

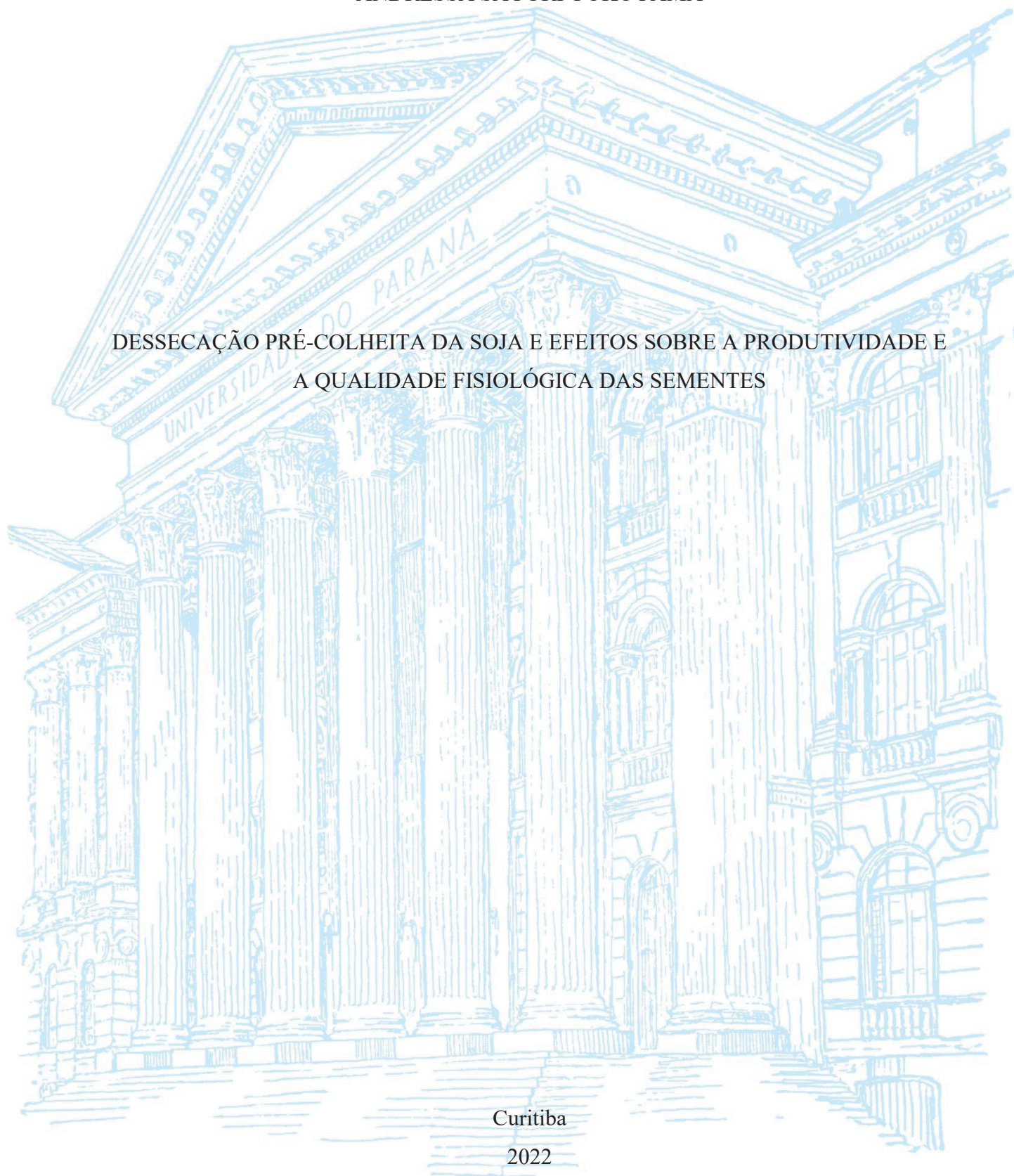
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ANDRESSA SAYURI YOKOYAMA

DESSECAÇÃO PRÉ-COLHEITA DA SOJA E EFEITOS SOBRE A PRODUTIVIDADE E
A QUALIDADE FISIOLÓGICA DAS SEMENTES

Curitiba

2022



ANDRESSA SAYURI YOKOYAMA

DESSECAÇÃO PRÉ-COLHEITA DA SOJA E EFEITOS SOBRE A PRODUTIVIDADE E
A QUALIDADE FISIOLÓGICA DAS SEMENTES

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Proteção de Plantas e Segurança Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Alfredo Junior Paiola Albrecht
Coorientador: Prof. Dr. Leandro Paiola Albrecht

Curitiba
2022

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

Yokoyama, Andressa Sayuri

Dessecação pré-colheita da soja e efeitos sobre a produtividade e a qualidade fisiológica de sementes / Andressa Sayuri Yokoyama. – Curitiba, 2022.

1 recurso online: PDF.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal).

Orientador: Prof. Dr. Alfredo Junior Paiola Albrecht

Coorientador: Prof. Dr. Leandro Paiola Albrecht

1. Germinação. 2. Herbicidas. 3. Maturação. 4. Sementes - Qualidade. I. Albrecht, Alfredo Junior Paiola. II. Albrecht, Leandro Paiola. III. Universidade Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal). IV. Título.



TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL) da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **ANDRESSA SAYURI YOKOYAMA** intitulada: **DESSECAÇÃO PRÉ-COLHEITA DA SOJA E EFEITOS SOBRE A PRODUTIVIDADE E A QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES**, sob orientação do Prof. Dr. ALFREDO JUNIOR PAIOLA ALBRECHT, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestra está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 03 de Fevereiro de 2023.

Assinatura Eletrônica

03/02/2023 15:07:05.0

ALFREDO JUNIOR PAIOLA ALBRECHT

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

03/02/2023 13:35:05.0

ANDRÉ FELIPE MOREIRA SILVA

Avaliador Externo (ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA - LUIZ DE QUEIROZ -USP)

Assinatura Eletrônica

03/02/2023 13:18:45.0

LAERCIO AUGUSTO PIVETTA

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ - SETOR PALOTINA)

Dedico este trabalho aos meus pais, Carlos e Luiza, e ao meu irmão, Anderson, por todo apoio, força e incentivo. A vocês, minha eterna gratidão!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que contribuíram para que fosse possível o desenvolvimento deste, dentre os quais agradeço:

A Deus, pelo dom da vida e pelas graças recebidas.

Aos meus pais, Carlos e Luiza, pelo amor, apoio incondicional e confiança. Sou eternamente grata por tudo o que fazem pela nossa família.

Ao meu irmão, Anderson, por ter sido fundamental nas últimas decisões da minha vida e por estar sempre do meu lado. Ele, simplesmente, não mede esforços para me ver feliz.

Ao meu querido orientador, Prof. Dr. Alfredo Junior Paiola Albrecht, por ter me acolhido, dado a assistência precisa para o desenvolvimento deste trabalho e por estar sempre disposto a sanar as diversas dúvidas. Acredito que eu não poderia ter sido melhor orientada durante esta trajetória.

Ao Prof. Dr. Leandro Paiola Albrecht, por todos os ensinamentos e pela orientação durante o período de mestrado.

Aos membros do grupo de pesquisa e empresa júnior Sistema Sustentáveis de Produção (SUPRA), por terem contribuído nos experimentos.

Aos produtores, Família Pivetta e Júlio Paludo, que disponibilizaram parte de suas áreas para a condução da minha dissertação.

Aos amigos que a vida me proporcionou, em especial, aos amigos que fiz durante o mestrado. Enfim, a todos esses, agradeço por estarem comigo, tanto nos melhores como nos piores momentos da vida, pela confiança, pela convivência e amparo diários.

À CNPq pela concessão da bolsa, fato que viabilizou minha dedicação exclusiva ao mestrado durante o período de realização dos experimentos.

“Nada é tão difícil que não possa ser aprendido
e nem tão fácil que não precise de um mínimo de esforço para ser entendido.

Nada é tão grande que não possa ser alcançado
e nada é tão pequeno que não seja importante.”

(Allan Kardec)

RESUMO

A dessecação pré-colheita promove colheita antecipada, o que possibilita a semeadura da cultura em sucessão na época ideal, controla plantas daninhas e promove a maturação fisiológica uniforme. Essa prática deve ser realizada sem trazer danos a qualidade fisiológica das sementes e à produtividade. Entre os herbicidas utilizados, o paraquat era o principal dessecante, no entanto, a sua comercialização foi proibida, sendo necessário estudos para determinar quais doses e associações são viáveis ao uso do ingrediente ativo. Objetivou-se avaliar a qualidade fisiológica de sementes e qual herbicida tem melhor potencial como alternativa de substituição ao uso do paraquat. O trabalho foi realizado nas safras 2020/21 e 2021/22, e o conduziu em Palotina-PR, em delineamento de blocos casualizados com 22 tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram testemunha sem aplicação, glufosinate (300; 400; 500; 600 e 700 g ia ha⁻¹), diquat (300, 400 e 500 g ia ha⁻¹), glufosinate + saflufenacil (300 + 35, 400 + 24,5, 400 + 35 e 400 + 49 g ia ha⁻¹), glufosinate + carfentrazone (300 + 30, 400 + 20, 400 + 30 g ia ha⁻¹), glufosinate + flumioxazin (300 + 30, 400 + 20, 400 e 30 g ia ha⁻¹), diquat + saflufenacil (300 + 24,5 g ia ha⁻¹), diquat + carfentrazone (300 + 20 g ia ha⁻¹) e diquat + flumioxazin (300 + 20 g ia ha⁻¹). A aplicação ocorreu quando a soja se encontrava no estágio fenológico R7.3. Já, o segundo experimento, safra 2020/21, objetivou-se avaliar o estágio fenológico ideal de dessecação e a qualidade fisiológica de sementes de soja submetidas a herbicidas dessecentes em pré-colheita. Foi conduzido em dois locais, Palotina e Maripá, ambos pertencentes ao estado do Paraná. As aplicações foram compostas de glufosinate (400 g ia ha⁻¹) ou diquat (400 g ia ha⁻¹), nos estádios R6, R7.1, R7.2 e R7.3, além da testemunha sem aplicação, totalizando nove tratamentos e quatro repetições, em delineamento em blocos casualizados. Avaliou-se nos dois experimentos as variáveis desfolha, maturação, umidade de sementes, produtividade, primeira contagem de germinação, germinação, massa seca e comprimento de plântula, condutividade elétrica e envelhecimento acelerado. No primeiro experimento, constatou-se a oportunidade de uso de diquat e glufosinate isolados, principalmente nas maiores doses e, também destes associados ao saflufenacil, carfentrazone e flumioxazin. Além disso, os herbicidas dessecentes apresentaram para envelhecimento acelerado, massa seca e comprimento de plântula resultados superiores quando comparados à testemunha, e que não houve diferença entre os tratamentos em relação à produtividade. Ou seja, os tratamentos estudados podem substituir o paraquat, sem trazer danos as sementes e a produtividade, quando aplicados no estágio adequado. No segundo experimento, a dessecação em estádios mais precoces reduziu a produtividade de sementes e afetou negativamente a qualidade das sementes. As aplicações de glufosinate e diquat foram eficazes na dessecação pré-colheita. As aplicações de glufosinate a partir do estágio R7.2, e de diquat em R7.3 são seguras para a produtividade de sementes. Aplicações anteriores a esses estádios têm a possibilidade de levar a perdas superiores a 30% na produtividade de sementes. As aplicações de diquat e glufosinate são capazes de reduzir a produtividade, quando aplicado antes do estágio R7.2.

Palavras-chave: antecipação de colheita; estágio fenológico; germinação; *Glycine max*; herbicida; maturação; qualidade de semente; vigor.

ABSTRACT

Pre-harvest desiccation promotes early harvest, enables the entry of the crop in succession at the ideal time, controls weeds and promotes uniform physiological maturation. This practice must be carried out without harming the physiological quality of the seeds and seed yield. Among the herbicides used, paraquat was the main desiccant, however, its commercialization was prohibited, requiring studies to determine which doses and associations are viable for the use of the active ingredient. This work was divided into two experiments. The first experiment, carried out in the 2020/21 and 2021/22 seasons, aimed to evaluate the physiological quality of seeds and which herbicide has the best potential as an alternative to the use of paraquat. It was conducted in Palotina-PR, in a randomized block design, with 22 treatments and four replications. The treatments were control without application, glufosinate (300; 400; 500; 600, and 700 g ia ha⁻¹), diquat (300, 400, and 500 g ia ha⁻¹), glufosinate + saflufenacil (300; 400 + 24.5; 400 + 35; 400 + 49 g ia ha⁻¹), glufosinate + carfentrazone (300 + 30; 400 + 20; 400 + 30 g ia ha⁻¹), glufosinate + flumioxazin (300 + 30, 400 + 20, 400 e 30 g ia ha⁻¹), diquat + saflufenacil (300 + 24,5 g ia ha⁻¹), diquat + carfentrazone (300 + 20 g ia ha⁻¹) and diquat + flumioxazin (300 + 20 g ia ha⁻¹). The application occurred when the soybean was at the R7.3 phenological stage. The second experiment, 2020/21 season, aimed to evaluate the ideal phenological stage of desiccation and the physiological quality of soybean seeds submitted to desiccant herbicides in pre-harvest. It was carried out in two locations, Palotina and Maripá, both belonging to the state of Paraná. The applications were composed of glufosinate (400 g ia ha⁻¹) or diquat (400 g ia ha⁻¹), at stages R6, R7.1, R7.2, and R7.3, in addition to the control without application, totaling nine treatments and four replications, in a randomized block design. The variables defoliation, maturation, seed moisture, seed yield, first germination count, germination, dry mass and seedling length, electrical conductivity and accelerated aging were evaluated in both experiments. In the first experiment, the opportunity to use isolated diquat and glufosinate was verified, mainly in the highest doses and, also associated with saflufenacil, carfentrazone and flumioxazin. In addition, the desiccant herbicides showed superior results for accelerated aging, dry mass and seedling length when compared to the control, and that there was no difference between treatments in seed yield. That is, the treatments studied can replace paraquat, without causing damage to seed quality and seed yield, when applied at the appropriate stage. In the second experiment, desiccation at earlier stages reduced seed yield and negatively affected seed quality. Glufosinate and diquat applications were effective in pre-harvest desiccation. Glufosinate applications from the R7.2 stage onwards, and diquat applications from the R7.3 stage onwards are safe for seed yield. Applications prior to these stages have the possibility of leading to losses of more than 30% in seed yield. Applications of diquat and glufosinate are capable of reducing the yield produced when applied before the R7.2 stage.

Keywords: harvest anticipation; phenological stages; germination; *Glycine max*; herbicide; maturation; seed quality; vigor.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL.....	10
2	REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1	A CULTURA DA SOJA E SUA IMPORTÂNCIA ECONÔMICA.....	12
2.2	DESSECAÇÃO PRÉ-COLHEITA.....	13
2.3	HERBICIDAS PARA A DESSECAÇÃO PRÉ-COLHEITA DE SOJA	15
2.4	EFEITOS DA ÉPOCA DE DESSECAÇÃO PRÉ-COLHEITA DA SOJA	17
2.5	QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES X DESSECAÇÃO PRÉ- COLHEITA DE SOJA	18
	REFERÊNCIAS	19
3	CAPÍTULO I – QUALIDADE FISIOLÓGICA DAS SEMENTES SUBMETIDAS A HERBICIDAS DESSECANTES ALTERNATIVOS AO PARAQUAT	25
3.1	INTRODUÇÃO.....	27
3.2	MATERIAL E MÉTODOS	29
3.2.1.1	Peso de mil sementes.....	32
3.2.1.2	Germinação	32
3.2.1.3	Comprimento e peso de matéria seca de plântula	33
3.2.1.4	Condutividade elétrica.....	33
3.2.1.5	Envelhecimento acelerado.....	33
3.2.3	Procedimento estatístico.....	33
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
3.3.1	Desempenho agronômico	34
3.3.2	Qualidade de sementes	38
3.4	CONCLUSÃO.....	46
	REFERÊNCIAS	47
4	CAPÍTULO II – EFICÁCIA DE GLUFOSINATE E DIQUAT NA DESSECAÇÃO PRÉ-COLHEITA, EM QUATRO ESTÁDIOS FENOLÓGICOS E IMPACTO SOBRE A QUALIDADE DAS SEMENTES PRODUZIDAS.....	50
4.1	INTRODUÇÃO.....	52
4.2	MATERIAL E MÉTODOS	54
4.2.1	Descrição do local	54

4.2.2	Delineamento experimental.....	54
4.2.3	Avaliações	55
4.2.4	Análise estatística	56
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
4.3.1	Desfolha e maturação	57
4.3.2	Umidade e produtividade de sementes.....	59
4.3.3	Qualidade das sementes.....	60
4.4	CONCLUSÃO.....	63
	REFERÊNCIAS	64

1 INTRODUÇÃO GERAL

A soja, de nome científico *Glycine max* (L.) Merrill, é a principal cultura produzida, tanto no cenário mundial, como nacional. É uma importante fonte de proteína e óleo vegetal, e possui grande influência econômica, sendo utilizada em diferentes segmentos, principalmente, na alimentação humana e animal. O Brasil é o maior produtor dessa cultura, o qual foi responsável pela produção de 142,789 milhões de toneladas em 40,351 milhões de hectares na safra 2021/22 (Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB, 2021), ou seja, 4% a mais quando comparado à safra 2020/21, que obteve 142,789 milhões de toneladas.

Diversos fatores levam o país a ser um dos principais produtores e exportadores de soja, como as condições ambientais e geográficas favoráveis a cultura, tornando o agronegócio brasileiro competitivo e eficiente no âmbito internacional. Isso é devido à modernização das atividades agrícolas e ao desenvolvimento científico e tecnológico, que resultaram em altas produtividades aliadas a crescente busca de cultivares mais precoces, cujo objetivo é encurtar o ciclo da soja, de modo a possibilitar o plantio de milho safrinha em época apropriada.

Entretanto, além da adequação de cultivares, outra prática crucial e comum para o sistema de produção soja/milho, é a utilização de herbicidas dessecantes visando a antecipação da colheita (BARROS *et al.*, 2019). A dessecação pré-colheita é recomendada em condições de ausência de chuva nos campos de produção de sementes (MATHIAS *et al.*, 2017; VEIGA *et al.*, 2007; PEREIRA *et al.*, 2015), além de permitir a obtenção de sementes com elevada qualidade fisiológica, pois evita danos que possam ocorrer no campo devido às condições climáticas adversas, por exemplo, chuvas em pré-colheita (MATHIAS *et al.*, 2017). Outros pontos importantes a serem considerados, é que a prática de dessecação pré-colheita, cujo objetivo é desidratar as plantas e promover a antecipação da colheita (BEZERRA *et al.*, 2014), pode trazer outros benefícios, como a eliminação de plantas daninhas e rápida secagem das plantas, e também promove a uniformização da área (PEREIRA *et al.*, 2015).

Entre os herbicidas utilizados, o paraquat era o principal para dessecação pré-semeadura e pré-colheita, dado que é um herbicida pós-emergente e não seletivo, utilizado para o controle total da vegetação (LAMEGO *et al.*, 2013). No entanto, a sua comercialização passou por banimento, o que terá grande impacto nas próximas safras, visto que, o seu uso é considerado eficaz e barato. Isso torna necessário a utilização de herbicidas alternativos ao paraquat para dessecar soja. Ainda existem opções de herbicidas dessecantes em pré-colheita de soja. Nesse sentido, destacam-se os herbicidas diquat, glufosinate, saflufenacil,

flumioxazin e carfentrazone, em diferentes associações. Considera-se que esses herbicidas, isolados ou associados, funcionam como substituto do paraquat em uma das doses testadas.

Porém, não é apenas em relação a qual herbicida utilizar. Ainda há questionamentos de qual o estágio fenológico adequado para realizar a aplicação de um herbicida dessecante, visto que a prática deve ser realizada no estágio em que essa antecipação não resulte em perdas na produtividade da cultura e interfira na germinação e vigor das sementes (ADEGAS *et al.*, 2018). Ademais, estudos indicam que os herbicidas utilizados em dessecação pré-colheita podem deixar resíduos e afetar a qualidade das sementes (TOLEDO; CAVARIANI; FRANÇA-NETO, 2012).

Dessa forma, os herbicidas dessecantes glufosinate, diquat e os inibidores da enzima protoporfirinogênio oxidase (PPO ou PROTOX) podem substituir o paraquat, sem trazer danos as sementes e a produtividade, quando aplicados no estágio adequado. O propósito deste trabalho é avaliar a performance dos herbicidas diquat e glufosinate isolados, ou em associações, em dessecação pré-colheita de soja, como alternativa ao paraquat, e se interferem no desempenho agrônômico ou na qualidade das sementes, em diferentes estágios fenológicos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A CULTURA DA SOJA E SUA IMPORTÂNCIA ECONÔMICA

A soja, originária da China, cujo nome científico é *Glycine max* (L.) Merrill, pertence à Família Fabaceae e é uma espécie amplamente disseminada pelo mundo e um dos proteicos cultivados mais importantes (BRAGA; OLIVEIRA, 2018), pois fornece mais proteína por hectare do que qualquer outro grande cultivo (CARNEIRO FILHO; COSTA, 2016), além de ser caracterizado como um alimento de alto valor calórico-proteico, fazendo-se importante para diminuir a fome e a desnutrição mundial (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, 2010). Além disso, no cenário agrícola brasileiro, essa cultura não só pode ser considerada plástica e adaptada para ambientes de cultivos diversos, mas também é a maior fonte direta de renda de produção de grãos no verão (STRIEDER *et al.*, 2016).

Ademais, é a principal cultura do agronegócio brasileiro e, pela sua rentabilidade tem ocupado lugar de outras culturas de importância econômica, visto que na safra 2019/20 o país superou os Estados Unidos, tornando-se o maior produtor mundial, com produção de 124,8 milhões de toneladas, ganho de 4,3% em relação à safra 2018/19 (CONAB, 2020) e de 9,47% em comparação à safra agrícola 2016/2017 (CONAB, 2017). No âmbito do mercado internacional, a soja é considerada a principal *commodity* agrícola, e também apresenta números expressivos com uma produção de 265,7 milhões de toneladas na safra agrícola 2021/22, com crescimento superior a dez milhões de toneladas em relação ao ciclo anterior, em uma área plantada de 72,7 milhões de hectares (CONAB, 2022).

A relevância dessa leguminosa na área socioeconômica é devido ao seu amplo uso dos grãos, visto que fornece produtos e subprodutos para a alimentação humana e animal, é matéria-prima para produtos industrializados (LEMOS *et al.*, 2017) e fonte alternativa de biocombustível (COSTA NETO e ROSSI, 2000).

Em relação ao total da produção nacional, segundo Associação Brasileira dos Produtores de Soja – Aprosoja (2018), cerca de 15% da produção total é direcionada para a produção de óleo, a qual 70% dessa quantidade é destinada para a fabricação de biodiesel. Enquanto, 80% do farelo de soja é destinado para a produção de ração animal, o que torna a soja indispensável e diretamente ligada a fins comerciais, como o mercado de carne, leite e ovos. Outrossim, é consumido de forma direta, principalmente, no continente asiático, sendo relevante na alimentação humana (CONTE *et al.*, 2020).

Com o mercado externo favorável e com o aumento da produção pela disponibilidade de expansão, posto que a área plantada de soja passou de 24,2 milhões de hectares na safra 2010/2011 para 36,9 milhões de hectares na safra 2019/2020 (HIRAKURI, 2021), com perspectiva de chegar aos 38 milhões na safra 2020/2021 (CONAB, 2020), o crescimento da cultura esteve associado aos avanços científicos e à disponibilização de tecnologias a fim de obter maiores resultados de produtividade, em virtude da exigência de maiores quantidades e qualidade da cultura crescentes.

2.2 DESSECAÇÃO PRÉ-COLHEITA

Com a finalidade de alcançar maior produtividade desta leguminosa no país, além de fornecer grãos que atendam às exigências do mercado, é preciso realizar o manejo correto na lavoura, de modo a preservar tanto a qualidade sanitária como a fisiológica do grão (Associação Brasileira de Sementes e Mudanças – ABRASEM, 2014). O processo de colheita e sua época ideal para ocorrer é uma etapa crucial no ciclo produtivo dessa cultura, pois nesse momento é possível reduzir as perdas e assegurar a qualidade final do grão. Essa é indicada quando a planta apresenta maturidade fisiológica, momento que ocorre o maior acúmulo de matéria seca, vigor e germinação, e é nessa fase que deve iniciar a colheita, posto que evita perdas qualitativas (GEME, 2017).

Além disso, os sojicultores têm a possibilidade de acelerar essa etapa a partir da dessecação pré-colheita, o que facilita e agiliza a operação, além de obter menor teor de impurezas e sementes de melhor qualidade. A aplicação de herbicidas dessecantes é uma forma de minimizar perdas na qualidade de sementes e potencializar a produtividade. Essa é realizada quando as sementes estão maduras, técnica que promove uniformidade de maturação através da secagem mais rápida das plantas, de modo a facilitar a colheita e obter menores teores de impurezas, além da redução de perdas (INOUE *et al.*, 2003).

Há estudos em que a técnica de dessecação pré-colheita contribuiu consideravelmente para o aumento de produtividade, visto o estabelecimento de altos níveis quantitativos e qualitativos de produção de grãos de soja (QUADROS *et al.*, 2020). Ademais, alguns produtores utilizam essa prática para antecipar a colheita da cultura visando semear o mais rápido possível uma segunda safra de grãos, principalmente o milho segunda safra ou safrinha (MARCANDALLI; LAZARINI; MALASPINA, 2011) e, dependendo da região, o algodão safrinha (INOUE *et al.*, 2012).

Portanto, os herbicidas possuem influência na qualidade fisiológica de sementes e interferem no tempo de permanência da cultura no campo. Guimarães *et al.* (2012) constataram que o herbicida glufosinate antecipou a colheita em quatro dias. Também é importante salientar que a antecipação da colheita proporciona sementes de soja com melhor qualidade fisiológica. Isso foi verificado por Daltro *et al.* (2010), ao observarem que a colheita antecipada proporcionou sementes de soja com melhor qualidade fisiológica que as provenientes da colheita sem o uso de herbicida dessecante.

Entretanto, não só é possível antecipar a colheita, mas também uniformizar a maturação, o que favorece a obtenção de grãos com qualidade, pois é durante a maturidade fisiológica que cessa a transferência de fotoassimilados produzidos pela planta para as sementes, o momento em que as sementes apresentam o mais alto potencial fisiológico (MARCOS FILHO, 2005). Outra vantagem a ser considerada, é a redução do teor de umidade que a dessecação proporciona, uma vez que facilita a colheita mecanizada e evita perdas, visto que um dos principais problemas na produção de sementes de soja é a deterioração por umidade (MACIEL *et al.*, 2005; FRANÇA NETO *et al.*, 2007; DALTRO *et al.*, 2010).

Com o propósito de manter a qualidade fisiológica de uma semente, a dessecação com herbicidas é uma prática recomendada, o qual promove a redução do teor de água das sementes rapidamente e nesses grãos, as folhas e as vagens obtêm a cor amarelada (SOUNPINSKI, 2019). Ou seja, o uso de dessecante é de suma importância, pois possibilita maior facilidade e rapidez na colheita, menor teor de impurezas, além de reduzir perdas e obter grãos de maior qualidade (INOUE *et al.*, 2003; PINTO *et al.*, 2017).

Além disso, a antecipação da colheita minimiza o tempo de exposição das sementes às condições ambientais que podem ser desfavoráveis e contribuintes para o aceleramento da deterioração das sementes, pois a permanência da semente no campo após a fase de maturidade fisiológica pode acelerar esse processo (BRACCINI *et al.*, 2003; INOUE *et al.*, 2003; GUIMARÃES *et al.*, 2012). Entretanto, a soja possui maturação desuniforme e, caso aconteça atraso da colheita, pode vir a acarretar prejuízos às sementes (MARCANDALLI; LAZARINI; MALASPINA, 2011).

Durante a maturação de uma semente, ocorrem alterações na massa de matéria seca, teor de água, tamanho, germinação e vigor (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). No entanto, a depender de como a dessecação pré-colheita é realizada, as qualidades fisiológica, sanitária e física de uma semente de soja podem ser afetadas, tornando-se inviáveis sua utilização tanto para sementes como para grãos (INOUE *et al.*, 2012).

Portanto, segundo um estudo feito por Marcandalli, Lazarini e Malaspina (2011), o herbicida paraquat não altera a qualidade fisiológica das sementes, mas observaram ao utilizarem glyphosate, que a antecipação da colheita pode vir a afetar a maturação fisiológica e, conseqüentemente, influenciar negativamente a qualidade das sementes, principalmente, no comprimento de raiz. Daltro *et al.* (2010) também observaram que o glifosato causou redução do poder germinativo e no vigor das plântulas. No entanto, Elmore *et al.* (2001) e Pinto *et al.* (2019) concluíram que o uso do glifosato não interfere negativamente os atributos produtivos quando aplicado nas doses recomendadas.

2.3 HERBICIDAS PARA A DESSECAÇÃO PRÉ-COLHEITA DE SOJA

Entre os herbicidas dessecantes recomendados para a cultura, o paraquat era o mais utilizado. No entanto, esse princípio ativo apresenta alta toxicidade para humanos e animais (BALTAZAR *et al.*, 2013), além de ter estudos que demonstram que o paraquat proporciona mutagenicidade e que está ligado à doença de Parkinson (TAMANO *et al.*, 2019; TANGAMORNSUKSAN *et al.*, 2019; ALBRECHT; ALBRECHT; SILVA, 2022). Diante de vários estudos, foi elaborado a Resolução 177 de 2017 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2017), que proíbe o seu consumo, comercialização ou importação em todo território brasileiro, em virtude de ser considerado um dos agrotóxicos mais prejudiciais à saúde.

Esse herbicida foi fundamental para estabelecer um dos principais sistemas de produção, o plantio direto (ALBRECHT; ALBRECHT; SILVA, 2022), além de que era muito utilizado como dessecante pré-semeadura e pré-colheita em algumas culturas agrícolas, pois não afetava o rendimento, não deixava resíduos nos grãos e não prejudicava os atributos fisiológicos da semente, independente da época de aplicação, além de ter rápida ação (DALTRO *et al.*, 2010; PLACIDO, 2019).

O paraquat era visto como uma ótima ferramenta de dessecação pré-colheita, pois cumpria a função de herbicida dessecante sem afetar a qualidade fisiológica das sementes (SOUZA *et al.*, 2017). Quando aplicado na maturidade fisiológica, foi observado que não houve o acúmulo nos alimentos devido a aplicação na época correta, pois é um herbicida de contato com translocação limitada (RODRIGUES; ALMEIDA, 2018; ALBRECHT; ALBRECHT; SILVA, 2022). Ainda, segundo Souza *et al.* (2017), a aplicação dos herbicidas não interfere negativamente na qualidade fisiológica das sementes de soja, quando aplicados no momento correto, posto que em um experimento realizado por Roman, Rodrigues e

McCracken (2001), Corrêa (2012) e Lamego *et al.* (2013), a dessecação pré-colheita incrementou o poder germinativo das sementes e não afetou a integridade das membranas celulares das sementes.

Atualmente, os produtos que possuem registro para realizar o processo de dessecação pré-colheita de soja, são: diquat, saflufenacil, glufosinate, carfentrazone e flumioxazin (AGROFIT – Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários, 2023). Tanto o diquat como paraquat são classificados como inibidores do Fotossistema I (FSI) na etapa fotoquímica do processo de fotossíntese, dado que funcionam como aceitadores de elétrons no FSI e são pertencentes ao grupo químico bpidílicos (OLIVEIRA JUNIOR e CONSTANTIN, 2001). Esses são caracterizados como herbicidas não seletivos e de contato, que quando aplicados provocam desfolha nas plantas e uniformizam a maturação, visto que são herbicidas rapidamente absorvidos pelas folhas (MARCHI; MARCHI; GUIMARÃES, 2008).

Quanto ao glufosinate, acreditava-se que era o único a inibir a enzima glutamina sintetase na via de assimilação de nitrogênio, que é a precursora de uma série de aminoácidos, incluindo a prolina (HESS, 2000; CARVALHO, 2013). Porém, estudos recentes mostraram que ele causa acúmulo de espécies reativas de oxigênio (ROS), sendo esse um mecanismo de ação similar ao ingrediente ativo paraquat (TAKANO *et al.*, 2019). É classificado como um herbicida de contato com capacidade de se translocar na planta à curta distância, e a luz está envolvida de alguma maneira na expressão da atividade do herbicida (MARCHI; MARCHI; GUIMARÃES, 2008). Segundo Marchi, Marchi e Guimarães (2008), esse herbicida é usado em pós-emergência, não possui atividade no solo e os inibidores da enzima glutamina sintetase são tóxicos para a maioria das plantas.

Já saflufenacil, carfentrazone e flumioxazin são classificados como herbicidas inibidores da PROTOX, em que atuam inibindo a ação da enzima protoporfirinogênio oxidase (PPO ou PROTOX) a qual se encontra presente nos cloroplastos das plantas. Ao inibir a enzima PROTOX, o protoporfirinogênio se acumula no cloroplasto e se difunde para o citoplasma, onde ocorre a oxidação de protoporfirrogênio a protoporfirina IX, precursor da clorofila e de grupamentos heme. Na presença de luz, a protoporfirina IX interage com o oxigênio no cloroplasto formando um singlete, sendo esse responsável pela peroxidação de lipídeos nas membranas celulares, os quais levam à degradação de lipídeos e de proteínas, que resultam na perda de clorofila, carotenoides e rompimento das membranas celulares (VIDAL, 2002; MARCHI; MARCHI; GUIMARÃES, 2008).

Zagonel (2005) observou em seu estudo que diquat, paraquat e glufosinate, na dose de 200 g ia ha⁻¹, apresentaram resultados equivalentes para dessecação de soja pré-colheita

sem redução da produtividade. Ademais, a associação de glufosinate com os herbicidas inibidores da PROTOX é promissora para essa etapa (ALBRECHT; ALBRECHT; SILVA, 2022), dado que o principal substituto do ingrediente ativo, o diquat, apresenta-se em falta no mercado e, conseqüentemente, faz-se necessário buscar alternativas que possam substituí-lo ou até novas fontes do produto.

2.4 EFEITOS DA ÉPOCA DE DESSECAÇÃO PRÉ-COLHEITA DA SOJA

Para garantir sementes de alto vigor, é preciso manter e realizar adequadamente uma série de práticas, entre elas, destaca-se aplicar o herbicida dessecante no momento ideal da dessecação pré-colheita de soja. De acordo com Albrecht, Albrecht e Silva (2022), a eficácia, a qualidade das sementes e a produtividade podem ser afetadas pelo estágio de aplicação. Considera-se que o momento propício para a realização da prática deve ser no estágio que não resultará em perdas da produtividade, e acredita-se que o rendimento de grãos é afetado pela dessecação nos primeiros estádios fenológicos da soja (R6, R7.1), o que não é recomendado. Isso foi comprovado por Marcandalli, Lazarini e Malaspina (2011), que a partir de seu estudo demonstraram que as sementes obtidas com aplicação de dessecantes no estágio R6 são de qualidade fisiológica inferior às obtidas com aplicação nos estádios R7 e R8. Contudo, Pelúzio *et al.* (2008) concluíram que as maiores taxas de germinação e vigor foram obtidas com a aplicação do herbicida dessecante nos estádios R6 e R7, e as maiores produtividades foram obtidas nos estádios R7 e R8, independente da época de colheita.

Ademais, quando a dessecação é realizada mais tarde do momento ideal, não tem antecipação de colheita compensatória (LAMEGO *et al.*, 2013), dado que a aplicação de herbicidas dessecantes pode vir a antecipar a colheita em até no máximo sete dias, sem alteração em sua produtividade, de acordo com Lacerda *et al.* (2001). Por isso, Guimarães *et al.* (2012) consideram utilizar herbicidas dessecantes em sua época ideal de aplicação, para que evite a probabilidade de perdas de produtividade e qualidade de sementes.

Lamego *et al.* (2013) sustentaram essa informação, no entanto, ao contrário de Marcandalli, Lazarini e Malaspina (2011), estudaram qual subdivisão da escala R7 não apresentaria redução significativa de produtividade. Com isso, observaram através de seu trabalho, que dessecações realizadas em R7.1 reduziram significativamente a produtividade de soja em 13% quando comparada ao da testemunha, e que a partir do estágio R7.3 não houve mais interferência na produtividade da soja, apresentando-se superior à testemunha.

Porém, as sementes oriundas de plantas com dessecação nos estádios R6 e R7.1 apresentaram percentual superior e maior índice de velocidade de germinação (LAMEGO *et al.*, 2013).

2.5 QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES X DESSECAÇÃO PRÉ-COLHEITA

A aplicação de herbicidas dessecantes em pré-colheita de soja é realizada quando a maioria das sementes atinge a maturidade fisiológica (INOUE *et al.*, 2012), sendo que a maior qualidade fisiológica de uma semente é quando ela se encontra no ponto de maturidade fisiológica, momento em que o grau de deterioração será mínimo e não ocorre mais o aumento de matéria seca na semente, além de apresentar o seu máximo de germinação e vigor (CROOKSTON; HILL, 1978; POLLOCK; ROOS, 1972; POPINIGS, 1998). Esse ponto é atingido quando a semente se desprende da planta-mãe e começa a sofrer mais influência das condições ambientais (MARCOS FILHO, 1986; CARVALHO; NAKAGAWA, 2000; LAMEGO *et al.*, 2013).

Por isso, acredita-se que a semente inicia o processo de armazenamento ainda em campo após a etapa de maturação fisiológica (COSTA *et al.*, 1983; LAMEGO *et al.*, 2013). Além disso, Delouche (1975) afirma que é um ponto decisivo esse “período de armazenamento” visto que fica exposta a diferentes temperaturas e umidade relativas, que podem ser desfavoráveis, o que leva ao decréscimo da maturidade fisiológica da semente, ou seja, sementes em campo é decisivo para a deterioração ou perda de vigor (PELÚZIO *et al.*, 2008).

Em consideração a isso, o atraso da colheita pode vir a aumentar o processo de deterioração de sementes, ou seja, provocar perdas na qualidade, posto que, ainda em campo estão associadas a oscilações de temperatura, altos índices pluviais e alternância de umidade relativa do ar (DALTRO *et al.*, 2010). Em vista disso, é fundamental adotar técnicas que colaborem para a preservação da qualidade fisiológica de uma semente. Miguel (2003) e Lacerda *et al.* (2005) observaram que a dessecação pré-colheita contribui para minimizar os problemas do retardamento da colheita, além de controlar plantas daninhas e uniformizar a área, o que possibilita o planejamento da colheita (MARCOS FILHO, 2005; PELÚZIO *et al.*, 2008; DALTRO *et al.*, 2010).

REFERÊNCIAS

- ABRASEM, **Associação Brasileira de Sementes e Mudanças**. Anuário 2014, 52p.
- ADEGAS, F. S.; MOREIRA, A.; PÍPOLO, A. E.; LORINI, I.; GAZZIERO, D. L. P.; HENNING, F. A.; OLIVEIRA, M. A.; MANDARINO, J. M. G.; BETIOLI JUNIOR, E.; FURLANETTO, R. H. Efeitos da época de dessecação de pré-colheita na produtividade da soja. In: **Embrapa Soja-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 8., 2018, Goiânia. Inovação, tecnologias digitais e sustentabilidade da soja: anais. Brasília, DF: Embrapa, 2018., 2018.
- AGROFIT – Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. Disponível em: https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 28 de jan. 2023.
- ALBRECHT, A. J. P.; ALBRECHT, L. P.; SILVA, A. F. M. Agronomic implications of paraquat ban in Brazil. **Advances in Weed Science**, v. 40, n. SPE1, 2022.
- ANVISA. **RESOLUÇÃO - RDC Nº 177, DE 21 DE SETEMBRO DE 2017 - Imprensa Nacional**. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/materia>>. Acesso em: 5 ago. 2021.
- APROSOJA. Associação dos Produtores de Soja do Brasil. **Uso da soja**. 2018. Disponível em: <https://aprosojabrasil.com.br/a-soja/>. Acesso em: 5 ago. 2021.
- BALTAZAR, M. T.; DINIS-OLIVEIRA, R. J.; GUILHERMINO, L.; LOURDES BASTOS, M.; DUARTE, J. A.; CARVALHO, F. New formulation of paraquat with lysine acetylsalicylate with low mammalian toxicity and effective herbicidal activity. **Pest Manag Sci**. 2013a;69(4):553-8. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/ps.3412>>. Acesso em: 5 nov. 2022.
- BARROS, A. F.; PIMENTEL, L. D.; FREITAS, F. C. L.; CECON, P. R.; TOMAZ, A. C.; SOUSA, M. E. A.; LADEIRA, L. M.; BIESDORF, E. M. Dessecação pré-colheita em sorgo granífero: Qualidade fisiológica das sementes e efeito sobre a rebrota. **Agraria**, v. 14, p. 1–8, 2019.
- BEZERRA, A. R. G.; SEDIYAMA, T.; NOBRE, D. A.; FERREIRA, L. V.; SILVA, F. C.; SILVA, A. F.; RODA, D. P. Efeito da dessecação com etefão na produção e qualidade da soja. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 37, n. 3, p. 312-319, 2014.
- BRACCINI, A. D. L.; MOTTA, I. D. S.; SCAPIM, C. A.; BRACCINI, M. D. C. L.; ÁVILA, M. R.; SCHUAB, S. R. P. Semeadura da soja no período de safrinha: potencial fisiológico e sanidade das sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 25, n. 1, p. 76-86, 2003.
- BRAGA, F. L. P.; OLIVEIRA, A. C. S. de. A Influência da Taxa de Câmbio e Renda Mundial Sobre as Exportações Brasileiras de Soja (2000-2015). **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 56, p. 663–680, 2018.
- CARVALHO, L. B. **Dinâmica Fisiológica**. Capítulo 4. In: CARVALHO, L. B. (org.). **Herbicidas**. Lages, SC, p. 21-52, 2013.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4.ed. Jaboticabal: Funep, 2000. 588 p.

CARNEIRO FILHO, A.; COSTA, K. A expansão da soja no cerrado. **Caminhos para a ocupação territorial, uso do solo e produção sustentável**. São Paulo, Agroicone, p. p1-30, 2016.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Brasília, 2017. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_04_12_14_08_06_relatorio_safra_graos_rn_2017_7o_lev.pdf>. Acesso em: 18 de jul. de 2021.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: décimo primeiro levantamento**. Brasília, 2020. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/infoagro/safra/grãos>. Acesso em: 11 jul. 2021.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 01 de jan. de 2022.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: décimo segundo levantamento**. Brasília, 2022. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4536-safra-2021-22-cresce-4-em-relacao-ao-ciclo-anterior-e-esta-estimada-em-265-7-milhoes-de-toneladas-2>>. Acesso em: 07 de abr. de 2022.

CORRÊA, C. **Dessecação química em pré-colheita de plantas de soja: rendimento e qualidade de sementes**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2012.

COSTA NETO, P. R.; ROSSI, L. F. S. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em fritura. **Química Nova**, v.23, p. 4, 2000.

COSTA, N. P.; FRANCA NETO, J. D. B.; PEREIRA, L. A. G., HENNING, A. A.; TURKIEWICZ, L.; DIAS, M. D. L. Antecipação de colheita de sementes de soja através do uso de dessecantes. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 5, n. 3, p. 183-198, 1983.

CONTE, O.; POSSAMAI, E. J.; CECERE FILHO, P. Resultados do monitoramento integrado da colheita da soja na safra 2019/2020 no Paraná. **Embrapa Soja-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2020.

CROOKSTON, R. K.; HILL, D. S. A Visual Indicator of the Physiological Maturity of Soybean Seed. **Crop Science**, v. 18, n. 5, p. 867-870, 1978.

DALTRO, E. M. F.; ALBUQUERQUE, M. C. D. F.; FRANÇA NETO, J. D. 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**, 32, 111-122, 2010.

DELOUCHE, J. C. Pesquisa em sementes no Brasil. **Brasília: AGIPLAN**, 1975. 47 p.

ELMORE, R. W.; ROETH, E. W.; KLEIN, R. N.; KNEZEVIC, S. Z.; MARTIN, A.; NELSON, L. A.; SHAPIRO, C. A. Glyphosate-resistant soybean cultivar response to glyphosate. **Agronomy Journal**, vol. 93, n. 2, p. 404-407, 2001.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **A cultura da soja no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2010, 179p.

FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; PÁDUA, G. P.; COSTA, N. P.; HENNING, A. A. Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade: Série Sementes. **Londrina: Embrapa Soja**. 2007. 12p.

GEME, E. L. **Qualidade de grãos de soja dessecada em função da época de colheita**. 2017.

GUIMARÃES, V. F.; HOLLMANN, M. J.; FIOREZE, S. L.; ECHER, M. M.; RODRIGUES-COSTA, A. C. P.; ANDREOTTI, M. Produtividade e qualidade de sementes de soja em função de estádios de dessecação e herbicidas. **Planta Daninha**, v. 30, p. 567–573, 2012.

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

HIRAKURI, M. H. Perdas econômicas geradas por estresses bióticos e abióticos na produção brasileira de soja no período 2016-2020. **Embrapa Soja-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2021.

INOUE, M. H.; MARCHIORI JÚNIOR, O.; BRACCINI, A. D. L.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. D.; ÁVILA, M. R.; CONSTANTIN, J. Rendimento de grãos e qualidade de sementes de soja após a aplicação de herbicidas dessecantes. **Ciência Rural**, v. 33, n. 4, p. 769-770, 2003.

INOUE, M. H.; PEREIRA, P. S. X.; MENDES, K. F.; BEN, R.; DALLACORT, R.; MAINARDI, J. T.; CONCIANI, P. A. Determinação do estágio de dessecação em soja de hábito de crescimento indeterminado no Mato Grosso. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 11, n. 1, p. 71-83, 2012.

LACERDA, A. L. S.; LAZARINI, E.; SÁ, M. E.; WALTER FILHO, V. V. Aplicação de dessecantes na cultura da soja: antecipação da colheita e produção de sementes. **Planta Daninha**, v. 19, n. 3, p. 381-90, 2001.

LACERDA, A. L. S.; LAZARINI, E.; 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**, v.25, n.2, p.97-105, 2003.

LACERDA, A. L. S.; LAZARINI, E.; SÁ, M. E.; VALÉRIO FILHO, W. V. Efeitos da dessecação de plantas de soja no potencial fisiológico e sanitário das sementes. **Bragantia**, v.64, n.3, p.447-457, 2005.

LEMO, M.L.F.; GUIMARÃES, D.D.; MAIA, G.B.S.; AMARAL, G.F. Agregação de valor na cadeia de soja. **BNDES Setorial**, n. 46, 2017.

LAMEGO, F. P., GALLON, M., BASSO, C. J., KULCZYNSKI, S. M., RUCHEL, Q., KASPARY, T. E. e SANTI, A. L. Dessecação pré-colheita e efeitos sobre a produtividade e qualidade fisiológica de sementes de soja. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 31, n. 4, p. 929-938, 2013.

MACIEL, C. D. D. G.; FERREIRA, M. A. D. M.; POLETINE, J. P.; MONDINI, M. L. Uso de Adjuvantes na dessecação da cultura da Soja: qualidade fisiológica de sementes. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, v. 4, n. 7, p. 1-5, 2005.

MARCANDALLI, L. H.; LAZARINI, E.; MALASPINA, I. C. Épocas de aplicação de desseccantes na cultura da soja: qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, p. 241–250, 2011.

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

MARCOS FILHO, J. Produção de sementes de soja. **Fundação Cargill**, 1986. 86 p.

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

MATHIAS, V.; PEREIRA, T.; MANTOVANI, A.; Zílio, M.; MIOTTO, P.; COELHO, C. M. M. Implicações da época de colheita sobre a qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Agro@ambiente on-line**, v. 11, n. 3, p. 223-231, 2017.

MIGUEL, M. H. **Herbicidas desseccantes: momento de aplicação, eficiência e influência no rendimento e na qualidade de sementes de feijão**. 2003. 111f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J. **Plantas daninhas e seu manejo**. Guaíba: Agropecuária, 362 p., 2001.

PELÚZIO, J. M.; RAMO, L. N.; FIDELIS, R. R.; AFFÉRI, F. S.; CASTRO NETO, M. D.; CORREIA, M. A. R. Influência da dessecação química e retardamento de colheita na qualidade fisiológica de sementes de soja no sul do estado do Tocantins. **Bioscience Journal**, v. 24, n. 2, p. 77-82, 2008.

PEREIRA, T, COELHO, C. M. M; SOUZA, C. A.; MANTOVANI. A.; MATHIAS, V. Dessecação química para antecipação de colheita em cultivares de soja. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 4, p. 2383-2394, 2015.

PINTO, R. S.; BOTELHO, F. M.; BOTELHO, S.; ANGELI, A. M. Qualidade de grãos de soja em diferentes épocas de colheita. **Revista Nativa**, Sinop, v.5, esp., p.463-470, 2017.

PINTO, C. C.; OLIVEIRA, C. O.; AMÉRICO, G. H.; VAZQUEZ, G. H.; LAZARINI, E. Efeito da dose e da época de aplicação do glifosato na produção e na qualidade da soja RR. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 39, n. 2, p. 310-317, 2019.

POLLOCK, B. M.; ROOS, E. E. Seed and seedling vigor. **Seed Biology, I. Importance, development and germination**, p. 314-387, 1972.

POPINIGS, F. Fisiologia da semente. Brasília. **AGIPLAN**, seg. ed., 1998. 289p.

PLACIDO, H. F. **Como fazer a dessecação da soja para colheita eficiente**, 2019. Disponível em: <<https://blog.aegro.com.br/dessecao-de-soja-para-colheita/#>>. Acesso em: 5 ago. 2021.

QUADROS, A. S.; BANDEIRA, L.; KASPER, N.; ALVES, P. L. D. C. A.; CONTI, L.; GIANCOTTI, P. R. F. Associações de herbicidas na dessecação pré-semeadura de soja. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 19, n. 2, p. 705-1-9), 2020.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 7th ed. Londrina, Produção Independente. 764p, 2018.

ROMAN, E. S.; RODRIGUES, O.; MCCRACKEN, A. Dessecação: uma tecnologia que reduz perdas na colheita de soja. **Embrapa Trigo**, 2001.

SOUNPINSKI, J. **Dessecação para colheita antecipada da soja e cuidados com percevejos na safrinha**, 2019. Disponível em: <<https://www.pioneersementes.com.br/blog/11/dessecao-para-colheita-antecipada-da-soja-e-cuidados-com-percevejos-na-safrinha>>. Acesso em: 12 ago. de 2021.

SOUZA, E. S.; ALVES, A. M. de; PIEROZZI, C. G. Qualidade fisiológica de sementes de soja oriundas de campos dessecados com glufosinato-sal de amônio e paraquat. **AGRI-ENVIRONMENTAL SCIENCES**, v. 3, n. 2, p. 40–46, 2017.

STRIEDER, M.; PIRES, J.; DE MORI, C.; CAIERÃO, E.; MARSARO JÚNIOR, A. L.; PEREIRA, P. D. S.; AIRES, R. **Antecipação da semeadura da soja e a viabilidade da sucessão trigo/cevada-soja no sul do Brasil**. 2016.

TAKANO, H. K.; BEFFA, R.; PRESTON, C.; WESTRA, P.; FRANCK, E. D. Reactive oxygen species trigger the fast action of glufosinate. **Planta**. 249, 1837–1849, 2019.

TANGAMORNSUKSAN, W.; LOHITNAVY, O.; SRUAMSIRI, R.; CHAIYAKUNAPRUK, N.; NORMAN SCHOLFIELD, C.; REISFELD, B.; LOHITNAVY. Paraquat exposure and Parkinson's disease: A systematic review and meta-analysis. **Archives of environmental & occupational health**, v. 74, n. 5, p. 225-238, 2019.

TAMANO, H.; NISHIO, R.; MORIOKA, H.; FURUHATA, R.; KOMATA, Y.; TAKEDA, A. Paraquat as an environmental risk factor in Parkinson's disease accelerates age-related degeneration via rapid influx of extracellular Zn²⁺ into nigral dopaminergic neurons. **Molecular Neurobiology**, v. 56, n. 11, p. 7789-7799, 2019.

TOLEDO, M. Z.; CAVARIANI, C.; FRANÇA-NETO, J. B. Qualidade fisiológica de sementes de soja colhidas em duas épocas após dessecação com glyphosate. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, p. 134-142, 2012.

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. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 31 n. 3, p.773-780, 2007.

VIDAL, R. A. **Ação dos herbicidas**. Porto Alegre: Ribas Vidal, 2002. 89 p.

ZAGONEL, J. Herbicide application timing in preharvest desiccation of soybean cultivars with different growth habits. **Journal of Environmental Science and Health, Part B**, v. 40, n. 1, p. 13-20, 2005.

3 CAPÍTULO I – QUALIDADE FISIOLÓGICA DAS SEMENTES SUBMETIDAS A HERBICIDAS DESSECANTES ALTERNATIVOS AO PARAQUAT

RESUMO

A dessecação pré-colheita antecipa colheita, controla plantas daninhas e uniformiza área, sem prejudicar produtividade e qualidade das sementes. O paraquat era o principal herbicida dessecante, no entanto, a sua comercialização foi proibida, o que faz necessário estudos para consolidação de posicionamentos de herbicidas dessecantes registrados. Objetivou-se avaliar a qualidade fisiológica de sementes de soja submetidas à dessecação pré-colheita e qual o herbicida com melhor potencial para alternativa de substituição ao uso do paraquat. O experimento realizado nas safras 2019/20 e 2020/21 foi conduzido em Palotina-PR, em delineamento de blocos casualizados, com 22 tratamentos e quatro repetições, sendo testemunha sem aplicação, glufosinate (300; 400; 500; 600 e 700 g ia ha⁻¹), diquat (300, 400 e 500 g ia ha⁻¹), glufosinate + saflufenacil (300 + 35, 400 + 24,5, 400 + 35 e 400 + 49 g ia ha⁻¹), glufosinate + carfentrazone (300 + 30, 400 + 20, 400 + 30 g ia ha⁻¹), glufosinate + flumioxazin (300 + 30, 400 + 20, 400 e 30 g ia ha⁻¹), diquat + saflufenacil (300 + 24,5 g ia ha⁻¹), diquat + carfentrazone (300 + 20 g ia ha⁻¹) e diquat + flumioxazin (300 + 20 g ia ha⁻¹). A aplicação dos herbicidas ocorreu quando a soja se encontrava no estágio fenológico R7.3 e aos 3, 5 e 7 dias após aplicação foram avaliadas as variáveis desfolha e maturação das vagens à campo. Após a colheita, no laboratório prosseguiram os testes de umidade, produtividade, primeira contagem de germinação, germinação, massa seca e comprimento de plântula, condutividade elétrica e envelhecimento acelerado. Foi constatado que os tratamentos com herbicidas dessecantes foram superiores à testemunha quando avaliados maturação e desfolha, e que não houve diferença entre os tratamentos em relação à produtividade. Isso demonstra a viabilidade da escolha do ingrediente ativo baseado à necessidade da área aliado ao melhor custo-benefício. Os herbicidas dessecantes não afetaram a qualidade fisiológica das sementes, e apresentaram para envelhecimento acelerado, massa seca e comprimento de plântula resultados superiores quando comparados à testemunha. Portanto, os tratamentos estudados tem grande potencial de utilização para a finalidade testada sem trazer danos às sementes e nem perdas de produtividade.

Palavras-chave: dessecação; germinação; *Glycine max*; qualidade de semente; vigor.

ALTERNATIVE DESICCANT HERBICIDES TO PARAQUAT AND PHYSIOLOGICAL QUALITY OF SEEDS

ABSTRACT

Adequate pre-harvest desiccation anticipates harvest, contributes to weed control and standardizes area, without harming seed productivity and quality. Paraquat was the main desiccant herbicide, however, its commercialization was banned, which makes studies necessary to consolidate the positions of registered desiccant herbicides. The objective was to evaluate the physiological quality of soybean seeds subjected to pre-harvest desiccation and which herbicide has the best potential as an alternative to the use of paraquat. The experiment carried out in the 2019/20 and 2020/21 seasons was carried out in Palotina-PR, in a randomized block design, with 22 treatments and four replications, with a control without application, glufosinate (300; 400; 500; 600, and 700 g ia ha⁻¹), diquat (300, 400, and 500 g ia ha⁻¹), glufosinate + saflufenacil (300; 400 + 24.5; 400 + 35; 400 + 49 g ia ha⁻¹), glufosinate + carfentrazone (300 + 30; 400 + 20; 400 + 30 g ia ha⁻¹), glufosinate + flumioxazin (300 + 30, 400 + 20, 400 e 30 g ia ha⁻¹), diquat + saflufenacil (300 + 24,5 g ia ha⁻¹), diquat + carfentrazone (300 + 20 g ia ha⁻¹) and diquat + flumioxazin (300 + 20 g ia ha⁻¹), in a randomized block design, totaling 22 treatments, with four replications.). The application of the herbicides occurred when the soybean was in the phenological stage R7.3 and at 3, 5 and 7 days after application the variables defoliation and maturation of the pods in the field were evaluated. After harvesting, the laboratory tests continued with moisture, productivity, first germination count, germination, dry mass and seedling length, electrical conductivity and accelerated aging. It was found that treatments with desiccant herbicides were superior to the control when evaluating maturation and defoliation, and that there was no difference between treatments in terms of productivity. This demonstrates the viability of choosing the active ingredient based on the needs of the area combined with the best cost-benefit ratio. The desiccant herbicides did not affect the physiological quality of the seeds, and showed superior results for accelerated aging, dry mass and seedling length when compared to the control. Therefore, the treatments studied have great potential for use for the tested purpose without causing damage to the seeds or loss of productivity.

Keywords: desiccation; gemination; *Glycine max*; seed quality; vigor.

3.1 INTRODUÇÃO

Sementes de alto vigor proporcionam rápida emergência, o que resulta em um adequado estabelecimento da cultura (FRANÇA-NETO *et al.*, 2010). No entanto, sabe-se que as sementes têm maior vigor, maior acúmulo de matéria seca e capacidade germinativa ao atingirem o ponto de maturidade fisiológica. Portanto, a partir do momento que as sementes atingem esse ponto, a permanência da cultura a campo em condições não ideais pode vir a reduzir a qualidade fisiológica (LUDWIG *et al.*, 2011; PEREIRA *et al.*, 2011).

Uma das alternativas para evitar esse período de armazenamento indesejado das sementes a campo é o uso de herbicidas em dessecação pré-colheita. Uma das vantagens da utilização de herbicidas dessecantes é a antecipação da colheita, além da obtenção de sementes vigorosas. Outros benefícios dessa prática são a secagem rápida das plantas, o aumento da uniformização da área e o controle de plantas daninhas, o que possibilita rapidez e facilita a colheita, além de diminuir o teor de impurezas. Entre os herbicidas dessecantes mais utilizados, estava o paraquat, herbicida de amplo espectro de ação que teve seu uso e sua comercialização proibidos dentro do território nacional, posto que ocasiona problemas à saúde humana e animal devido ao seu alto índice de toxicidade (HALLVAS, 2019).

Diante de tal conjuntura, faz-se necessário estudos para consolidação de posicionamentos de herbicidas substitutos legalizados, sendo diquat, carfentrazone, saflufenacil e flumioxazin os registrados como dessecantes pré-colheita de soja. O diquat é um herbicida não seletivo, com capacidade de captar elétrons do Fotossistema I e formar radicais livres, sendo esse mecanismo de ação o mesmo pertencente ao paraquat. Já o glufosinate, antes dado como inibidor da glutamina sintetase (GS), é um acumulador de espécies reativas de oxigênio, que em altas concentrações são tóxicas para as plantas, uma vez que reagem com os lipídios na membrana plasmática e causam o extravasamento celular (TAKANO *et al.*, 2019).

O carfentrazone, saflufenacil e flumioxazin são classificados como inibidores da PROTOX e são utilizados em diferentes associações e doses com diquat e glufosinate. Esses herbicidas possuem pouca ou nenhuma translocação dentro da planta e precisam de energia luminosa para serem ativadas. Atuam com a inibição da enzima protoporfirinogênio oxidase (PPO ou PROTOX), onde ocorre o acúmulo do protoporfirinogênio no cloroplasto e se difunde para o citoplasma formando protoporfirina IX. Com a incidência de luz e a presença do gás oxigênio é formado oxigênio reativo, o qual é tóxico para a planta (MARCHI *et al.*, 2008).

Em vista disso, objetivou-se avaliar os efeitos causados pela dessecação pré-colheita de soja sobre a produtividade e a qualidade fisiológica das sementes, e qual herbicida registrado tem melhor potencial como alternativa de substituição ao uso do paraquat.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido nas safras 2020/21 e 2021/22 em duas etapas: uma em campo e outra em laboratório. Entretanto, utilizaram-se de duas diferentes áreas experimentais localizadas em Palotina-PR.

TABELA 1 – TRATAMENTOS COMPOSTOS PELA APLICAÇÃO DE HERBICIDAS EM DIFERENTES DOSES E MISTURAS NA DESSECAÇÃO PRÉ-COLHEITA DE SOJA, APLICADOS NO ESTÁDIO FENOLÓGICO R7.3, EM PALOTINA-PR – SAFRA 2020/21 E 2021/22

Tratamento	Dose ¹ g ia ha ⁻¹	Óleo (dose L ha ⁻¹)
1 Testemunha	-	-
2 Glufosinate	300	Mees [®] (0,5)
3 Glufosinate	400	Mees [®] (0,5)
4 Glufosinate	500	Mees [®] (0,5)
5 Glufosinate	600	Mees [®] (0,5)
6 Glufosinate	700	Mees [®] (0,5)
7 Diquat	300	Agral [®] (0,2)
8 Diquat	400	Agral [®] (0,2)
9 Diquat	500	Agral [®] (0,2)
10 Glufosinate + saflufenacil	300 + 35	Mees [®] (0,5)
11 Glufosinate + saflufenacil	400 + 24,5	Mees [®] (0,5)
12 Glufosinate + saflufenacil	400 + 35	Mees [®] (0,5)
13 Glufosinate + saflufenacil	400 + 49	Mees [®] (0,5)
14 Glufosinate + carfentrazone	300 + 30	Assist [®] (0,5)
15 Glufosinate + carfentrazone	400 + 20	Assist [®] (0,5)
16 Glufosinate + carfentrazone	400 + 30	Assist [®] (0,5)
17 Glufosinate + flumioxazin	300 + 30	Mees [®] (0,5)
18 Glufosinate + flumioxazin	400 + 20	Mees [®] (0,5)
19 Glufosinate + flumioxazin	400 + 30	Mees [®] (0,5)
20 Diquat + saflufenacil	300 + 24,5	Agral [®] (0,2)
21 Diquat + carfentrazone	300 + 20	Assist [®] (0,5)
22 Diquat + flumioxazin	300 + 20	Agral [®] (0,2)

¹g ia ha⁻¹ = ingrediente ativo por hectare. Produtos comerciais: Finale[®] (glufosinate), Reglone[®] (diquat), Heat[®] (saflufenacil), Aurora[®] 400 EC (carfentrazone), Flumyzin 500 SC (flumioxazin).

De acordo com Köppen-Geiger (APARECIDO *et al.*, 2016), a classificação climática dos locais dos experimentos é Cfa, caracterizado como subtropical com chuvas de verão e invernos secos. Os tratamentos culturais foram executados de acordo com o recomendado para a cultura.

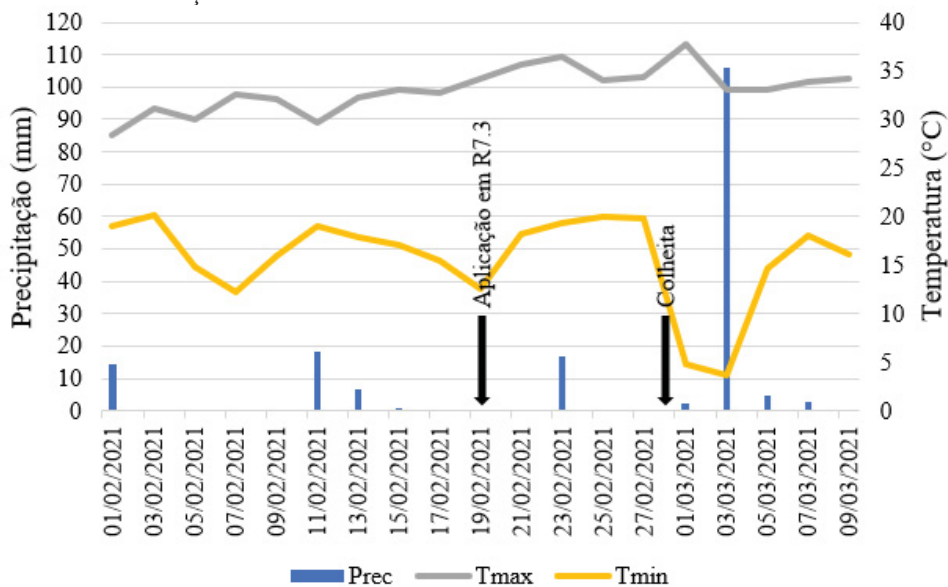
O experimento realizado a campo, foi conduzido em área experimental localizada no município de Palotina, estado Paraná. No ano agrícola 2020/2021 foi realizado entre as coordenadas geográficas de 24°11'44.55" de latitude sul e 53°48'23.26" de longitude oeste, com altitude de 262 m. As coordenadas geográficas da área experimental da safra 2021/22 são 24°21'06.0" de latitude sul e 53°46'52.0" de longitude oeste, com altitude de 346 m e essa área foi irrigada por um sistema de pivô central.

Foram semeadas as cultivares de soja BS2606 (safra 2020/21) e 96Y90 (safra 2021/22) em sistema plantio direto. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados com 22 tratamentos e quatro repetições, e a área foi dividida em 88 parcelas, constituídas de 20 m² (4 m x 5 m), com 8 linhas com 0,45 m de espaçamento.

Os herbicidas utilizados como dessecantes, foram: glufosinate, diquat, saflufenacil, carfentrazone, flumioxazin, em diferentes doses e misturas (TABELA 1) e aplicados no estágio fenológico R7.3, quando as plantas apresentam acima de 75% de vagens amarelas (RITCHIE *et al.*, 1982).

Assim que foram observadas condições adequadas em termos de tecnologia de aplicação e meteorológicas, a aplicação da safra 2020/21 foi realizada no dia 19 de fevereiro de 2021 (TABELA 2 e GRÁFICO 1) e o da safra 2021/22 no dia 17 de janeiro de 2022 (TABELA 3 e GRÁFICO 2). Foi utilizado um pulverizador costal pressurizado a CO₂, com volume de aplicação de 150 L ha⁻¹, munido de uma barra com seis pontas pulverização da marca Teejet® AIXR 110.015, distanciadas do alvo e entre si a 0,50 m, a uma pressão de 2 kgf cm⁻².

GRÁFICO 1 – CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS DE 01/01/2021 A 09/03/2021, MOMENTO DA APLICAÇÃO E COLHEITA DO EXPERIMENTO I EM PALOTINA-PR

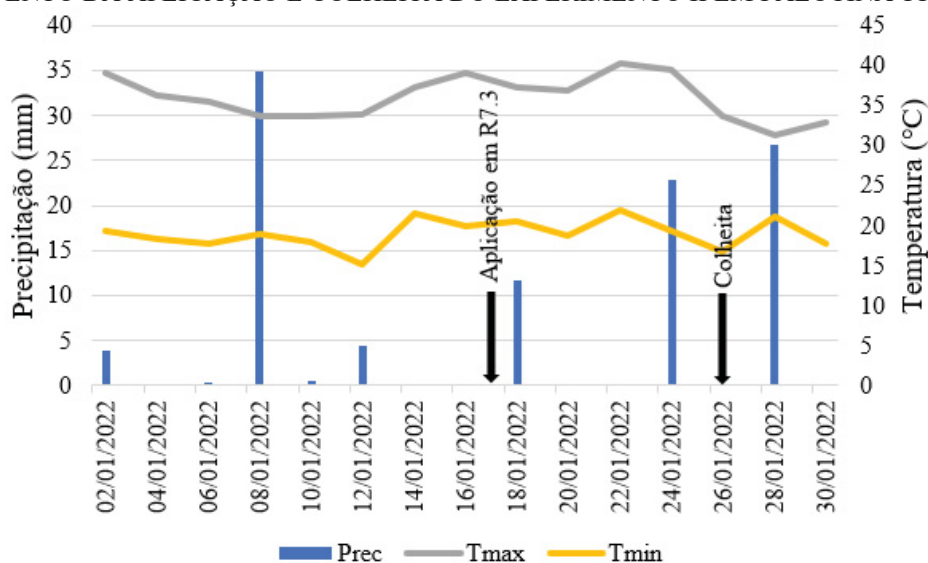


FONTE: Agrometeorologia e Clima IDR-Paraná (2022).

TABELA 2 – CONDIÇÕES DE CLIMA NO MOMENTO DA APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS DO EXPERIMENTO DE HERBICIDAS DESSECANTES APLICADOS EM PRÉ-COLHEITA NO ESTÁDIO FENOLÓGICO R7.3 – SAFRA 2020/21

Condições do clima no momento da aplicação	
Data de aplicação	19/02/2021
Temperatura do ar (°C)	25
Umidade relativa do ar (%)	55,5
Velocidade do vento (km h ⁻¹)	2,9

GRÁFICO 2 – CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS DE 02/01/2022 A 30/01/2022, MOMENTO DA APLICAÇÃO E COLHEITA DO EXPERIMENTO II EM PALOTINA-PR



FONTE: Agrometeorologia e Clima IDR-Paraná (2022).

TABELA 3 – CONDIÇÕES DE CLIMA NO MOMENTO DA APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS DO EXPERIMENTO DE HERBICIDAS DESSECANTES APLICADOS EM PRÉ-COLHEITA NO ESTÁDIO FENOLÓGICO R7.3 – SAFRA 2021/22

Condições do clima no momento da aplicação		
	Início da aplicação	Fim da aplicação
Horário de aplicação	06h41min	07h50min
Temperatura do ar	24,6 °C	28 °C
Umidade relativa do ar	60%	55%
Velocidade do vento	4,3 km h ⁻¹	5,2 km h ⁻¹

Aos 3, 5 e 7 DAA (dias após a aplicação), foram avaliadas as variáveis desfolha e maturação das vagens à campo e de forma visual, as quais foram atribuídas notas de 0 a 100%. Para avaliar a maturação das vagens, atribuiu a nota (%) correspondente a quantidade de plantas com vagens de cor madura na área útil da parcela. Tanto para a realização das avaliações, quanto para a colheita, foram avaliadas apenas as linhas centrais de cada parcela, desconsiderando três fileiras de bordadura de ambos os lados. Após esse período, o

experimento foi colhido, nos dias 28 de fevereiro de 2021 (safra 2020/21) e 26 de janeiro de 2022 (safra 2021/22), dando continuidade às avaliações realizadas em laboratório.

Após a colheita, as sementes foram colocadas em sacos de papel kraft e levadas ao Laboratório de Sementes da Universidade Federal do Paraná (UFPR) – Setor Palotina, onde ficaram armazenadas em ambiente climatizado, de maneira em que as sementes não sofreram alterações em sua qualidade. Procedeu-se assim a segunda etapa do trabalho, referente às análises da qualidade fisiológica das sementes, entre os meses de março a julho.

Inicialmente, determinou-se o grau de umidade de cada parcela através do método expedito com o medidor de umidade de grãos portátil. Após a determinação do grau de umidade (%), calculou-se a produtividade, expressa em kg ha^{-1} e com valores corrigidos para 13% de umidade na base úmida. Então, realizou-se o peso de mil sementes (PMS) respeitando o procedimento das Regras para Análise de Sementes (RAS) (BRASIL, 2009). Em seguida, efetuou-se os testes de germinação e vigor.

3.2.1.1 Peso de mil sementes

Com a ajuda de um contador mecânico, realizou-se a contagem de 8 repetições de 100 sementes cada ao acaso. As sementes de cada repetição foram pesadas. Após, foram calculados a variância, o desvio padrão e o coeficiente de variação dos valores obtidos das pesagens. Se o coeficiente de variação exceder os limites já mencionados, outras oito repetições de 100 sementes serão contadas, pesadas e calculado o desvio padrão das 16 repetições (BRASIL, 2009). O resultado é expresso em gramas, fazendo-se a devida aproximação no final.

3.2.1.2 Germinação

Conduzido com quatro repetições de 50 sementes de cada tratamento, em rolos de papel-toalha Germitest e mantidas em germinador regulado do tipo Mangelsdorf para manter a temperatura constante a 25 °C. Foram feitas primeira contagem de germinação e germinação, aos 5 e 8 dias, respectivamente, de acordo com as instruções estabelecidas pela RAS (BRASIL, 2009). O volume de água empregado foi equivalente a 2,5 vezes a massa do papel.

3.2.1.3 Comprimento e massa de matéria seca de plântula

Para realizar o comprimento e massa de matéria seca, foram realizados testes de germinação. Após o sétimo dia, foram escolhidas ao acaso 10 plântulas normais de cada repetição e essas foram medidas com a ajuda de um papel milimetrado. Após a medição (cm), as plântulas foram colocadas dentro de saco de papel kraft e levadas à estufa com temperatura constante de 60 °C até manter a sua massa constante (NAKAGAWA, 1999). Com isso, foram obtidos o comprimento (cm) e a massa de matéria seca das plântulas (g).

3.2.1.4 Condutividade elétrica

Para realizar este teste, foram utilizadas duas repetições de 50 sementes, pesadas com precisão de 0,01 g, as quais foram acrescidas 75 mL de água deionizada para embeber em copos de plástico com capacidade de 200 mL e deixadas a 25 °C por 24 horas em câmara do tipo BOD (KRZYZANOWSKI *et al.*, 2021). Em seguida, procedeu-se a leitura da condutividade em condutímetro, sendo os resultados expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ de semente.

3.2.1.5 Envelhecimento acelerado

Utilizou-se caixa tipo gerbox com tela em alumínio para o teste. As sementes foram distribuídas sobre a tela até formarem uma camada uniforme. Dentro de cada gerbox foram adicionadas 40 mL de água destilada, as quais foram mantidas em câmara do tipo BOD por 48 horas a 41 °C. (KRZYZANOWSKI *et al.*, 2021). Após esse período, foi realizado o teste de germinação, o qual foi avaliado no 8º dia após instalação, classificando as plântulas em normais, anormais e mortas, de acordo com as instruções estabelecidas pela RAS (BRASIL, 2009).

3.2.2 Procedimento estatístico

Os dados obtidos nas avaliações dos experimentos, foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de significância e os tratamentos comparados utilizando o teste de agrupamento de Scott-Knott, através do programa SISVAR (FERREIRA, 2008).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1. Desempenho agronômico

Como pode ser observado na TABELA 4, não houve diferença significativa entre os tratamentos com herbicidas testados na safra 2020/21, no entanto, a testemunha apresentou valores absolutos menores que os demais tratamentos. Isso porque o local de realização do experimento apresentou o ciclo final de soja seco e quente, o que proporcionou avanço rápido da desfolha e maturação e, conseqüentemente, não houve diferença significativa entre os tratamentos. Porém, todos os tratamentos herbicidas apresentaram eficácia em relação às variáveis desfolha e maturação, o que contribuiu para a uniformidade da área.

TABELA 4 – AVALIAÇÃO DA DESFOLHA E MATURAÇÃO AOS 3, 5 E 7 DIAS APÓS A APLICAÇÃO (DAA) DE HERBICIDAS DESSECANTES EM PRÉ-COLHEITA, PALOTINA-PR – SAFRA 2020/21

Tratamento	Dose ¹ g ia ha ⁻¹	Desfolha (%)			Maturação (%)		
		3 DAA	5 DAA	7 DAA	3 DAA	5 DAA	7 DAA
1 Testemunha	-	83,5	86,5	98,0	81,5	87,0	97,5
2 Glufosinate	300	81,3	88,3	98,5	80,8	88,3	96,5
3 Glufosinate	400	88,0	93,5	98,5	83,8	92,8	98,3
4 Glufosinate	500	87,0	91,0	98,3	82,8	93,8	97,5
5 Glufosinate	600	86,8	91,3	98,3	81,3	91,0	97,8
6 Glufosinate	700	86,8	91,0	98,5	87,8	94,8	98,0
7 Diquat	300	86,3	89,8	97,8	85,3	91,3	98,3
8 Diquat	400	83,0	88,3	98,5	85,3	90,0	98,8
9 Diquat	500	84,8	88,3	97,8	85,8	91,3	98,5
10 Glufosinate + saflufenacil	300 + 35	90,5	92,5	98,3	87,5	93,0	98,0
11 Glufosinate + saflufenacil	400 + 24,5	87,5	90,0	98,5	87,3	93,0	98,0
12 Glufosinate + saflufenacil	400 + 35	87,0	88,5	98,0	87,5	91,0	98,0
13 Glufosinate + saflufenacil	400 + 49	87,0	88,8	98,3	88,0	91,5	97,8
14 Glufosinate + carfentrazone	300 + 30	83,3	88,8	98,5	84,8	90,8	98,0
15 Glufosinate + carfentrazone	400 + 20	86,8	91,0	97,8	87,8	92,8	96,3
16 Glufosinate + carfentrazone	400 + 30	88,5	91,3	97,5	87,8	89,0	97,0
17 Glufosinate + flumioxazin	300 + 30	85,8	91,0	98,5	86,5	91,3	95,3
18 Glufosinate + flumioxazin	400 + 20	88,3	92,0	98,5	88,5	92,5	97,8
19 Glufosinate + flumioxazin	400 + 30	88,0	92,3	98,5	86,3	91,5	98,5
20 Diquat + saflufenacil	300 + 24,5	88,3	94,3	98,5	90,0	94,5	98,8
21 Diquat + carfentrazone	300 + 20	85,8	90,0	98,0	85,8	93,0	98,5
22 Diquat + flumioxazin	300 + 20	85,0	90,0	98,3	87,0	91,8	98,8
Média geral		86,3	90,36	98,2	85,8	91,6	97,8
CV (%)		6,03	3,71	0,67	4,87	3,58	1,91

¹g ia ha⁻¹ = ingrediente ativo por hectare. Produtos comerciais: Finale[®] (glufosinate), Reglone[®] (diquat), Heat[®] (saflufenacil), Aurora[®] 400 EC (carfentrazone), Flumyzin 500 SC (flumioxazin).

Pode-se observar que houve diferença significativa entre os tratamentos estudados (TABELA 5). É possível observar que aos 3 DAA, em relação à desfolha, a testemunha e o glufosinate em suas menores doses (300 e 400 g ia ha⁻¹) foram inferiores em relação aos

demais, o que não foi observado por Guimarães *et al.* (2012), que através do seu estudo constataram que glufosinate (400 g ia ha⁻¹) antecipou a colheita em quatro dias quando utilizado na dessecação nos estádios R6 e R7.2, e em um dia quando utilizado no estádio R8.1.

TABELA 5 – AVALIAÇÃO DA DESFOLHA E MATURAÇÃO AOS 3, 5 E 7 DIAS APÓS A APLICAÇÃO (DAA) DE HERBICIDAS DESSECANTES EM PRÉ-COLHEITA, PALOTINA-PR – SAFRA 2021/22

Tratamento	Dose g ia ha ⁻¹	Desfolha (%)			Maturação (%)		
		3 DAA	5 DAA	7 DAA	3 DAA	5 DAA	7 DAA
1 Testemunha	-	83,0 b	83,0 c	89,0 d	65,0 c	77,3 d	88,0 c
2 Glufosinate	300	85,8 b	90,0 a	95,8 b	84,0 b	91,5 a	98,5 a
3 Glufosinate	400	85,8 b	91,8 a	97,8 a	84,8 b	94,3 a	98,0 a
4 Glufosinate	500	91,0 a	92,8 a	97,8 a	90,0 a	93,8 a	97,8 a
5 Glufosinate	600	88,8 a	90,8 a	97,5 a	86,5 b	92,0 a	97,0 a
6 Glufosinate	700	87,5 a	89,8 a	97,0 a	84,3 b	90,5 b	97,3 a
7 Diquat	300	90,0 a	90,3 a	98,0 a	88,3 a	89,3 b	95,0 a
8 Diquat	400	89,0 a	90,8 a	98,8 a	91,0 a	90,8 a	97,8 a
9 Diquat	500	89,8 a	90,5 a	98,3 a	91,0 a	88,8 b	95,3 a
10 Glufosinate + saflufenacil	300 + 35	87,5 a	89,5 a	96,5 a	85,8 b	91,8 a	96,5 a
11 Glufosinate + saflufenacil	400 + 24,5	83,3 a	87,0 b	94,3 c	82,3 b	89,3 b	96,0 a
12 Glufosinate + saflufenacil	400 + 35	87,8 a	85,3 b	94,0 c	79,3 b	84,0 c	93,0 b
13 Glufosinate + saflufenacil	400 + 49	89,3 a	90,8 a	95,8 b	86,0 b	90,3 b	97,8 a
14 Glufosinate + carfentrazone	300 + 30	89,0 a	90,8 a	96,8 a	85,5 b	91,8 a	97,8 a
15 Glufosinate + carfentrazone	400 + 20	92,0 a	91,8 a	97,0 a	88,0 a	93,8 a	98,0 a
16 Glufosinate + carfentrazone	400 + 30	89,0 a	90,0 a	96,0 b	84,3 b	91,3 a	97,3 a
17 Glufosinate + flumioxazin	300 + 30	89,3 a	90,0 a	96,5 a	85,5 b	91,0 a	96,8 a
18 Glufosinate + flumioxazin	400 + 20	87,8 a	90,0 a	97,0 a	81,3 b	88,5 b	95,8 a
19 Glufosinate + flumioxazin	400 + 30	90,0 a	90,5 a	96,5 a	87,0 a	88,8 b	96,5 a
20 Diquat + saflufenacil	300 + 24,5	89,3 a	91,8 a	97,8 a	91,8 a	91,8 a	96,8 a
21 Diquat + carfentrazone	300 + 20	87,0 a	89,8 a	97,3 a	88,5 a	87,8 b	96,5 a
22 Diquat + flumioxazin	300 + 20	87,0 a	90,3 a	96,8 a	89,0 a	89,0 b	96,0 a
Média geral		88,1	89,9	96,4	85,4	89,9	96,3
CV (%)		3,15	2,09	1,33	4,37	2,6	2,03

¹g ia ha⁻¹ = ingrediente ativo por hectare. Médias seguidas pela mesma letra, nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Scott e Knott (1974), ao nível de 5% de probabilidade. Produtos comerciais: Finale[®] (glufosinate), Reglone[®] (diquat), Heat[®] (saflufenacil), Aurora[®] 400 EC (carfentrazone), Flumyazin 500 SC (flumioxazin).

Além disso, todos os tratamentos envolvendo diquat, seja isolado ou em associação, apresentaram os melhores resultados em curto período de tempo, juntamente com glufosinate isolado (500 e 600 g ia ha⁻¹) e associado a saflufenacil (300 g ia ha⁻¹ + 50 g), a carfentrazone (300 g ia ha⁻¹ + 75 mL, 400 g ia ha⁻¹ + 50 mL) e a flumioxazin (300 g ia ha⁻¹ + 60 g, 400 g ia ha⁻¹ + 40 g e 400 g ia ha⁻¹ + 60 g). Raisse *et al.* (2020) observaram resultados semelhantes ao constatarem que herbicidas do Fotosistema I, conhecidos como não seletivos e de baixa translocação na planta tiveram melhor desempenho quando comparado aos inibidores da glutamina sintetase e, principalmente, aos inibidores da PROTOX, sendo esses de ação mais lenta.

Ainda, é possível observar que o tratamento sem aplicação de herbicida dessecante (testemunha) foi inferior a todos os herbicidas estudados a partir do 5 DAA, o que prevalece até aos 7 DAA. Isso demonstra que a utilização de herbicidas dessecantes proporciona vantagens em relação à desfolha e uniformidade da maturação. Tal fato corrobora com os estudos dos autores Lacerda *et al.* (2001), Inoue *et al.* (2012) e Azevedo *et al.* (2015), que além de observarem a maior uniformidade e menor perda de grãos por debulha de vagens, também obtiveram favorecimento do aumento da produtividade ao utilizarem os herbicidas dessecantes.

Para a colheita de soja, é recomendável que esteja a 13% (CARBONELL *et al.*, 1993), porém, como posto na TABELA 6, a umidade apresenta valores inferiores a umidade ideal para colheita. No entanto, na época em que foi realizada a colheita, nove dias após a aplicação dos herbicidas dessecantes nas duas safras, o clima estava quente e seco (GRÁFICO 1 E 2).

TABELA 6 – UMIDADE (%) APÓS A APLICAÇÃO DE DIFERENTES HERBICIDAS DESSECANTES EM PRÉ-COLHEITA, PALOTINA-PR – SAFRAS 2020/21 E 2021/22

Tratamento	Dose ¹ g ia ha ⁻¹	Umidade (%)	
		Safra 2020/21	Safra 2021/22
1 Testemunha	-	10,5 c	10,4
2 Glufosinate	300	10,0 f	9,9
3 Glufosinate	400	10,0 f	10,0
4 Glufosinate	500	10,1 e	9,8
5 Glufosinate	600	10,2 d	9,7
6 Glufosinate	700	10,7 a	10,2
7 Diquat	300	10,6 b	10,0
8 Diquat	400	10,1 e	9,8
9 Diquat	500	10,2 d	9,7
10 Glufosinate + saflufenacil	300 + 35	10,2 d	9,8
11 Glufosinate + saflufenacil	400 + 24,5	10,0 f	9,9
12 Glufosinate + saflufenacil	400 + 35	10,2 d	9,7
13 Glufosinate + saflufenacil	400 + 49	10,1 e	9,8
14 Glufosinate + carfentrazone	300 + 30	10,0 f	9,7
15 Glufosinate + carfentrazone	400 + 20	10,0 f	9,8
16 Glufosinate + carfentrazone	400 + 30	10,0 f	9,7
17 Glufosinate + flumioxazin	300 + 30	10,0 f	9,6
18 Glufosinate + flumioxazin	400 + 20	9,8 g	9,7
19 Glufosinate + flumioxazin	400 + 30	9,8 g	9,7
20 Diquat + saflufenacil	300 + 24,5	9,8 g	9,8
21 Diquat + carfentrazone	300 + 20	9,8 g	9,9
22 Diquat + flumioxazin	300 + 20	10,0 f	10,0
Média geral		10,1	9,8
CV (%)		2,00	2,80

¹g ia ha⁻¹ = ingrediente ativo por hectare. Médias seguidas pela mesma letra, nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Scott e Knott (1974), ao nível de 5% de probabilidade. Produtos comerciais: Finale® (glufosinate), Reglone® (diquat), Heat® (saflufenacil), Aurora® 400 EC (carfentrazone), Flumyzin 500 SC (flumioxazin).

Quanto à variável produtividade (kg ha^{-1}), considerando os resultados expostos nas TABELA 7, não houve diferenças estatísticas entre os tratamentos estudados, incluindo a testemunha. Esse resultado é semelhante ao obtido por Inoue *et al.* (2003), posto que observaram que os tratamentos envolvendo diquat e glufosinate não apresentaram diferenças expressivas de produtividade. Daltro *et al.* (2010) também constataram não haver diferenças entre os produtos dessecantes na produtividade da cultura. Portanto, como os resultados de produtividade não diferiram entre si, torna-se possível a escolha do ingrediente ativo baseado à necessidade da área aliado ao melhor custo-benefício.

TABELA 7 – PRODUTIVIDADE (kg ha^{-1}) APÓS A APLICAÇÃO DE DIFERENTES HERBICIDAS DESSECANTES EM PRÉ-COLHEITA, PALOTINA-PR – SAFRAS 2020/21 E 2021/22

Tratamento	Dose g ia ha^{-1}	Produtividade (kg ha^{-1})	
		Safra 2020/21	Safra 2021/22
1 Testemunha	-	3.555	3.013
2 Glufosinate	300	3.338	3.370
3 Glufosinate	400	2.989	3.318
4 Glufosinate	500	3.262	3.083
5 Glufosinate	600	3.390	3.321
6 Glufosinate	700	2.899	2.549
7 Diquat	300	3.345	2.535
8 Diquat	400	3.359	3.303
9 Diquat	500	3.476	2.885
10 Glufosinate + saflufenacil	300 + 35	3.608	3.060
11 Glufosinate + saflufenacil	400 + 24,5	3.190	2.842
12 Glufosinate + saflufenacil	400 + 35	3.043	3.279
13 Glufosinate + saflufenacil	400 + 49	3.557	2.833
14 Glufosinate + carfentrazone	300 + 30	3.369	3.460
15 Glufosinate + carfentrazone	400 + 20	3.303	3.255
16 Glufosinate + carfentrazone	400 + 30	3.112	3.565
17 Glufosinate + flumioxazin	300 + 30	3.340	3.259
18 Glufosinate + flumioxazin	400 + 20	3.485	2.840
19 Glufosinate + flumioxazin	400 + 30	3.432	3.152
20 Diquat + saflufenacil	300 + 24,5	3.226	3.265
21 Diquat + carfentrazone	300 + 20	3.200	2.928
22 Diquat + flumioxazin	300 + 20	3.459	2.898
Média geral		3.315	3.092
CV (%)		15.71	14.25

¹g ia ha^{-1} = ingrediente ativo por hectare. Produtos comerciais: Finale[®] (glufosinate), Reglone[®] (diquat), Heat[®] (saflufenacil), Aurora[®] 400 EC (carfentrazone), Flumyzin 500 SC (flumioxazin).

Quando os herbicidas dessecantes são aplicados em estádios que já ocorreu a maturação fisiológica das sementes, esses não interferem na produtividade (LACERDA *et al.*, 2001). Fato comprovado com o presente trabalho, uma vez que os tratamentos utilizados foram aplicados no estádio fenológico R7.3.

3.3.2 Qualidade de sementes

Os resultados das variáveis vigor (%) e germinação (%) das sementes de soja avaliadas, submetidas a diferentes herbicidas em dessecação pré-colheita, estão presentes na TABELA 8 e 9 sendo possível observar que não houve diferença significativa entre os tratamentos estudados. Ou seja, os herbicidas desseccantes utilizados em pré-colheita não afetaram a qualidade fisiológica de sementes. Portanto, os tratamentos estudados podem ser utilizados, pois não causam danos às sementes.

TABELA 8 – VIGOR (%) E GERMINAÇÃO (%) APÓS A APLICAÇÃO DE DIFERENTES HERBICIDAS DESSECCANTES EM PRÉ-COLHEITA, PALOTINA-PR – SAFRA 2020/21

Tratamento	Dose ¹ g ia ha ⁻¹	Vigor (%)	Germinação (%)
1 Testemunha	-	47,9	78,4
2 Glufosinate	300	46,5	76,5
3 Glufosinate	400	38,0	72,0
4 Glufosinate	500	42,4	73,1
5 Glufosinate	600	45,1	76,1
6 Glufosinate	700	34,4	74,9
7 Diquat	300	38,6	78,1
8 Diquat	400	32,9	74,6
9 Diquat	500	41,6	77,4
10 Glufosinate + saflufenacil	300 + 35	43,9	77,9
11 Glufosinate + saflufenacil	400 + 24,5	34,4	76,3
12 Glufosinate + saflufenacil	400 + 35	34,0	79,5
13 Glufosinate + saflufenacil	400 + 49	43,0	76,0
14 Glufosinate + carfentrazone	300 + 30	36,8	78,1
15 Glufosinate + carfentrazone	400 + 20	42,6	79,6
16 Glufosinate + carfentrazone	400 + 30	35,4	78,9
17 Glufosinate + flumioxazin	300 + 30	45,8	78,8
18 Glufosinate + flumioxazin	400 + 20	44,4	80,9
19 Glufosinate + flumioxazin	400 + 30	40,8	78,8
20 Diquat + saflufenacil	300 + 24,5	41,5	76,5
21 Diquat + carfentrazone	300 + 20	39,6	73,8
22 Diquat + flumioxazin	300 + 20	37,4	77,3
Média geral		39,9	77,0
CV (%)		24,00	8,13

¹g ia ha⁻¹ = ingrediente ativo por hectare. Produtos comerciais: Finale[®] (glufosinate), Reglone[®] (diquat), Heat[®] (saflufenacil), Aurora[®] 400 EC (carfentrazone), Flumyzin 500 SC (flumioxazin).

Isso corrobora com o estudo de Kappes *et al.* (2009), visto que relataram que o vigor e a germinação não são prejudicados quando a prática é aplicada a partir do estádio R7.3, em que a semente está mais próxima da maturação fisiológica. Comin *et al.* (2018) também observaram que, independentemente da cultivar, não houve diferença na germinação de sementes de soja resultantes dos herbicidas desseccantes. Já Souza *et al.* (2017), não constataram diferença entre a germinação de sementes submetidas ao tratamento com herbicida glufosinate com tratamento testemunha sem aplicação.

TABELA 9 – VIGOR (%) E GERMINAÇÃO (%) APÓS A APLICAÇÃO DE DIFERENTES HERBICIDAS DESSECANTES EM PRÉ-COLHEITA, PALOTINA-PR – SAFRA 2021/22

Tratamento	Dose g ia ha ⁻¹	Vigor (%)	Germinação (%)
1 Testemunha	-	46,8	81,5
2 Glufosinate	300	52,3	83,5
3 Glufosinate	400	54,8	84,5
4 Glufosinate	500	51,8	82,3
5 Glufosinate	600	58,0	88,5
6 Glufosinate	700	53,3	83,8
7 Diquat	300	58,0	88,5
8 Diquat	400	56,8	86,0
9 Diquat	500	57,3	87,3
10 Glufosinate + saflufenacil	300 + 35	56,8	87,0
11 Glufosinate + saflufenacil	400 + 24,5	57,3	88,0
12 Glufosinate + saflufenacil	400 + 35	54,0	88,3
13 Glufosinate + saflufenacil	400 + 49	53,5	87,5
14 Glufosinate + carfentrazone	300 + 30	52,3	81,8
15 Glufosinate + carfentrazone	400 + 20	56,3	87,3
16 Glufosinate + carfentrazone	400 + 30	54,3	83,3
17 Glufosinate + flumioxazin	300 + 30	51,8	81,8
18 Glufosinate + flumioxazin	400 + 20	54,8	85,5
19 Glufosinate + flumioxazin	400 + 30	60,3	89,8
20 Diquat + saflufenacil	300 + 24,5	59,5	89,5
21 Diquat + carfentrazone	300 + 20	51,8	81,8
22 Diquat + flumioxazin	300 + 20	54,0	83,3
Média geral		54,7	85,5
CV (%)		10,66	6,78

¹g ia ha⁻¹ = ingrediente ativo por hectare. Produtos comerciais: Finale[®] (glufosinate), Reglone[®] (diquat), Heat[®] (saflufenacil), Aurora[®] 400 EC (carfentrazone), Flumyzin 500 SC (flumioxazin).

No entanto, há trabalhos que demonstraram perda do vigor e da germinação após a utilização de herbicidas dessecantes. Porém, de acordo com Lacerda *et al.* (2005), quando a aplicação é efetuada de maneira adequada, resulta na obtenção de sementes de maior qualidade fisiológica. Além disso, só ocorre a perda de qualidade das sementes devido ao aumento da taxa de deterioração dessas, visto que a permanência das sementes no campo após a maturação fisiológica e a aplicação de dessecantes, gera a redução do vigor e da germinação (GIURIZATTO *et al.*, 2003). Portanto, quando os produtos dessecantes são aplicados de forma correta, a partir do momento em que atingem maturidade fisiológica, não prejudica a qualidade fisiológica das sementes.

O peso de mil sementes (g) e a condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) estão apresentados na TABELA 10 e 11. Em relação aos valores de PMS, não houve diferença estatística entre os tratamentos, o que também foi observado por Pelúzio *et al.* (2008).

TABELA 10 – PESO DE MIL SEMENTES (g) APÓS A APLICAÇÃO DE DIFERENTES HERBICIDAS DESSECANTES EM PRÉ-COLHEITA, PALOTINA-PR – SAFRAS 2020/21 E 2021/22

Tratamento	Dose ¹ g ia ha ⁻¹	Peso de mil sementes (g)	
		Safra 2020/21	Safra 2021/22
1 Testemunha	-	136,5	127,0
2 Glufosinate	300	133,0	127,0
3 Glufosinate	400	129,0	130,0
4 Glufosinate	500	134,0	131,0
5 Glufosinate	600	140,5	127,0
6 Glufosinate	700	134,5	129,0
7 Diquat	300	137,0	130,0
8 Diquat	400	136,5	128,0
9 Diquat	500	138,5	130,0
10 Glufosinate + saflufenacil	300 + 35	131,5	127,0
11 Glufosinate + saflufenacil	400 + 24,5	133,5	131,0
12 Glufosinate + saflufenacil	400 + 35	136,0	126,0
13 Glufosinate + saflufenacil	400 + 49	133,5	131,0
14 Glufosinate + carfentrazone	300 + 30	140,0	123,0
15 Glufosinate + carfentrazone	400 + 20	133,5	128,0
16 Glufosinate + carfentrazone	400 + 30	135,5	130,0
17 Glufosinate + flumioxazin	300 + 30	130,0	130,0
18 Glufosinate + flumioxazin	400 + 20	130,5	123,0
19 Glufosinate + flumioxazin	400 + 30	133,5	129,0
20 Diquat + saflufenacil	300 + 24,5	135,5	131,0
21 Diquat + carfentrazone	300 + 20	130,0	129,0
22 Diquat + flumioxazin	300 + 20	134,0	132,0
Média geral		134,4	128,4
CV (%)		5.12	3.94

¹g ia ha⁻¹ = ingrediente ativo por hectare. Produtos comerciais: Finale[®] (glufosinate), Reglone[®] (diquat), Heat[®] (saflufenacil), Aurora[®] 400 EC (carfentrazone), Flumyzin 500 SC (flumioxazin).

Quanto aos valores de condutividade elétrica obtidos na safra 2020/21, assim como Lacerda *et al.* (2005) também verificaram esses valores, pode-se dizer que essas sementes são caracterizadas como de baixa qualidade fisiológica. Em relação à safra 2021/22, é observável que os valores estão abaixo de 60, o que demonstra que essas sementes são mais vigorosas que da safra anterior.

TABELA 11 – CONDUTIVIDADE ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) APÓS A APLICAÇÃO DE DIFERENTES HERBICIDAS DESSECANTES EM PRÉ-COLHEITA, PALOTINA-PR – SAFRAS 2020/21 e 2021/22

	Tratamento	Dose g ia ha ⁻¹	Condutividade ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$)	
			Safra 2020/21	Safra 2021/22
1	Testemunha	-	173,9	34,5
2	Glufosinate	300	130,3	56,4
3	Glufosinate	400	120,0	52,0
4	Glufosinate	500	125,5	53,0
5	Glufosinate	600	105,6	37,3
6	Glufosinate	700	153,5	51,7
7	Diquat	300	108,2	45,5
8	Diquat	400	114,3	50,8
9	Diquat	500	88,5	52,1
10	Glufosinate + saflufenacil	300 + 35	94,6	50,7
11	Glufosinate + saflufenacil	400 + 24,5	116,8	45,0
12	Glufosinate + saflufenacil	400 + 35	116,8	43,7
13	Glufosinate + saflufenacil	400 + 49	151,7	52,0
14	Glufosinate + carfentrazone	300 + 30	171,8	52,9
15	Glufosinate + carfentrazone	400 + 20	136,9	46,4
16	Glufosinate + carfentrazone	400 + 30	136,7	44,7
17	Glufosinate + flumioxazin	300 + 30	154,0	53,8
18	Glufosinate + flumioxazin	400 + 20	136,3	52,5
19	Glufosinate + flumioxazin	400 + 30	154,9	40,4
20	Diquat + saflufenacil	300 + 24,5	170,3	43,6
21	Diquat + carfentrazone	300 + 20	116,0	35,8
22	Diquat + flumioxazin	300 + 20	100,1	37,5
Média geral			130,8	47,0
CV (%)			41.68	30.54

¹g ia ha⁻¹ = ingrediente ativo por hectare. Produtos comerciais: Finale[®] (glufosinate), Reglone[®] (diquat), Heat[®] (saflufenacil), Aurora[®] 400 EC (carfentrazone), Flumyzin 500 SC (flumioxazin).

Na safra 2020/21, constata-se que o comprimento de plântula (TABELA 12) apresentou resultados sem diferença significativo, isso é, os tratamentos tiveram o mesmo desempenho. Daltro (2010) e Malaspina (2008) também não observaram diferenças significativas para comprimento de radícula na dessecação de soja em pré-colheita.

TABELA 12 – COMPRIMENTO DE PLÂNTULA (cm) APÓS A APLICAÇÃO DE DIFERENTES HERBICIDAS DESSECANTES EM PRÉ-COLHEITA, PALOTINA-PR – SAFRAS 2020/21 E 2021/22

Tratamento	Dose ¹ g ia ha ⁻¹	Comprimento de plântula (cm)	
		Safra 2020/21	Safra 2021/22
1 Testemunha	-	17,88	22,7 c
2 Glufosinate	300	18,26	24,2 c
3 Glufosinate	400	18,12	23,7 c
4 Glufosinate	500	18,06	21,7 d
5 Glufosinate	600	18,27	23,8 c
6 Glufosinate	700	16,82	23,4 c
7 Diquat	300	17,72	20,8 d
8 Diquat	400	17,63	23,9 c
9 Diquat	500	18,04	21,4 d
10 Glufosinate + saflufenacil	300 + 35	17,52	23,6 c
11 Glufosinate + saflufenacil	400 + 24,5	18,23	25,1 b
12 Glufosinate + saflufenacil	400 + 35	17,76	27,8 a
13 Glufosinate + saflufenacil	400 + 49	17,94	25,9 b
14 Glufosinate + carfentrazone	300 + 30	18,58	25,3 b
15 Glufosinate + carfentrazone	400 + 20	18,08	25,8 b
16 Glufosinate + carfentrazone	400 + 30	18,22	25,7 b
17 Glufosinate + flumioxazin	300 + 30	19,18	24,5 c
18 Glufosinate + flumioxazin	400 + 20	18,74	27,5 a
19 Glufosinate + flumioxazin	400 + 30	19,18	25,5 b
20 Diquat + saflufenacil	300 + 24,5	18,49	28,1 a
21 Diquat + carfentrazone	300 + 20	18,00	27,1 a
22 Diquat + flumioxazin	300 + 20	18,92	25,4 b
Média geral		18,16	24,7
CV (%)		8,61	7,24

¹g ia ha⁻¹ = ingrediente ativo por hectare. Médias seguidas pela mesma letra, nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Scott e Knott (1974), ao nível de 5% de probabilidade. Produtos comerciais: Finale[®] (glufosinate), Reglone[®] (diquat), Heat[®] (saflufenacil), Aurora[®] 400 EC (carfentrazone), Flumyzin 500 SC (flumioxazin).

Já o teste de vigor massa de plântula (g) mostraram resultados com diferenças estatísticas (TABELA 13), o que não concorda com o resultado observado em campo, visto que o PMS não apresentou diferença significativa, mas comprimento de plântula da safra 2021/22 e massa seca de plântula das duas safras apresentaram. Ou seja, na safra 2021/22, com exceção para comprimento de plântula, os valores dos tratamentos herbicidas das variáveis massa seca de plântula e envelhecimento acelerado nunca ficaram inferiores ao tratamento testemunha. Isso significa que alguns tratamentos resultaram em sementes mais vigorosas quando comparados aos demais.

TABELA 13 – MASSA SECA (g) APÓS A APLICAÇÃO DE DIFERENTES HERBICIDAS DESSECANTES EM PRÉ-COLHEITA, PALOTINA-PR – SAFRAS 2020/21 E 2021/22

Tratamento	Dose ¹ g ia ha ⁻¹	Massa seca de plântula (g)	
		2020/21	2021/22
1 Testemunha	-	23,79 b	24,9 c
2 Glufosinate	300	23,84 b	27,3 a
3 Glufosinate	400	28,43 a	25,6 b
4 Glufosinate	500	24,51 b	24,6 c
5 Glufosinate	600	28,38 a	25,0 c
6 Glufosinate	700	25,12 b	24,6 c
7 Diquat	300	22,72 b	25,8 b
8 Diquat	400	24,05 b	24,5 c
9 Diquat	500	24,96 b	24,9 c
10 Glufosinate + saflufenacil	300 + 35	31,59 a	25,3 c
11 Glufosinate + saflufenacil	400 + 24,5	24,42 b	25,3 c
12 Glufosinate + saflufenacil	400 + 35	25,27 b	26,3 c
13 Glufosinate + saflufenacil	400 + 49	24,18 b	24,9 c
14 Glufosinate + carfentrazone	300 + 30	24,46 b	24,0 c
15 Glufosinate + carfentrazone	400 + 20	23,23 b	24,4 c
16 Glufosinate + carfentrazone	400 + 30	24,70 b	24,6 c
17 Glufosinate + flumioxazin	300 + 30	23,17 b	24,4 c
18 Glufosinate + flumioxazin	400 + 20	29,94 a	24,3 c
19 Glufosinate + flumioxazin	400 + 30	23,88 b	24,0 c
20 Diquat + saflufenacil	300 + 24,5	33,56 a	25,0 c
21 Diquat + carfentrazone	300 + 20	23,98 b	24,0 c
22 Diquat + flumioxazin	300 + 20	25,14 b	24,5 c
Média geral		25,6	24,9
CV (%)		15,66	2,52

¹g ia ha⁻¹ = ingrediente ativo por hectare. Médias seguidas pela mesma letra, nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Scott e Knott (1974), ao nível de 5% de probabilidade. Produtos comerciais: Finale[®] (glufosinate), Reglone[®] (diquat), Heat[®] (saflufenacil), Aurora[®] 400 EC (carfentrazone), Flumyzin 500 SC (flumioxazin).

Em relação ao teste de envelhecimento acelerado (TABELA 14), os resultados da safra 2020/21 não apresentaram diferenças entre os tratamentos, diferentemente da safra 2021/22, em que os tratamentos diferiram. É possível observar que as doses dos tratamentos envolvendo a associação glufosinate + saflufenacil e glufosinate + flumioxazin permitiram valores elevados de vigor, já glufosinate + carfentrazone, apenas na dose 400 + 20 g ia ha⁻¹) apresentou resultado superior às demais doses (300 + 30 e 400 + 30 g ia ha⁻¹), assim como glufosinate isolado em sua menor dose (300 g ia ha⁻¹).

Em relação ao diquat, em sua menor dose (300 g ia ha⁻¹) ou maior dose (500 g ia ha⁻¹), e associado ao saflufenacil e flumioxazin, apresentaram resultados que não afetam a produtividade. Já os demais tratamentos herbicidas tiveram desempenho igual ou inferior ao tratamento testemunha, o que contraria o estudo realizado por Lamego *et al.* (2013), que verificaram que sementes que não receberam aplicação de herbicida apresentaram os melhores resultados.

TABELA 14 – TESTE DE GERMINAÇÃO APÓS O TESTE DE ENVELHECIMENTO ACELERADO (%) APÓS A APLICAÇÃO DE DIFERENTES HERBICIDAS DESSECANTES EM PRÉ-COLHEITA, PALOTINA-PR – SAFRAS 2020/21 E 2021/22

	Nome comum	Dose ¹ g ia ha ⁻¹	Envelhecimento acelerado (%)	
			2020/21	2021/22
1	Testemunha	-	73,5	76,0 b
2	Glufosinate	300	71,8	81,5 a
3	Glufosinate	400	72,8	79,5 b
4	Glufosinate	500	72,0	75,5 b
5	Glufosinate	600	59,5	75,0 b
6	Glufosinate	700	57,3	78,0 b
7	Diquat	300	58,5	86,0 a
8	Diquat	400	57,3	80,0 b
9	Diquat	500	61,3	85,0 a
10	Glufosinate + saflufenacil	300 + 35	61,8	82,5 a
11	Glufosinate + saflufenacil	400 + 24,5	62,0	82,5 a
12	Glufosinate + saflufenacil	400 + 35	65,8	82,5 a
13	Glufosinate + saflufenacil	400 + 49	66,0	87,8 a
14	Glufosinate + carfentrazone	300 + 30	70,0	79,5 b
15	Glufosinate + carfentrazone	400 + 20	63,8	86,0 a
16	Glufosinate + carfentrazone	400 + 30	65,5	80,5 b
17	Glufosinate + flumioxazin	300 + 30	68,0	84,5 a
18	Glufosinate + flumioxazin	400 + 20	71,5	83,8 a
19	Glufosinate + flumioxazin	400 + 30	68,0	83,5 a
20	Diquat + saflufenacil	300 + 24,5	63,3	81,5 a
21	Diquat + carfentrazone	300 + 20	72,3	78,5 b
22	Diquat + flumioxazin	300 + 20	67,3	83,0 a
Média geral			65,9	81,5
CV (%)			14.12	5.12

¹g ia ha⁻¹ = ingrediente ativo por hectare. Médias seguidas pela mesma letra, nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Scott e Knott (1974), ao nível de 5% de probabilidade. Produtos comerciais: Finale[®] (glufosinate), Reglone[®] (diquat), Heat[®] (saflufenacil), Aurora[®] 400 EC (carfentrazone), Flumyazin 500 SC (flumioxazin).

Diante dos dados observados a campo (TABELA 4 A 7), conclui-se que diquat e glufosinate são alternativas viáveis para a substituição do ingrediente ativo paraquat, podendo ser usados de forma isolada ou associada aos herbicidas recomendados saflufenacil, carfentrazone e flumioxazin, visto que não apresentaram diferenças estatísticas entre si. Kamphorst e Paulus (2019) obtiveram a mesma conclusão, pois com o experimento deles, avaliaram que saflufenacil, diquat e glufosinate são alternativas que têm a possibilidade de serem utilizadas como substitutos e, ainda salientam a importância de ter cuidados técnicos na aplicação, para que não ocorra perda de produtividade. Ainda, de acordo com Lubenow (2019), glufosinate tem efeito dessecante satisfatório, sendo uma alternativa para ser utilizada em dessecação.

Em relação à qualidade fisiológica de sementes, a testemunha apresentou desempenho igual ou inferior aos tratamentos que utilizaram herbicidas dessecantes. Isso pode ser observado para todos os testes realizados, em que os valores dos tratamentos compostos por herbicidas nunca foram inferiores ao do tratamento testemunha, com exceção

das variáveis comprimento de plântulas e envelhecimento acelerado, safra 2021/22. Ou seja, a utilização de herbicidas em dessecação pré-colheita de soja não afeta a qualidade das sementes. Além disso, esses herbicidas dessecantes apresentaram resultados diferentes a depender do teste de vigor, dado que cada teste apresenta objetivo diferente e, conseqüentemente, cada tratamento apresentou desempenho diferente. Conclui-se que os tratamentos não se diferem entre si e os tratamentos de herbicidas dessecantes podem ser utilizados.

3.4 CONCLUSÃO

Verificou-se a oportunidade de uso de diquat e glufosinate isolados, principalmente nas maiores doses e, também destes associados a inibidores da PROTOX.

Os herbicidas dessecantes a depender da dose e associação utilizada não afetaram a qualidade fisiológica das sementes, e apresentaram resultados superiores quando comparados à testemunha para parte das variáveis mensuradas. Portanto, os tratamentos estudados podem ser utilizados.

REFERÊNCIAS

- APARECIDO, L. E. O.; ROLIM, G. S.; RICHETTI, J.; SOUZA, P. S.; JOHANN, J. A. Köppen, Thornthwaite and Camargo climate classifications for climatic zoning in the State of Paraná, Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**, 40, 405-417, 2016.
- AZEVEDO, M.; PAGNONCELLI, C. A.; COLTRO-RONCATO, S.; SILVA-MATTE, S. C.; GONÇALVES, E. D. V.; DILDEY, O. D. F.; HELING, A. L. Aplicação de diferentes herbicidas para dessecação em pré-colheita de soja. **Agrarian**, v. 8, n. 29, p. 246-252, 2015.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília. 399 p., 2009.
- CARBONELL, S. A. M.; KRZYZANOWSKI, F. C.; OLIVEIRA, M. C. N.; FONSECA JÚNIOR, N. D. S. **Teor de umidade das sementes de soja e métodos de avaliação do dano mecânico provocado no teste do pêndulo**. 1993.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal, Funep. 588p., 2000.
- COMIN, R. C.; MENEGHELLO, G. E.; FRANCO, J. J.; LEVIEN, A. M.; Kehl, K.; COMIN, G. C. Qualidade fisiológica de sementes de soja submetidas à dessecação em pré-colheita. In: **Colloquium Agrariae**. ISSN: 1809-8215. p. 112-120. 2018.
- DALTRO, E. M. F.; ALBUQUERQUE, M. C. D. F.; França Neto, J. D. B., Guimarães, S. C., Gazziero, D. L. P., HENNING, A. A. Aplicação de desseccantes em pré-colheita: efeito na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, p. 111-122, 2010.
- GUIMARÃES, V. F.; HOLLMANN, M. J.; FIOREZE, S. L.; ECHER, M. M.; RODRIGUES-COSTA, A. C. P.; ANDREOTTI, M. Produtividade e qualidade de sementes de soja em função de estádios de dessecação e herbicidas. **Planta Daninha**, v. 30, p. 567-573, 2012.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. In: **Revista symposium**. 2008. p. 36-41.
- HALLVASS, G. **Um debate sobre o agrotóxico Paraquat 1970-2017**. 2019.
- FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A. 2010. **A importância do uso de semente de soja de alta qualidade**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Soja. v.20, p.37-38. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/661047/1/ID30537.pdf>>. Acesso em 20 de nov. de 2021.
- GIURIZATTO, M. I. K.; SOUZA, L. C. F. D.; ROBAINA, A. D.; GONÇALVES, M. C. Efeito da época de colheita e da espessura do tegumento sobre a viabilidade e o vigor de sementes de soja. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, p. 771-779, 2003.
- HESS, F. D. Light-dependent herbicides: an overview. **Weed Science**, v. 48, p. 160-170, 2000.

INOUE, M. H.; MARCHIORI JÚNIOR, O.; BRACCINI, A. D. L.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. D.; ÁVILA, M. R.; CONSTANTIN, J. Rendimento de grãos e qualidade de sementes de soja após a aplicação de herbicidas dessecantes. **Ciência Rural**, v. 33, n. 4, p. 769-770, 2003.

KAMPHORST, A.; PAULUS, C. Herbicidas para dessecação pré-colheita em soja como alternativa em substituição ao Paraquat. **Revista Cultivando o Saber**, p. 54-62, 2019.

KAPPES, C.; CARVALHO, M. A. C.; YAMASHITA, O. M. Potencial fisiológico de sementes de soja dessecadas com diquat e paraquat. **Scientia Agraria**, Pernambuco, v. 10, n. 1, p. 1-6, 2009.

KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B.; MARCOS-FILHO, J. **Vigor de Sementes: Conceitos e Testes**. ABRATES, 2021.

LACERDA, A. L. S.; LAZARINI, E.; SÁ, M. E.; WALTER FILHO, V. V. Aplicação de dessecantes na cultura de soja: antecipação da colheita e produção de sementes. **Planta Daninha**, v. 19, p. 381-390, 2001.

LACERDA, A. L. S.; LAZARINI, E.; 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**, v.25, n.2, p.97-105, 2003.

LACERDA, A. L. S.; LAZARINI, E.; SÁ, M. E.; VALÉRIO FILHO, W. V. Efeitos da dessecação de plantas de soja no potencial fisiológico e sanitário das sementes. **Bragantia**, v.64, n.3, p.447-457, 2005.

LAMEGO, F. P.; GALLON, M.; BASSO, C. J.; KULCZYNSKI, S. M.; RUCHEL, Q.; KASPARY, T. E.; SANTI, A. L. Dessecação pré-colheita e efeitos sobre a produtividade e qualidade fisiológica de sementes de soja. **Planta Daninha**, v. 31, p. 929-938, 2013.

LUBENOW, L. G.; **Herbicidas para dessecação de soja: eficiência e qualidade das sementes**. 2019.

LUDWIG, M. P.; LUCCA FILHO, O. A.; BAUDET, L.; DUTRA, L. M. C.; AVELAR, S. A. G.; CRIZEL, R. L. Qualidade de sementes de soja armazenadas após recobrimento com aminoácido, polímero, fungicida e inseticida. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.33, n.3, p.395-406, 2011.

MALASPINA, I. C. Épocas de aplicação de dessecantes na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill): **Teor de água, produtividade e qualidade fisiológica das sementes**. 2008.

MARCHI, G.; MARCHI, E. C. S.; GUIMARÃES, T. G. Herbicidas: mecanismos de ação e uso. **Embrapa Cerrados**. Outubro, p. 227, 2008.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: VIEIRA, R.D., CARVALHO, N.M. (Ed.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, p.133-149, 1994.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOSKI, F.C. *et al.* (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES. Cap.2, p.1-24, 1999.

PELÚZIO, J. M.; RAMO, L. M.; FIDELIS, R. R.; AFERRI, F. S.; NETO, M. D.; CORREIA, M. A.; **Influência da dessecação química e retardamento de colheita na qualidade fisiológica de sementes de soja no sul do Estado do Tocantins**, 2008. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6996/4637>>. Acesso em: 04 de abr. de 2022.

PEREIRA, C. E.; GUIMARÃES, R. M.; VIEIRA, A. R.; EVANGELISTA, J. R. E.; OLIVEIRA, G.E. Tratamento fungicida e peliculização de sementes de soja submetidas ao armazenamento. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v.35, n.1, p.158-164, 2011.

PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B.; PEIXOTO, M. C. Testes de qualidade. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. (eds. Coord.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 323p.

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

RITCHIE, S.; HANWAY, J. J.; THOMPSON, H. E. How a soybean plant develops. Ames, Yowa: Yowa State University of Science and Technology, **Cooperative Extension**, 1982. 20 p.

SOUZA, E. S.; ALVES, A. M.; PIEROZZI, C. G. Qualidade fisiológica de sementes de soja oriundas de campos dessecados com glufosinato-sal de amônio e paraquat. **AGRI-ENVIRONMENTAL SCIENCES**, v. 3, n. 2, p. 40-46, 2017.

4 CAPÍTULO II – EFICÁCIA DE GLUFOSINATE E DIQUAT NA DESSECAÇÃO PRÉ-COLHEITA, EM QUATRO ESTÁDIOS FENOLÓGICOS E IMPACTO SOBRE A QUALIDADE DAS SEMENTES PRODUZIDAS

RESUMO

Acredita-se que glufosinate e diquat possam ter eficácias distintas na dessecação pré-colheita da soja, ou interferir na qualidade de sementes produzidos, a depender do estágio fenológico em que ocorrer a aplicação. Objetivou-se avaliar a dessecação e efeitos na produtividade e qualidade de sementes produzidos da soja, para a aplicação de glufosinate e diquat nos estádios fenológicos R6, R7.1, R7.2 e R7.3. O experimento foi conduzido em dois locais no estado do Paraná (PR), Brasil, na safra 2020-2021. Foi utilizado delineamento em blocos casualizados e os tratamentos foram compostos pela aplicação de glufosinate ou diquat nos estádios R6, R7.1, R7.2 e R7.3, além da testemunha sem aplicação. Foram avaliadas as variáveis desfolha, maturação, umidade de sementes, produtividade e qualidade das sementes produzidas (vigor e germinação). Glufosinate e diquat foram eficazes na dessecação, com efeito sobre a desfolha e maturação. Contudo, a dessecação em estádios mais precoces reduziu a produtividade de sementes e afetou negativamente a qualidade das sementes. A aplicação de glufosinate (400 g ia ha^{-1}) ou diquat (400 g ia ha^{-1}) foi eficaz na dessecação pré-colheita das plantas de soja, sem diferenças ao final entre os herbicidas ou estádios fenológicos avaliados. A aplicação de glufosinate a partir do estágio R7.2, ou de diquat em R7.3, são seguras para a produtividade de sementes. Aplicações anteriores a esses estádios podem levar a perdas superiores a 30% na produtividade de sementes. A aplicação de diquat ou glufosinate pode reduzir a qualidade das sementes produzidas, quando aplicado antes do estágio R7.2.

Palavras-chave: desfolha; umidade de grão; herbicida; maturação; rendimento da soja.

GLUFOSINATE AND DIQUAT IN PRE-HARVEST DESICCATION OF SOYBEAN AT FOUR PHENOLOGICAL STAGES, AND THEIR IMPACT ON SEED QUALITY

ABSTRACT

Glufosinate and diquat may have different levels of efficacy in the pre-harvest desiccation of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) plants, and may affect the quality of the seeds differently, depending on the phenological stage at which they are applied. The objective of this study was to evaluate desiccation with glufosinate and diquat at the phenological stages R7.1, R7.2, and R7.3 and to examine their effects on the yield and quality of soybean seeds. The experiment was conducted at two sites in the state of Paraná (PR), Brazil, in the 2020-2021 crop season. A randomized block design was used, with the treatment groups consisting of the application of glufosinate or diquat at the stages R6, R7.1, R7.2, and R7.3, in addition to the control group (without desiccant application). Defoliation, maturity, moisture, yield, and seed quality (vigor and germination) were evaluated. Glufosinate and diquat were effective at desiccation and had a significant effect on defoliation and maturity, with final values $\geq 98.8\%$ and $\geq 99.3\%$ respectively. Treatments can accelerate harvest maturity by approximately 3 d and earlier applications do not necessarily favor this acceleration, most notably in trial 1. However, desiccation at earlier stages reduced seed yield and negatively affected seed quality, with values of only 61.3% and 71.8% of vigor and germination in some situations. The application of glufosinate or diquat was effective in the pre-harvest desiccation of soybean plants, with no differences between the assessed herbicides or phenological stages. The application of glufosinate starting at R7.2 or of diquat at R7.3 is ideal to avoid deleterious effects on seed yield. Applications at earlier stages may lead to losses of more than 30% seed yield. The use of diquat or glufosinate before R7.2 may reduce the quality of the seeds.

Key words: defoliation; grain moisture; herbicide; maturation; soybean yield.

4.1 INTRODUÇÃO

A dessecação pré-colheita da soja é uma prática que pode ser adotada com o objetivo de controlar as plantas daninhas ou uniformizar as plantas com problemas de haste verde/retenção foliar, bem como antecipar e/ou otimizar a colheita, e reduzir danos oriundos de pragas e fungos que possam atacar a cultura no final do ciclo (GRIFFIN *et al.*, 2010; TOLEDO *et al.*, 2014; BEZERRA *et al.*, 2016; BELLALLOUI *et al.*, 2020). Nesse intuito, são utilizados herbicidas dessecantes, dentre os quais pode ser destacado o paraquat.

O paraquat é um herbicida inibidor do fotossistema I – FSI (grupo 22), que apresenta ação de contato, não-seletivo com rápida ação (BROMILOW, 2004). Alguns desses aspectos ajudam explicar o seu grande nível de adoção na dessecação pré-colheita da soja, como observado por Boudreaux e Griffin (2011). Malaspina *et al.* (2012) observaram redução no teor de água das sementes de soja para a aplicação de paraquat (400 g de ingrediente ativo [ia] ha⁻¹) em R6, R7 ou R8, sem reduções na produtividade e massa de 100 sementes. Contudo, o paraquat teve o uso proibido no Brasil (ANVISA, 2020), logo, é necessário o estudo da utilização de outros herbicidas na dessecação pré-colheita da soja. Como substituto imediato pode-se sugerir o diquat, do mesmo mecanismo de ação do paraquat, o qual é referendado como eficaz na dessecação da soja sem redução em produtividade (ZAGONEL, 2005). Outro herbicida que pode ser utilizado com esse fim é o glufosinate (PEREIRA *et al.*, 2015; BOTELHO *et al.*, 2019).

Outro ponto a ser destacado é o estado fenológico da soja em que é realizada a dessecação com herbicidas na pré-colheita. Araújo *et al.* (2018) observaram a antecipação na colheita da soja e a eficácia na dessecação para a aplicação de glufosinate ou diquat. Contudo, para aplicações em R6 e R6.5 foram observadas reduções em produtividade ou efeitos negativos na qualidade de sementes, sem efeitos deletérios para aplicações em R7.2. Outros estudos também relatam efeitos negativos na produtividade e outros parâmetros da soja para a aplicação de diferentes herbicidas dessecantes em estádios anteriores a R7 (CELLA *et al.*, 2014; COLTRO-RONCATTO *et al.*, 2015).

Em relação à qualidade das sementes produzidas, para aplicação de glufosinate podem ser ou não observados efeitos negativos sobre a qualidade das sementes produzidas, com variações devido ao estágio de aplicação e a dose (PEREIRA *et al.*, 2015a; ZUFFO *et al.*, 2020; BOTELHO *et al.* 2019). Estressores, como por exemplo, a aplicação de herbicidas

que causam alterações na fisiologia da soja, podem afetar a qualidade das sementes produzidos (ALBRECHT *et al.*, 2012; MARCHI *et al.*, 2021).

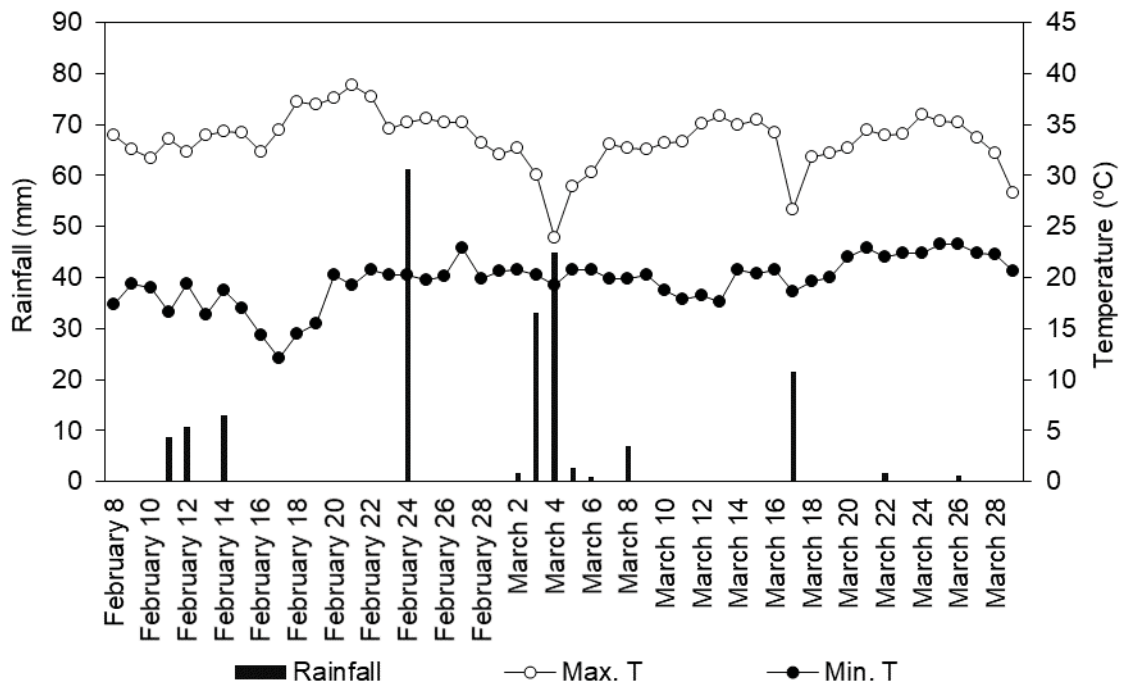
Acredita-se que glufosinate e diquat possam ter eficácias distintas na dessecação pré-colheita da soja, ou interferir na qualidade de sementes produzidas, a depender do estágio fenológico em que ocorrer a aplicação. Assim, objetivou-se com este estudo avaliar a dessecação e efeitos na produtividade e qualidade de sementes produzidos da soja para a aplicação de glufosinate e diquat nos estádios fenológicos R6, R7.1, R7.2 e R7.3.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Descrição do local

O experimento foi conduzido em Palotina ($24^{\circ}11'41,1''\text{S}$ $53^{\circ}48'30,1''\text{O}$ – área 1) e Maripá ($24^{\circ}24'27,7''\text{S}$ $53^{\circ}51'46,6''\text{O}$ – área 2), estado do Paraná (PR), Brasil, na safra 2020/21, em solo de textura muito argilosa. O clima da região é o Cfa, de acordo com a classificação de Köppen-Geiger (APARECIDO *et al.*, 2016) e as condições meteorológicas para o período de condução estão representadas na FIGURA 1.

FIGURA 1 – REPRESENTAÇÃO DAS CHUVAS E TEMPERATURAS MÁXIMAS E MÍNIMAS PARA O PERÍODO DE REALIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS (08/02/2020 A 28/03/2021). PALOTINA E MARIPÁ – PR, BRASIL, SAFRA 2020/21



Foi realizada semeadura direta da cultivar de soja BS 2606 IPRO (área 1) e Monsoy 5947 IPRO (área 2), em 23/10/2020 (área 1) e 17/11/2020 (área 2), com densidade de 14 plantas m^{-1} (área 1) e 12 plantas m^{-1} (área 2). Ambas as áreas com espaçamento entrelinhas de 0,45 m.

4.2.2 Delineamento experimental

Os tratamentos foram compostos pela aplicação de herbicidas na dessecação pré-colheita da soja (TABELA 15) em diferentes estádios fenológicos, conforme observação das

vagens e classificação fenológica proposta por Fehr *et al.* (1977). Foi utilizado delineamento em blocos casualizados com quatro repetições, e as unidades experimentais foram compostas por parcelas de 3 x 5 m. Como área útil para as avaliações foi utilizada as quatro linhas centrais da parcela, descartando-se o primeiro e o último metro em comprimento.

TABELA 15 – TRATAMENTOS COMPOSTOS DE HERBICIDAS NA DESSECAÇÃO PRÉ-COLHEITA DE SOJA EM PALOTINA E MARIPÁ – PR. SAFRA 2020/21

Tratamento	Produto comercial	Estádio fenológico	Dose	
			L pc ha ⁻¹	g ia ha ⁻¹
1 Testemunha	-	-	-	-
2 Glufosinate	Finale [®]	R6	2	400
3 Glufosinate	Finale [®]	R7.1	2	400
4 Glufosinate	Finale [®]	R7.2	2	400
5 Glufosinate	Finale [®]	R7.3	2	400
6 Diquat	Reglone [®]	R6	2	400
7 Diquat	Reglone [®]	R7.1	2	400
8 Diquat	Reglone [®]	R7.2	2	400
9 Diquat	Reglone [®]	R7.3	2	400

pc: Produto comercial; ia: ingrediente ativo.

As datas e as condições climáticas para as aplicações dos herbicidas estão descritas na TABELA 16. Foi utilizado pulverizador costal pressurizado a CO₂ equipado com seis pontas AIXR 110.015, a uma pressão de 2 kgf cm⁻², com 50 cm de distância do alvo, fornecendo um volume de aplicação de 150 L ha⁻¹.

TABELA 16 – DATAS E CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS DURANTE A APLICAÇÃO DE HERBICIDAS

	Estádio fenológico	Data	Vento (km h ⁻¹)	T (°C)	UR (%)
Área 1	R6	18 Feb 2021	1.9	25.5	62.0
	R7.1	21 Feb 2021	4.8	29.4	54.4
	R7.2	23 Feb 2021	4.3	28.7	62.0
	R7.3	25 Feb 2021	2.5	34.9	52.2
Área 2	R6	26 Feb 2021	12.3	31.5	47.9
	R7.1	02 Mar 2021	7.2	27.4	59.4
	R7.2	11 Mar 2021	5.1	27.7	44.9
	R7.3	16 Mar 2021	8.6	27.8	57.1

T: Temperatura; UR: umidade relativa.

4.2.3 Avaliações

Na área 1 foram avaliados o percentual de desfolha e a maturação das plantas de soja aos 3, 6, 9, 12 e 15 dias após a aplicação primeira (DAA). Na área 2 foram avaliados os percentuais de desfolha e maturação aos 3, 7, 10, 17 e 20 DAA, e em pré-colheita. Por ocasião da colheita foi determinada a produtividade de sementes, com a umidade corrigida para 13% e

o resultados foram expressos em kg ha^{-1} , bem como foi determinada a umidade das sementes (%) com medidor eletrônico.

Uma amostra das sementes colhidas de cada parcela foi acondicionada em saco de papel, e encaminhada para o laboratório com temperatura e umidade controladas para posterior realização dos testes de qualidade das sementes: vigor e germinação. Para o teste de germinação foram realizadas quatro repetições por parcela de campo. O teste de germinação foi realizado utilizando-se quatro sub-amostras de 50 sementes por repetição de campo de cada tratamento, colocadas para germinar entre três folhas de papel filtro, umedecidas com água desmineralizada, na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco. Foram confeccionados rolos os quais foram levados para um germinador regulado para manter temperatura constante de 25 °C. A primeira contagem (indicativo de vigor) foi realizada aos cinco dias, onde todas as sementes germinadas, independente de normais ou anormais, foram retiradas do rolo, as que restaram permaneceram no rolo e foram devolvidas para o germinador até a segunda contagem, que ocorreu aos oito dias após a instalação. A porcentagem de germinação foi determinada através da soma das duas contagens (BRASIL, 2009).

4.2.4 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, pelo teste F ($p < 0,05$). As médias dos tratamentos foram agrupadas pelo teste de Scott e Knott (1974) ($p < 0,05$). Para a análise foi utilizado o programa Sisvar 5.6 (FERREIRA, 2011).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1 Desfolha e maturação

Na área 1, as condições meteorológicas predominantes no período (FIGURA 1) e as características do genótipo propiciaram a aceleração da maturação. A aplicação dos desseccantes em R7.1 coincidiu com a avaliação de 3 DAA (observa-se que as datas de avaliações são em relação a primeira aplicação). Já a aplicação em R7.2 foi um dia antes da avaliação de 6 DAA e a aplicação em R7.3 foi um dia após a aplicação de 6 DAA. Aos 12 e 15 DAA todos os tratamentos herbicidas diferiram da testemunha sem aplicação. Aos 15 DAA ressalta-se que não foram observadas diferenças entre os estádios de aplicação ou herbicidas (TABELA 17).

TABELA 17 – DESFOLHA DE PLANTAS DE SOJA EM 3, 6, 9, 12 E 15 DIAS APÓS APLICAÇÃO DE HERBICIDAS DESSECANTES EM PRÉ-COLHEITA. ÁREA 1, SAFRA 2020/21

Tratamento	Estádio fenológico	Desfolha (%)				
		3 DAA	6 DAA	9 DAA	12 DAA	15 DAA
1 Testemunha	-	22.5b	56.3c	75.0b	83.8b	94.3b
2 Glufosinate	R6	42.5a	83.3a	94.8a	95.0a	98.8a
3 Glufosinate	R7.1	22.5b	62.5c	95.0a	96.5a	100.0a
4 Glufosinate	R7.2	22.5b	56.3c	96.5a	97.3a	100.0a
5 Glufosinate	R7.3	22.5b	56.3c	75.0b	96.8a	100.0a
6 Diquat	R6	45.0a	76.3b	95.5a	96.3a	99.0a
7 Diquat	R7.1	22.5b	75.0b	97.8a	97.8a	100.0a
8 Diquat	R7.2	22.5b	56.3c	98.3a	98.5a	100.0a
9 Diquat	R7.3	22.5b	56.3c	75.0b	97.8a	100.0a
Média geral		27.2	64.3	89.2	95.5	99.1
CV (%)		18.0	6.9	4.0	3.0	1.2

Médias seguidas pela mesma letra, nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Scott e Knott (1974) ao nível de 5% de probabilidade.

Isso foi observado para a avaliação de maturação aos 12 e 15 DAA (em pré-colheita). Sendo atingido ~100% de maturação para todos os tratamentos aos 15 DAA (TABELA 18). Nota-se que os tratamentos podem antecipar aproximadamente em pelo menos 3 dias a colheita e que aplicações mais precoces não favoreceram necessariamente essa antecipação.

TABELA 18 – MATURAÇÃO DE PLANTAS DE SOJA EM 3, 6, 9, 12 E 15 DIAS APÓS APLICAÇÃO (DAA) DE HERBICIDAS DESSECANTES EM PRÉ-COLHEITA. ÁREA 1, SAFRA 2020/21

Tratamento	Estádio fenológico	Maturação (%)				
		3 DAA	6 DAA	9 DAA	12 DAA	15 DAA
1 Testemunha	-	10.8c	66.3b	81.3c	87.0b	95.3b
2 Glufosinate	R6	48.8b	72.5b	90.0b	96.0a	100.0a
3 Glufosinate	R7.1	11.3c	72.5b	90.5b	98.3a	100.0a
4 Glufosinate	R7.2	11.3c	66.3b	82.3c	97.3a	100.0a
5 Glufosinate	R7.3	10.5c	66.3b	81.3c	97.5a	100.0a
6 Diquat	R6	75.0a	95.0a	98.8a	98.8a	100.0a
7 Diquat	R7.1	10.5c	76.8b	97.0a	98.5a	100.0a
8 Diquat	R7.2	10.8c	66.3b	97.0a	98.5a	100.0a
9 Diquat	R7.3	10.5c	66.3b	81.3c	98.3a	100.0a
Média geral		22.1	72.0	88.8	96.7	99.5
CV (%)		17.7	8.6	4.5	1.8	0.8

Médias seguidas pela mesma letra, nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Scott e Knott (1974) ao nível de 5% de probabilidade.

Nas primeiras avaliações da área 2 nota-se um melhor desempenho de diquat em comparação ao glufosinate, haja visto a mais rápida ação do diquat. Bem como maiores índices de desfolha para os tratamentos nos quais a aplicação já havia ocorrido. Aos 20 DAA todos os tratamentos já tinham sido aplicados, em que todos os tratamentos herbicidas aceleraram a desfolha em comparação a testemunha, com menor desempenho para glufosinate em R7.3, em relação aos demais. Em pré-colheita todos os dois herbicidas, independente do estágio de aplicação foram eficazes na desfolha das plantas de soja, com 99,3 a 100% (TABELA 19), o que se relaciona com o ensaio de Palotina, indicando que alguns dias após a aplicação, o glufosinate equipara-se ao diquat, em termos de desfolha e maturação para a colheita.

TABELA 19 – DESFOLHA DE PLANTAS DE SOJA EM 3, 7, 10, 17 E 20 DIAS APÓS APLICAÇÃO DE HERBICIDAS DESSECANTES EM PRÉ-COLHEITA. ÁREA 2, SAFRA 2020/21

Tratamentos	Estádio fenológico	Desfolha (%)					
		3 DAA	7 DAA	10 DAA	17 DAA	20 DAA	PRE
1 Testemunha	-	0.0c	7.5d	11.8e	56.3c	77.5c	96.5b
2 Glufosinate	R6	16.3b	63.8b	88.0b	92.5a	97.8a	100.0a
3 Glufosinate	R7.1	0.0c	26.3c	55.5d	81.3b	97.0a	100.0a
4 Glufosinate	R7.2	0.0c	7.5d	11.8e	87.5b	98.0a	100.0a
5 Glufosinate	R7.3	0.0c	7.5d	11.8e	56.3c	86.3b	99.3a
6 Diquat	R6	31.3a	80.0a	95.0a	99.0a	99.0a	100.0a
7 Diquat	R7.1	0.0c	25.5c	77.5c	98.0a	99.0a	100.0a
8 Diquat	R7.2	0.0c	7.5d	11.8e	92.8a	98.5a	100.0a
9 Diquat	R7.3	0.0c	7.5d	11.8e	56.3c	96.3a	100.0a
Média geral		9.2	25.9	41.6	80.0	94.4	99.5
CV (%)		17.1	15.2	5.4	7.6	2.5	0.5

Médias seguidas pela mesma letra, nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Scott e Knott (1974) ao nível de 5% de probabilidade.

Aos 3 DAA, devido à anormalidade, os dados foram transformados por $\sqrt{x+1}$.

Assim como para desfolha, para maturação houve efeito mais pronunciado para a aplicação de diquat nas primeiras avaliações. Aos 20 DAA, não foram observadas diferenças entre os herbicidas, com todos superiores à testemunha. Em relação aos estádios de aplicação, foi observada menor maturação das plantas de soja para aplicação em R7.3 para os dois herbicidas com 90%, ainda assim superior a testemunha. Em pré-colheita todos os dois herbicidas, independente do estágio de aplicação, foram eficazes na maturação das plantas de soja, com 99,3 a 100% (TABELA 20).

TABELA 20 – MATURAÇÃO DE PLANTAS DE SOJA EM 3, 7, 10, 17 E 20 DIAS APÓS APLICAÇÃO (DAA) DE HERBICIDAS DESSECANTES EM PRÉ-COLHEITA. ÁREA 2, SAFRA 2020/21

Tratamentos	Estádio fenológico	Maturação (%)					
		3 DAA	7 DAA	10 DAA	17 DAA	20 DAA	PRE
1 Testemunha	-	5.0b	7.8d	14.5e	61.3d	78.8c	96.0b
2 Glufosinate	R6	7.8a	36.3b	56.8c	85.0b	96.0a	100.0a
3 Glufosinate	R7.1	5.0b	22.5c	45.0d	85.0b	94.8a	100.0a
4 Glufosinate	R7.2	5.0b	7.8d	14.5e	78.8c	96.8a	100.0a
5 Glufosinate	R7.3	5.0b	7.8d	14.5e	61.3d	90.0b	99.3a
6 Diquat	R6	7.8a	62.5a	81.8a	99.0a	99.0a	100.0a
7 Diquat	R7.1	5.0b	25.0c	72.5b	99.0a	99.0a	100.0a
8 Diquat	R7.2	5.0b	7.8d	14.5e	88.5b	98.3a	100.0a
9 Diquat	R7.3	5.0b	7.8d	14.5e	61.3d	90.0b	100.0a
Média geral		5.6	20.6	36.5	79.9	93.6	99.5
CV (%)		12.9	17.8	14.3	5.4	2.7	0.9

Médias seguidas pela mesma letra, nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Scott e Knott (1974) ao nível de 5% de probabilidade.

4.3.2 Umidade e produtividade de sementes

Em relação à produtividade na área 1, os melhores resultados foram para glufosinate aplicado em R7.2 ou R7.3 e diquat aplicado em R7.3, superiores inclusive que a testemunha sem aplicação. Enquanto para a aplicação de glufosinate em R7.1 e diquat em R7.2 a produtividade não diferiu da observada para a testemunha sem aplicação. Portanto, ficam evidenciados os riscos de redução em produtividade para aplicação de dessecantes em estádios mais precoces da soja, pois a aplicação de glufosinate em R6 e a aplicação de diquat em R7.1 e R6 reduziu a produtividade da soja em comparação com a testemunha sem aplicação. Para umidade das sementes, não foram observadas diferenças entre os herbicidas, com todos com menores valores que a testemunha sem aplicação (TABELA 21).

TABELA 21 – UMIDADE E PRODUTIVIDADE DE SOJA APÓS APLICAÇÃO DE HERBICIDAS DESSECANTES EM PRÉ-COLHEITA. SAFRA 2020/21

Tratamentos	Estádio fenológico	Área 1		Área 2	
		Umidade %	Produtividade kg ha ⁻¹	Umidade %	Produtividade kg ha ⁻¹
1 Testemunha	-	15.5b	3914b	9.9b	3371a
2 Glufosinate	R6	12.9a	3522c	9.3a	2362c
3 Glufosinate	R7.1	13.1a	3818b	9.3a	2798b
4 Glufosinate	R7.2	13.1a	4131a	9.4a	3277a
5 Glufosinate	R7.3	13.1a	4246a	9.4a	3226a
6 Diquat	R6	11.9a	3344c	9.2a	2188c
7 Diquat	R7.1	12.2a	3736c	9.1a	2429c
8 Diquat	R7.2	12.9a	3889b	9.1a	3000b
9 Diquat	R7.3	12.5a	4204a	9.0a	3218a
Média geral		13.0	3867	9.3	2874
CV (%)		5.3	5.3	1.9	9.1

Médias seguidas pela mesma letra, nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Scott e Knott (1974) ao nível de 5% de probabilidade.

Para a área 2, em relação à umidade das sementes, não foram observadas diferenças entre os herbicidas e estádios de aplicação, com todos diminuindo os valores em relação à testemunha sem aplicação. Para produtividade, a aplicação de diquat foi segura apenas quando realizada no estádio R7.3, sem diferir da testemunha, aplicações mais precoces reduziram a produtividade da soja. Enquanto para glufosinate, a aplicação foi segura nos estádios R7.2 e R7.3, em estádios mais precoces foram observadas reduções em produtividade (TABELA 21). Isso evidencia que o glufosinate de fato pode antecipar a colheita sem prejuízos à produtividade.

4.3.3 Qualidade de sementes

Em relação à qualidade de sementes produzidas, a aplicação de glufosinate ou diquat, nos estádios R6 ou R7.1, reduziu os percentuais de vigor e germinação em comparação à testemunha sem aplicação (área 1). Não foram observadas diferenças entre os herbicidas, sendo as reduções na qualidade de sementes referentes ao estádio de dessecação, ou seja, a aplicação anterior ao estádio R7.2 não é segura à qualidade de sementes produzidas. Apenas a aplicação de diquat afetou a qualidade de sementes, com efeito negativo para aplicação no estádio R6 (área 2). Foi observada redução no vigor e germinação, para 61,3 e 71,8% (TABELA 22).

TABELA 22 – VIGOR (V) E GERMINAÇÃO (G) DE GRÃOS DE SOJA DE PLANTAS SUBMETIDAS A APLICAÇÃO DE HERBICIDAS DESSECANTES EM PRÉ-COLHEITA. SAFRA 2020/21

Tratamentos	Estádio fenológico	Área 1		Área 2	
		V (%)	G (%)	V (%)	G (%)
1 Testemunha	-	73.5a	82.8a	72.3	84.5a
2 Glufosinate	R6	65.3b	75.3b	68.3a	78.8a
3 Glufosinate	R7.1	67.0b	77.3b	71.0a	83.8a
4 Glufosinate	R7.2	75.3a	83.8a	72.3a	84.8a
5 Glufosinate	R7.3	73.0a	82.5a	74.8a	85.5a
6 Diquat	R6	63.3b	71.8b	61.3b	71.8b
7 Diquat	R7.1	66.8b	76.5b	68.5a	80.0a
8 Diquat	R7.2	70.5a	82.3a	73.8a	83.5a
9 Diquat	R7.3	70.5a	80.8a	71.3a	82.8a
Média geral		69.4	79.2	70.4	81.7
CV (%)		5.5	5.1	6.4	5.3

Médias seguidas pela mesma letra, nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Scott e Knott (1974) ao nível de 5% de probabilidade.

Os herbicidas glufosinate e diquat foram eficazes na dessecação das plantas de soja, com efeito sobre a desfolha e maturação. Em geral, com efeitos mais rápidos para o diquat, contudo, sem diferenças nas avaliações finais, independente do estágio. Esses dois herbicidas devem ter seu uso intensificado nesta modalidade de aplicação, haja visto o banimento do paraquat. O presente, e outros estudos, reiteram a eficácia de glufosinate e/ou diquat na dessecação pré-colheita da soja (GUIMARÃES *et al.*, 2012; FINOTO *et al.*, 2017; BOTELHO *et al.*, 2019).

Contudo, ressalta-se que, a dessecação em estádios mais precoces reduziu a produtividade da soja. A aplicação de diquat foi segura para a produtividade da soja, independentemente do local e cultivar, apenas quando em R7.3. Enquanto a aplicação de glufosinate foi segura, independente do local e genótipo, a partir de R7.2. Neste sentido, Araújo *et al.* (2018) observaram para aplicações, de glufosinate ou diquat, em R6 e R6.5 a redução em produtividade ou efeitos negativos na qualidade de sementes da soja, sem efeitos deletérios para aplicações em R7.2.

Constata-se que os dessecantes avaliados tenderam a antecipar entre 3 e 7 dias a colheita, mas apenas o glufosinate apresentou-se seguro após R7.2. Aplicações em R6 proporcionaram perdas que variaram entre 21,5% e 35,1%, respectivamente, na produtividade de sementes da soja. Observa-se também que o diquat aplicado em R7.2 não é adequado, pois levou a perdas que oscilaram entre os experimentos, 5,9% a 8,5%, respectivamente. Isso indica a importância que estar atento ao posicionamento do dessecante em relação ao estágio.

Quanto à qualidade de sementes, aplicações anteriores ao estágio R7.2, para ambos os herbicidas, oferecem risco ao potencial fisiológico das sementes, com destaque ao diquat,

com maior propensão de danos quando aplicação em R6. No entanto, os resultados podem variar conforme ambiente de produção, cultivares e condições meteorológicas predominantes. A aplicação de glufosinate (DELGADO *et al.*, 2015; BOTELHO *et al.*, 2019; ZUFFO *et al.*, 2020) ou diquat (FINOTO *et al.*, 2017; ERGIN e KAYA, 2020) pode afetar a qualidade de sementes da soja, sobretudo em estádios anteriores a R7. Assim, indica-se, como princípio de precaução (diante das variações possíveis), aplicação de dessecantes pré-colheita apenas em R7.3 em campos de produção de sementes. Como observado por Pereira *et al.* (2015b) para a aplicação de glufosinate, paraquat, carfentrazone ou diquat. Importante ressaltar que os herbicidas glufosinate e diquat, apesar do potencial deletério para aplicações antecipadas, caracterizam-se como alternativas viáveis na dessecação pré-colheita da soja como substitutos do paraquat. Os efeitos deletérios de aplicações anteriores a R7, também podem ser verificados para o uso de paraquat (ZANATTA *et al.*, 2018; PEREIRA *et al.*, 2020).

Portanto, muitas pesquisas, como essa, ainda são necessárias na consolidação de posicionamentos, para diferentes ambientes produtivos, condições meteorológicas, cultivares, estádios e dessecantes. No sentido de alcançar soluções consistentes e sustentáveis para a agricultura.

4.4 CONCLUSÃO

As aplicações de glufosinate (400 g ia ha^{-1}) e de diquat (400 g ia ha^{-1}) foram eficazes na dessecação pré-colheita das plantas de soja, sem diferenças ao final entre os herbicidas ou estádios fenológicos avaliados.

A mudança de estágio e antecipação da maturação para a colheita, depende das condições ambientais e genótipo.

A aplicação de glufosinate a partir do estágio R7.2, ou de diquat em R7.3, são seguras para a produtividade de sementes. Aplicações anteriores a estes estádios podem levar a perdas superiores a 30% na produtividade de sementes da soja. A aplicação de diquat ou glufosinate pode reduzir a qualidade das sementes produzidas, quando aplicado antes do estágio R7.2. No entanto, mais pesquisas são necessárias para o melhor posicionamento de herbicidas em pré-colheita da soja.

REFERÊNCIAS

- ALBRECHT, L. P.; BARBOSA, A. P.; SILVA, A. F. M.; MENDES, M. A.; ALBRECHT, A. J. P.; ÁVILA, M. R. 2012. RR soybean seed quality after application of glyphosate in different stages of crop development. **Revista Brasileira de Sementes**. 34(3):373-381. doi:10.1590/S0101-31222012000300003.
- ANVISA. 2020. RDC nº 428. Diretoria colegiada–Anvisa, **Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa)**, Brasília, Brazil. Disponível em <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-de-diretoria-colegiada-rdc-n-428-de-7-de-outubro-de-2020-*-283497088>. Acesso em: 15 de dez. 2021.
- APARECIDO, L. E. O.; ROLIM, G. S.; RICHETTI, J.; SOUZA, P. S.; JOHANN, J. A. 2016. Köppen, Thornthwaite and Camargo climate classifications for climatic zoning in the State of Paraná, Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**. 40(4):405-417. doi:10.1590/1413-70542016404003916.
- ARAÚJO, D. L.; LAZZARI, M. P.; DUTRA, R.; LAJUS, C. R.; KLEIN, C.; CERICATO, A. 2018. Influence of soybean desiccation periods on its germination potential and yield components. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. 13(4):e5584. doi:10.5039/agraria.v13i4a5584.
- BELLALLOUI, N.; BRUNS, H. A.; ABBAS, H. K.; FISHER, D. K.; MENGISTU, A. 2020. Effects of harvest-aids on seed nutrition in soybean under midsouth USA conditions. **Plants**. 9(8):1007. doi:10.3390/plants9081007.
- BEZERRA, A. R. G.; SEDIYAMA, T.; CRUZ, C. D.; SILVA, F. C. S.; DA SILVA, A. F.; ROSA, D. P. 2016. Productivity and quality of soybean seeds of determinate and indeterminate growth types desiccated in pre-harvest. **Australian Journal of Crop Science**. 10(5):693-700. doi:10.21475/ajcs.2016.10.05.p7421.
- BOTELHO, F. J. E.; OLIVEIRA, J. A.; VON PINHO, E. V. R.; CARVALHO, E. R.; RESENDE, M. P. M.; REIS, L. V. 2019. Quality of soybean seeds with different lignin content obtained from desiccated plants. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. 14(3):e5674. doi:10.5039/agraria.v14i3a5674.
- BOUDREAUX, J. M.; GRIFFIN, J. L. 2011. Application timing of harvest aid herbicides affects soybean harvest and yield. **Weed Technology**. 25(1):38-43. doi:10.1614/WT-D-10-00045.1.
- BROMILOW, R. H. 2004. Paraquat and sustainable agriculture. **Pest Management Science**. 60(4):340-349. doi:10.1002/ps.823.
- CELLA, V.; SILVA, J. F.; AZEVEDO, P. H.; AZEVEDO, V. H.; HOFFMANN, L. L. 2014. Effects of early desiccation in phenological phases in soybean. **Bioscience Journal**. 30(5):1364-1370.

- COLTRO-RONCATO, S.; AZEVEDO, M.; PAGNONCELLI, C. A.; MATTE, S. S.; GONÇALVES, E. V.; DILDEY, O. F. 2015. Application of herbicide for different drying in pre-harvest of soybean. **Agrarian**. 8(29):246-252.
- DELGADO, C. M. L.; COELHO, C. M. M.; BUBA, G. P. 2015. Mobilization of reserves and vigor of soybean seeds under desiccation with glufosinate ammonium. **Journal of Seed Science**. 37(2):154-161. doi:10.1590/2317-1545v37n2148445.
- ERGIN, N.; KAYA, M. D. 2020. The effectiveness of herbicidal desiccants and application times on seed yield and earliness of soybean. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**. 48(3):1465-1472. doi:10.15835/nbha48311826.
- FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E.; BURNOOD, D. T.; PENNINGTON, J. S. 1971. Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill. **Crop Science**. 11(6):929-931. doi:10.2135/cropsci1971.0011183X001100060051x.
- FERREIRA, D.F. 2011. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**. 35(6):1039-1042. doi:10.1590/S1413-70542011000600001.
- FINOTO, E. L., SEDIYAMA, T.; ALBUQUERQUE, J. A. A.; SOARES, M. B. B.; GALLI, J. A.; JUNIOR, P. S. C. 2017. Anticipation and harvest delay in oil and protein contents of soybean seeds, grow crops Valiosa RR. **Scientia Agropecuaria**. 8(2):99-107. doi:10.17268/sci.agropecu.2017.02.02.
- GRIFFIN, J. L., BOURDREAUX, J. M.; MILLER, D. K. 2010. Herbicides as harvest aids. **Weed Science**. 58(3):355-358. doi:10.1614/WS-09-108.1.
- GUIMARÃES, V. F.; HOLLMANN, M. J.; FIOREZE, S. L.; ECHER, M. M.; RODRIGUES-COSTA, A. C. P.; ANDREOTTI, M. 2012. Productivity and quality of soybean seeds in function of desiccation stages and herbicides. **Planta Daninha**. 30(3):567-573. doi:10.1590/S0100-83582012000300012.
- HIRANO, M.; HIKISHIMA, M.; DA SILVA, A. J.; XAVIER, S. A.; CANTERI, M. G. Validation of diagrammatic scale for estimating defoliation caused by the Asian rust in soybeans. **Summa Phytopathologica**. 36(3):248-250. doi:10.1590/S0100-54052010000300012
- MALASPINA, I. C.; LAZARINI, E.; OLIVEIRA, W. A. S.; MARCANDALLI, L. H.; FILLANUEVA, F. C. A. 2012. Seasons of desiccant application in the soybean crop: water content and productivity. **Revista Ciência Agronômica**. 43(4):749-756. doi:10.1590/S1806-66902012000400017.
- MARCHI, C. S.; ALBRECHT, A. J. P.; ALBRECHT, L. P.; NOVAKOSKI, F. P.; SILVA, A. F. M.; MUNDT, T. T. 2021. Quality of soybean seeds under application of herbicides or growth regulators. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. 16(1):e8322. doi:10.5039/agraria.v16i1a8322.
- MAPA. 2009. Regras para análise de sementes. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA)** – ACS, Brasília, Brazil.

PEREIRA, I. S.; SOARES, L. H.; CABRAL, E. M. A.; FONTANA, D. C.; UMBURANAS, R. C.; SANTOS, L. L. S. 2020. Harvest-aid herbicides influence soybean seed yield, quality and oxidative metabolism. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. 15(2):e7022. doi:10.5039/agraria.v15i2a7022.

PEREIRA, T.; COELHO, C. M. M.; SOBIECKI, M.; SOUZA, C. A. 2015b. Physiological quality of soybean seeds depending on the preharvest desiccation. **Planta Daninha**. 33(3):441-450. doi:10.1590/S0100-83582015000300007.

PEREIRA, T.; COELHO, C. M. M.; SOUZA, C. A.; MANTOVANI, A.; MATHIAS, V. 2015a. Chemical desiccation for early harvest in soybean cultivars. **Semina: Ciências Agrárias**. 36(4):2383-2394. doi:10.5433/1679-0359.2015v36n4p2383.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. 1974. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**. 30(3):507-512. doi:10.2307/2529204.

TOLEDO, M.Z.; ISHIZUKA, M. S.; CAVARIANI, C.; FRANÇA-NETO, J. B.; PICOLI, L. B. 2014. Pre-harvest desiccation with glyphosate and quality of stored soybean seeds. **Semina: Ciências Agrárias**. 35(2):765-773. doi:10.5433/1679-0359.2014v35n2p765.

ZAGONEL, J. 2005. Herbicide application timing in preharvest desiccation of soybean cultivars with different growth habits. **Journal of Environmental Science and Health, Part B** 40(1):13-20. doi:10.1081/PFC-200034198.

ZANATTA, E.; SZARESKI, V. J.; CARVALHO, I. R.; PIMENTEL, J. R.; TROYJACK, C.; DELLAGOSTIN, S. M. 2018. Pre-harvest desiccation: Productivity and physical and physiological inferences on soybean seeds during storage. **Journal of Agricultural Science**. 10(6):354-362. doi:10.5539/jas.v10n6p354.

ZUFFO, A.; SANTOS, M. D. A. D.; OLIVEIRA, I. C.; ALVES, C. Z. AGUILERA, J. G.; TEODORO, P. E. 2020. Does chemical desiccation and harvest time affect the physiological and sanitary quality of soybean seeds? **Revista Caatinga** 32(4):934-942. doi:10.1590/1983-21252019v32n409rc.