Enlist®, aplicados em diferentes estádios fenológicos reprodutivos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A cultura da soja

A soja pertence à família Fabaceae, gênero *Glycine*, espécie (*Glycine max* (L) Merrill) originária da China, inicialmente domesticada nos planaltos do norte Chinês, em meados do século 11 d.C., e posteriormente introduzida na região da Manchúria e Dali, tendo se espalhado pelo oriente (ALIYEV, 2010; CASTRO; KLUGE & PEPES, 2008).

No Brasil, só a partir da década de 1940 a cultura assumiu alguma importância econômica, quando do primeiro registro estatístico nacional no anuário agrícola do Rio Grande do Sul de 1941, área de 640 ha (ALVES; CONTIANE; GASQUES 2008).

A soja é considerada a principal oleaginosa e fonte de proteína vegetal, sendo que o seu consumo tem crescido nos últimos anos, impulsionado pelo aumento demográfico e do poder de compra das pessoas, principalmente nos países em desenvolvimento, a exemplo do Brasil, China e Índia (LACERDA, 2014).

De acordo com Aliyev e Mirzoyev (2010), devido à alta qualidade e composição dos seus grãos que se situa entre 35 a 55% de proteínas digestíveis, 17 a 27% de óleo, 30% de carboidratos, vitaminas e outros componentes, dependendo do cultivar e das condições de manejo, há no mundo grande interesse pela sua produção.

Conforme dados divulgados em 2022 pela AMERICAN SOYBEAN ASSOCIATION - (SOYSTATS, 2022) apontam que na safra 21/22 os países com maior produção da oleaginosa foram Brasil, EUA e Argentina, com 139,5; 114,7; 46,2 milhões de toneladas respectivamente. A China apresenta como o maior importador de soja no mundo, responsável por cerca de 59% de todas as importações mundiais, seguido da União Europeia com 9,07% das importações mundiais.

Para o cenário agrícola brasileiro, a COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB, indica em suas projeções que a presente safra de grãos 2022/23, a área plantada com a cultura de soja atingirá cerca de 43,4 milhões de hectares, com estimativas de produção de 153,5 milhões de toneladas. Em relação à safra passada calcula-se um crescimento de 22,2% ou 27,9 milhões de toneladas de grãos produzidos, representando ampliação de 4,6% na área de plantio, sendo os estados de Mato Grosso, Paraná, Rio Grande do Sul, Goiás, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e Bahia os maiores produtores. As exportações brasileiras de soja em 2023 podem alcançar aproximadamente 96,59 milhões de toneladas, levando em consideração as

estimativas de exportação e importação mundiais (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB, 2022).

2.2 Herbicidas na cultura da soja

Com o uso expressiva dos herbicidas, a partir da chamada “revolução verde”, e com a descoberta do 2,4-D, houve importantes mudanças no manejo de plantas daninhas, permitindo crescimento das produtividades e maximização do sistema produtivo. Junto aos herbicidas, surgiram várias novas tecnologias, os sistemas de produção tornaram mais eficientes, práticos e dinâmicos, além de proporcionar maior competitividade ao cultivo em função das plantas daninhas, incremento na produção, dando maior segurança alimentar global (BARROSO; MURATA, 2021, p.154).

Importante inovação na sojicultura em nível mundial é a adoção de novas cultivares geneticamente modificadas, tolerantes a herbicidas específicos, por exemplo as cultivares RR (Roundup Ready[®]), sendo atualmente uma importante ferramenta para o manejo de sistema de produção, controle de plantas daninhas, e incremento na produtividade (PAULINO et al., 2020).

Contudo, o uso intensificado dos mesmos herbicidas no controle das plantas daninhas, devido à sua praticidade e eficiência vem criando uma pressão, selecionando genótipos com genes de tolerância a várias moléculas importantes para o manejo de plantas daninhas nos diferentes sistemas de produção, necessitando de alternativas de tecnologias nas últimas décadas (KARAM, et al., 2018).

Para este fim, o uso de uma única estratégia de controle de plantas daninhas tem como consequência favorecer o que se denomina pressão de seleção. Dessa maneira, a aplicação indiscriminada de herbicidas com o mesmo mecanismo de ação em uma mesma área sucessivamente, seleciona indivíduos de plantas daninhas por si próprio, contribuindo para resistência de plantas invasoras (ROFIFAH, 2020).

Novas perspectiva em tecnologias e estratégias de manejo têm sido desenvolvidas para prevenir a resistência e garantir o controle adequado das plantas daninhas (NANDULA, 2019). Neste sentido, considerando o aumento do número de espécies de daninhas resistentes ao herbicida glifosato, e os impactos dessa resistência na produção agrícola, recentemente foi ofertada aos produtores a soja “Enlist[®]”, com tolerância aos herbicidas 2,4-D, glifosato e glufosinato de amônio. A COMISSÃO TÉCNICA NACIONAL DE BIOSSEGURANÇA –

(CTNBio), validam a eficácia, a praticabilidade agrônômica e a biossegurança na soja com gene *aad-12 v1* que codifica a proteína ariloxialcanoato dioxigenase (AAD-12) que confere tolerância ao herbicida, 2,4-D (ácido 2,4-Diclorofenoxiacético) proveniente da bactéria *Delftia acidovorans*, e ao gene *pat v6* que codifica a proteína PAT é proveniente do microrganismo *Streptomyces viridochromogenes*, a qual confere tolerância ao herbicida glufosinato de amônio, sendo que ambos os organismos ocorrem naturalmente no solo e estão presentes na natureza. E o gene *2mepsps* que codifica a proteína 2mEPSPS a qual confere tolerância ao herbicida glifosato, tem como organismo doador do gene o milho (*Zea mays*) (CTNBio,2021).

Segundo SISTEMA DE

AGROTÓXICOS FITOSSANITARIOS – AGROFIT, o ácido 2,4-diclorofenoxiacético, pertence ao grupo químico ariloxialcanóicos, sendo encontrado sob formulação amina e colina no Brasil. Este herbicida é regulador de crescimento, mimetizando auxinas, sistêmico, portanto, prontamente absorvido pelas raízes, caules e folhas, e translocado tanto pelo floema como pelo xilema, causa crescimento descontrolado, substâncias de reserva são mobilizadas e transportadas para os pontos de crescimento, geralmente regiões meristemáticas (ROMAN, et al., 2005).

Em soja os sintomas característicos de fitointoxicação, como o encarquilhamento das folhas e epinastia dos pecíolos, são observados quando utilizado o sistema aplica e plante em cultivares convencionais (SILVA et al., 2011).

Desse modo, esse herbicida precisa de um intervalo entre a dessecação e a implantação da cultura da soja, sendo usualmente posicionado, primariamente, para controlar plantas daninhas de folhas largas e arbustos em culturas de gramíneas e pastagens, onde são bastante efetivos no controle (MARCHI; MARCHI; GUIMARÃES, 2008).

O glifosato [N-(fosfonometil)glicina] é um herbicida sistêmico, pós-emergente e de amplo espectro de controle, controlando plantas daninhas de folha larga e folha estreita, sendo largamente utilizado na agricultura. O glifosato pertence ao grupo químico dos aminoácidos fosfonados. O modo de ação do glifosato consiste na alteração de diferentes processos bioquímicos vitais nas plantas, como a biossíntese de aminoácidos, proteínas e ácidos nucleicos (COUTINHO; MAZO, 2005). O herbicida é absorvido pelo tecido vivo e translocado, via floema, através da planta para raízes e rizomas, e sua ação inibe enzimas específicas como a enolpiruvil shikimato-3-fosfato sintase (EPSP) cessando a síntese de aminoácidos essenciais. As plantas tratadas com glifosato morrem lentamente, em poucos dias ou semanas, e devido ao transporte por todo o sistema, nenhuma parte da planta sobrevive (MARCHI, G.; MARCHI, E;

GUIMARÃES, 2008).

Usado em pós-emergência, o glufosinato de amônio é um herbicida de contato, apresenta espectro amplo, agindo como inibidores da enzima glutamina sintetase e que são tóxicos para a maioria das plantas. Essa enzima que desempenha muitas funções importantes nas plantas, como a assimilação de amônio, a síntese de aminoácidos, a fotorrespiração e a manutenção de baixos níveis de glioxilato para prevenir a inibição de ribulose-1, 5-bifosfato carboxilase (Rubisco), que é uma enzima chave na fixação de carbono. A inibição da glutamina sintetase resulta em acúmulo de amônio e, conseqüentemente, na morte da planta (BRUNHARO; CHRISTOFFOLETI; NICOLAI, 2014).

Com o aumento da disponibilidade de eventos transgênicos com tolerâncias a diferentes herbicidas, avaliar a qualidade fisiológica das sementes da soja, sob efeito do manejo com herbicidas em pós-emergência, aplicado em misturas ou isolado, de forma sequencial, conseqüentemente possibilitando um número maior de moléculas passíveis de serem utilizadas nos sistemas produtivos, são necessários estudos para o manejo correto desses, visando a produção de sementes de alta qualidade.

2.3 Qualidade da semente de soja e o uso de herbicidas

A semente é o insumo básico para a agricultura, quando com altos padrões de qualidade física, fisiológica, genética e sanitária é de extremo valor, por ser o veículo de inovações e avanços tecnológicos, o que agrega valor ao produto transferido ao agricultor, representando acentuados ganhos econômicos ao setor agrícola (BRASIL, 2011).

Para Marcos-Filho (2005) a qualidade fisiológica de sementes é o reflexo de conjunto de características que determinam o seu potencial fisiológico, ou seja, a capacidade de apresentar desempenho adequado quando expostas às condições ambientais adversas, podendo ser avaliada por meio de dois parâmetros fundamentais, que são a viabilidade e o vigor, sendo a viabilidade medida pelo teste de germinação procurando determinar a máxima germinação da semente em condições favoráveis, já o vigor, detecta atributos mais sutis da qualidade fisiológica não revelados pelo teste de germinação.

Diferentes fatores podem interferir no potencial fisiológico e sanitário dentre os quais genótipo, a composição química, nutrição mineral e fertilidade do solo, posição da semente na

planta mãe, condições ambientais durante o seu desenvolvimento, época e técnicas de colheita, temperatura e tempo de armazenagem e tratamentos em pré-semeadura e pós-semeadura (BASU, 1995; FRANÇA-NETO et al., 2010).

Dentre os fatores que também podem afetar a qualidade das sementes de soja estão os manejos com herbicidas, que são ferramentas amplamente utilizados em diferentes momentos do ciclo fenológico da planta, podendo ser utilizados tanto em pré-plantio, fases vegetativas, ou como objetivo dessecante (ALBRECHT et al., 2022; GAZZIEIRO et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2020; PINTO et al., 2016).

O uso dos herbicidas na agricultura é bastante difundido, especialmente para a cultura da soja, existindo um vasto portfólio de produtos e moléculas recomendados no preparo e manejo do cultivo convencional e no sistema de plantio direto (EMBRAPA, 2006). No entanto, mesmo com vários produtos registrados, a sua aplicação predomina de forma restrita na utilização do glifosato, um herbicida de pós-emergência, pertencente ao grupo químico dos aminoácidos fosfonados, e os em pré-colheita, os derivados da amônia quaternária pertencentes ao grupo dos bipyridílios, particularmente o *diquat*, após a proibição do *paraquat*. Além desses, frequentemente tem-se observado também o uso de dessecante a base de glufosinato de amônia, embora com resultados contestáveis para a produção de sementes (SANTOS et al., 2018; ZUFFO et al., 2020).

A consequência do emprego de novas tecnologias, por parte dos produtores de sementes em relação à aplicação de produtos fitossanitários para controle de pragas e doenças, sobretudo ao uso de herbicidas dessecantes em pré-colheita em condições de campo, se incorretamente posicionado, em geral, podem resultar em redução da qualidade fisiológica de sementes, afetando negativamente o desenvolvimento das plantas de soja em altura e massa fresca e seca, causam reflexo negativos na emergência de plântulas, principalmente quando aplicados em estádios que as sementes ainda apresentam alto grau de umidade (BOTELHO et al., 2016; TIMOSSI et al., 2020).

Devido à relação existente entre o estágio de desenvolvimento das sementes e sua qualidade, o estudo da ativação de mecanismos de tolerância à aplicação de herbicidas dessecantes tem sido usado como ferramenta para o conhecimento do desenvolvimento da semente, seja para a antecipação da colheita, aplicação de dessecantes, como é proposto para a soja (COMIN et al., 2018; RAISSE et al., 2020). Assim, são necessários estudos que correlacionem os estádios de aplicação, ao ingrediente ativo dos herbicidas utilizados e

consequências sobre a qualidade fisiológica, principalmente com o avanço e lançamento de novos eventos transgênicos e moléculas no mercado.

A germinação e a tolerância à dessecação de sementes de soja aumentam com a perda natural de água no campo, possibilitando utilização de dessecação química da soja como ferramenta para a antecipação da colheita. Esta antecipação pode propiciar maior qualidade fisiológica das sementes pela redução dos riscos de deterioração das sementes no campo após sua maturidade fisiológica, além de permitir um melhor planejamento da rotação de cultura e otimizar a recepção, secagem e beneficiamento de sementes (VEIGA et al., 2007; TERASAWA et al., 2009).

Daltro et al. (2010) observaram que os dessecantes paraquat, diquat, e suas mistura com o herbicida diuron produzem sementes com qualidades semelhantes, não influenciam a qualidade fisiológica, enquanto o glifosato provoca danos por fitotoxicidade no sistema radicular de plântulas de soja convencional, quando a dessecação foi realizada nos estádios R6.5 ou R7.

Tem sido observado que a aplicação sequencial de glyphosate isolado e em altas doses influenciou mais a qualidade das sementes de soja RR, do que a aplicação sequencial em mistura com outros herbicidas, como o lactofen e o chlorimuron-ethyl (ALBRECHT et al., 2011).

Ao avaliarem a aplicação de glifosato em pré-colheita, Guimarães et al. (2012) observaram que quando as mesmas ocorreram nos estádios R6 e R7.2 de plantas de soja houve perda total da viabilidade das sementes. Quando a aplicação foi feita com o glufosinato de amônio em plantas de soja no estádio R7.2 não houve prejuízo sobre a qualidade fisiológica de sementes.

Para Pinto et al. (2016) as aplicações de glifosato em estádios vegetativos e após maturidade fisiológica não interferem nos atributos dos componentes de produtividade, e de qualidade fisiológica das sementes de soja RR, exceto pelo número de vagens por planta e comprimento de raiz primária em doses dobradas do herbicida. De mesma maneira, em trabalho realizado com aplicação de doses crescentes de glifosato não houve influência sobre a qualidade fisiológica de sementes de soja com gene de resistência ao princípio ativo, assim como não houve efeito sobre a expressão enzimática para esterase, álcool desidrogenase, malato desidrogenase e catalase (CASTRO et al., 2017).

Por meio de resultados de pesquisas tem sido verificadas grandes diferenças na fitotoxicidade relativa de herbicidas mimetizadores de auxina para a soja, e também quanto ao

momento da exposição do herbicida sobre severidade nos danos e/ou reduções de rendimento. Esses resultados, inferem risco quando da utilização de soja convencional devido à deriva dos herbicidas e/ou contaminação de tanques, os quais variam com o herbicida, doses do herbicida e momento de aplicação (SOLOMON; BRADLEY, 2014).

Já Botelho et al. (2019) ao testarem herbicidas no processo de dessecação não observaram a redução da germinação quando as sementes apresentavam em torno de 40% de grau de umidade, suportando a dessecação. O glufosinato de amônio demonstrou maior efeito deletério no vigor de sementes em relação aos com princípios ativos Diquat e Paraquat.

Zuffo et al. (2020) ao discutirem que o uso de dessecantes em soja afeta a qualidade fisiológica das sementes, e está correlacionado diretamente com as expressões das enzimas álcool desidrogenase, esterase e isocitrato liase, ocorrendo maiores e menores danos à qualidade das sementes com os herbicidas diquat e paraquat, respectivamente.

Em relação a soja com tolerância ao herbicida glufosinato de amônio, Albrecht et al. (2020) demonstraram que não houve efeito negativo na qualidade de sementes e no desempenho agrônomico quando da aplicação de altas doses, quatro vezes o máximo recomendado do produto em estágio vegetativo, mostrando a seletividade a molécula promovida pela inserção do gene *pat v6*.

Para produção de sementes de soja RR as aplicações de glufosinato de amônio foi eficaz na dessecação de plantas de soja na pré-colheita de sementes, não havendo diferenças entre o diquat ou estádios fenológicos para a desfolha de plantas (ALBRECHT et al., 2022). Com tudo, quando aplicado em estágios iniciais, antes de R7.2 causam efeitos deletérios, podem levar a perdas de mais de 30% no rendimento de sementes, e reduz a qualidade fisiológica.

Diante a estas considerações, verifica-se a importância da utilização de herbicidas dessecantes na produção de sementes de soja, principalmente com relação a aplicação em estádios fenológicos quando a semente esteja com alto teor de água, evitando que as sementes fiquem expostas às moléculas que possam causar deterioração. Mas com o crescente número de eventos transgênicos, para grande parte desses herbicidas de grande espectro de ação, são necessários trabalhos não visando o uso como dessecantes, mas sim, já como herbicidas no manejo de plantas daninhas, entendendo até qual estágio esses podem ser utilizados sem prejudicar a qualidade fisiológica das sementes.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Condução do experimento

O experimento foi conduzido na área experimental Centro de Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia (CDTT) da Universidade Federal de Lavras, cidade de Ijaci, MG, latitude 21° 9'24'' S, longitude 44° 55'34'' W Gr. e 832 m de altitude. Clima, segundo a classificação climática de Köppen, Cwa. As análises de qualidade fisiológicas das sementes foram realizadas no Laboratório Central de Análise de Sementes, Departamento de Agricultura, Escola de Ciências Agrárias de Lavras (ESAL), Universidade Federal de Lavras-UFLA, Lavras, MG, Brasil.

Foram utilizadas sementes de soja da cultivar B5710 CE, Brevant Sementes, com a biotecnologia Conkesta Enlist3® que possui genes para expressão de 2 proteínas Bt (Cry1F e Cry 1Ac), que confere resistência a insetos, e genes para tolerâncias a três princípios ativos de herbicidas: Glifosato, 2,4-D e Glufosinato de amônio, cedidas pela empresa Corteva.

A semeadura ocorreu em novembro de 2021. As temperaturas e precipitações durante a safra estão apresentadas na Figura 1. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Típico (EMBRAPA, 2013), e a adubação foi realizada, de acordo com a análise de solo (Tabela 1), e recomendação para a cultura segundo Ribeiro, Guimarães e Alvarez (1999), sendo aplicado na semeadura, 120 kg de P₂O₅, 40 kg de K₂O, e 2 kg de Boro.

As parcelas experimentais constituídas de 4 fileiras de plantas com 5 metros de comprimento, espaçadas em 0,5 m, sendo que as duas externas constituíram as bordaduras e as duas centrais as linhas úteis, totalizando 10 m² por parcela, sendo 5 m² de parcela útil.

As sementes foram tratadas, com o fungicida Maxim Advanced – Metalaxil-M, Tiabendazol, Fludioxonil (100ml p.c.100kg⁻¹ de sementes), e inseticidas Cruiser 350 FS – Tiametoxam (200ml.100kg⁻¹ de sementes) e Fortenza 600 FS – Ciantraniliprole (60ml.100kg⁻¹ de semente), polímero (100ml.100kg⁻¹ de sementes), e pó secante (100g.100kg⁻¹ de sementes). No momento da semeadura as sementes foram inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* (Nitragin Cell Tech ®), na dose de 200mL p.c.100kg⁻¹ de semente (cepas SEMIA 5079 e 5080), concentração bacteriana 3 x 10⁹ por ml. O preparo do solo foi constituído de duas gradagens e a abertura dos sulcos de semeadura, foi realizada utilizando-se tração mecanizada. A semeadura foi realizada forma manual, com posterior desbaste para ajuste de estande para 16 plantas por metro linear, ou seja, 320.000 plantas. ha⁻¹.

Figura 1- Representação da precipitação e temperaturas máximas e mínimas para o período do experimento (12 de novembro de 2021 a 29 de março de 2022). Ijaci, Minas Gerais, Brasil, temporada 2021-2022.

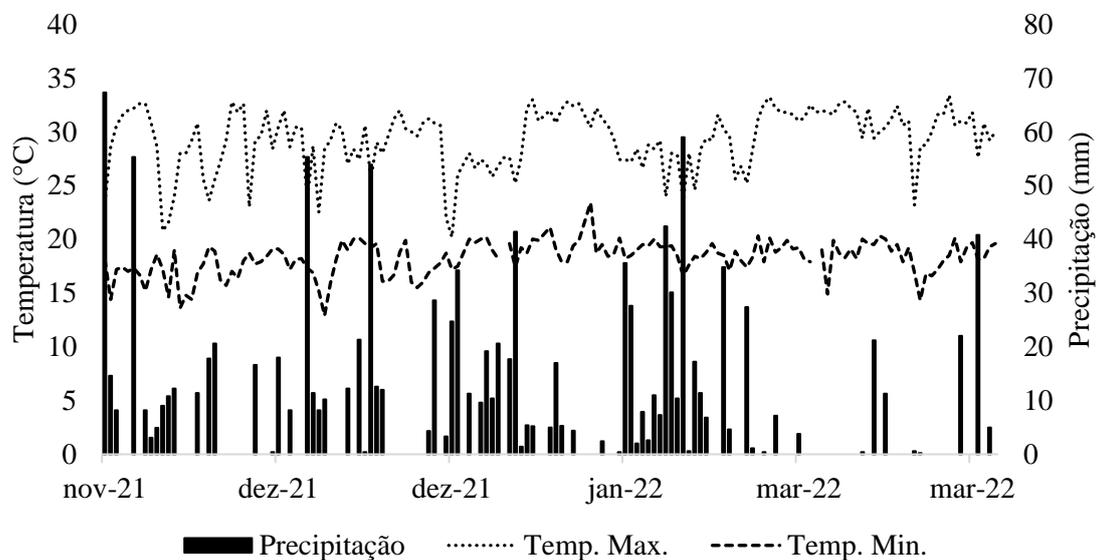


Tabela 1 - Composição química do solo Latossolo Vermelho Típico (0-0,20 m) antes da instalação do experimento. IJACI - MG, no ano agrícola 2021/2022.

| Análise de solo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|--------------------|-------|-----------------------|------|-----|------|------|------|------|-----|--------|--------------------|-----|-----|-----|------|------|-----|------|
| pH | P | K | Ca | Mg | Al | H+Al | T | Sb | t | m | V | M.O | B | Zn | Cu | Fe | Mn | S | Prem |
| H ₂ O | mg/dm ³ | | Cmolc/dm ³ | | | | | | % | | dag/Kg | mg/dm ³ | | | | | mg/L | | |
| 5,42 | 9,52 | 90,00 | 1,52 | 0,27 | 0,0 | 2,96 | 4,98 | 2,02 | 2,02 | 0,0 | 40,60 | 1,97 | 0,2 | 3,9 | 1,0 | 18,6 | 5,2 | 3,2 | 20,6 |

H+Al: acidez potencial; Sb: soma de bases; T: capacidade de troca catiônica em pH 7,0; M.O: matéria orgânica; V: saturação de base; m: saturação por alumínio; t: capacidade de troca catiônica efetiva.

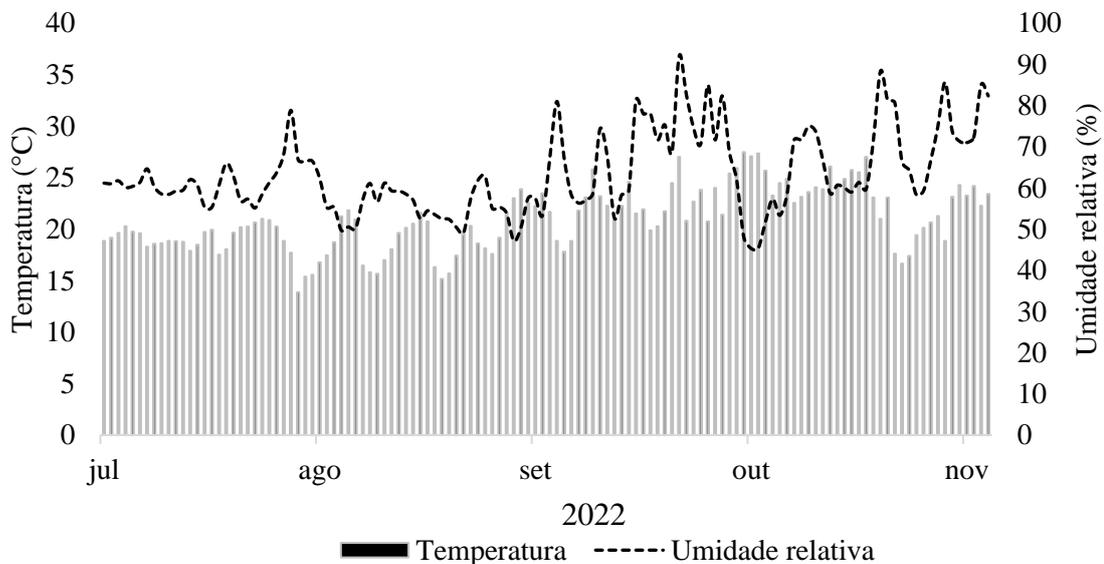
O controle de plantas daninhas em pré-semeadura e nos estádios vegetativos foi padrão para todas as parcelas, aplicação do herbicida Heat® – saflufenacil 700 g/kg (40 g p.c.ha⁻¹), e no pós-emergência no estádio V3 utilizou-se o herbicida Roundup original® - glifosato 356 e.a g/kg (3,5 kg p.c.ha⁻¹). O manejo fitossanitário para doenças, envolveu a aplicação dos fungicidas Alto100® - ciproconazol 100 g/L (3 L p.c.ha⁻¹) aos 40 DAE, PrioriXtra® - azoxistrobina 200 g/L + ciproconazol 80 g/L (0,3 L p.c.ha⁻¹) aos 55 DAE, Approach Prima® - picoxistrobina 200 g/L + ciproconazole 80 g/L (0,3 L p.c.ha⁻¹) aos 85 DAE e PrioriXtra® -

azoxistrobina 200 g/L + ciproconazol 80 g/L (0,3 L p.c.ha⁻¹) aos 100 DAE. Quando identificado necessidade de controle para as pragas específicas observadas (percevejo marrom, mosca branca e lagartas, besouro), realizou-se a aplicação dos produtos comerciais (p.c.): Decis® - deltametrina 25 g/L (0,3 Kg p.c.ha⁻¹), Lannate® - metomil 215 g/L (1,0 L p.c.ha⁻¹), Platinunneo® - tiametoxam 141 g/L + lambda-cialotrina 106 g/L (0,15 L p.c.ha⁻¹), Engeo pleno® (0,3 L p.c. ha⁻¹), Fipronil Nortox - fipronil 800 g/kg (0,15 L p.c.ha⁻¹).

Os herbicidas usados nas aplicações em estádios reprodutivos foram: Nufosate - e.a de Glifosato 360 g/Kg, dose (3 Kg p.c.ha⁻¹), Colex-D - e.a do 2,4-D 456 g/L, dose (3 L p.c.ha⁻¹) e Fascinate Br - Glufosinato sal de amônio 200 i.a g/L, e dose (3 L p.c.ha⁻¹), todos em mistura com 0,5 L ha⁻¹ de óleo mineral Assist®. As aplicações foram realizadas com pulverizador costal de pressão constante à base de CO², equipado com pontas XR110002-VP, pressão de 2,0 kgf cm⁻² e volume de calda de 200 L.ha⁻¹. No momento da aplicação a parcela foi envolvida com biombo de lona plástica para controle da deriva. As pulverizações destes herbicidas em área total da parcela de forma isolada e única foram realizadas nos estádios reprodutivos R2: florescimento pleno, R4: vagem completamente desenvolvida, R5: Início da formação de sementes, R6: Sementes cheias ou completas, R7: Início da maturação (FEHR et al., 1971 e EMBRAPA, 2020, p.35). Houve também um tratamento controle, sem aplicação de herbicidas nos estádios reprodutivos.

A colheita foi realizada manualmente, quando as sementes atingiram 15% de teor de água (b.u.). Após, foi efetuada secagem natural (ao sol), até que as sementes alcançassem teor de água próximo a 13% (base úmida). O beneficiamento das sementes ocorreu de forma manual, em seguida, foram acondicionadas em embalagens de papel multifoliado, capacidade para 5 kg, sendo uma parte utilizada para a análise de qualidade logo após o processamento, e outra parte, armazenada por quatro meses na Unidade de Beneficiamento de Sementes (UBS) da UFLA, em condições não controladas de temperatura e umidade relativa local. O armazenamento ocorreu entre a segunda quinzena dos meses julho e novembro de 2022, com monitoramento das condições ambientais por meio de datalogger colocado entre as embalagens (Figura 2).

Figura 2 - Temperaturas (°C) e umidades relativas médias do ar (%) monitorada por meio de Datalogger, ao longo do período de armazenamento, na Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil.



3.2 Avaliação da qualidade fisiológica

As análises da qualidade fisiológica das sementes, tanto no início quanto após 4 meses de armazenamento, foram realizadas por meio dos seguintes testes:

a) Grau de umidade: Foi avaliado pelo método de estufa a 105 °C durante 24 horas, em duas subamostras por parcela, conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem.

b) Germinação: As sementes foram distribuídas uniformemente entre duas folhas de papel germitest, com volume de água destilada para embebição na quantidade de 2,5 vezes o peso do papel seco. A seguir, os rolos foram acondicionados em germinador, tipo Mangelsdorf, à temperatura de 25 °C. Foram utilizadas duas subamostras de 50 sementes por parcela do campo. As avaliações foram realizadas aos oito dias após a semeadura e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais, de acordo com os critérios estabelecidos nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

c) Primeira contagem de germinação: foi realizada em conjunto com o teste de germinação, computando-se o número de plântulas normais no quinto dia após a semeadura, e os resultados foram expressos em porcentagem (BRASIL, 2009).

d) Emergência de plântulas sob condições controladas: realizado em bandejas plásticas com substrato composto pela mistura de areia + solo (na proporção 2:1, respectivamente). Após semeadura, sementes foram cobertas com uma camada de 2 cm do substrato e umedecida a 60% da capacidade de retenção. As bandejas foram mantidas em câmara de crescimento vegetal à temperatura de 25 °C. Foram conduzidas duas subamostras de 50 sementes por parcela. As avaliações do número de plântulas normais totalmente emergidas foram realizadas no quinto e no oitavo dia após a semeadura. Os resultados foram expressos em porcentagem de emergência de plântulas normais aos cinco dias, identificado como primeira contagem de emergência, e aos oito dias após a semeadura, emergência final.

f) Envelhecimento acelerado com germinação em papel: o método utilizado foi o da caixa plástica tipo gerbox adaptada, contendo 40 mL de água destilada e uma camada única de sementes cobrindo toda a tela suspensa. Posteriormente, as caixas tampadas foram mantidas em câmara tipo BOD a 42 °C por 48 horas (MARCOS FILHO, 1999). Em seguida, duas subamostras de 50 sementes por parcela, foram submetidas a metodologia descrita para o teste de germinação (BRASIL, 2009), e a avaliação foi realizada aos cinco dias após a semeadura, com os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais.

g) Envelhecimento acelerado modificado em substrato: Foi utilizada caixa plástica tipo gerbox adaptada, contendo 40 mL de água destilada e uma camada única de sementes cobrindo toda a tela suspensa. As caixas foram mantidas em câmara tipo BOD a 42 °C por 48 horas (MARCOS FILHO, 1999). A semeadura de duas subamostras de 50 sementes por parcela foi realizada em bandejas plásticas contendo como substrato areia + solo na proporção 2:1. Após a semeadura, o substrato foi umedecido até 60% da sua capacidade de retenção e as bandejas foram mantidas em câmara de crescimento vegetal à temperatura de 25 °C. Foram avaliadas e consideradas as porcentagens da emergência de plântulas normais aos cinco e oito dias após a semeadura.

h) Condutividade Elétrica: foram utilizadas duas subamostras de 50 sementes por parcela, as quais foram pesadas (g) e em seguida colocadas em copos plásticos descartáveis com 75 mL de água deionizada. Após 24 horas de embebição à temperatura de 25 °C, em câmara tipo BOD, a condutividade elétrica foi determinada com auxílio de um condutivímetro Digimed CD-21. Os resultados expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$, de acordo com metodologia descrita por Vieira (1994).

3.3 Delineamento experimental e análise estatística

Foi utilizado o delineamento em blocos casualizado com três repetições, constituindo fatorial $3 \times 5 + 1$, composto por três diferentes herbicidas (Glifosato, 2,4-D, Glufosinato de amônio) aplicados sobre a soja em cinco estádios fenológicos (R2, R4, R5, R6 e R7, FEHR et al., 1971), e um tratamento controle adicional, sem aplicações dos herbicidas. As análises estatísticas antes do armazenamento e após 120 dias de armazenamento foram realizadas separadamente.

As análises estatísticas foram realizadas por meio da análise de variância com auxílio do software R[®] com o pacote 'Tratamentos.ad' (AZEVEDO, 2002), a 5% de probabilidade pelo teste F ($p < 0,05$), com o uso do teste de Scott-knott para análise das médias das fontes de variação qualitativas. Para comparar o controle adicional com os demais tratamentos foi utilizado o teste Dunnet com significância a 5%.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

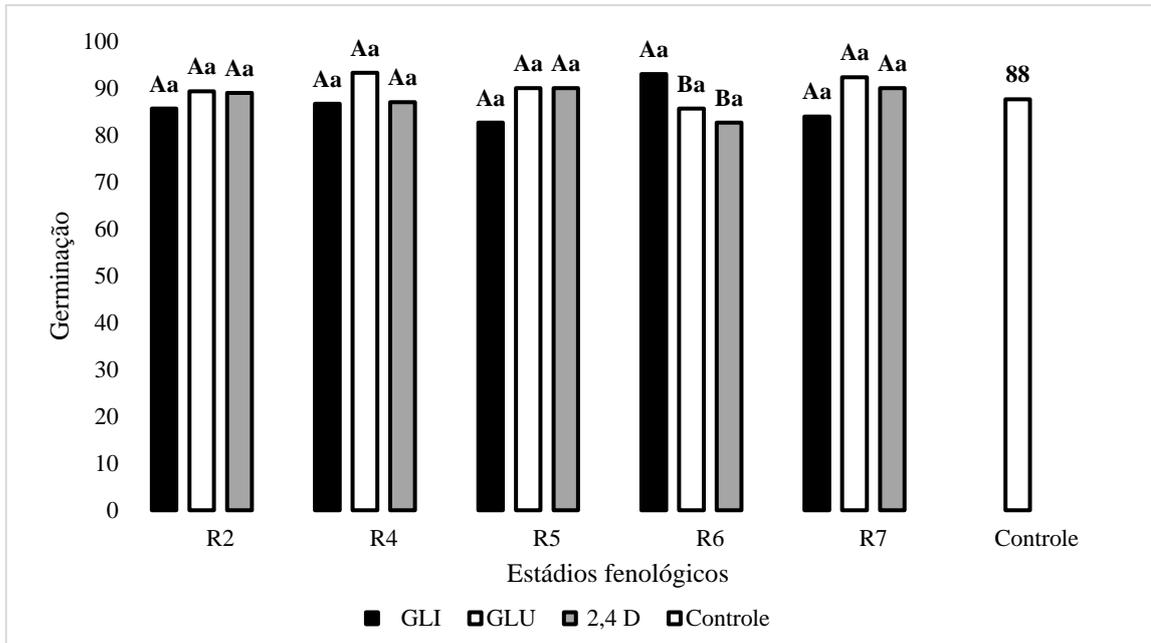
4.1 Qualidade fisiológica antes do armazenamento

Foram observados efeitos significativos para a interação herbicidas \times estádios fenológicos para as variáveis: primeira contagem de germinação, germinação, primeira contagem da emergência, envelhecimento acelerado em papel e condutividade elétrica. O efeito isolado dos herbicidas foi significativo para primeira contagem da germinação, primeira contagem da emergência e envelhecimento acelerado em papel. Para esta última variável, assim como para a condutividade elétrica, houve diferenças estatísticas para os estádios fenológicos de aplicação. Para grau de umidade, com média de 11,36%, envelhecimento acelerado em substrato, tanto em 5 dias, média de 84%, como em 8 dias, média 91%, e emergência com 8 dias, média de 91%, não houve influência de nenhuma fonte de variação. Em relação à média fatorial geral e o tratamento controle (adicional) houve efeito significativo apenas para a envelhecimento acelerado em papel, a 5% de probabilidade (TABELA 2A, ANEXO).

Para a variável germinação, considerando a interação entre os fatores estádios de desenvolvimento das plantas e herbicidas, menores valores de germinação das sementes foram observados quando da aplicação de 2,4-D e o glufosinato de amônio no estádio R6. Para as demais aplicações não foram observado diferença significativas (Figura 3). Não houve diferença significativa em nenhum dos tratamentos em relação ao controle, sem aplicação. O que leva a inferir que a aplicação desses herbicidas em estádios reprodutivos de soja Enlist[®] não afeta a viabilidade das sementes, logo após a colheita.

Resultados parecidos foram verificados em trabalhos nas quais foram avaliado o herbicida glifosato em diferentes estádios fenológicos V3, V7, R5, R6, R7 e R8 em que não houve efeitos sobre a germinação das sementes de soja convencionais e RR, em média, classificaram a produção obtida como adequada (GRIS, et al., 2013; MARCANDALLI; LAZARINI; MALASPINA, 2011). Porém, Daltro et al (2010), relataram que o glifosato provocou danos por fitotoxicidade no sistema radicular de plântulas de soja, afetando negativamente o desempenho da semente, com aplicação em R6.5 e R7 em soja convencional, não transgênica RR.

Figura 3 - Resultados do teste de germinação (%) de sementes de soja, produzidas com aplicação dos herbicidas glifosato (GLI), 2,4 D e Glufosinato de amônio (GLU) em diferentes estádios reprodutivos.



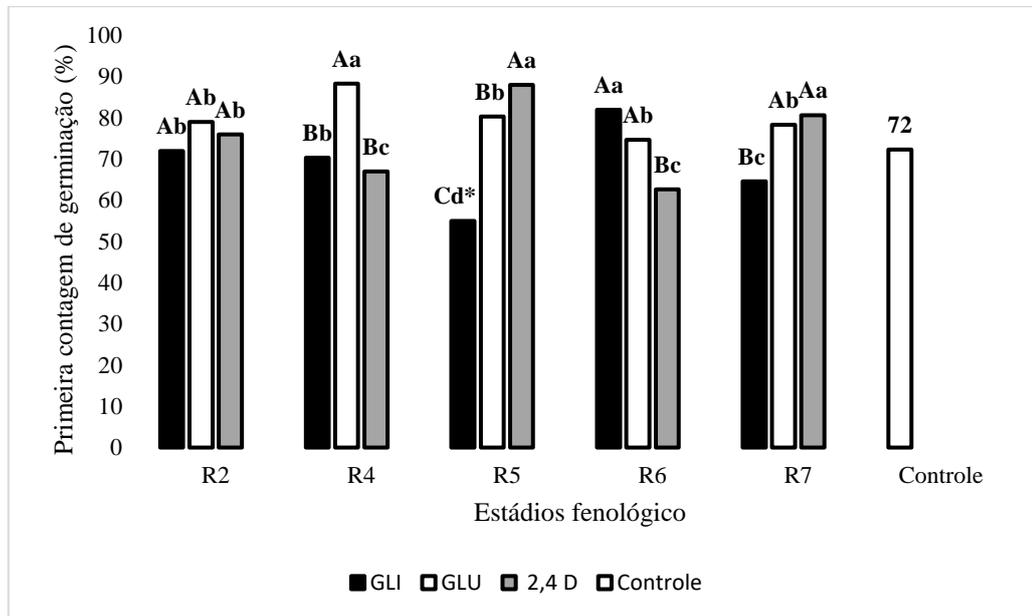
Médias seguidas pela letra maiúsculas entre herbicidas no mesmo estágio fenológico e minúsculas entre estádios fenológicos para o mesmo herbicida, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% significância. * diferem do controle pelo teste Dunnett a 5% de significância.

Para primeira contagem de germinação, com a aplicação de glifosato foram observados em R5 o menor valor de vigor, já para glufosinato de amônio os valores mais baixos foram em R2, R5, R6 e R7, para 2,4-D os menores valores foram em R4 e R6 (Figura 4).

Em relação ao controle, o vigor das sementes, no teste de primeira contagem de germinação, não foi afetado quando das aplicações com os herbicidas glufosinato de amônio e 2,4-D, porém, o vigor das sementes foi menor quando da aplicação do princípio ativo glifosato, em plantas no estágio fenológico R5 em relação ao tratamento controle, com redução de 17,33% de plântulas normais aos 5 dias após a semeadura (Figura 4).

Albrecht et al. (2022) observaram que aplicações de herbicidas glufosinato de amônio e diquat antes da maturidade fenológica para pré-colheita, proporcionou efeitos negativos na qualidade da semente de soja RR, mas não houve efeitos deletérios quando as aplicações foram realizadas posteriormente.

Figura 4 - Resultados da primeira contagem do teste de germinação (%) de sementes de soja, produzidas com aplicação dos herbicidas glifosato (GLI), 2,4 D e Glufosinato de amônio (GLU) em diferentes estádios reprodutivos.

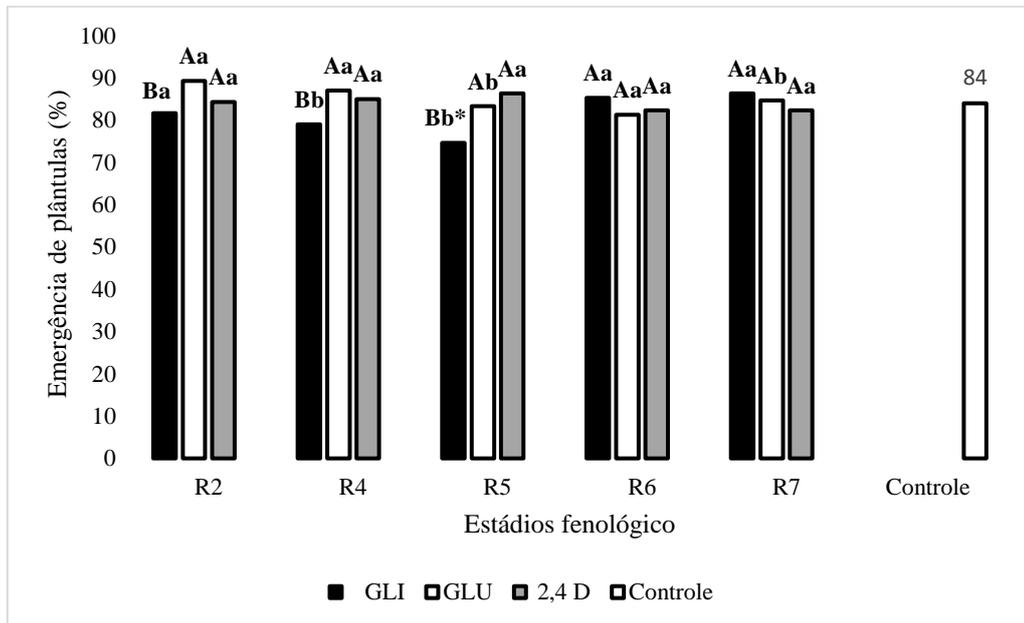


Médias seguidas pela letra maiúsculas entre herbicidas no mesmo estádio fenológico e minúsculas entre estádios fenológicos para o mesmo herbicida, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% significância. * diferem do controle pelo teste Dunnett a 5% de significância.

Para a emergência de plântulas, a aplicação de glifosato em R5 foi prejudicial, já para uso de glufosinato de amônio os menores valores foram com aplicações em R5 e R7, e para o 2,4-D não houve diferença entre os estádios de aplicação (Figura 5). Quando houve diferença entre os herbicidas nos estádios R2, R4 e R5 o ingrediente ativo que mais prejudicou foi o glifosato. A aplicação de glifosato em R5 foi a que apresentou maior efeito deletério às sementes, diferindo do controle. As demais combinações de herbicidas e estádios não diferiram do controle (Figura 5). Assim, infere-se o efeito prejudicial do glifosato nesse estágio reprodutivo sobre a qualidade das sementes, mesmo em cultivares tolerantes ao herbicida como os genótipos com o evento Enlist®. Albrecht et al. (2011) evidenciaram modificação na composição química das sementes de soja RR, via mudanças nos teores de proteínas, quando do uso de glifosato no período reprodutivo. Enquanto, Franco et al. (2012) afirmaram não existir correlação significativa nas alterações entre os teores de óleo e proteína no grão de soja em aplicações isoladas e sequencial do herbicida independentemente de sua época e dose. Oliveira et al. (2020) relataram que a presença de subdoses do glifosato em contato com semente reduziu

o vigor sementes e diminuiu a taxa de crescimento e acúmulo de matéria seca da parte aérea e raiz, mesmo com a presença de bioestimulante em cultivar com tolerância ao herbicida.

Figura 5 - Resultados da primeira contagem (5d) do teste de Emergência (%) de sementes de soja, produzidas com aplicação dos herbicidas glifosato (GLI), 2,4 D e Glufosinato de amônio (GLU) em diferentes estádios reprodutivos.



Médias seguidas pela letra maiúsculas entre herbicidas no mesmo estágio fenológico e minúsculas entre estádios fenológicos para o mesmo herbicida, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% significância. * diferem do controle pelo teste Dunnett a 5% de significância.

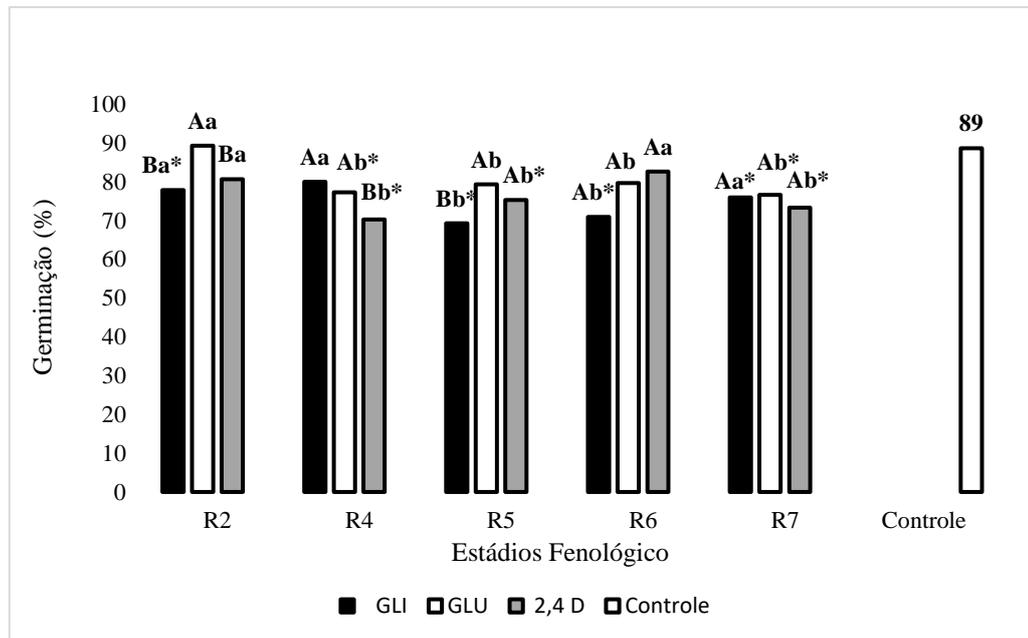
Para o vigor avaliado por meio do teste de envelhecimento acelerado em papel, o uso do glifosato apresentou ser mais prejudiciais quando aplicado nos estádios R4 e R5, para glufosinato de amônio a partir de R4 e para 2,4-D em R4, R5 e R7 (Figura 6). Para todos os herbicidas constatou-se que sempre a aplicação no estágio R5 estava entre as sementes de menor vigor. Estes resultados levam a inferir que aplicações de herbicida nesse estágio reprodutivo seja o mais prejudicial à qualidade das sementes. Esse estágio, R5 é caracterizado pelo início da formação das sementes, fato que pode ter otimizado os efeitos fitotóxicos pela alta taxa de translocação dos fotoassimilados das folhas (fonte) para as sementes (dreno).

Entre os herbicidas, quando houve diferença, nos estádios R2, R4 e R5, os mais prejudiciais ao vigor das sementes foram as moléculas de glifosato e 2,4-D, ambas moléculas são caracterizadas como sistêmicas. Esses herbicidas movem-se passivamente no floema, juntos

aos aminoácidos, que são constituintes das proteínas. A translocação pode ser maximizada quando as plantas estão translocando açúcares para os órgãos de reserva, o que ocorre após o florescimento na maioria das espécies (ROMAN, 2005). Já o glufosinato de amônio, sempre foi reputado nos melhores resultados de vigor entre os herbicidas. Este fato pode estar ligado a característica desse herbicida que, após ser absorvido, age próximo ao local de contato com a planta devido à falta de mobilização ou à mobilização extremamente baixa dentro da planta (CARVALHO, 2013). Esse resultado também pode estar associado ao metabolismo eficiente na degradação do glufosinato de amônio em função do gene *pat*, explicado por altos níveis de tolerância ao herbicida observados em estádios vegetativos na cultura da soja transgênica Liberty Link®, e que pode estar associado à melhor qualidade fisiológica das sementes (ABRECHT, et al., 2020).

Para Inoue et al. (2003), as maiores porcentagens de plântulas normais observadas no teste de envelhecimento acelerado, ocorreu quando da aplicação de glufosinato de amônio em relação aos demais tratamentos com herbicidas diquat, paraquat e cafetrazone os quais foram utilizados na dessecação pré-colheita da soja RR.

Figura 6 - Porcentagem de plântulas normais no teste de envelhecimento acelerado em papel (%) para sementes de soja produzidas com aplicação dos herbicidas glifosato (GLI), 2,4 D e Glufosinato de amônio (GLU) em diferentes estádios reprodutivos.



Médias seguidas pela letra maiúsculas entre herbicidas no mesmo estágio fenológico e minúsculas entre estágios fenológicos para o mesmo herbicida, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% significância. * diferem do controle pelo teste Dunnett a 5% de significância.

Maiores valores de condutividade elétrica foram observados em sementes provenientes de plantas nas quais se utilizou o herbicida glifosato, ou seja, indicativo de uma maior desorganização do sistema de membranas, nos estádios R4 e R6. Quanto ao glufosinato de amônio, menores valores de condutividade foram observados quando a aplicação foi realizada no estágio R4 e para 2,4-D no estágio R7 (Figura 7). Entre os herbicidas, quando as aplicações foram realizadas nos estádios R2, R4, R5 e R6 foram observados para a aplicação de glifosato maiores valores de condutividades elétricas. No entanto, somente com a aplicação de glifosato em R4 e R6, com valores $76,94 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ e $79,12 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ respectivamente, houve diferença em relação ao controle, cujo valor foi $67 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ (Figura 7).

De modo geral, para a maioria dos testes fisiológicos, a exemplo da primeira contagem de germinação, primeira contagem do teste de emergência, o herbicida glifosato se mostrou mais prejudicial à qualidade das sementes. Assim pode-se observar que a molécula de glifosato propiciou maior deterioração das sementes, maiores quantidades de lixiviados para o meio

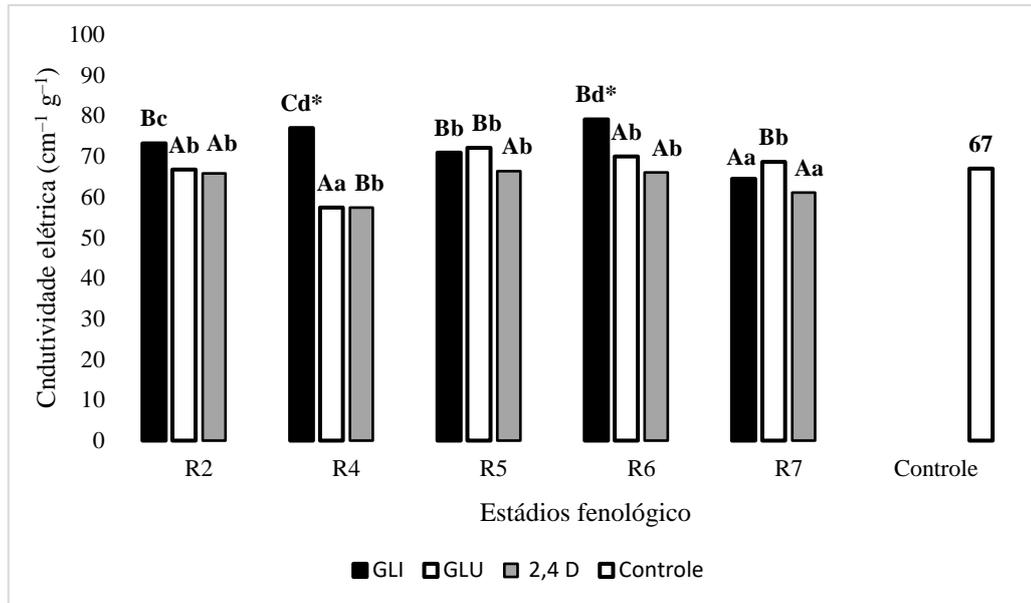
externo, conseqüentemente uma maior desorganização de membranas e maior liberação de lixiviados, com a menor qualidade fisiológica das sementes.

Gris et al. (2013) observaram efeito significativo da interação cultivares com gene de tolerância e tratamentos com o glifosato, quando avaliada a condutividade elétrica das sementes produzidas. No entanto, estes resultados não foram atribuídos ao uso de herbicida, e sim, pela diferença do ciclo fenológico entre as cultivares, exposição alternada das sementes a variações de umidade e temperatura no campo, principalmente durante o período pós-maturidade fisiológica.

Porém, Zuffo et al. (2020) relataram que o uso de dessecantes afetou a qualidade fisiológica das sementes de soja, e uma das variáveis alteradas foi a condutividade elétrica. Sendo observadas diferenças entre os produtos dessecantes, em que os maiores valores de condutividade elétrica em sementes foram encontrados para plantas dessecadas com paraquat e glufosinato de amônio em relação aos herbicidas diquat e saflufenacil, indicando possíveis danos às membranas plasmáticas e sua permeabilidade.

Para Vieira (1994) os valores de condutividade elétrica devem estar abaixo de 70-80 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\text{ g}^{-1}$ em lotes de alto vigor de semente de soja. Já para Carvalho et al. (2014), valores de condutividade elétrica entre 70-80 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\text{ g}^{-1}$ as sementes apresentam forte tendência ao médio vigor e abaixo de 65 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\text{ g}^{-1}$ ao alto vigor. Vale ressaltar que esses valores podem ter variações em função das características dos genótipos de soja.

Figura 7 - Condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\text{ g}^{-1}$) de sementes de soja produzidas com aplicação dos herbicidas glifosato (GLI), 2,4 D e Glufosinato de amônio (GLU) em diferentes estádios reprodutivos.



Médias seguidas pela letra maiúsculas entre herbicidas no mesmo estágio fenológico e minúsculas entre estádios fenológicos para o mesmo herbicida, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% significância. * diferem do controle pelo teste Dunnett a 5% de significância.

4.2 Qualidade fisiológica após armazenamento

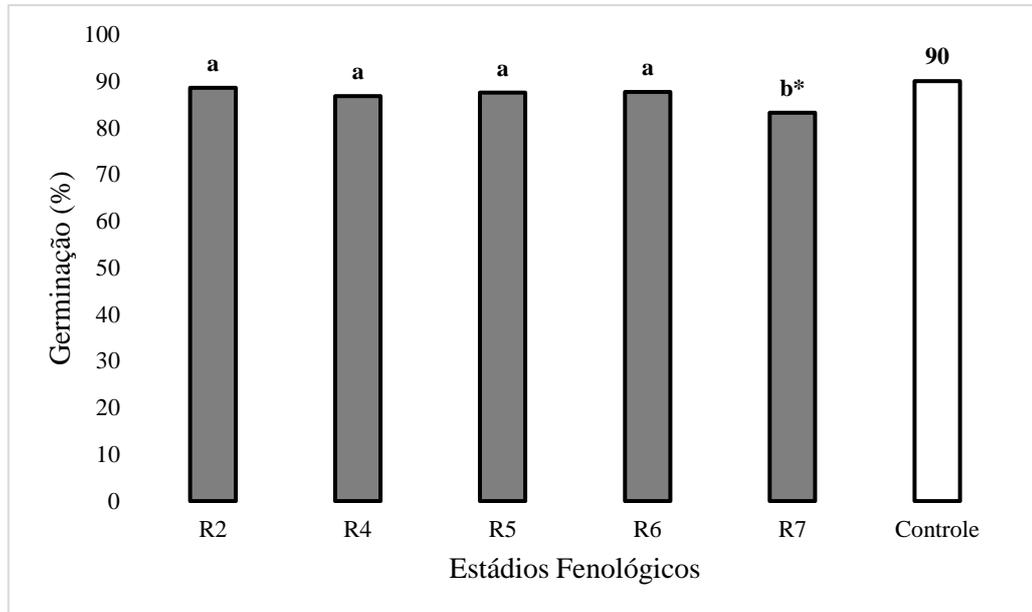
Pela análise de variância dos dados observados após o armazenamento das sementes foram observados efeitos significativos, para a interação de herbicidas (H) \times estádios fenológicos (E) para teste de primeira contagem germinação, envelhecimento acelerado em papel, primeira (5d) e segunda (8d) contagem do teste envelhecimento acelerado modificado em substrato e condutividade elétrica (TABELA 3A, ANEXO). Houve diferença estatística em função do estágio fenológico para teste de primeira contagem germinação, germinação e condutividade elétrica. Para os herbicidas também houve diferença estatística, para o teste de primeira contagem de germinação, envelhecimento acelerado em papel, primeira e segunda contagem do teste de envelhecimento acelerado em substrato e condutividade elétrica. A análise de variância para os testes de primeira e segunda contagem do teste emergência, com médias 81% e 82% respectivamente, não apresentaram diferenças estatísticas. Em relação à média fatorial geral, o tratamento controle (adicional) houve diferença significativa apenas para o

envelhecimento acelerado em papel, e segunda contagem do teste envelhecimento acelerado em substrato, a 5% de probabilidade (TABELA 3A, ANEXO).

Após o armazenamento, não houve diferença dos valores de germinação quando as aplicações dos diferentes herbicidas. No entanto, aplicações com herbicidas realizadas nos estádios R2, R4, R5 e R6 obtiveram valores superiores ao obtido em R7, com 83% de germinação, onde o valor foi inferior também ao controle (Figura 8).

Em outras pesquisas foram verificados efeitos deletérios do glifosato, usado como dessecante para colheita precoce de sementes de soja de cultivar convencional, levando a menores valores de germinação e desenvolvimento das plântulas, após o armazenamento. (TOLEDO, et al., 2014). Possivelmente devido à degradação de resíduos tóxicos de glifosato e/ou derivados como ácido aminometil fosfônico - (AMPA). Castro et al. (2017) relataram inalterações nas expressões de enzimas relacionadas com a qualidade das sementes de soja RR, em função de doses crescentes de glifosato aplicados em estádios vegetativo, portanto, não influenciando na qualidade fisiológica das sementes. Diferente do presente trabalho no qual foram avaliados em cultivar de soja tolerante aos herbicidas, Marcandalli, Lazarini e Malaspina (2011), demonstraram que as sementes de soja de cultivar convencional obtidas com aplicação de dessecantes no estádio R6 foram de qualidade fisiológica inferior às obtidas com a aplicação nos estádios R7 e R8.

Figura 8 - Resultados médios do teste de germinação (%) de sementes de soja, produzidas com aplicação isoladas dos herbicidas glifosato (GLI), 2,4 D e Glufosinato de amônio (GLU) em diferentes estádios reprodutivos, armazenamento de 120 dias.



Médias seguidas pela letra minúsculas entre estádios fenológicos, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% significância. * diferem do controle pelo teste Dunnett a 5% de significância.

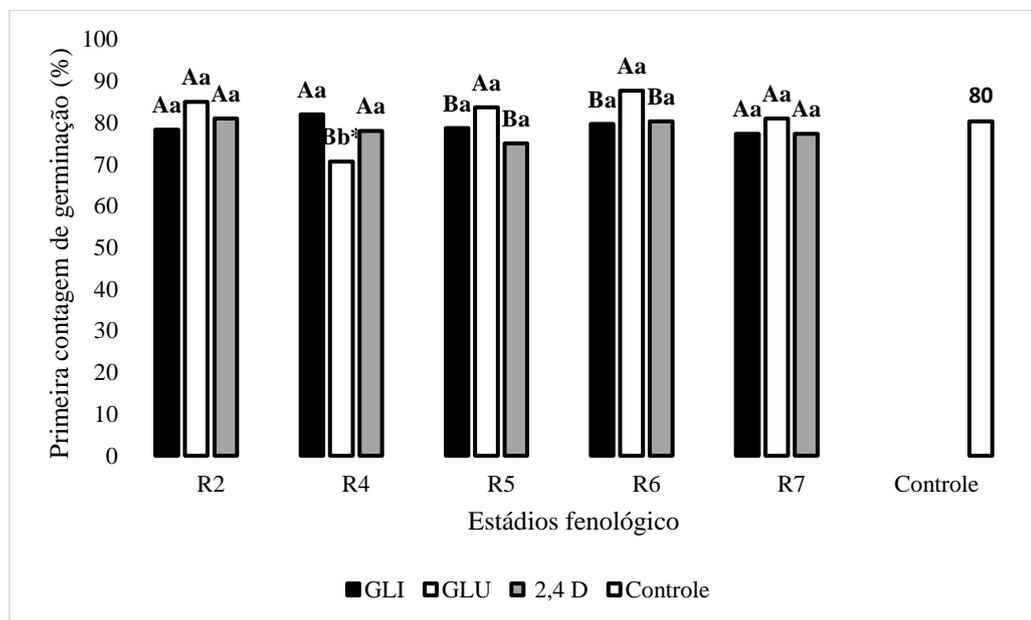
Para a primeira contagem do teste de germinação, não houve diferença entre os resultados observados nos estádios fenológicos com a aplicação do herbicida glifosato, como também para herbicida 2,4-D, já para glufosinato de amônio menores valores para o vigor de semente foram constatados com aplicações em R4 (Figura 9).

Entre os herbicidas, em R4 o glufosinato de amônio proporcionou menor vigor das sementes, diferindo inclusive do controle, porém em R5 e em R6 esse herbicida ocasionou melhor qualidade fisiológica em relação aos demais herbicidas (Figura 9).

As moléculas de glifosato e 2,4-D influenciaram negativamente no vigor das sementes, quando aplicado em momentos que a planta se encontrava em estágio de início de formação de sementes (R5) e sementes completamente desenvolvidas (R6), porém ainda ligada a planta mãe. Houve redução de até 8% nos valores de plantas normais aos cinco dias em relação aos observados em sementes obtidas em plantas com a aplicação do glufosinato de amônio (Figura 9). Isto reitera o maior efeito nocivo desses herbicidas, glifosato e 2,4-D, com modo de ação sistêmico, quando aplicados em estádios de desenvolvimento de plantas com alta translocação via floema para órgãos de reserva, como em R5 e R6.

Reddy et al. (2011) observaram mudanças na composição química de sementes de soja com gene de resistência ao glufosinato sob duas aplicações do herbicida (900 g i.a ha⁻¹), dividido nos estádios V3 e V6. Também relataram que o glufosinato aumentou a concentração de proteína e diminuiu a concentração de óleo, em comparação com o tratamento sem aplicação. Contudo, os autores não avaliaram a qualidade fisiológica. Mundt (2018) constatou que o glufosinato de amônio causa injúrias visuais e diminuição da clorofila em plantas de cultivares de soja tolerante, podendo se recuperar a depender da dose. Portanto, dentro das doses testadas, até 750 g i.a.ha⁻¹ de glufosinato de amônio, foi totalmente seletivo a soja Liberty Link ® (LL), não afetando a produtividade e a qualidade fisiológica das sementes da soja LL (ALBRECHT et al., 2018; MUNDT et al., 2015; MUNDT et al., 2016).

Figura 9 - Resultados da primeira contagem do teste de germinação (%) de sementes de soja, produzidas com aplicação dos herbicidas glifosato (GLI), 2,4 D e Glufosinato de amônio (GLU) em diferentes estádios reprodutivos, e após armazenamento de 120 dias.



Médias seguidas pela letra maiúsculas entre herbicidas no mesmo estádio fenológico e minúsculas entre estádios fenológicos para o mesmo herbicida, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% significância. * diferem do controle pelo teste Dunnett a 5% de significância.

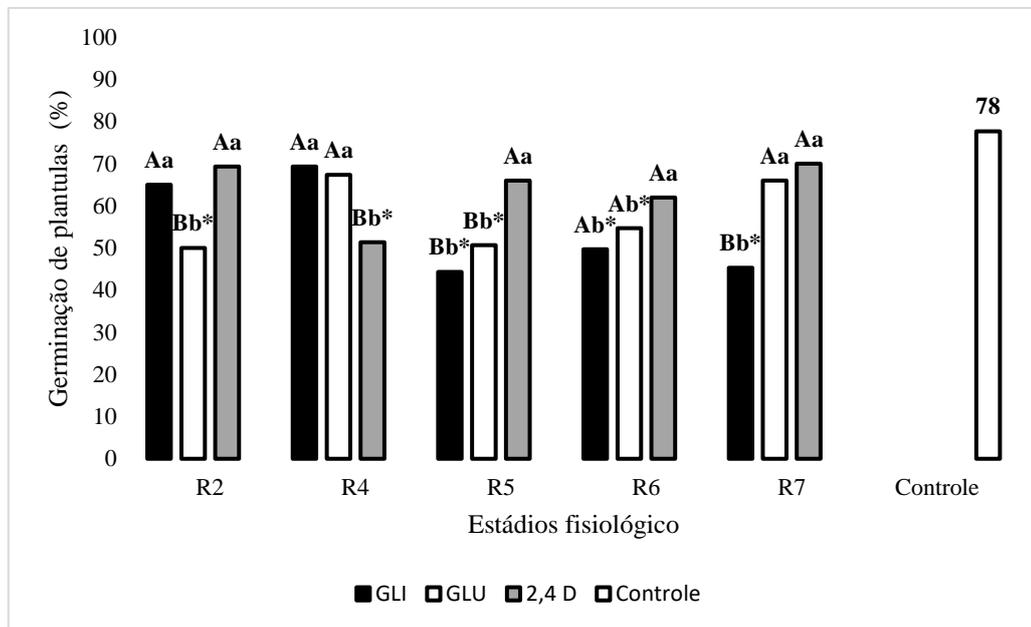
Para o vigor avaliado por meio teste de envelhecimento acelerado, com a aplicação de glifosato os menores valores foram constatados em aplicações a partir de R5. Já para glufosinato de amônio, o vigor das sementes foi menor quando a aplicação ocorreu em R2, R5 e R6, e para 2,4 D o menor valor foi em R4 (Figura 10).

Entre os herbicidas, em todas as épocas houve distinção entre eles, em plantas tratadas em estádios R2, com herbicida glufosinato de amônio ocasionou o menor valor de vigor, já em estádios R4 e o herbicida 2,4-D, e em R5 e R6 glifosato e glufosinato, em R7 somente o glifosato, todos esses com vigor menor que o controle (Figura 10).

Observa-se um efeito prejudicial do uso do glifosato após R5, fato também constatado nas análises antes do armazenamento. Reitera-se o efeito nocivo do uso desse herbicida nesse estágio de início da formação das sementes, provavelmente relacionado à combinação da translocação e metabolização da molécula em resíduos de AMPA (ácido aminometil fosfônico), que é um subproduto fitotóxico da degradação do glifosato (REDDY et al., 2004), que se acumulam nas sementes (DUKE et al., 2003). Efeitos nocivos a sementes com glifosato na dessecação de soja, também foram verificados por meio dos resultados do teste de envelhecimento acelerado (TOLEDO et al., 2014), demonstrando que as sementes provenientes de aplicações com herbicidas antes do ponto de maturidade fisiológica proporcionaram menores valores de germinação (LACERDA et al., 2003), e que esses efeitos permaneceram após o armazenamento.

Poucos ainda são os estudos acerca de possíveis efeitos negativos para a aplicação de 2,4-D, isolado ou em associações com glifosato e glufosinato de amônia em soja tolerante. Chahal et al. (2015) afirmam que aplicação com o herbicida 2,4-D, isolado e em mistura com glifosato pode ser realizada até o estágio R2 em soja tolerante, com dose máxima de 2.185 g e.a ha⁻¹. Outros autores quando relataram sintomas de injúria, foram baixos e sem reduções em produtividade (MILLER; NORSWORTHY, 2016; ROBINSON; SIMPSON; JOHNSON, 2015; SCHRYVER et al., 2017; FRENE et al., 2018). Contudo, nestes trabalhos não foram avaliados a qualidade das sementes, como no presente estudo, no qual foram verificado menor vigor de sementes causada por aplicações dos herbicidas 2,4-D e glifosato em planta de soja transgênica tolerante.

Figura 10 - Porcentagem de plântulas normais no teste envelhecimento acelerado em papel (%) de sementes de soja, produzidas com aplicação dos herbicidas glifosato (GLI), 2,4 D e Glufosinato de amônio (GLU) em diferentes estádios reprodutivos, após armazenamento de 120 dias.



Médias seguidas pela letra maiúsculas entre herbicidas no mesmo estádio fenológico e minúsculas entre estádios fenológicos para o mesmo herbicida, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% significância. * diferem do controle pelo teste Dunnett a 5% de significância.

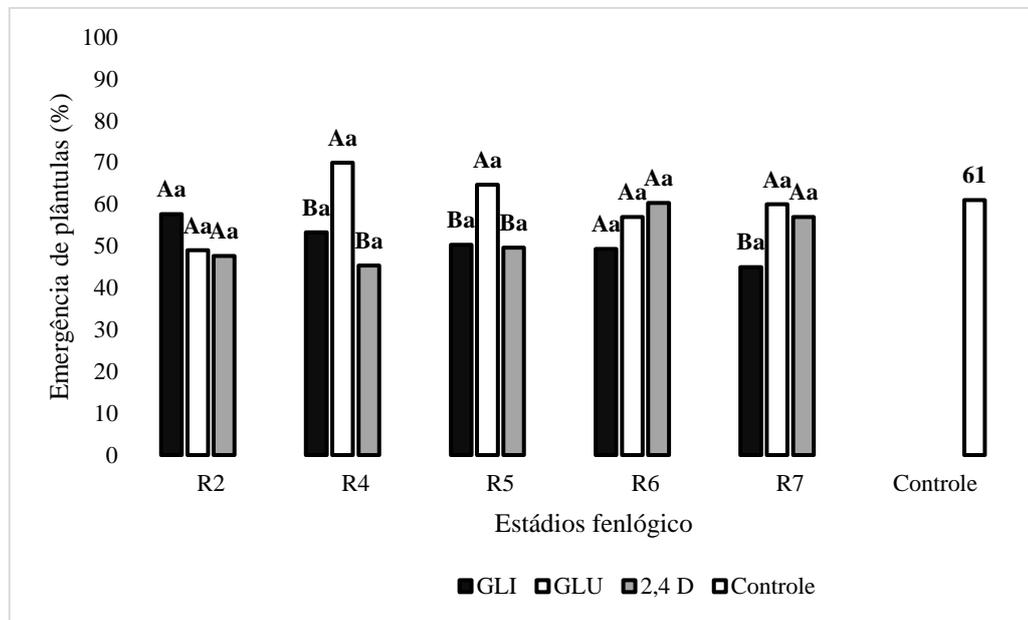
Em relação ao teste de envelhecimento acelerado modificado em substrato em primeira contagem verificou-se que com as aplicações dos herbicidas glifosato, 2,4-D e glufosinato de amônia não observou diferença do vigor das sementes entre os diferentes estádios fenológicos (Figura 11). Já entre os herbicidas, houve diferença dos resultados de vigor para as aplicações nos estádios R4, R5 e R7, em que os piores resultados foram com glifosato e 2,4D, exceto em R7 em que somente o glifosato foi o que proporcionou o menor vigor. Resultados que reforça o efeito mais nocivo desses herbicidas sistêmicos, sobretudo glifosato, sobre o vigor das sementes quando aplicados em estádios reprodutivos com alta translocação. Nesses estádios o glufosinato de amônio se mostrou a melhor opção de aplicação, se necessário, visto seu modo de ação e assim menores efeitos sobre a qualidade das sementes (Figura 11).

Ficou evidente a perda de vigor principalmente com a utilização dos herbicidas glifosato e 2,4-D a partir dos estádios mais próximos a formação das vagens (R4) e principalmente início da formação das sementes (R5). Egan, Barlow e Mortensen (2014), indicam por meio de meta-análise que partículas 2,4-D durante os estágios vegetativo e de

floração, em soja convencional não apresenta perda de rendimento para exposição à deriva, e perdas não significativas de rendimento para exposições graves de aplicação incorreta. Neste caso, os autores constataram que não possui dados disponíveis para exposições de soja a 2,4-D a partir do estágio de formação de legumes. No entanto, estudando dessecantes em pré-colheita, Abubakar et al. (2019; 2020) revelaram que a aplicação de 2,4-D e glifosato são prejudiciais à qualidade da semente de soja convencional, pois a utilização destes herbicidas como dessecantes em pré-colheita reduziu a germinação e o vigor quando manejados no estágio inicial de desenvolvimento das sementes e maturação (R6 e R7), da mesma forma, o peso e o tamanho das sementes também foram reduzidos devido aos herbicidas.

Impactos negativos no vigor das sementes também foram observados com muita frequência após a aplicação de glifosato em soja RR em estágio vegetativos V6 e R2 (ALBRECHT et al., 2012), que atribuiu os efeitos prejudiciais a sua ação lesiva direta do glifosato ou ação de seus metabólitos, como o AMPA, sobre a fisiologia das sementes. Segundo Reddy et al. (2004) a perda da qualidade de sementes pode estar ligada à toxicidade do ácido aminometilfosfônico (AMPA), uma vez que a soja transgênica mostra uma capacidade de degradação parcial do glifosato em seu metabólito fitotóxico AMPA.

Figura 11 - Resultados da primeira contagem do teste de envelhecimento acelerado em substrato (%) de sementes de soja, produzidas com aplicação dos herbicidas glifosato (GLI), 2,4 D e Glufosinato de amônio (GLU) em diferentes estádios reprodutivos, após armazenadas em 120 dias.



Médias seguidas pela letra maiúsculas entre herbicidas no mesmo estágio fenológico e minúsculas entre estádios fenológicos para o mesmo herbicida, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% significância. * diferem do controle pelo teste Dunnett a 5% de significância.

Para a contagem aos oito dias do teste envelhecimento acelerado modificado em substrato, os menores valores de plantas normais com o uso da molécula de glifosato foram observados quando as aplicações ocorreram nos estádios R5, R6 e R7, para o glufosinato de amônio não houve diferença estatística na emergência quando aplicados nos diferentes estádios fenológicos e para o herbicida 2,4-D as aplicações nos estádios R2, R4, R5 proporcionaram os menores valores de plantas emergidas (Figura 12).

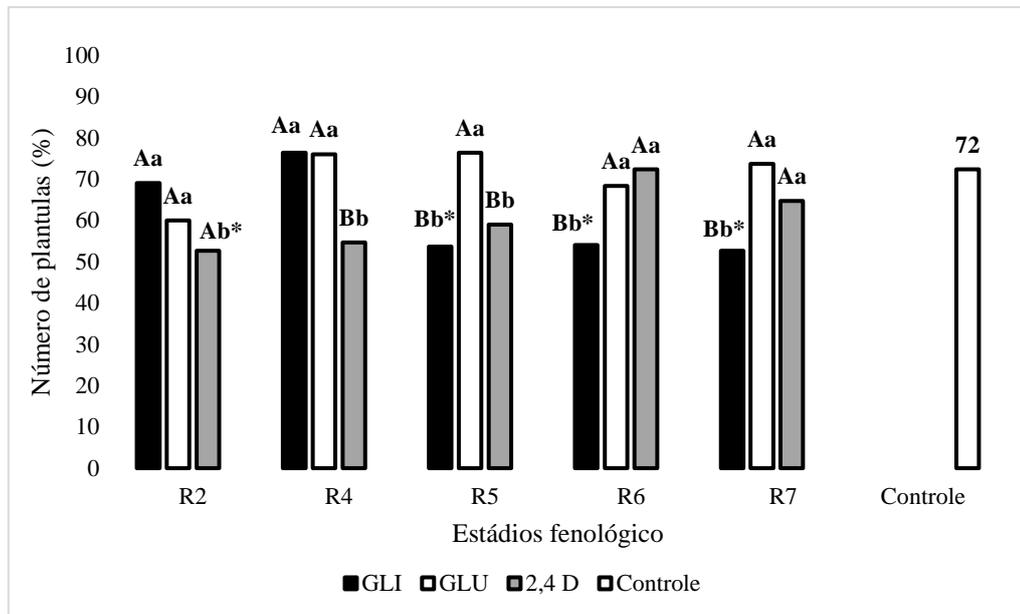
Entre os herbicidas quando ocorreu diferença estatística, as aplicações nos estádios R4, R5, R6 e R7, com o glufosinato de amônio foi o menos prejudicial ao vigor das sementes. Já os herbicidas glifosato e 2,4-D apresentaram efeitos nocivos sobre o vigor quando aplicados nesses estádios, sobretudo a molécula de glifosato, nos períodos que a planta está em plenos desenvolvimento e enchimento das sementes (Figura 12).

Quando houve diferença em relação ao controle, foi com o uso de glifosato ou 2,4-D, em que esses prejudicaram o vigor das sementes de soja Enlist[®], quando aplicado em estádios reprodutivos, com diminuições em até 19% em relação ao controle (Figura 12).

Com aplicação de glifosato em soja RR, a enzima EPSPS não é inibida pelo herbicida, não causando morte à planta. No entanto, pesquisas demonstram que, após a absorção do herbicida, ocorre a translocação para todas as partes da planta de soja, tendo um acúmulo, e provocando efeitos fitotóxicos nas regiões de alta atividade meristemática e metabólica como sementes e grãos (REDDY et al., 2004; GORDON, 2006; HUBER, 2007; ZOBIOLE et al., 2010; RODRIGUES et al., 2021) e o AMPA é o principal produto do metabolismo do glifosato. Bohm et al. (2008) ao avaliarem os resíduos de glifosato nos grãos, verificaram que há presença da molécula nos grãos proporcionalmente à dosagem crescente aplicada, mas os níveis de AMPA foram elevados, quando houve aplicações tardias, principalmente quando aplicado próximo a colheita (ARREGUI et al., 2003; DUKE et al., 2003; REDDY et al., 2003) potencializando o efeito fitotóxico desse metabolito.

Sabe-se que a metabolização das moléculas de herbicidas em soja transgênica é dependente, além do genótipo, das condições edafoclimáticas durante o cultivo, sendo provável vestígios de subdoses dos produtos em grãos (BOHM et al., 2008; LACERDA et al., 2016), e estes são transportados via floema e xilema, junto a aminoácidos, principalmente quando há alta demanda por fotoassimilados. Com isso, no caso do 2,4-D, subdose pode bloquear os genes *WOX* e o transporte polar da auxina via proteínas PIN, resultando na interrupção da divisão assimétrica dos embriões e produção de várias anormalidades embrionárias (FRIML; VIETEN; SAUER, 2003; PALOVAARA; HAKMAN, 2009).

Figura 12 - Resultados do teste de envelhecimento acelerado em substrato (%) de sementes de soja, produzidas com aplicação dos herbicidas glifosato (GLI), 2,4 D e Glufosinato de amônio (GLU) em diferentes estádios reprodutivos, e armazenadas em 120 dias.



Médias seguidas pela letra maiúsculas entre herbicidas no mesmo estágio fenológico e minúsculas entre estádios fenológicos para o mesmo herbicida, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% significância. * diferem do controle pelo teste Dunnett a 5% de significância.

Em relação aos resultados observados no teste de condutividade elétrica posterior ao armazenamento, quanto à aplicação do glifosato, não houve diferença entre os estádios fenológicos. Para o herbicida glufosinato de amônio os maiores valores de condutividade elétrica foram observados quando as aplicações foram realizadas em estádios R5 e R6, e para 2,4-D nos estádios R2 e R4 (Figura 13).

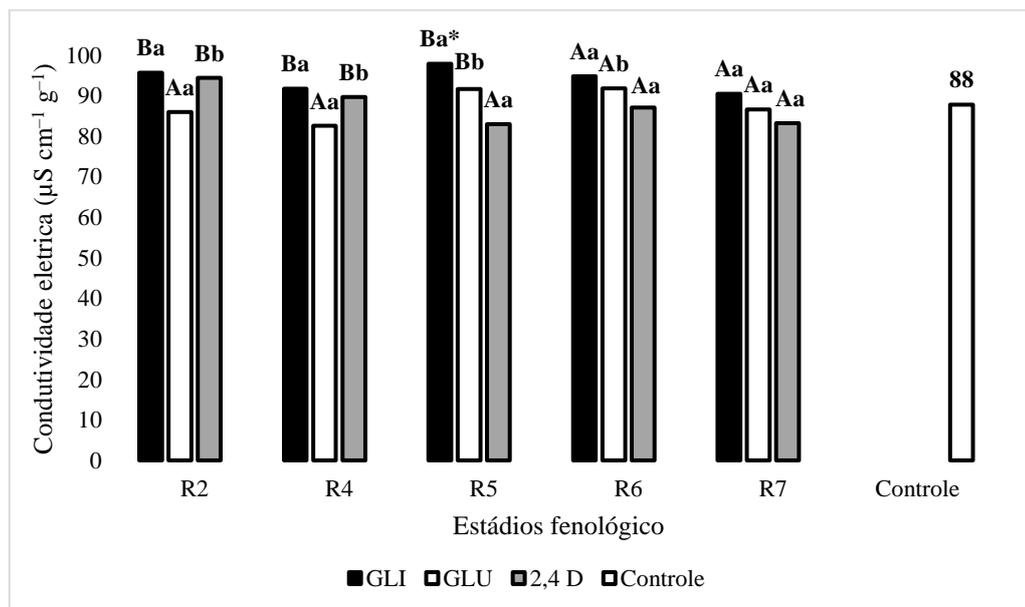
Nos estádios R2, R4 e R5 em que houve diferenças entre os herbicidas, a aplicação de glifosato sempre esteve entre os resultados de maiores valores de condutividade, junto ao 2,4-D, aplicados no estágio de pleno florescimento (R2) e legumes completamente desenvolvidos (R4). Em estágio fenológico R5 o glifosato e glufosinato de amônio proporcionaram os maiores valores de condutividade elétrica (Figura 13).

Em relação ao controle com condutividade $87,81 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$, apenas para o herbicida glifosato houve diferença estatística, no estágio fenológico R5, em que o valor de condutividade atingiu $97,90 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ (Figura 13), indicando que o uso desse herbicida, neste estágio de desenvolvimento pode ter desestruturado as membranas e reduzido o vigor de sementes, conforme constatado em outros testes.

As moléculas dos herbicidas apresentaram comportamento distintos em função dos estádios fenológicos na deterioração de membranas, demonstrando um aumento na condutividade elétrica após o armazenamento, consequentemente maior permeabilidade da membrana, e liberação de solutos para a solução. Alteração na condutividade elétrica foram observados por Leite, Gaspar-Oliveira e Oliveira (2015) quando houve aumento do valor de acordo com o armazenamento de soja, indicando a ocorrência de deterioração ao longo do tempo. O armazenamento sob condições de temperatura e umidade relativa não controladas influencia negativamente a qualidade fisiológica das sementes de soja, e cultivares comportam de forma diferente aos diferentes agroquímicos (CAMILO et al., 2017).

Botelho et al. (2016; 2019) verificaram que os valores de condutividade elétrica após armazenamento foram superiores em sementes dessecadas em relação ao controle, demonstrando que a dessecação com glufosinato de amônio, e outros herbicidas, podem interferir na integridade das membranas, afetando diretamente o vigor das sementes.

Figura 13 - Resultados do teste de condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) de sementes de soja, produzidas com aplicação dos herbicidas glifosato (GLI), 2,4 D e Glufosinato de amônio (GLU) em diferentes estádios reprodutivos, após armazenamento de 120 dias.



Médias seguidas pela letra maiúsculas entre herbicidas no mesmo estágio fenológico e minúsculas entre estádios fenológicos para o mesmo herbicida, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% significância. * diferem do controle pelo teste Dunnett a 5% de significância.

5 CONCLUSÕES

A aplicação dos herbicidas, glifosato, 2,4 D e glufosinato de amônio em estádios reprodutivos a partir de R2 afeta a qualidade das sementes em soja tolerante Enlist®, com efeitos mais nocivos em estádios próximos a formação das sementes, como R5, início da formação das sementes e R6, sementes completamente formadas.

Em soja Enlist®, para aplicações em estádios reprodutivos, a partir de R2, o uso do glifosato é o mais prejudicial à qualidade fisiológica das sementes seguido do 2,4D e o menor efeito é com glufosinato de amônio.

REFERÊNCIAS

- A REFERENCE GUIDE TO IMPORTANT SOYBEAN FACTS & FIGURES. **Soystats** 2022. [S.l.]: ASA. Disponível em: <https://soygrowers.com/wp-content/uploads/2022/06/22ASA-002-Soy-Stats-Final-WEB.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2022.
- ABUBAKAR, H.; OCHUODHO, J.O.; AUMA, E.O. Physiological quality of soybean seeds as influenced by herbicides application. **Journal of Agriculture and Agricultural Technology**, [S.l.], v. 5, p. 266-278, dez. 2019.
- ABUBAKAR, H.; OCHUODHO, J.O.; AUMA, E.O.; SAMI, R.A.; SALEEM, M. Influence of Herbicides on Yield, Weight and Size of Soybean Seed. **Dujopas**, [S.l.], v. 6, n. 1, p. 148-162, 2020.
- AGROFIT. Sistemas de Agrotóxicos Fitossanitários. **Produtos 2,4-D para soja**. 2022. Disponível em: http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 10 dez. 2022.
- ALBRECHT, A.J.P.; BRITO, I.P.FS.; ALBRECHT, L.P.; SILVA, A.F.M.; MATOS, A.K.A.; CARBONARI, C.A.; VELINI, E.D. Metabolic changes, agronomic performance, and quality of seeds in soybean with the pat gene after application of glufosinate. **Weed Science**, [S.l.], v. 34, p. 1-34, 2020.
- ALBRECHT, L.P.; ALBRECHT, A.J.P.; MUNDT, T.T.; WAGNER, F.G.; BOTTCHER, A.A.; ARAUJO, G.V.; LORENZETTI, J.B.; DANILUSSI, M.T.Y. Soja transgênica Libertylink® e o seu manejo. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v. 7, n. especial, p. 33-42, 2018.
- ALBRECHT, L.P.; ALONSO, D.G.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JR., R.S. de; BRACCINI, A. de L.; ALBRECHT, A.J.P. Qualidade fisiológica das sementes de soja RR em resposta ao uso de diferentes tratamentos contendo glyphosate em aplicação sequencial. **Bioscience Journal [online]**, v. 27, n. 2, p. 211-220, mar./abr. 2011.
- ALBRECHT, L.P.; YOKOYAMA, A.S.; ALBRECHT, A.J.P.; KOSINSKI, R.; MILLEO, R.; SILVA, A.F.M. Glufosinate and diquat in pre-harvest desiccation of soybean at four phenological stages, and their impact on seed quality. **Chilean Journal of Agricultural Research**, [S.l.], v. 82, n. 3, p. 448-456, July, 2022.
- ALIYEV, J.A. **Photosynthesis, photorespiration and productivity of wheat and soybean genotypes**. Proceeding of the National Academy of Sciences of the USA, Washington, v. 65, n. 5-6, p.7-48, 2010.
- ALVES, E.R. de A.; CONTINI, E.; GASQUES, J.G. Evolução da produção e produtividade da agricultura brasileira. In: ALBUQUERQUE, A.C.S.; SILVA, A.G. da. (Eds.). **Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. v.1, p. 67.

ARREGUI, M.C.; LENARDON, A.; SANCHEZ, D.; MAITRE, M.I.; SCOTTA, R.; ENRIQUE, S. Monitoring glyphosate residues in transgenic glyphosate-resistant soybean. **Pest Manag Sci.**, [S.l.], v. 60, p. 163–166, 2003.

AZEVEDO, A.M. Package. Pacote Para Análise De Experimentos Com Testemunhas Adicionais. Version 0.2.4. **Repository CRAN**, October, 2022.

BARROSO, A.A.M.; MURATA, A.T. (Orgs.). **Matologia**: estudos sobre plantas daninhas. 1. ed. Jaboticabal: Fábrica da Palavra, 2021. 547 p.

BASU, R.N. seed viability. *In*: BASRA, A.S. **Seed quality**: basic mechanisms and agricultural implications. New York: The Haworth, 1995. p. 1-42.

BOTELHO, F.J.E.; OLIVEIRA, J.A.; VON PINHO, E.V. de R.; CARVALHO, E.R.; FIGUEIREDO, I.B.D.; ANDRADE, V. Qualidade de sementes de soja obtidas de diferentes cultivares submetidas à dessecação com diferentes herbicidas e épocas de aplicação. **Revista Agro@Mambiente on-Line**, v. 10, n. 2, p. 137, 2016. doi: 10.18227/1982-8470ragro.v10i2.2760

BOTELHO, J.F.E.; OLIVEIRA, J.A.; VON PINHO, E.V.D.R.; CARVALHO, E.R.; RESENDE, M.P.M.; REIS, L.V. Quality of soybean seeds with different lignin content obtained from desiccated plants. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, [S.l.], v. 14, p. 1-7, 2019.

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

_____. **Guia de inspeção de campos para produção de sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. 3. ed. Brasília: Mapa/ ACS, 2011. p. 41.

BRUNHARO, C.A.D.C.G.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; NICOLAI, M. Aspectos do mecanismo de ação do amônio glufosinato: culturas resistentes e resistência de plantas daninhas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, [S.l.], v. 13, n. 2, p. 163, 2014.

CAMILO, G.L CASTELLANOS, C.I S.; SUÑÉ, ALMEIDA, A.S.; SOARES, N.V.; TUNES, L.V.M. Qualidade fisiológica de sementes de soja durante o armazenamento após revestimento com agroquímicos. **Revista de Ciências Agrárias**, [S.l.], v. 40, n. 2, p. 436-446, 2017.

CARVALHO, E.R.; MAVAIEIE, D.P.R.; OLIVEIRA, J.A.; CARVALHO, M.V.; VIEIRA, A.R. Alterações isoenzimáticas em sementes de cultivares de soja em diferentes condições de armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [S.l.], v. 49, n. 12, p. 967-76, 2014.

CARVALHO, L.B. **Herbicidas**. 1. ed. Lages, Santa Catarina: Edição do Autor, 2013. v. 1, 62 p.

CASTRO, P.R.C.; KLEGE, R.A.; PEPES, L.E.P. **Manual de fisiologia vegetal**: Fisiologia de cultivos. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2008. 864 p.

CASTRO, D.G.; BRUZI, A.T.; ZAMBIAZZI, E.V.; REZENDE, P.M.; ZUFFO, A.M.; SALES, A.P.; SOARES, I.O.; BORGES, I.M.M.; BIANCHI, M.C. Qualidade fisiológica e expressão enzimática de sementes de soja RR®. **Revista de Ciências Agrárias**, [S.l.], v. 40, n. 1, p. 222-235, 2017.

CHAHAL, P.S. Growth stage affects dose response of selected glyphosate-resistant weeds to premix of 2,4-D choline and glyphosate (Enlist Duo™ herbicide). **J Agric Sci.**, [S.l.], v. 7, n. 1, p. 1-10, 2015.

COMIN, R.C.; MENEGHELLO, G.E.; FRANCO, J.J.; LEVIEN, A.M.; KEHL, K. K.; COMIN, G.C. Qualidade fisiológica de sementes de soja submetidas à dessecação em pré-colheita. **Colloquium Agrariae**, [S.l.], v. 14, p. 112–120, 2018.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos, sétimo levantamento, dezembro/2022**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 02 dez. 2022.

COUTINHO, C.F.B.; MAZO, L.H. Metallic complexes with glyphosate: A review. **Química Nova**, [S.l.], v. 28, n. 6, p. 1038-1045, 2005.

CTNBio. Comissão Técnica Nacional De Biossegurança. **Parecer Técnico nº 4867/2015: “Relatório de Biossegurança da soja DAS-44406-6”**, dezembro/2015. Disponível em: <http://www.ctnbio.gov.br>. Acesso em: 18 nov. 2022.

DALTRO, E.M.F.; ALBUQUERQUE, M.C.F.; FRANÇA-NETO, J.B.; GUIMARÃES, S.C.; GAZZIERO, D.L.P.; HENNING, A.A. Aplicação de dessecantes em pré-colheita: efeito na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, [S.l.], v. 32, p. 111-122, 2010.

DUKE, S.O.; RIMANDO, A.M.; PACE, P.F.; REDDY, K.N.; SMEDA, R.J. Isoflavone, Glyphosate, and Aminomethylphosphonic Acid Levels in Seeds of Glyphosate-Treated, Glyphosate-Resistant Soybean. **J. Agric. Food Chem**, [S.l.], v. 51, p. 340–344, 2003.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Herbicidas: mecanismo de ação e uso**. Planaltina, 2008. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC-2010/30295/1/doc-227.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2023.

_____. **Documentos: Princípios herbicidas recomendados para a cultura de soja no preparo convencional e no sistema de plantio direto**, setembro/2006. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br>. Acesso em: 10 nov. 2022.

_____. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa Solos, 2013. 351 p.

_____. **Tecnologias de produção de soja: região central do Brasil 2012 e 2013**. Londrina: Embrapa Soja, 2020. 262 p.

FEHR, W.R. *et al.* Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill. **Crop Science**, v. 11, n. 6, p. 929-931, nov./dez. 1971.

FRANCO, D.A.S.; ALMEIDA, S.D.B.; CERDEIRA, A.L.; DUKE, S.O.; MORAES, R.M.; LACERDA, A.L.S.; MATALLO, M.B. Evaluation of Glyphosate Application on Transgenic Soybean and its Relationship with Shikimic Acid. **Planta Daninha**, [S.l.], v. 30, n. 3, p. 659-666, 2012.

FRANKLIN EGAN, J.F.; BARLOW K.M.; MORTENSEN, D.A. A Meta-Analysis on the Effects of 2,4-D and Dicamba Drift on Soybean and Cotton. **Weed Science**, [S.l.], v. 62, p. 193-206, mar. 2014.

FRANÇA-NETO, J. de B. *et al.* **Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade**. Londrina: Embrapa Soja, 2010. v. 20, n. 3.

FRENE, R.L.; SIMPSON, D.M.; BUCHANAN, M.B.; VEGA, E.T. Enlist E3™ soybean sensitivity and Enlist™ herbicide-based program control of sumatran fleabane (*Conyza sumatrensis*). **Weed Technol.**, [S.l.], v. 32, n. 4, p. 1-8, 2018.

FRIML, J.; VIETEN, A.; SAUER, M. Efflux-dependent auxin gradients establish the apical-basal axis of *Arabidopsis*. **Natureza**, [S.l.], v. 426, p. 147–153, 2003.

GAZZIERO, D.L.P.; ADEGAS F.S.; VOLI, E. **Indicações para o uso de glyphosate em soja transgênica**. Londrina, PR: Embrapa Soja, setembro de 2007. (Circular técnica, 49).

GORDON, B. Manganese nutrition of glyphosate-resistant and conventional soybeans. *In*: GREAT PLAINS SOIL FERTILITY CONFERENCE, [S.n.], 2006, Denver. **Proceeding** [...]. Denver: Conference. 2006, p. 224-226.

GRIS, C.F.; CARMOZINI, P.A.; VON PINHO, E.V.R.; VOLPE, R. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 2, p. 286-292, mar./abr. 2013.

GUIMARÃES, V. ; HOLLMANN, M.; FIOREZE, S.; ECHER, M.; RODRIGUES-COSTA, A. C.; ANDREOTTI, M. Productivity and Quality of Soybean Seeds in Function of Desiccation Stages and Herbicides. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 567-573, 2012.

HUBER, D.M. What About Glyphosate-Induced Manganese Deficiency. **Fluid Journal**, [S.l.], [S.v.], [S.n.] p. 20-22, 2007.

INOUE, M.H.; MARCHIORI JUNIOR, O.; BRACCINI, A.L.; OLIVEIRA JUNIOR, R.S.; AVILA, R.M.; CONSTANTIN, J. Grain yield and seed quality of soybean after desiccants application. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 4, p.769-770, jul./ago. 2003.

KARAM, D. *et al.* Situação atual da resistência de plantas daninhas a herbicidas nos sistemas agrícolas. *In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO*, 32., 2018, Lavras.

Soluções integradas para os sistemas de produção de milho e sorgo no Brasil: livro de palestras. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2018. cap. 31, p. 901-932.

LACERDA, A.L.S.; LAZARINI, E.; DE SÁ, M.E.; VALÉRIO FILHO, W.V. Armazenamento de sementes de soja dessecadas e avaliação da qualidade fisiológica, bioquímica e sanitária. **Revista Brasileira de Sementes**, [S.l.], v. 25, n. 2, p. 97-105, 2003.

LACERDA, M.P. **Caraterização fisiológica de plântulas de soja submetidas a diferentes tratamentos químicos.** 2014. 24 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade de São Paulo-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2014.

LEITE, E.S.; GASPAR-OLIVEIRA, C.M.; OLIVEIRA, M.A. Armazenamento de grãos de soja convencional e transgênica. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, MERCOSOJA*, 7., 2015, Londrina. **Anais [...]**. Londrina, 2015.

MARCANDALLI, L.H.; LAZARINI, E.; MALASPINA, I.C. Épocas de aplicação de dessecantes na cultura da soja: qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, [S.l.], v. 33, n. 2, p. 241-250, 2011.

MARCHI, G.; MARCHI, E.C.S.; GUIMARÃES, T.G. **Herbicidas:** mecanismos de ação e uso. Documentos, 2008, p. 36.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas.** Piracicaba: FEALQ, 2005. 495 p.

_____. Teste de envelhecimento acelerado. *In: KRZYŻANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Eds.). Vigor de sementes: conceitos e testes.* Londrina: ABRATES, 1999. p.1-3.21.

MILLER, M.R.; NORSWORTHY, J.K. Evaluation of herbicide programs for use in a 2,4-D-resistant soybean technology for control of glyphosate-resistant palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*). **Weed Technol.**, [S.l.], v. 30, n. 2, p. 366-376, 2016.

MUNDT, T.T. **Desempenho da soja LL sob doses de glufosinato de amônio.** 2018, 16 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Paraná, Palotina, 2018.

MUNDT, T.T.; ALBRECHT, L.P.; PEREIRA, V.G.C.; ALBRECHT, A.J.P.; VENTORIM, M.F.; HERRERA, G.C.; VICTORIA FILHO, R. Tecnologia Liberty Link® em soja submetida a altas doses de glufosinato de amônio. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS*, 30., 2016, Curitiba. **Anais [...]**, Curitiba: SBCPD, 2016.

MUNDT, T.T.; ALMEIDA, D.S.; WAGNER, F.G.; BACCIN, L.C.; ALBRECHT, A.J.P.; ALBRECHT, L.P.; HERRERA, G.C. Vigor das sementes e desenvolvimento de plântulas da soja Liberty Link® sob doses de amônio-glufosinato. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE*

SEMENTES, 20., 2017, Foz do Iguaçu. **Anais** [...], Londrina, Abrates, 2017.

NANDULA, V.K. Herbicide resistance traits in maize and soybean: Current status and future outlook. **Plants**, [S.l.], v. 8, n. 9, 2019.

OLIVEIRA, T.R.; THOMÉ, S.E.N.; ANDRADE, M.G.O.; CONTARDI, L.M.; LIMA, S.F. Physiological performance of RR soybean seeds in Glyphosate subdoses submitted to biostimulant. **Research, Society and Development**, [S.l.], v. 9, n. 10, 2020.

PALOVAARA, J.; HAKMAN, I. Wox2 and polar auxin transport during spruce embryonic pattern formation. **Plant Signal Behav**, [S.l.], v 4, p.153-155, 2009.

PAULINO, L.L.G.; OLIVEIRA, L.A.A. de; SOUZA, E.R.C. de; ROSSI, A.C.M.; SILVA, M.G. da. Aplicação de doses de glifosato em diferentes estádios fenológicos da cultura da soja. **Research, Society and Development**, [S.l.], v. 9, n. 9, p. e809997930, 2020.

PINTO, C.C.; OLIVEIRA, C.O.; AMÉRICO, G.H.P.; VAZQUEZ, G.H.; LAZARINI, E. Effect of dosage and times of application of glyphosate on yield and qualitative in soybean RR. **Revista de Ciências Agrárias**, [S.l.], v. 39, n. 2, p. 310-317, 2016.

RAISSE, E.R.; ASSIS, M.D.E. O.; ARAUJO, E.F.; FREITAS, F.C.L.; ARAUJO, R.F. Chemical desiccants for anticipation of harvest and physiological quality of cowpea seeds. **Revista Caatinga**, [S.l.], v. 33, p. 878–887, 2020.

REDDY, K.N.; RIMANDO, A.M.; DUKE, S. O. Aminomethylphosphonic Acid, a Metabolite of Glyphosate, Causes Injury in Glyphosate-Treated, Glyphosate-Resistant Soybean. **J Agric Food Chem.**, [S.l.], v. 52, n. 16, p. 5139-5143, 2004.

REDDY, K.N.; ZABLOTOWICZ, R.M. Glyphosate-resistant soybean response to various salts of glyphosate and glyphosate accumulation in soybean nodules. **Weed Science**, [S.l.], v. 51, p. 496-502, 2003.

REDDY, K.N.; ZABLOTOWICZ, R M.; BELLALLOUI, N.; DING, W. Glufosinate Effects on Nitrogen Nutrition, Growth, Yield, and Seed Composition in Glufosinate-Resistant and Glufosinate-Sensitive Soybean. **International Journal of Agronomy**, [S.l.], p. 1-9, 2011.

ROBINSON, A.P.; SIMPSON, D.M.; JOHNSON, W.G. Response of aryloxyalkanoate dioxygenase-12 transformed soybean yield components to postemergence 2,4-D. **Weed Sci.**, [S.l.], v. 1, n. 63, p. 242-247, 2015.

RODRIGUES, N.R.; SOUZA, A.P.F.; MORAIS, P.P.P.; BRAGA, D.P.V.; CRIVELLARI, A.C.; FAVORETTO, L.R.G.; BERGER, G.U. Residues of glyphosate and aminomethylphosphonic acid (AMPA) in genetically modified glyphosate tolerant soybean, corn and cotton crops. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 51, n. 1, 2021.

ROFIFAH, D. A resistência múltipla de *Amaranthus hybridus* a glifosato e possivelmente aos inibidores da enzima ALS está disseminada na Região da Campanha do Rio Grande do Sul e em municípios ao redor. Problema requer prevenção e manejo. **Revista Cultivar**, [S.l.], n. 1516-358, p. 12-26, 2020.

ROMAN, E.S.; VARGAS, L.; RIZZARDI, M.A.; HALL, L.; BECKIE, H.; WOLF, T. **M. Como funcionam os herbicidas: da biologia à aplicação**. Passo Fundo: Gráfica Editora Berthier, 2015.

SANTOS, F.L.; BERTACINE, F.; SOUZA, J.S.; SIMÕES, I.; BOSSOLANI, J.W.; SÁ, M. E. S. A influência de dessecante na qualidade fisiológica de sementes de soja F. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, [S.l.], v. 12, n. 1, p. 68–76, 2018

SCHRYVER, M.G.; SOLTANI, N.; HOOKER, D.C.; ROBINSON, D.E.; TRANEL, P.J.; SIKKEMA, P.H. Control of glyphosate-resistant common waterhemp (*Amaranthus rudis*) in three new herbicide-resistant soybean varieties in Ontario. **Weed Technol.**, [S.l.], v. 31, n. 6, p. 828-837, 2017.

SILVA, F.M.L.; CAVALIERI, S.D.; SÃO JOSÉ, A.R.; ULLOA, S.M.; VELINI, E.D. Atividade residual de 2,4-D sobre a emergência de soja em solos com texturas distintas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, [S.l.], v. 10, p. 29-36, 2011.

SOLOMON, C.; BRADLEY, K. Influence of Application Timmngs and sublethal Rates of Synthetic Auxin Herbicides on Soybean. **Weed Technology**, [S.l.], v. 28, n. 3, p. 454-464, 2014.

TERASAWA, J.M.; PANOBIANCO, M; POSSAMAI, E.; KOEHLER, H.S. Antecipação da colheita na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 3, p. 765-773, 2009.

TIMOSSI, P.C.; GAZARINI, A.M.; QUEIROZ, B.B.T.; GONÇALVES, D.C.; ALMEIDA, D.P.; ARAÚJO, R. O. B.; TEXEIRA, I. R. Residual effect of auxinic herbicides on soy. **Revista Brasileira de Herbicidas**, [S.l.], v. 19, p. 1-7, 2020.

TOLEDO, M.Z.; ISHIZUKA, M.S.; CAVARIANI, C.; FRANÇA-NETO, J. B.; PICOLI, L. B. Pre-harvest desiccation with glyphosate and quality of stored soybean seeds. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 2, p. 765-774, mar./abr. 2014.

VEIGA, A.D.; ROSA, S.D.V.F.; SILVA, P.A.; OLIVEIRA, J.A.; ALVIM, P.O., DINIZ, K.A. Tolerância de sementes de soja à dessecação. **Ciência e Agrotecnologia**, [S.l.], v. 31, n. 3, 2007.

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

ZOBIOLE, L.H.S; OLIVEIRA JÚNIOR, R.S; KREMER, R.J; CONSTANTIN, J.; BONATO, C.M; MUNIZ, A.S Eficiência do uso da água e fotossíntese da soja resistente ao glyphosate

afetada pelo glifosato. **Bioquímica e Fisiologia de Pesticidas**, [S.l.], v. 97, n. 3, p. 182-193, 2010. Disponível em: http://www.dag.uem.br/napd/up/publicnapd_e520f7bc2ecf23fc44f3766ea09ddf13ohzkw.pdf. Acesso em: 10 dez. 2022.

ZUFFO, A.M.; AGUILERA, J.G.; CARVALHO, E.R.; TEODORO, P.E. Harvest times with chemical desiccation and the effects on the enzymatic expression and physiological quality of soybean seeds. **Revista Caatinga**, [S.l.], v. 33, n. 2, p. 361-370, 2020.

ANEXO

Tabela 2A - Análise de variância com quadrados médios do grau de umidade (GU), primeira contagem de germinação (PCG), germinação (GERM), emergência de plântulas cinco (EM5) e oito dias (EM8), velocidade de emergência de plântulas (IVE), envelhecimento acelerado com germinação em papel em cinco dias (EAP), envelhecimento acelerado com semeadura em substrato em cinco (EAS5), oito dias (EAS8), e teste de condutividade elétrica (CE) de sementes de SOJA, cultivar B5710 CE Enlist®, tratadas com diferentes produtos herbicidas (H), aplicados em diferentes estádios fenológicos (E), e submetidas a armazenamento, após 120 dias de armazenagem.

| FV | GL | Soja Enlist®- Antes do armazenamento | | | | | | | | |
|------------------|----|--------------------------------------|---------|--------|--------|-------|---------|-------|-------|---------|
| | | GU | PCG | GERM | EM5 | EM8 | EAP | EAS5 | EAS8 | CE |
| H | 2 | 0,74 | 482,47* | 5449 | 55,47* | 3,8 | 130,47* | 3,8 | 2,95 | 224,30* |
| E | 4 | 0,42 | 8,47 | 6,81 | 17,97 | 8,26 | 90,14* | 8,25 | 27,14 | 59,50* |
| H*E | 8 | 0,18 | 338,57* | 50,87* | 44,3* | 41,52 | 63,66* | 41,52 | 17,26 | 80,26* |
| Test*Cont | 1 | 0,08 | 14,45 | 0,401 | 0,61 | 59,51 | 365,51* | 59,51 | 36,9 | 6,48 |
| Bloco | 2 | 0,51 | 23,58 | 54,29 | 10,68 | 37,94 | 1,64 | 1,96 | 22,39 | 8,58 |
| Resíduo | 30 | 0,78 | 19,43 | 22,17 | 7,62 | 19,34 | 17,71 | 19,33 | 14,64 | 7,66 |
| CV (%) | | 7,77 | 5,91 | 5,35 | 3,3 | 4,03 | 5,36 | 5,25 | 4,19 | 4,04 |

Tabela 3A - Análise de variância com quadrados médios do grau de umidade (GU), primeira contagem de germinação (PCG), germinação (GERM), emergência de plântulas cinco (EM5) e oito dias (EM8), velocidade de emergência de plântulas (IVE), envelhecimento acelerado com germinação em papel em cinco dias (EAP), envelhecimento acelerado com semeadura em substrato em cinco (EAS5), oito dias (EAS8), e teste de condutividade elétrica (CE) de sementes de SOJA, cultivar B5710 CE Enlist®, tratadas com diferentes produtos herbicidas (H), aplicados em diferentes estádios fenológicos (E), e submetidas a armazenamento, após 120 dias de armazenagem.

| FV | GL | Soja Enlist® – 120 dias de Armazenamento | | | | | | | |
|------------------|----|--|--------|-------|------|----------|---------|---------|---------|
| | | PCG | GERM | EM5 | EM8 | EAP | EAS5 | EAS8 | CE |
| H | 2 | 42,95* | 35,82 | 7,4 | 0,29 | 315,00 * | 369,76* | 497,49* | 214,32* |
| E | 4 | 46,70* | 38,69* | 5,94 | 5,26 | 140,06 | 31,02 | 84,67 | 45,81* |
| H*E | 8 | 54,82* | 25,4 | 28,01 | 4,14 | 324,86* | 173,42* | 299,69* | 48,36* |
| Test*Cont | 1 | 1,09 | 29,61 | 15,31 | 3,9 | 1008,0* | 121,69 | 185,03* | 10,96 |
| Bloco | 2 | 15,25 | 7,52 | 20,65 | 9,08 | 122,52 | 52,27 | 85,89 | 23,69 |
| Resíduo | 30 | 11,54 | 13,52 | 14,16 | 7,99 | 57,02 | 63,18 | 54,78 | 14,25 |
| CV (%) | | 4,26 | 4,23 | 4,35 | 3,07 | 12,61 | 14,49 | 11,43 | 4,21 |