

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

**Dessecação em pré-colheita: tecnologia de aplicação e qualidade fisiológica de
sementes de soja e feijão**

Vicente Bezerra Pontes Junior
Doctor Scientiae

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2026**

VICENTE BEZERRA PONTES JUNIOR

Dessecação em pré-colheita: tecnologia de aplicação e qualidade fisiológica de sementes de soja e feijão

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Orientador: Francisco C. L. de Freitas

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

P814d Pontes Junior, Vicente Bezerra, 1994-
2026 Dessecação em pré-colheita: tecnologia de aplicação e
qualidade fisiológica de sementes de soja e feijão / Vicente
Bezerra Pontes Junior. – Viçosa, MG, 2026.
1 tese eletrônica (68 f.): il. (algumas color.).

Orientador: Francisco Cláudio Lopes de Freitas.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Agronomia, 2026.
Inclui bibliografia.
DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2026.464>
Modo de acesso: World Wide Web.

1. Plantas - Desidratação - Efeito dos herbicidas. 2. Soja -
Colheita. 3. Feijão - Colheita. I. Freitas, Francisco Cláudio Lopes
de, 1968-. II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de
Agronomia. Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia.
III. Título.

CDD 22. ed. 631.56

VICENTE BEZERRA PONTES JUNIOR

Dessecação em pré-colheita: tecnologia de aplicação e qualidade fisiológica de sementes de soja e feijão

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 20 de maio de 2026.

Assentimento:

Vicente Bezerra Pontes Junior
Autor

Francisco Claudio Lopes de Freitas
Orientador

Essa tese foi assinada digitalmente pelo autor em 11/08/2026 às 22:13:36 e pelo orientador em 12/08/2026 às 08:48:55. As assinaturas têm validade legal, conforme o disposto na Medida Provisória 2.200-2/2001 e na Resolução nº 37/2012 do CONARQ. Para conferir a autenticidade, acesse <https://siadoc.ufv.br/validar-documento>. No campo 'Código de registro', informe o código **65LU.XHCT.PAAB** e clique no botão 'Validar documento'.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me permitir realizar mais este sonho.

Aos meu pais, Vicente e Roseane, e minha avó Maria José, por serem meus alicerces, força, motivação e sinônimos de amor em forma de pessoas. Essa conquista é nossa.

À minha esposa Cleidiane Rodrigues, por ser meu porto seguro, minha base de conforto e amor. Obrigado por nunca soltar minha mão.

Às minhas irmãs, Regiane e Milenny, minhas sobrinhas Bianca, Katharina, Maria Cecília e Maria Luísa, por serem minhas motivações.

À minha segunda família: Dona Cleide, Frank, Bia, Rafa, Nilciclea, Francisco, Nilcéia, Junior e Cleiciane, pelo apoio incondicional ao longo desses anos.

À Universidade Federal de Viçosa, por seis incríveis anos de aprendizado que levarei por toda minha vida.

Ao meu professor e orientador Francisco Cláudio Lopes de Freitas, por todos os ensinamentos passados, principalmente nos experimentos de campo. Que eu possa ser uma extensão viva de seu trabalho.

Aos meus amigos Alessandro e Maura, pelas tantas conversas que tivemos sobre, literalmente, tudo, por todo o apoio e companhia. Meus irmãos de música, jogos e futebol, carregarei nossa amizade por onde eu for.

Aos amigos do grupo MIPD – UFV, por todo o companheirismo, ajuda e convivência. Não tenho como citar todos, mas faço uma menção especial aos demais filhos de Francisco (Valter, Maria, Elisa, Ana Paula, Marcos ABC e Vinícius) pelas tantas idas às 7 horas da manhã para a UEPE-Aeroporto. São boas memórias que levarei comigo. Além deles, agradeço também Laryssa, Marllon, Dilma, Grazi e Julinho, pela amizade e bons momentos.

Aos amigos do laboratório de sementes da UFV (em especial Maricélio, Júlia, Limão e Samuel) por todo o auxílio nos meus ensaios e pelo companheirismo em todos os momentos.

Aos meus irmãos de outra mãe Petson, Zé e Alef, por todo o incentivo e apoio nesses mais de 15 anos de amizade. Sintam-se parte dessa conquista, assim como me sinto parte das suas conquistas.

A todos os professores que contribuíram com seu conhecimento para minha formação pessoal e acadêmica, em especial Antonio Alberto da Silva e Rafael Gomes Viana, pelas suas excelências no que fazem e por formarem tantos profissionais qualificados em ciência das plantas daninhas.

Aos membros da banca desta defesa pelas contribuições e considerações. Em especial a Ricardo Alcântara-de la Cruz pelos conselhos e por ajudar com a escrita da tese.

Por fim, a todos que não foram citados e me ajudaram diretamente e indiretamente para realização deste sonho. Muito Obrigado.

Este trabalho foi realizado com o apoio das seguintes agências de pesquisa brasileiras: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

RESUMO

JUNIOR, Vicente Bezerra Pontes, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, maio de 2026. **Dessecação em pré-colheita: tecnologia de aplicação e qualidade fisiológica de sementes de soja e feijão.** Orientador: Francisco Claudio Lopes de Freitas.

Este conjunto de estudos investigou os impactos agronômicos e fisiológicos da dessecação em pré-colheita em culturas de soja e feijão, com foco na tecnologia de aplicação e na qualidade fisiológica das sementes produzidas. No primeiro experimento, avaliou-se a eficiência dos herbicidas diquat e amonio-glufosinate na dessecação da soja sob volumes de calda de 25 a 200 L ha⁻¹. Observou-se que o aumento do volume de calda elevou a densidade de gotas e a cobertura do alvo, porém a redução do volume para até 25 L ha⁻¹ manteve a eficácia na dessecação, desde que associada a uma tecnologia de aplicação adequada. O diquat apresentou ação mais rápida, promovendo desfolha total aos 6 dias e antecipando a colheita em 13 dias, enquanto que o amonio-glufosinate antecipou-a em 10 dias. O segundo experimento aplicou a mesma metodologia à cultura do feijão comum (cultivares VR 27 e BRSMG Marte), confirmando que baixos volumes de calda são tecnicamente viáveis para a dessecação sem comprometer a produtividade. Assim como na soja, o diquat promoveu secagem e desfolha mais rápidas do que o amonio-glufosinate. Concluiu-se que o uso de baixos volumes de calda foi eficiente na dessecação de soja e feijão sem comprometer a eficiência da operação e a produtividade das culturas. No terceiro experimento, avaliou-se o efeito dos herbicidas diquat, amonio-glufosinate, saflufenacil e flumioxazin, aplicados na dessecação em pré-colheita, sobre a qualidade fisiológica das sementes de soja e feijão comum. Nas sementes de soja, o teste de envelhecimento acelerado revelou-se o mais sensível para detectar danos, mostrando que o saflufenacil e o flumioxazin reduziram significativamente o vigor das sementes em comparação ao controle. Nas sementes de feijão comum, apenas o saflufenacil causou redução significativa no vigor pelo teste de envelhecimento acelerado. Conjuntamente, os trabalhos evidenciam que a eficiência da dessecação depende da escolha correta do herbicida e do manejo da tecnologia de aplicação, ressaltando que, embora a prática facilite a colheita, herbicidas como saflufenacil e flumioxazin podem comprometer o potencial fisiológico das sementes produzidas.

Palavras-chave: Antecipação de Colheita; Herbicidas; Vigor; Volume de Calda.

ABSTRACT

JUNIOR, Vicente Bezerra Pontes, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, May, 2026. **Pre-harvest desiccation: application technology and seed physiological quality of soybean and bean seeds.** Adviser: Francisco Claudio Lopes de Freitas.

This set of studies investigated the agronomic and physiological impacts of pre-harvest desiccation in soybean and common bean crops, focusing on application technology and the physiological quality of the produced seeds. In the first experiment, the efficiency of the herbicides diquat and glufosinate-ammonium was evaluated for soybean desiccation under spray volumes ranging from 25 to 200 L ha⁻¹. It was observed that increasing the spray volume raised droplet density and target coverage; however, reducing the volume down to 25 L ha⁻¹ maintained desiccation efficacy, provided it was combined with an appropriate application technology. Diquat exhibited faster action, promoting total defoliation at 6 days and advancing harvest by 13 days, while glufosinate-ammonium advanced it by 10 days. The second experiment applied the same methodology to the common bean crop (cultivars VR 27 and BRSMG Marte), confirming that low spray volumes are technically feasible for desiccation without compromising yield. As observed in soybeans, diquat promoted faster drying and defoliation than glufosinate-ammonium. It was concluded that the use of low spray volumes was efficient for desiccation in soybeans and common beans without compromising operational efficiency or crop yield. In the third experiment, the effects of the herbicides diquat, glufosinate-ammonium, saflufenacil, and flumioxazin, applied as pre-harvest desiccants, were evaluated on the physiological quality of soybean and common bean seeds. For soybean seeds, the accelerated aging test proved to be the most sensitive in detecting damage, showing that saflufenacil and flumioxazin significantly reduced seed vigor compared to the control. For common bean seeds, only saflufenacil caused a significant reduction in vigor according to the accelerated aging test. Combined, these studies demonstrate that desiccation efficiency depends on the correct choice of herbicide and the management of application technology, highlighting that while the practice facilitates harvest, herbicides such as saflufenacil and flumioxazin can compromise the physiological potential of the produced seeds.

Keywords: Harvest Advancement; Herbicides; Vigor; Spray Volume.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	9
REFERÊNCIAS	11
REVISÃO DE LITERATURA	13
REFERÊNCIAS	18
Capítulo I: Volumes de calda para dessecação em pré-colheita de soja com diquat e amonio-glufosinate	22
1. INTRODUÇÃO	23
2. MATERIAL E MÉTODOS	24
2.1. Local de estudo	24
2.2. Tratamentos e desenho experimental	25
2.3. Aplicação dos herbicidas	25
2.4. Variáveis avaliadas	26
2.4.1. Qualidade da aplicação	26
2.4.2. Qualidade da dessecação	26
2.5. Análise estatística	27
3. RESULTADOS	27
3.1. Qualidade da aplicação	27
3.2. Índice de desfolha	28
3.3. Grau de umidade dos grãos	29
3.4. Antecipação da colheita e produtividade	30
4. DISCUSSÃO	32
5. CONCLUSÃO	33
REFERÊNCIAS	34
Capítulo II: Volumes de calda para dessecação em pré-colheita de duas cultivares de feijão comum com diquat e amonio-glufosinate	37
RESUMO	37
1. INTRODUÇÃO	38
2. MATERIAL E MÉTODOS	39
2.1. Local do estudo e delineamento experimental	39
2.2. Qualidade da aplicação	41
2.3. Avaliações de desfolha e colheita	42
2.4. Análise estatística	42
3. RESULTADOS	42
3.1. Qualidade da aplicação	42
3.2. Desfolha	44

3.3.	Grau de umidade dos grãos.....	45
3.4.	Antecipação da colheita e produtividade.....	45
4.	DISCUSSÃO	47
5.	CONCLUSÃO	49
	REFERÊNCIAS	50
	Capítulo III: Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja e feijão submetidas à dessecação por herbicidas em pré-colheita	54
	RESUMO	54
1.	INTRODUÇÃO.....	55
2.	MATERIAL E MÉTODOS.....	56
2.1.	Produção de sementes.....	56
2.1.1.	Local e condições do experimento no campo	56
2.1.2.	Aplicação dos tratamentos de dessecação	58
2.1.3.	Colheita e beneficiamento das sementes.....	58
2.2.	Avaliação da qualidade fisiológica das sementes	58
2.3.	Análise estatística.....	59
3.	RESULTADOS	60
3.1.	Soja.....	60
3.2.	Feijão.....	61
4.	DISCUSSÃO	62
5.	CONCLUSÃO	63
	REFERÊNCIAS	64
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	68

INTRODUÇÃO GERAL

A dessecação em pré-colheita representa uma prática amplamente utilizada para antecipar a colheita, uniformizar a maturação e otimizar o uso do solo em sistemas agrícolas intensivos (Chamma et al., 2023). A aplicação de herbicidas com ação dessecante possibilita o manejo eficiente de culturas como a soja e o feijão, favorecendo a colheita mecanizada, reduzindo perdas por umidade elevada dos grãos e contribuindo para a liberação da área de cultivo em menor intervalo de tempo (Vaz et al., 2025). No entanto, a eficácia dessa prática depende de uma série de fatores técnicos que envolvem desde a escolha e combinação de produtos até a forma como esses herbicidas são aplicados e seus impactos sobre a fisiologia das sementes (Coelho et al., 2024).

A proibição do uso do paraquat no Brasil promoveu mudanças significativas no manejo da dessecação em pré-colheita, impulsionando a adoção de herbicidas de contato, como o diquat e o amonio-glufosinate (Albrecht et al., 2022). Esses produtos apresentam mecanismos de ação distintos, porém caracterizam-se pela rápida interrupção da atividade metabólica dos tecidos vegetais, o que resulta em desfolha e secagem acelerada das plantas (Traxler et al., 2023). Paralelamente, avanços na tecnologia de aplicação e a crescente demanda por maior eficiência operacional têm estimulado a utilização de volumes de calda cada vez mais baixos, com o objetivo de diminuir o consumo de água, aumentar a autonomia dos pulverizadores e reduzir custos logísticos (Vaz et al., 2024). Entretanto, a redução do volume de calda pode alterar a densidade de gotas e a cobertura do alvo, aspectos críticos para a eficiência de herbicidas de contato, tornando necessária a validação técnica dessa prática (Zanin et al., 2022). Outro ponto relevante refere-se aos efeitos fisiológicos dos herbicidas sobre a qualidade fisiológica das sementes. Mesmo quando não afetam diretamente a germinação, os dessecantes podem comprometer o vigor e a longevidade das sementes, principalmente quando aplicados em estádios fenológicos inadequados ou em condições adversas (Silva et al., 2023).

O primeiro eixo temático deste estudo aborda a dessecação em pré-colheita da soja sob diferentes volumes de calda, com ênfase na qualidade da aplicação e na eficiência dos herbicidas diquat e amonio-glufosinate. A análise da deposição de gotas e da cobertura do alvo permite compreender como ajustes operacionais influenciam a distribuição do herbicida no dossel da cultura (Behlau et al., 2020). Além disso, são avaliados os efeitos desses tratamentos sobre a desfolha, a redução do grau de

umidade dos grãos, a antecipação da colheita e a produtividade, visando verificar se a adoção de volumes abaixo de 200 L ha⁻¹ (padrão de bula) compromete o desempenho da cultura ou a eficiência do processo de dessecação (MAPA, 2026).

O segundo eixo amplia essa abordagem para a cultura do feijão, onde também se avaliam os efeitos do diquat e do amonio-glufosinate aplicados em diferentes volumes de calda sobre a qualidade da aplicação, o índice de desfolha, a redução do grau de umidade dos grãos, a antecipação da colheita e a produtividade, considerando duas cultivares. Essa abordagem permite verificar a consistência da resposta dos herbicidas e da tecnologia de aplicação em outra cultura de importância estratégica.

O terceiro eixo temático concentra-se nos efeitos da dessecação em pré-colheita na qualidade fisiológica das sementes de soja e feijão. Embora a dessecação traga benefícios operacionais, sua interferência nos processos fisiológicos das plantas pode refletir na germinação, no vigor e na longevidade das sementes (Ribeiro et al., 2020). Nesse sentido, são avaliados herbicidas com diferentes mecanismos de ação, incluindo diquat, amonio-glufosinate, saflufenacil e flumioxazin, por meio de testes de germinação e vigor. Essa abordagem permite identificar possíveis danos fisiológicos latentes, fornecendo informações relevantes para sistemas de produção de sementes.

De forma integrada, os três capítulos fornecem uma visão abrangente dos impactos da dessecação em pré-colheita sobre a eficiência operacional, o desempenho agrônomo e a qualidade fisiológica de sementes em soja e feijão. Os resultados contribuem para o entendimento dos limites e das potencialidades do uso de baixos volumes de calda e de diferentes herbicidas dessecantes, oferecendo subsídios para o aprimoramento das recomendações técnicas e para a adoção de práticas mais eficientes e sustentáveis.

REFERÊNCIAS

- Albrecht, A. J. P., Albrecht, L. P., & Silva, A. F. M. (2022). Agronomic implications of paraquat ban in Brazil. *Advances in Weed Science*, 40(spe1). <https://doi.org/10.51694/advweedsci/2022;40:seventy-five009>
- Behlau, F., Lanza, F. E., Da Silva Scapin, M., Scandelai, L. H. M., & Silva, G. J., Junior. (2020). Spray volume and rate based on the tree row volume for a sustainable use of copper in the control of citrus canker. *Plant Disease*, 105(1), 183–192. <https://doi.org/10.1094/pdis-12-19-2673-re>
- Chamma, L., Da Silva, G. F., Perissato, S. M., Alievi, C., Chaves, P. P. N., Giandoni, V. C. R., Calonego, J. C., & Da Silva, E. a. A. (2023). Does Forced Plant Maturation by Applying Herbicide with Desiccant Action Influence Seed Longevity in Soybean? *Plants*, 12(15), 2769. <https://doi.org/10.3390/plants12152769>
- Coêlho, E. D. S., Ribeiro, J. E. S., Lopes, W. A. R., Oliveira, A. K. S., Oliveira, P. H. A., Santos, G. L. D., Barbosa, E. S., Silva, V. N. S. E., Lins, H. A., Benedito, C. P., Silveira, L. M., Araujo Filho, A. C., Silva, D. V., & Júnior, A. P. B. (2024). Time of application of desiccant herbicides affects photosynthetic pigments, physiological indicators, and the quality of cowpea seeds. *Journal of Xenobiotics*, 14(3), 1312–1331. <https://doi.org/10.3390/jox14030074>
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). (2026). Agrofit: Pesticide registration system. Retrieved from <https://agrofit.agricultura.gov.br>. (Accessed on May 5, 2026)
- Ribeiro, J. P. O., De Medeiros, A. D., Caliari, I. P., Trancoso, A. C. R., De Miranda, R. M., De Freitas, F. C. L., Da Silva, L. J., & Dias, D. C. F. D. S. (2020). FT-NIR and linear discriminant analysis to classify chickpea seeds produced with harvest aid chemicals. *Food Chemistry*, 342, 128324. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128324>
- Silva, G. F., Chamma, L., Luperini, B. C. O., Chaves, P. P. N., Calonego, J. C., Nakagawa, J., & Da Silva, E. a. A. (2023). Physiological quality of soybean seeds as a function of soil management systems and Pre-Harvest desiccation. *Agronomy*, 13(3), 847. <https://doi.org/10.3390/agronomy13030847>
- Traxler, C., Gaines, T. A., Küpper, A., Luemmen, P., & Dayan, F. E. (2023). The nexus between reactive oxygen species and the mechanism of action of herbicides. *Journal of Biological Chemistry*, 299(11), 105267. <https://doi.org/10.1016/j.jbc.2023.105267>

- Vaz, V., De P Ferreira, G. A., De Freitas, F. C. L., Paiva, M. C. G., Lemos, A. S., De Souza, W. M., Júnior, M. R. F., & Cecon, P. R. (2024). Spray volume and droplet spectrum in the control of *Bidens pilosa* and *Ipomoea triloba* with the Fomesafen herbicide. *Revista Brasileira De Engenharia Agrícola E Ambiental*, 28(8). <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v28n8e282568>
- Vaz, V., Pontes Junior, V. B., Paiva, M. C. G., Silva, E. M. G., Ferreira, G. A. P., Carvalho, M. A. B., Cunha, V. P., La Cruz, R. A., & Freitas, F. C. L. (2025). Pre-Harvest Desiccation of Bean with Diquat: Comparison Between Aerial and Ground Applications and Spray Volumes. *International Journal of Plant Production*. <https://doi.org/10.1007/s42106-025-00346-2>
- Zanin, A. R. A., Neves, D. C., Teodoro, L. P. R., Da Silva Júnior, C. A., Da Silva, S. P., Teodoro, P. E., & Baio, F. H. R. (2022). Reduction of pesticide application via real-time precision spraying. *Scientific Reports*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09607-w>

REVISÃO DE LITERATURA

Dessecação em pré-colheita

A dessecação em pré-colheita consolidou-se como uma prática estratégica nos sistemas de produção, especialmente sob a lógica da sucessão de culturas, como soja-milho e soja-algodão (Albrecht et al., 2022a; Alves et al., 2024). Historicamente, o uso do paraquat foi predominante no cenário da dessecação em pré-colheita no Brasil (Lamego et al., 2013). Esse herbicida, inibidor do Fotossistema I, tornou-se o padrão devido à sua velocidade de ação, baixo custo operacional e ausência de efeito residual no solo. Entretanto, por conta de reavaliação toxicológica e pressão ambiental, o uso do paraquat foi proibido no Brasil no ano de 2020 (Camargo et al., 2020). Por conta disso, houve uma diversificação do portfólio de herbicidas utilizados como dessecantes de culturas, com uso de moléculas e mecanismos de ação distintos (Raisse et al., 2020).

Diante desse cenário, o diquat surgiu como sucessor natural mais próximo ao paraquat, por compartilhar o mesmo mecanismo de ação e características físico-químicas (Albrecht et al., 2022b). Esse herbicida atua como falso acceptor de elétrons, atuando no interior do cloroplasto, competindo com a ferredoxina pelos elétrons provenientes da cadeia transportadora. A reação de redução do herbicida é seguida por uma reoxidação imediata, que transfere o elétron para o oxigênio molecular, gerando o radical superóxido. Este processo inicia uma cascata de espécies reativas de oxigênio (ERO's), incluindo o peróxido de hidrogênio e radicais hidroxila, que promovem a peroxidação lipídica das membranas do tilacoide e, posteriormente, da membrana plasmática (Twitty & Dayan, 2024).

Paralelamente, o amonio-glufosinate, inibidor da enzima glutamina-sintetase, também ganhou destaque por possuir amplo espectro de controle, ausência de efeito residual no solo e rápida ação (Albrecht et al., 2022). Atua inibindo a enzima glutamina sintetase (GS), responsável pela conversão de amônia e glutamato em glutamina. A inibição dessa via causa um acúmulo tóxico de amônia nos tecidos vegetais e uma redução nos níveis de aminoácidos essenciais. No entanto, estudos recentes demonstram que a morte celular rápida não é causada apenas pela toxicidade da amônia, mas pela interrupção da fotorrespiração e a consequente geração de ERO's devido ao bloqueio do ciclo de Calvin, o que leva ao acúmulo de energia nos fotossistemas (Takano et al., 2019; 2020).

Além desses, a inserção de inibidores da enzima protoporfirinogênio-oxidase (PROTOX), como o saflufenacil e o flumioxazin, representou uma terceira via importante. Embora apresentem uma velocidade de dessecação mais lenta, são alternativas muito eficientes, especialmente em condições de alta luminosidade (Raisse et al., 2020). Esses herbicidas bloqueiam a rota de síntese do heme (molécula orgânica responsável por transporte de elétrons e oxidação) e da clorofila ao inibir a enzima PROTOX. Isso resulta no acúmulo de protoporfirinogênio IX no citoplasma, que é oxidado de forma não enzimática a protoporfirina IX, um potente fotossensibilizador. Na presença de luz, a protoporfirina IX reage com o oxigênio para formar oxigênio singlete, desencadeando uma destruição massiva de membranas celulares (Park et al., 2018).

Por conta de cada mecanismo de ação, a velocidade de dessecação dos herbicidas é diferente na planta. Em trabalho realizado por Raisse et al. (2020), os herbicidas paraquat e diquat anteciparam a colheita de feijão-caupi em 9 dias, seguidos por amonio-glufosinate, flumioxazin e saflufenacil, com 6 dias de antecipação, e glyphosate e carfentrazone, com 3 dias de antecipação. Em outro trabalho com dessecação de feijão-caupi, o diquat antecipou a colheita em 11 dias, enquanto que o saflufenacil antecipou a colheita em 8 dias (Coêlho et al., 2024a). Por outro lado, Albrecht et al. (2022a), avaliando a dessecação de soja com diquat e amonio-glufosinate, não encontraram diferenças na desfolha e maturação dos grãos em aplicações no estágio R7.3, atribuindo tais efeitos às condições climáticas e genótipo utilizado no ensaio.

A eficácia de um herbicida na dessecação em pré-colheita está ligada à sua capacidade de induzir um estresse oxidativo agudo que supere os mecanismos de defesa naturais da planta (Coêlho et al., 2024a). A dessecação não é uma senescência acelerada artificialmente, mas sim uma necrose induzida. Enquanto na senescência ocorre uma realocação ordenada de nutrientes das folhas para os órgãos de reserva, na dessecação química os tecidos são destruídos abruptamente. Tal fato pode interromper processos fisiológicos essenciais caso a dessecação seja feita de forma inadequada (Coêlho et al., 2024b). Por conta disso, é de suma importância, dentre outros fatores, utilizar uma tecnologia de aplicação adequada para atender às características dos produtos.

Tecnologia de aplicação na dessecação em pré-colheita

Herbicidas de contato exigem uma maior cobertura foliar, e qualquer falha no dossel da cultura resulta em áreas não dessecadas (hastes e folhas verdes), o que prejudica a eficiência da colheita mecanizada e aumenta a umidade da massa de grãos colhida (Vaz et al., 2025). Para atender esse critério, as bulas de herbicidas recomendados para dessecação em pré-colheita prescrevem volumes de calda entre 200 e 400 L ha⁻¹. Contudo, a dinâmica logística atual busca a redução desses volumes para aumentar o rendimento operacional e diminuir a dependência de grandes estruturas de transporte de água (Zanin, et al., 2022). Pesquisas indicam que a redução do volume de calda para níveis abaixo de 50 L ha⁻¹ é tecnicamente viável para a dessecação em pré-colheita, desde que o espectro de gotas e a densidade de deposição sejam suficientes (Vaz et al., 2025).

A redução do volume de calda é viabilizada pelo controle de parâmetros operacionais, como calibração do pulverizador, tamanho de gotas, velocidade de aplicação e seleção adequada de pontas (Behlau et al., 2020; Ranta et al., 2021; Nan et al., 2023). Além do mais, caldas mais concentradas podem acelerar a absorção do herbicida pelo maior gradiente de concentração nos pontos de impacto, embora exijam cuidados quanto a possibilidade de incompatibilidades físico-químicas no tanque.

A velocidade de deslocamento do pulverizador exerce influência direta na qualidade da aplicação. O aumento da velocidade reduz o tempo de exposição do pulverizador sobre o alvo e favorece oscilações que comprometem a uniformidade da aplicação (Oliveira et al., 2026). Em aplicações de dessecação pré-colheita com baixo volume de calda, torna-se ainda mais importante manter altura uniforme de aplicação, estabilidade operacional e pressão compatível com a faixa de gotas desejada (Vaz et al., 2025).

Do ponto de vista operacional, a redução do volume de calda proporciona aumento significativo da capacidade operacional do pulverizador, reduzindo o número de paradas para reabastecimento e diminuindo custos relacionados ao transporte de água, consumo de combustível e mão de obra (Garcia et al., 2004). Essa otimização é particularmente importante em operações de pré-colheita, nas quais a janela de aplicação geralmente é curta e dependente das condições climáticas.

Na dessecação de feijão, utilizando aplicações aéreas e terrestres, Vaz et al. (2025), avaliando aplicação de diquat na dessecação em pré-colheita de feijão nos

volumes de calda de 5, 10, 15 e 20 L ha⁻¹ com drone e 200 L ha⁻¹ com aplicação terrestre, verificaram que o volume de 5 L ha⁻¹ foi suficiente para promover a desfolha e antecipar a colheita de grãos, de forma semelhante à aplicação terrestre. Além da dessecação em pré-colheita, a redução do volume de calda mostrou-se estratégia interessante em aplicações visando o controle de plantas daninhas com o herbicida glyphosate, em que volumes de calda de 30, 60 e 150 L ha⁻¹ proporcionaram eficácia semelhante (Bueno et al., 2013).

Apesar das vantagens, aplicações com volumes extremamente reduzidos demandam elevado nível de capacitação técnica e monitoramento das condições meteorológicas. A adoção dessa tecnologia sem ajuste adequado dos parâmetros operacionais pode resultar em falhas de cobertura e menor eficácia na operação (Bueno et al., 2014). Assim, o sucesso da redução do volume de calda depende da integração entre tecnologia de aplicação, condições ambientais favoráveis e correta regulação dos equipamentos.

Impacto da dessecação na qualidade fisiológica das sementes

A produção de sementes exige um rigor qualitativo muito superior à produção de grãos comerciais (Brasil, 2003; 2025). Na semente, a integridade do embrião e das reservas é o que define o sucesso da safra seguinte. O uso de dessecantes em pré-colheita visa proteger a semente de intempéries no campo após a maturidade, mas pode introduzir estresse químico e degradação celular se aplicado no momento errado (Ribeiro et al., 2020).

A determinação do estágio fenológico ideal para a dessecação é a decisão de maior impacto na qualidade fisiológica de sementes. Para a soja, o estágio de dessecação adequado é entre o intervalo de R7.1 a R7.3, correspondente à maturidade fisiológica. Aplicações antecipadas em estádios como R6 (vagens com granação completa, mas totalmente verdes) resultam em sementes com menor peso e vigor reduzido, ocasionando em perda de produtividade (Albrecht et al., 2022). No feijoeiro, a dessecação deve ocorrer no estágio R8, caracterizado pelo enchimento completo das vagens e perda da coloração verde (Lima et al., 2018).

A qualidade fisiológica das sementes representa um dos principais fatores determinantes para o estabelecimento inicial das culturas e para a obtenção de lavouras uniformes e produtivas (Cardarelli et al., 2022). Entre os parâmetros utilizados para essa avaliação, destaca-se a germinação, que expressa a capacidade

da semente em formar plântulas normais em condições ambientais adequadas (Brasil, 2025). Entretanto, sementes com germinação semelhante podem apresentar comportamentos distintos no campo, especialmente sob situações de estresse. Nesse contexto, os testes de vigor assumem grande importância, pois fornecem uma identificação consistente das diferenças no potencial fisiológico entre lotes de sementes de valor comercial, sendo este um parâmetro mais sensível do que o teste de germinação (Marcos-Filho, 2015). Esses testes auxiliam na identificação de níveis iniciais de deterioração que muitas vezes não são detectados apenas pelo teste de germinação.

As respostas de germinação e vigor à aplicação de dessecantes podem variar de acordo com o herbicida, a cultura e o estágio de aplicação. Ribeiro et al. (2020) verificaram que a dessecação de grão-de-bico com glyphosate causa redução de germinação (57%) e germinação após o teste de envelhecimento acelerado (36%) em comparação com aplicação de diquat e flumioxazin, apesar de também promover a dessecação da cultura. Além disso, a dessecação em pré-colheita pode afetar a concentração de componentes enzimáticos nas sementes. Em trabalho realizado por Coêlho et al. (2024a), a aplicação de diquat, amonio-glufosinate, flumioxazin e saflufenacil, dentre outros herbicidas na dessecação em pré-colheita, reduziu o teor total de aminoácidos solúveis nas sementes, além de aumentarem a produção de enzimas antioxidantes, como catalase e peroxidase. Os autores também verificaram redução na redução no teor de pigmentos fotossintéticos e aumento do teor de carotenoides, concluindo que o uso desses herbicidas afeta as características bioquímicas das sementes. Apesar disso, os herbicidas, exceto o flumioxazin, permitiram a antecipação de colheita entre 5 e 11 dias.

Em síntese, a dessecação em pré-colheita evoluiu de uma prática baseada em uma única molécula para um sistema complexo de manejo químico e eletrônico. O sucesso da operação depende do equilíbrio entre a velocidade de secagem necessária e a manutenção do vigor das sementes. A adoção de baixos volumes de calda é um caminho irreversível para o aumento da eficiência operacional, desde que suportados por tecnologia de aplicação que garanta a cobertura suficiente do alvo.

REFERÊNCIAS

- Albrecht, L. P., Yokoyama, A. S., Albrecht, A. J. P., Kosinski, R., Milleo, R., & Silva, A. F. M. (2022a). Glufosinate and diquat in pre-harvest desiccation of soybean at four phenological stages, and their impact on seed quality. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 82(3), 448–456. <https://doi.org/10.4067/s0718-58392022000300448>
- Albrecht, A. J. P., Albrecht, L. P., & Silva, A. F. M. (2022b). Agronomic implications of paraquat ban in Brazil. *Advances in Weed Science*, 40(spe1). <https://doi.org/10.51694/advweedsci/2022;40:seventy-five009>
- Alves, M. S. S., Nascimento, N. M., Pereira, L. a. F. M., Barbosa, T. A., Da Costa, C. H. M., Guimarães, T. M., Bezerra, A. C. T. P., & Machado, D. L. (2024). Long-Term effect of crop succession systems on soil chemical and physical attributes and soybean yield. *Plants*, 13(16), 2217. <https://doi.org/10.3390/plants13162217>
- Behlau, F., Lanza, F. E., Da Silva Scapin, M., Scandelai, L. H. M., & Silva, G. J., Junior. (2020). Spray volume and rate based on the tree row volume for a sustainable use of copper in the control of citrus canker. *Plant Disease*, 105(1), 183–192. <https://doi.org/10.1094/pdis-12-19-2673-re>
- Brasil (2003). *Lei nº 10.711, de 5 de agosto de 2003: Dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudas e dá outras providências*. Presidência da República. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/l10.711.htm. Acesso em: 10 de maio de 2026.
- Brasil, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). (2025). *Regras para análise de sementes*. Secretaria de Defesa Agropecuária. https://wikisda.agricultura.gov.br/Laborat%C3%B3rios/Metodologia/Sementes/RAS_2025
- Bueno, Alves, G., Paula, A., & Cunha, J. (2013). Volumes de calda e adjuvante no controle de plantas daninhas com glyphosate. *Planta Daninha*, 31(3), 705–713. <https://doi.org/10.1590/s0100-83582013000300022>
- Bueno, Cunha, J., Naves, M., & Tavares, R. (2014). Deposição de calda e controle de plantas daninhas empregando pulverizador de barra convencional e com barra auxiliar, em volumes de calda reduzidos. *Planta Daninha*, 32(2), 447–454. <https://doi.org/10.1590/s0100-83582014000200023>

- Camargo, E. R., Zapiola, M. L., De Avila, L. A., Garcia, M. A., Plaza, G., Gazziero, D., & Hoyos, V. (2020). Current situation regarding herbicide regulation and public perception in South America. *Weed Science*, 68(3), 232–239. <https://doi.org/10.1017/wsc.2020.14>
- Cardarelli, M., Woo, S. L., Rouphael, Y., & Colla, G. (2022). Seed treatments with microorganisms can have a biostimulant effect by influencing germination and seedling growth of crops. *Plants*, 11(3), 259. <https://doi.org/10.3390/plants11030259>
- Coêlho, E. D. S., Da Silva Ribeiro, J. E., De Almeida Oliveira, P. H., De Araújo Rangel Lopes, W., De Oliveira, A. K. S., De Freitas Souza, M., Lins, H. A., Benedito, C. P., Da Silveira, L. M., Júnior, A. P. B., & Silva, D. V. (2024a). Chemical Desiccation in the Preharvest of Cowpea: A Study of How the Time of Application Interferes in the Enzymatic and Physiological Aspects of Seedlings from Desiccated Plants. *ACS Omega*, 9(32), 34893–34904. <https://doi.org/10.1021/acsomega.4c04489>
- Coêlho, E. D. S., Da Silva Ribeiro, J. E., De Araújo Rangel Lopes, W., De Oliveira, A. K. S., De Almeida Oliveira, P. H., Santos, G. L. D., Da Silva Barbosa, E., Silva, V. N. S. E., Lins, H. A., Benedito, C. P., Da Silveira, L. M., De Araujo Filho, A. C., Silva, D. V., & Júnior, A. P. B. (2024b). Time of application of desiccant herbicides affects photosynthetic pigments, physiological indicators, and the quality of cowpea seeds. *Journal of Xenobiotics*, 14(3), 1312–1331. <https://doi.org/10.3390/jox14030074>
- Garcia, L. C., Raetano, C. G., Justino, A., & Puríssimo, C. (2004). Dessecação da aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb) com herbicida de contato, em presença ou não de assistência de ar junto à barra do pulverizador, em diferentes volumes de calda. *Engenharia Agrícola*, 24(3), 758–763. <https://doi.org/10.1590/s0100-69162004000300029>
- Lamego, F., Gallon, M., Basso, C., Kulczynski, S., Ruchel, Q., Kaspary, T., & Santi, A. (2013). Dessecação pré-colheita e efeitos sobre a produtividade e qualidade fisiológica de sementes de soja. *Planta Daninha*, 31(4), 929–938. <https://doi.org/10.1590/s0100-83582013000400019>
- Lima, H. M., Schuch, L. O. B., Meneghello, G. E., Aumonde, T. Z., & Pedo, T. (2018). Qualidade fisiológica de sementes de feijão em função da dessecação química

- das plantas. *Revista Científica Rural*, 20(2), 180–187. <https://doi.org/10.30945/rcr-v20i2.259>
- Marcos-Filho, J. (2015). Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. *Scientia Agricola*, 72(4), 363–374. <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0007>
- Nan, Y., Zhang, H., Zheng, J., Yang, K., & Ge, Y. (2023). Low-volume precision spray for plant pest control using profile variable rate spraying and ultrasonic detection. *Frontiers in Plant Science*, 13, 1042769. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1042769>
- Oliveira, D. J. B., Codognoto, V. M., Santos, Z. O., Bérnago, A. C., Sanches, L. V. C., & Rodrigues, J. G. L. (2026). Influência da pressão e da velocidade de deslocamento na qualidade da pulverização e deposição de gotas em aplicações agrícolas. *Scientific Electronic Archives*, 19(3). <https://doi.org/10.36560/19320262187>
- Park, J., Ahn, Y. O., Nam, J., Hong, M., Song, N., Kim, T., Yu, G., & Sung, S. (2018). Biochemical and physiological mode of action of tiafenacil, a new protoporphyrinogen IX oxidase-inhibiting herbicide. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 152, 38–44. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2018.08.010>
- Raisse, E. R., De Oliveira Assis, M., Araujo, E. F., De Freitas, F. C. L., & Araujo, R. F. (2020). Chemical desiccants for anticipation of harvest and physiological quality of cowpea seeds. *Revista Caatinga*, 33(4), 878–887. <https://doi.org/10.1590/1983-21252020v33n402rc>
- Ranta, O., Marian, O., Muntean, M. V., Molnar, A., Ghețe, A. B., Crișan, V., Stănilă, S., & Rittner, T. (2021). Quality analysis of some spray parameters when performing treatments in vineyards in order to reduce environment pollution. *Sustainability*, 13(14), 7780. <https://doi.org/10.3390/su13147780>
- Ribeiro, J. P. O., De Medeiros, A. D., Caliar, I. P., Trancoso, A. C. R., De Miranda, R. M., De Freitas, F. C. L., Da Silva, L. J., & Dias, D. C. F. D. S. (2020). FT-NIR and linear discriminant analysis to classify chickpea seeds produced with harvest aid chemicals. *Food Chemistry*, 342, 128324. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128324>
- Takano, H. K., Beffa, R., Preston, C., Westra, P., & Dayan, F. E. (2019). Reactive oxygen species trigger the fast action of glufosinate. *Planta*, 249(6), 1837–1849. <https://doi.org/10.1007/s00425-019-03124-3>

- Takano, H. K., Beffa, R., Preston, C., Westra, P., & Dayan, F. E. (2020). A novel insight into the mode of action of glufosinate: how reactive oxygen species are formed. *Photosynthesis Research*, 144(3), 361–372. <https://doi.org/10.1007/s11120-020-00749-4>
- Twitty, A., & Dayan, F. E. (2024). Is there a place for new herbicides targeting photosynthetic electron transport? *Weed Science*, 72(4), 305–312. <https://doi.org/10.1017/wsc.2024.20>
- Vaz, V., Pontes, V. B. P., Junior, Paiva, M. C. G., Da Silva, E. M. G., De Paiva Ferreira, G. A., De Carvalho, M. a. B., Cunha, V. P., La Cruz, R. A., & De Freitas, F. C. L. (2025). Pre-Harvest Desiccation of Bean with Diquat: Comparison Between Aerial and Ground Applications and Spray Volumes. *International Journal of Plant Production*, 19(3), 341–350. <https://doi.org/10.1007/s42106-025-00346-2>
- Zanin, A. R. A., Neves, D. C., Teodoro, L. P. R., Da Silva Júnior, C. A., Da Silva, S. P., Teodoro, P. E., & Baio, F. H. R. (2022). Reduction of pesticide application via real-time precision spraying. *Scientific Reports*, 12(1), 5638. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09607-w>

Capítulo I: Volumes de calda para dessecação em pré-colheita de soja com diquat e amonio-glufosinate

RESUMO

A dessecação em pré-colheita da soja é uma prática fundamental para uniformizar a maturação, antecipar a colheita e otimizar a eficiência da colheita mecanizada. Este estudo avaliou a eficácia do diquat e do amonio-glufosinate aplicados em diferentes volumes de calda (25, 50, 100 e 200 L ha⁻¹) na dessecação em pré-colheita da soja. Dois experimentos foram conduzidos em delineamento de blocos casualizados, com avaliação da qualidade da aplicação, índice de desfolha, grau de umidade dos grãos, antecipação da colheita e produtividade. O aumento do volume de calda elevou a densidade de gotas e a cobertura do alvo para ambos os herbicidas. O diquat proporcionou ação mais rápida, promovendo desfolha total aos 6 dias após a aplicação, enquanto o amonio-glufosinate proporcionou o mesmo nível de desfolha aos 9 dias, em ambos os experimentos. Independentemente do volume de calda, o diquat reduziu a umidade dos grãos para cerca de 18% aos 6 dias após a aplicação e antecipou a colheita em 13 dias. As sementes de soja atingiram a umidade adequada após a aplicação de amonio-glufosinate aos 9 dias e a antecipação da colheita ocorreu em 10 dias, em relação à testemunha. A produtividade média da soja, aproximadamente 3.000 kg ha⁻¹, não foi influenciada pelos herbicidas nem pelos volumes de calda utilizados. Conclui-se que a redução do volume de calda até 25 L ha⁻¹, quando associada a adequada tecnologia de aplicação, é tecnicamente viável para a dessecação em pré-colheita da soja.

Palavras-chave: Antecipação de colheita; Desfolha; Espectro de gotas; Tecnologia de aplicação.

1. INTRODUÇÃO

A dessecação em pré-colheita representa uma prática estratégica na cultura da soja (*Glycine max* L.), essencial para assegurar a eficiência da colheita mecanizada e a preservação da qualidade dos grãos (Silva et al., 2023). Essa técnica promove a dessecação uniforme das plantas e de plantas daninhas remanescentes, permitindo a programação antecipada da colheita e a liberação imediata da área para o plantio da safra subsequente (Raisse et al., 2020). Além de mitigar perdas causadas pelo atraso na colheita e pela exposição prolongada a intempéries climáticas, a operação promove a desfolha da planta e reduz a umidade da massa de grãos, otimizando o rendimento operacional das colhedoras (Coêlho et al., 2024).

Com a restrição ao uso do paraquat no território brasileiro a partir de 2020, o manejo de dessecação passou a depender prioritariamente de herbicidas de contato, como o diquat e o amonio-glufosinate (Albrecht et al., 2022). O diquat atua como um aceptor de elétrons no fotossistema I, provocando a formação de oxigênio reativo, a ruptura de membranas e rápida dessecação foliar (Twitty & Dayan, 2024). Já o amonio-glufosinate inibe a enzima glutamina sintetase, o que causa o acúmulo de ERO's nos tecidos vegetais (Takano & Dayan, 2020). Embora as recomendações tradicionais de bula prescrevam volumes de calda próximos a 200 L ha⁻¹ para garantir a cobertura adequada desses produtos de contato (MAPA, 2026), o setor produtivo demanda maior agilidade e economia de recursos.

A busca por maior autonomia dos pulverizadores e a redução dos custos logísticos impulsionam a adoção de baixos volumes de calda na agricultura moderna (Zanin et al., 2022). Avanços na tecnologia de aplicação, como a utilização de veículos aéreos não tripulados, possibilitam a redução do consumo de água sem necessariamente comprometer a eficácia do tratamento (Hanif et al., 2022; Papadopoulos et al., 2024). Contudo, a diminuição do volume aplicado exige ajustes criteriosos nos parâmetros operacionais para manter a densidade de gotas e evitar a deriva, garantindo que o herbicida atinja o alvo de forma homogênea, especialmente em dosséis densos (Carneiro et al., 2024).

Nesse cenário, torna-se fundamental validar tecnicamente se a redução do volume de calda interfere na velocidade de dessecação e nos componentes de rendimento da cultura. O presente estudo teve como objetivo avaliar a eficácia do diquat e do amonio-glufosinate aplicados em diferentes volumes de calda (25, 50, 100 e 200 L ha⁻¹) na dessecação em pré-colheita da soja.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local de estudo

O experimento foi conduzido em duas safras de soja na Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão em Produção de Grandes Culturas e Bioenergia (UEPE-GCBE Aeroporto), na Universidade Federal de Viçosa em Viçosa-MG. A cultivar utilizada foi a BRS 1010 IPRO, semeada em 7 e 8 de janeiro de 2024, coordenadas 20°44'51"S 42°50'29"W para o cultivo 1 e 20°44'51"S 42°50'31"W para o cultivo 2, respectivamente. Durante todo o período experimental, os dados diários de precipitação, temperatura e umidades médias, foram obtidos pela estação meteorológica automática do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, situada no campus Viçosa da UFV (Figura 1).

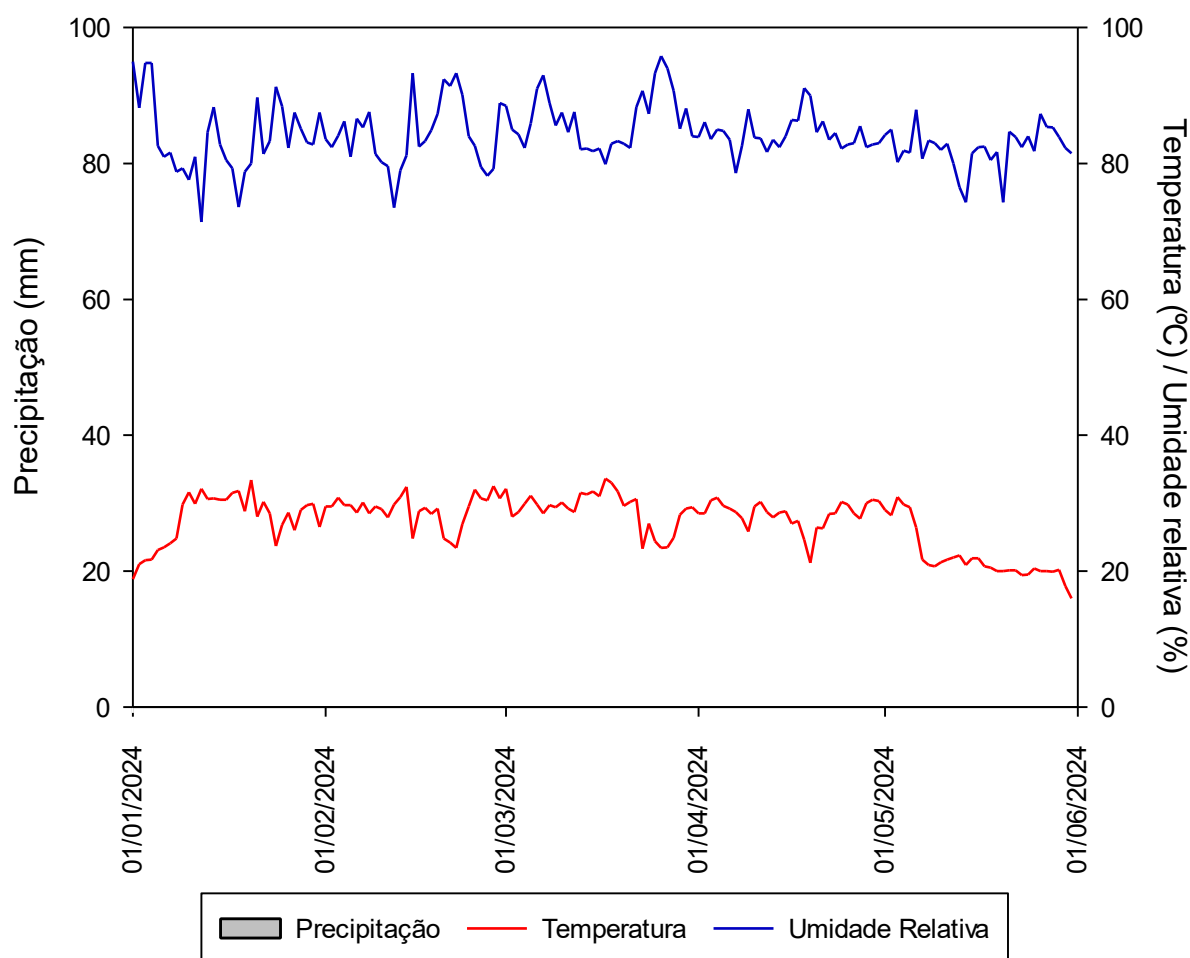


Figura 1. Dados meteorológicos de temperatura média, precipitação diária e umidade relativa do ar obtidos a partir da estação meteorológica da UFV (Universidade Federal

de Viçosa) durante o período de cultivo da soja, no município de Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

2.2. Tratamentos e desenho experimental

O experimento foi realizado em arranjo fatorial $4 \times 2 + 1$, composto por quatro volumes de calda (25, 50, 100 e 200 L ha^{-1}), dois herbicidas (diquat e amonio-glufosinate) e um tratamento controle sem aplicação. O delineamento adotado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. Cada parcela experimental foi formada por seis linhas com 8,0 m de comprimento, espaçadas entre si por 0,5 metro, sendo considerada como área útil uma faixa de 4,0 m das duas linhas centrais.

2.3. Aplicação dos herbicidas

Os herbicidas foram aplicados com o auxílio de um pulverizador pressurizado por CO_2 comprimido, equipado com uma barra contendo cinco pontas de pulverização do tipo TT 11001, espaçadas em 0,5 m e posicionadas a 0,5 m acima do topo das plantas. O equipamento operava a uma pressão constante de 200 KPa, gerando gotas com diâmetro médio de 250 μm . Esse sistema de pulverização foi acoplado a um trator com pulverizador de barra, sendo a barra de aplicação posicionada lateralmente ao trator (Figura 2). Para viabilizar a aplicação, foi deixado um corredor de 3,0 m de largura ao lado das parcelas, permitindo o tráfego do trator.

As aplicações dos tratamentos foram realizadas quando as plantas de soja atingiram o estágio fenológico R7.3, correspondente à maturidade fisiológica (acima de 75% de folhas e vagens amarelas). Para melhor aderência dos herbicidas nas folhas, foi adicionado óleo mineral às caldas do amonio-glufosinate, saflufenacil e flumioxazin, enquanto que um espalhante adesivo não-iônico foi adicionado às caldas com diquat (Ambos na proporção de 0,5% v/v). Os volumes de calda utilizados na aplicação foram determinados pela variação da velocidade de deslocamento do trator, mantendo-se constantes a pressão de trabalho, o espaçamento entre os bicos e o tamanho de gotas gerado pelos pulverizadores.

As velocidades utilizadas foram de 2, 4, 8 e 16 km h^{-1} , correspondendo, respectivamente, aos volumes de calda de 200, 100, 50 e 25 L ha^{-1} . Dessa forma, a alteração no volume aplicado foi controlada exclusivamente pela velocidade de aplicação, garantindo uniformidade nas demais variáveis operacionais.



Figura 2. Ilustração do sistema de pulverização utilizado no experimento.

2.4. Variáveis avaliadas

2.4.1. Qualidade da aplicação

Quatro papéis hidrossensíveis (Water Sensitive Paper – WSPAPER®) foram posicionados por tratamento no momento da aplicação, fixados em estacas de madeira à altura do topo das plantas. Após a aplicação dos tratamentos, os papéis hidrossensíveis foram retirados e armazenados em sacos de papel para análise posterior, com o auxílio do programa Gotas (EMBRAPA, 2024). A partir das análises, foram determinadas a densidade de gotas e a cobertura do alvo.

A densidade de gotas foi determinada utilizando a equação $D_g = N_g / A$, em que D_g representa a densidade de gotas (gotas cm^{-2}), N_g é o número total de gotas depositadas e A é a área total (em cm^2) da superfície onde essas gotas foram coletadas. Já a cobertura do alvo foi calculada com base na equação $C_g = (A_g / A_t) \times 100$, sendo C_g a porcentagem de cobertura do alvo, A_g a área efetivamente coberta pelas gotas e A_t a área total da superfície de coleta.

2.4.2. Qualidade da dessecação

A qualidade da dessecação foi avaliada pelo índice de desfolha, grau de umidade dos grãos, antecipação de colheita e produtividade da soja. Para o índice de

desfolha, foram atribuídas notas de 0 (plantas sem desfolha) a 100 (plantas completamente desfolhadas) aos 3, 6 e 9 dias após a aplicação (DAA).

Para o grau de umidade dos grãos, uma amostra por repetição foi coletada diariamente após a aplicação. Após isso, cada amostra foi avaliada em um medidor de umidade de grãos de bancada, modelo G939 (GEHAKA®). O grau de 18% de umidade dos grãos foi utilizado como referência para as parcelas serem consideradas aptas para a colheita (Filho et al., 2021). Com o grau de umidade dos grãos foi possível determinar a data de colheita dos tratamentos e a antecipação da colheita.

A antecipação da colheita foi calculada pela diferença em dias entre a colheita dos tratamentos e o controle. Para a produtividade, foram colhidas 2 linhas de 4,0 m de cada unidade experimental, sendo posteriormente beneficiadas e pesadas em balança de precisão, com as produtividades estimadas em kg ha⁻¹, com a umidade corrigida para 13%.

2.5. Análise estatística

Os dados de qualidade da aplicação foram analisados por meio de regressão. A seleção do modelo foi baseada na significância dos parâmetros, no coeficiente de determinação (R^2) e na plausibilidade biológica do fenômeno. Os dados do índice de desfolha, grau de umidade dos grãos, data de colheita e antecipação da colheita foram submetidos à estatística descritiva. Os dados de produtividade foram analisados utilizando o teste F ($p < 0,05$) e, quando significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). A análise de regressão, o teste F e o teste de Tukey foram realizados nos pacotes DRC (Dose Response Curve) e ExpDes.pt no software R®, versão 4.4.1 (R CORE TEAM, 2024). Os gráficos foram gerados no software SigmaPlot, versão 15.0.

3. RESULTADOS

3.1. Qualidade da aplicação

Os resultados de cobertura e densidade de gotas apresentaram o mesmo comportamento em ambos os cultivos e optou-se por agrupá-los por herbicida. O diquat promoveu uma densidade de gotas que variou de 29,14 (25 L ha⁻¹) a 239,86 gotas cm⁻² (200 L ha⁻¹), enquanto que a cobertura do alvo variou de 3,21 (25 L ha⁻¹) a 20,94% (200 L ha⁻¹) (Figura 3A). Para cada litro adicional no volume de calda, o diquat promoveu um acréscimo de 0,09% na cobertura do alvo e 1,11 gotas cm⁻² na

densidade de gotas. O amonio-glufosinate promoveu uma densidade de gotas que variou de 42,60 (25 L ha⁻¹) a 364,07 gotas cm⁻² (200 L ha⁻¹), enquanto que a cobertura do alvo variou de 3,82 (25 L ha⁻¹) a 26,28 % (200 L ha⁻¹) (Figura 3 B). Para cada litro adicional no volume de calda, o amonio-glufosinate promove um acréscimo de 0,13% na cobertura do alvo e 1,85 gotas cm⁻² na densidade de gotas. O padrão de cobertura captado pelos papéis hidrossensíveis foi semelhante em ambos os herbicidas e em ambos os cultivos (Figura 3C e 3D).

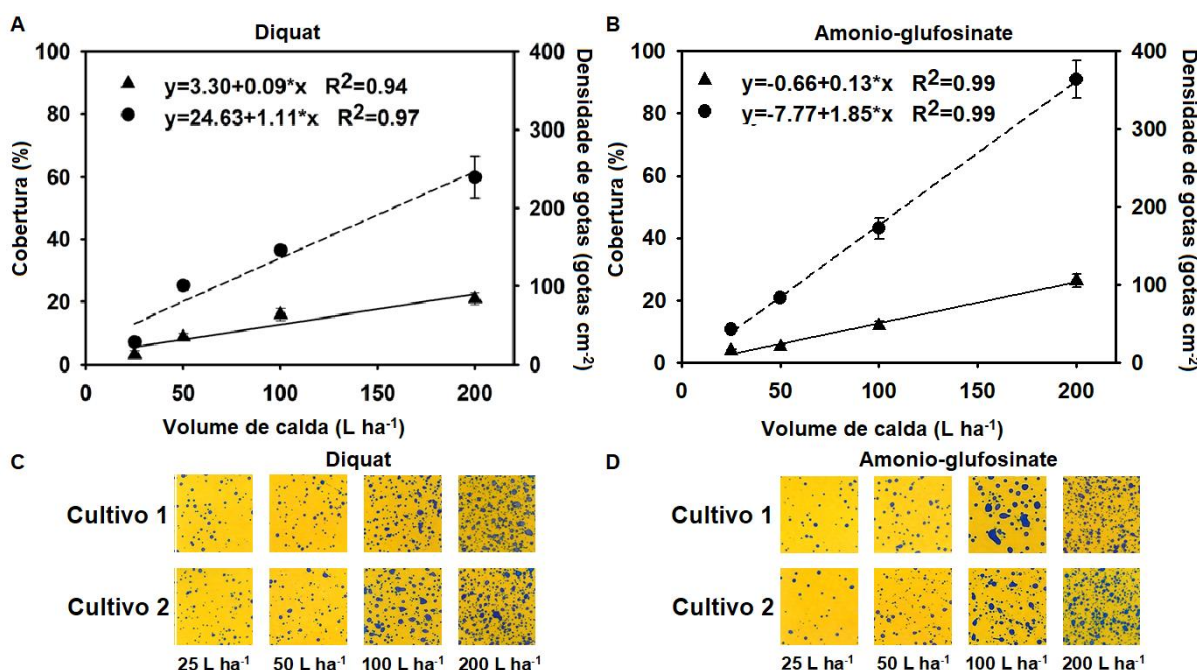


Figura 3. Densidade de gotas (gotas cm⁻²) e cobertura do alvo (%) obtidas em papel hidrossensível após aplicação de diquat (A) e amonio-glufosinate (B) em função do volume de calda na dessecação em pré-colheita da soja (média dos cultivos 1 e 2). Ilustração dos papéis hidrossensíveis obtidos nas aplicações dos respectivos herbicidas (C e D) nos volumes de calda de 25, 50, 100 e 200 L ha⁻¹. ▲ = cobertura do alvo; ● = densidade de gotas.

3.2. Índice de desfolha

Aos 3 dias após a aplicação (DAA), a aplicação de diquat promoveu percentuais próximos a 80% e 90% de desfolha com volumes de 25 e 50 L ha⁻¹, respectivamente, enquanto os volumes de 100 e 200 L ha⁻¹ promoveram 100% de desfolha em ambos os cultivos. Aos 6 DAA, todos os volumes testados de diquat já haviam promovido 100% de desfolha. A aplicação de amonio-glufosinate promoveu percentuais de

desfolha acima de 50% em ambos os cultivos no volume de 25 L ha⁻¹, evoluindo para 85% aos 6 DAA e 100% aos 9 DAA. O volume de 50 L ha⁻¹ promoveu percentuais de desfolha acima de 80% aos 3 DAA, acima de 90% aos 6 DAA e 100% aos 9 DAA, enquanto que os volumes de 100 e 200 L ha⁻¹ promoveram mais de 90% de desfolha aos 3 DAA e 100% de desfolha aos 6 DAA, em ambos os cultivos (Figura 4).

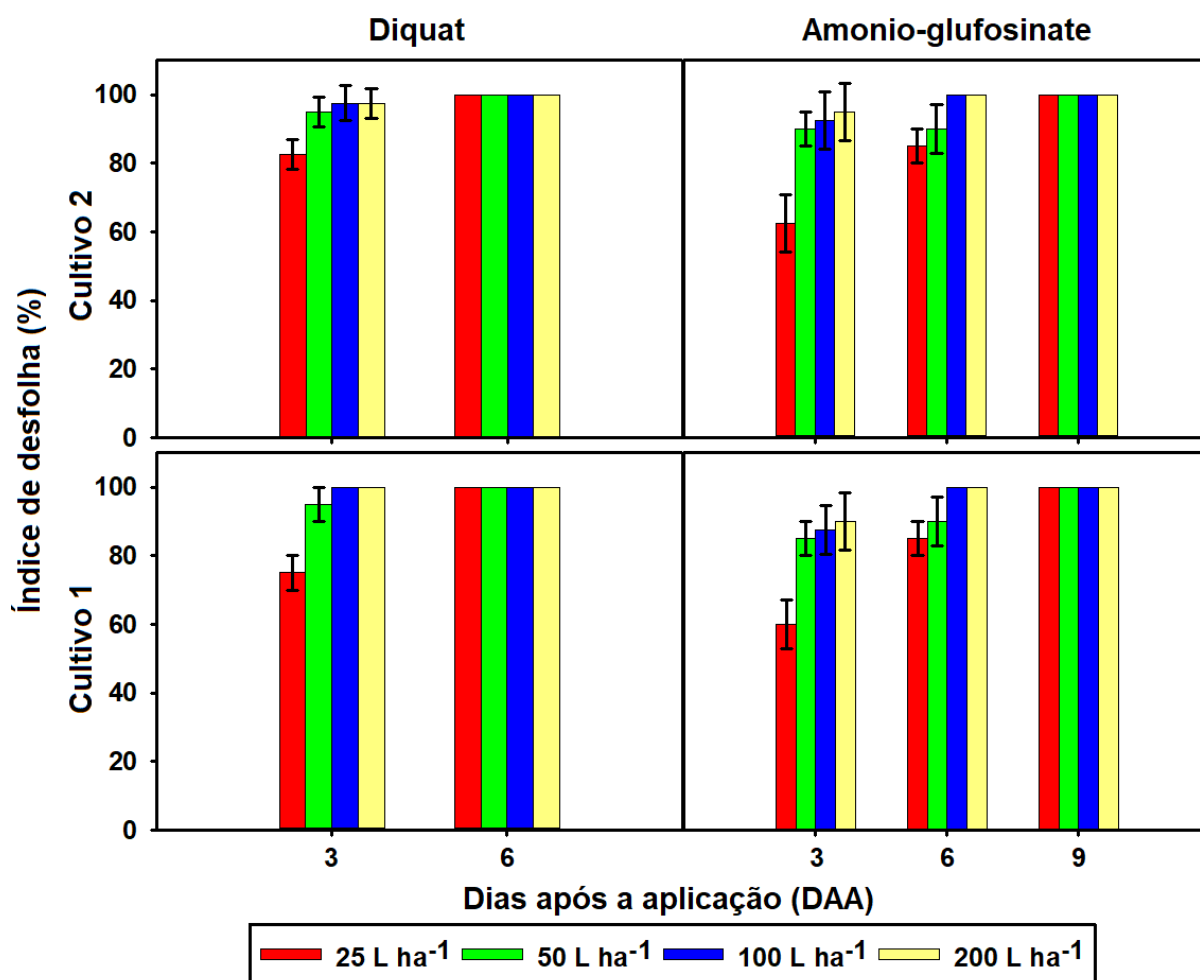


Figura 4. Índice de desfolha após a aplicação do diquat e amonio-glufosinate na dessecação em pré-colheita da soja nos volumes de calda de 25, 50, 100 e 200 L ha⁻¹.

3.3. Grau de umidade dos grãos

No momento da aplicação, o grau de umidade dos grãos em ambos os cultivos estava em torno de 45%. Independentemente do volume de calda, o diquat reduziu a umidade dos grãos para aproximadamente 18% aos 6 DAA. O amonio-glufosinate atingiu esse mesmo nível aos 9 DAA. Em contraste, a testemunha sem aplicação alcançou a umidade de 18% apenas aos 19 DAA em ambos os cultivos (Figura 5).

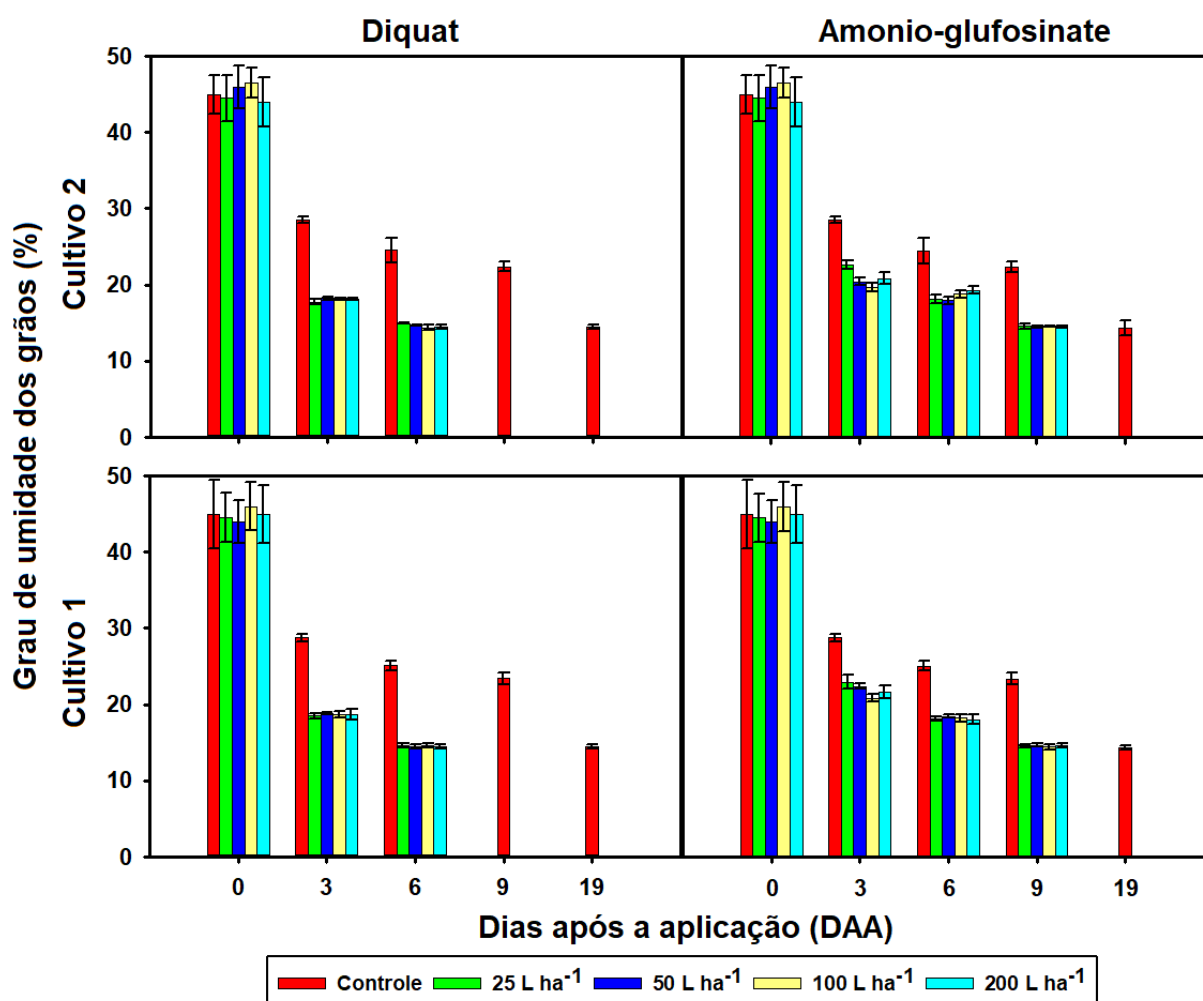


Figura 5. Grau de umidade dos grãos após a aplicação do diquat e amonio-glufosinate na dessecação em pré-colheita da soja nos volumes de calda de 25, 50, 100 e 200 L ha⁻¹.

3.4. Antecipação da colheita e produtividade

Independentemente do volume de calda, a aplicação de diquat resultou em antecipação da colheita de 13 dias. Para o amonio-glufosinate, a antecipação da colheita promovida foi de 10 dias, também sem influência do volume de calda (Tabela 1).

Tabela 1. Antecipação da colheita e produtividade da soja (cultivar BRS 1010IPRO) submetidos à dessecação com diquat e amonio-glufosinate sob volumes de calda de 25, 50, 100 e 200 L ha⁻¹.

		Antecipação da colheita (dias)	
	Volume de calda	Diquat	Amonio-glufosinate
Cultivo 1	25 L ha ⁻¹	13	10
	50 L ha ⁻¹	13	10
	100 L ha ⁻¹	13	10
	200 L ha ⁻¹	13	10
	Controle	-	-
Cultivo 2	25 L ha ⁻¹	13	10
	50 L ha ⁻¹	13	10
	100 L ha ⁻¹	13	10
	200 L ha ⁻¹	13	10
	Controle	-	-

A produtividade não diferiu entre os cultivos, com valores médios de aproximadamente 3.000 kg ha⁻¹, sem influência dos herbicidas e dos volumes de calda utilizados (Figura 6).

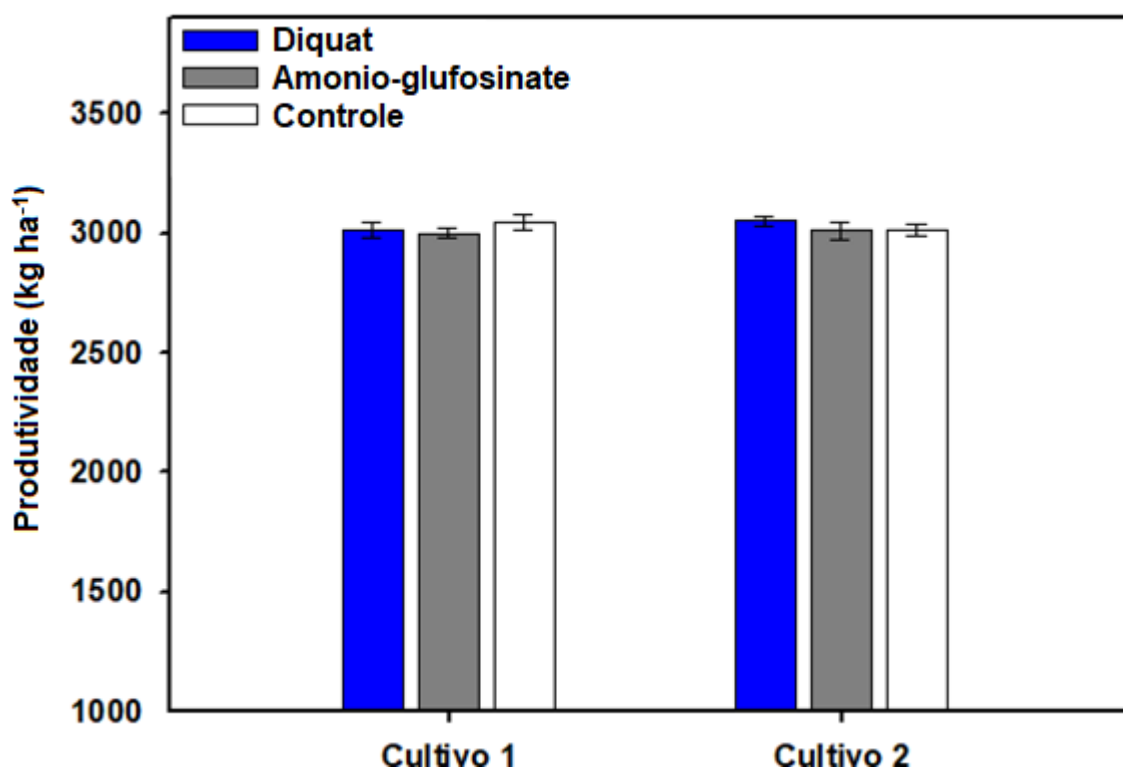


Figura 6. Produtividade de grãos da soja submetidos à dessecação em pré-colheita com diquat e amonio-glufosinate, sob volumes de calda de 25, 50, 100 e 200 L ha⁻¹.

4. DISCUSSÃO

A densidade de gotas e a cobertura do alvo na cultura da soja apresentaram uma relação diretamente proporcional ao incremento do volume de calda para ambos os herbicidas. Este comportamento corrobora a premissa de que maiores volumes de calda elevam o fluxo de pulverização que efetivamente atinge o dossel, otimizando a distribuição espacial das gotas sobre a superfície foliar (Sperry et al., 2021). Em herbicidas de contato, como o diquat e o amonio-glufosinate, a densidade de gotas é um parâmetro crítico, pois a eficácia biológica depende da interceptação física e da cobertura homogênea do alvo para compensar a baixa translocação destas moléculas na planta (Vaz et al., 2024).

Neste estudo, a variação do volume de calda foi operacionalizada pela alteração da velocidade de deslocamento, mantendo-se a pressão e o espectro de gotas constantes. A utilização de pontas de jato plano (TT11001) permitiu manter a uniformidade da aplicação, uma vez que pontas com maiores ângulos de abertura asseguram melhor sobreposição entre os jatos (Kramer & Legleiter, 2022). Tal sobreposição é essencial para garantir que a redução do volume de calda não resulte em falhas de aplicação, que poderiam comprometer a dessecação em dosséis densos de soja.

Observou-se que o diquat promoveu desfolha mais acelerada em comparação ao amonio-glufosinate. Enquanto os volumes de 100 e 200 L ha⁻¹ de diquat atingiram desfolha total aos 3 DAA, o amonio-glufosinate demandou 6 DAA para alcançar o mesmo patamar nos mesmos volumes. Essa diferença de velocidade está intrinsecamente ligada aos mecanismos de ação: o diquat atua rapidamente via inibição do fotossistema I, gerando ERO's que provocam a ruptura imediata das membranas celulares. Além do mais, O diquat participa de um ciclo contínuo de reações redox, sendo sucessivamente regenerado e promovendo maior produção de ERO's (Traxler et al., 2023). Já o amonio-glufosinate depende da inibição da enzima glutamina sintetase e do consequente acúmulo de amônia e ERO's, um processo metabólico mais complexo e dependente de condições ambientais favoráveis (Takano et al., 2019; 2020).

Embora os menores volumes de calda (25 e 50 L ha⁻¹) tenham apresentado taxas de desfolha iniciais mais lentas, a eficácia final não foi comprometida. A manutenção da dose constante de herbicida resultou em caldas mais concentradas nos volumes mais baixos, o que potencialmente aumentou o gradiente de absorção nos pontos de contato, compensando a menor cobertura total da superfície foliar (Sperry et al., 2021). Este efeito possibilitou que, independentemente do volume, o diquat viabilizasse a redução da umidade dos grãos para o padrão de colheita (18%) aos 6 DAA, enquanto o amonio-glufosinate atingiu este índice aos 9 DAA. Tais fatores permitiram uma antecipação substancial da colheita em relação à testemunha sem dessecação: 13 dias para o diquat e 10 dias para o amonio-glufosinate. Importante ressaltar que a produtividade da soja não foi afetada pelos tratamentos dessecantes ou pelos volumes de calda aplicados.

5. CONCLUSÃO

Nas condições do presente estudo, volumes de calda entre 25 e 200 L ha⁻¹ não influenciam a eficácia da dessecação em pré-colheita da soja para os herbicidas diquat e amonio-glufosinate. O diquat promove dessecação mais rápida e maior antecipação da colheita (13 dias) em comparação com o amonio-glufosinate (10 dias). Nenhum dos herbicidas ou volumes utilizados afetou a produtividade da cultura.

REFERÊNCIAS

- Albrecht, L. P., Yokoyama, A. S., Albrecht, A. J. P., Kosinski, R., Milleo, R., & Silva, A. F. M. (2022). Glufosinate and diquat in pre-harvest desiccation of soybean at four phenological stages, and their impact on seed quality. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 82(3), 448–456. <https://doi.org/10.4067/s0718-58392022000300448>
- Carneiro, R. P., Garcia, L. C., Dalazen, G., Gomes, J. A., Raetano, C. G., & Boller, W. (2024). Variation of glyphosate spray volume in the drying of ground cover plants with an unmanned aerial vehicle. *Crop Protection*, 181, 106694. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2024.106694>
- Coêlho, E. D. S., Da Silva Ribeiro, J. E., De Almeida Oliveira, P. H., De Araújo Rangel Lopes, W., De Oliveira, A. K. S., De Freitas Souza, M., Lins, H. A., Benedito, C. P., Da Silveira, L. M., Júnior, A. P. B., & Silva, D. V. (2024). Chemical Desiccation in the Preharvest of Cowpea: A Study of How the Time of Application Interferes in the Enzymatic and Physiological Aspects of Seedlings from Desiccated Plants. *ACS Omega*, 9(32), 34893–34904. <https://doi.org/10.1021/acsomega.4c04489>
- EMBRAPA. (2024). *Gotas da Embrapa* (Versão 0.5) [Software]. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Available from <http://www.cnpma.embrapa.br/forms/gotas.php>
- Hanif, A. S., Han, X., & Yu, S. (2022). Independent Control Spraying System for UAV-Based Precise Variable Sprayer: A review. *Drones*, 6(12), 383. <https://doi.org/10.3390/drones6120383>
- Kramer, M. D., & Legleiter, T. R. (2022). Influence of broadcast nozzle design and weed density on dicamba plus glyphosate deposition, coverage, and efficacy in Dicamba-Resistant soybean. *Frontiers in Agronomy*, 4. <https://doi.org/10.3389/fagro.2022.903669>
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). (2025). Agrofit: Pesticide registration system. Retrieved from <https://agrofit.agricultura.gov.br> (Accessed on January 6, 2026)
- Papadopoulos, G., Arduini, S., Uyar, H., Psiroukis, V., Kasimati, A., & Fountas, S. (2024). Economic and environmental benefits of digital agricultural technologies in crop production: A review. *Smart Agricultural Technology*, 8, 100441. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100441>

- Raisse, E. R., De Oliveira Assis, M., Araujo, E. F., De Freitas, F. C. L., & Araujo, R. F. (2020). CHEMICAL DESICCANTS FOR ANTICIPATION OF HARVEST AND PHYSIOLOGICAL QUALITY OF COWPEA SEEDS. *Revista Caatinga*, 33(4), 878–887. <https://doi.org/10.1590/1983-21252020v33n402rc>
- Silva, G. F., Chamma, L., Luperini, B. C. O., Chaves, P. P. N., Calonego, J. C., Nakagawa, J., & Silva, E. a. A. (2023). Physiological quality of soybean seeds as a function of soil management systems and Pre-Harvest desiccation. *Agronomy*, 13(3), 847. <https://doi.org/10.3390/agronomy13030847>
- Sperry, B. P., Calhoun, J. S., Ferguson, J. C., Kruger, G. R., Bond, J. A., Johnson, A. B., & Reynolds, D. B. (2021). Effect of carrier volume and spray quality on glyphosate-resistant soybean response to sublethal dicamba exposure. *Pest Management Science*, 77(6), 2719–2725. <https://doi.org/10.1002/ps.6300>
- Takano, H. K., Beffa, R., Preston, C., Westra, P., & Dayan, F. E. (2019). Reactive oxygen species trigger the fast action of glufosinate. *Planta*, 249(6), 1837–1849. <https://doi.org/10.1007/s00425-019-03124-3>
- Takano, H. K., Beffa, R., Preston, C., Westra, P., & Dayan, F. E. (2020). A novel insight into the mode of action of glufosinate: how reactive oxygen species are formed. *Photosynthesis Research*, 144(3), 361–372. <https://doi.org/10.1007/s11120-020-00749-4>
- Takano, H. K., & Dayan, F. E. (2020). Glufosinate-ammonium: a review of the current state of knowledge. *Pest Management Science*, 76(12), 3911–3925. <https://doi.org/10.1002/ps.5965>
- Traxler, C., Gaines, T. A., Küpper, A., Luemmen, P., & Dayan, F. E. (2023). The nexus between reactive oxygen species and the mechanism of action of herbicides. *Journal of Biological Chemistry*, 299(11), 105267. <https://doi.org/10.1016/j.jbc.2023.105267>
- Twitty, A., & Dayan, F. E. (2024). Is there a place for new herbicides targeting photosynthetic electron transport? *Weed Science*, 72(4), 305–312. <https://doi.org/10.1017/wsc.2024.20>
- Vaz, V., De P Ferreira, G. A., De Freitas, F. C. L., Paiva, M. C. G., Lemos, A. S., De Souza, W. M., Júnior, M. R. F., & Cecon, P. R. (2024). Spray volume and droplet spectrum in the control of *Bidens pilosa* and *Ipomoea triloba* with the Fomesafen herbicide. *Revista Brasileira De Engenharia Agrícola E Ambiental*, 28(8). <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v28n8e282568>

Zanin, A. R. A., Neves, D. C., Teodoro, L. P. R., Da Silva Júnior, C. A., Da Silva, S. P., Teodoro, P. E., & Baio, F. H. R. (2022). Reduction of pesticide application via real-time precision spraying. *Scientific Reports*, 12(1), 5638. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09607-w>

Capítulo II: Volumes de calda para dessecação em pré-colheita de duas cultivares de feijão comum com diquat e amonio-glufosinate

RESUMO

A dessecação em pré-colheita do feijoeiro é uma prática essencial para uniformizar a maturação, antecipar a colheita e facilitar a colheita mecanizada. O objetivo desse trabalho foi avaliar a eficácia do diquat e do amonio-glufosinate aplicados em diferentes volumes de calda (25, 50, 100 e 200 L ha⁻¹) na dessecação em pré-colheita de duas cultivares de feijão comum (VR 27 e BRSMG Marte). Dois experimentos foram conduzidos em delineamento de blocos casualizados, com avaliação da qualidade da aplicação, índice de desfolha, grau de umidade dos grãos, antecipação da colheita e produtividade. O aumento do volume de calda elevou a densidade de gotas e a cobertura do alvo para ambos os herbicidas. O diquat promoveu desfolha mais rápida, atingindo 100% aos 3 (100 e 200 L ha⁻¹) e 5 (25 e 50 L ha⁻¹) dias após a aplicação, enquanto o amonio-glufosinate alcançou desfolha total aos 5 (50, 100 e 200 L ha⁻¹) e 7 dias (25 L ha⁻¹). Independentemente do volume de calda, o diquat reduziu o grau de umidade dos grãos para níveis adequados à colheita mecanizada mais rapidamente e antecipou a colheita em 13 dias nas duas cultivares. O amonio-glufosinate antecipou a colheita em 11 dias na cultivar VR 27 e em 7 dias na BRSMG Marte. Nenhum tratamento afetou a produtividade de grãos. Conclui-se que a redução de volumes de calda de 200 para até 25 L ha⁻¹, desde que associada à adequada tecnologia de aplicação, é eficiente na dessecação em pré-colheita do feijão comum com os herbicidas diquat e amonio-glufosinate.

Palavras-chave: Antecipação de colheita; Desfolha; Espectro de gotas; Tecnologia de aplicação.

1. INTRODUÇÃO

A dessecação em pré-colheita constitui uma etapa crítica em culturas como o feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*), pois promove a uniformização do grau de umidade dos grãos, facilita a colheita mecanizada, auxilia no controle de plantas daninhas, antecipa a colheita para o preparo da área visando à cultura subsequente, reduz a exposição dos grãos a condições climáticas adversas e ao ataque de pragas e patógenos, além de contribuir para a melhoria da qualidade fisiológica das sementes (Silva et al., 2021; Uebersax et al., 2022; Albrecht et al., 2023). Durante décadas, o paraquat foi o herbicida dessecante mais utilizado no Brasil; contudo, após sua proibição em 2020, o diquat e o amonio-glufosinate passaram a ser as principais alternativas, uma vez que ambos apresentam ação de contato e ausência de atividade residual no solo (Albrecht et al., 2022a).

O diquat atua como inibidor desviador de elétrons do fotossistema I (FSI), possui ação de contato e encontra-se registrado no Brasil para a dessecação em pré-colheita de soja, feijão comum e grão-de-bico, bem como para aplicações dirigidas em culturas perenes e para dessecação pré-plantio, entre outros usos (Twitty & Dayan, 2024). O amonio-glufosinate, por sua vez, inibe a enzima glutamina sintetase (GS), também apresenta ação de contato e é recomendado para usos semelhantes aos do diquat, além de aplicações em pós-emergência em culturas geneticamente modificadas (Takano & Dayan, 2020). Ambos os herbicidas possuem recomendações de bula de volume de calda de 200 L ha⁻¹ para a dessecação em pré-colheita em diversas culturas (MAPA, 2025). Entretanto, com os avanços na tecnologia de aplicação, observa-se uma tendência crescente de utilização de volumes de calda inferiores a 100 L ha⁻¹ (Shan et al., 2021; Zanin et al., 2022).

A redução do volume de calda é impulsionada por diversos fatores, incluindo o aumento da eficiência operacional, a diminuição do uso de água e a necessidade de adequação a novas ferramentas de aplicação, como pulverizadores de precisão e veículos aéreos não tripulados, os quais apresentam menor capacidade de tanque (Ribeiro et al., 2023). Além disso, as recomendações oficiais de volume de calda basearam-se em equipamentos disponíveis à época do registro desses herbicidas — frequentemente há várias décadas — e não foram atualizadas para refletir as tecnologias atualmente empregadas (Gil et al., 2021). Embora baixos volumes de calda nem sempre estejam contemplados nas recomendações de bula, estudos demonstram sua eficácia quando associados a adequada cobertura de gotas e a

formulações compatíveis. Esse contexto reforça a importância da pesquisa agrônoma e da validação técnica para assegurar a eficiência e a segurança das tecnologias modernas de aplicação (Faers et al., 2023).

A redução do volume de calda deve ocorrer de forma criteriosa. Estratégias como o aumento da velocidade de deslocamento, mantendo-se o espectro de gotas, podem reduzir a densidade de gotas e a cobertura do alvo (Vaz et al., 2024), aspecto especialmente crítico para herbicidas de contato. O uso de pontas de pulverização com menor vazão, que produzem gotas mais finas, pode elevar a densidade de gotas e a cobertura do alvo, porém também aumenta o risco de deriva (Gibbs et al., 2021). A eficiência da aplicação depende do correto posicionamento dos produtos, considerando as características do alvo, as condições meteorológicas e a tecnologia de aplicação empregada (Campos et al., 2022; Villette et al., 2022; Zanin et al., 2022; Farooque et al., 2023).

Diante desse contexto, o objetivo do presente estudo foi avaliar a eficácia do diquat e do amonio-glufosinate aplicados em diferentes volumes de calda (25, 50, 100 e 200 L ha⁻¹) na dessecação em pré-colheita de duas cultivares de feijão comum.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local do estudo e delineamento experimental

Dois experimentos foram conduzidos na Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão em Culturas de Campo e Produção de Bioenergia (UEPE-GCBE Aeroporto, 20°44'29" S, 42°50'40" W), da Universidade Federal de Viçosa, localizada no município de Viçosa, MG, Brasil. No primeiro experimento, utilizou-se a cultivar VR 27, semeada em 27 de fevereiro de 2024, enquanto no segundo experimento foi utilizada a cultivar BRSMG-Marte, semeada em 28 de fevereiro de 2024. Durante todo o período experimental, os dados diários de precipitação, temperatura e umidades médias, foram obtidos pela estação meteorológica automática do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, situada no campus Viçosa da UFV (Figura 1).

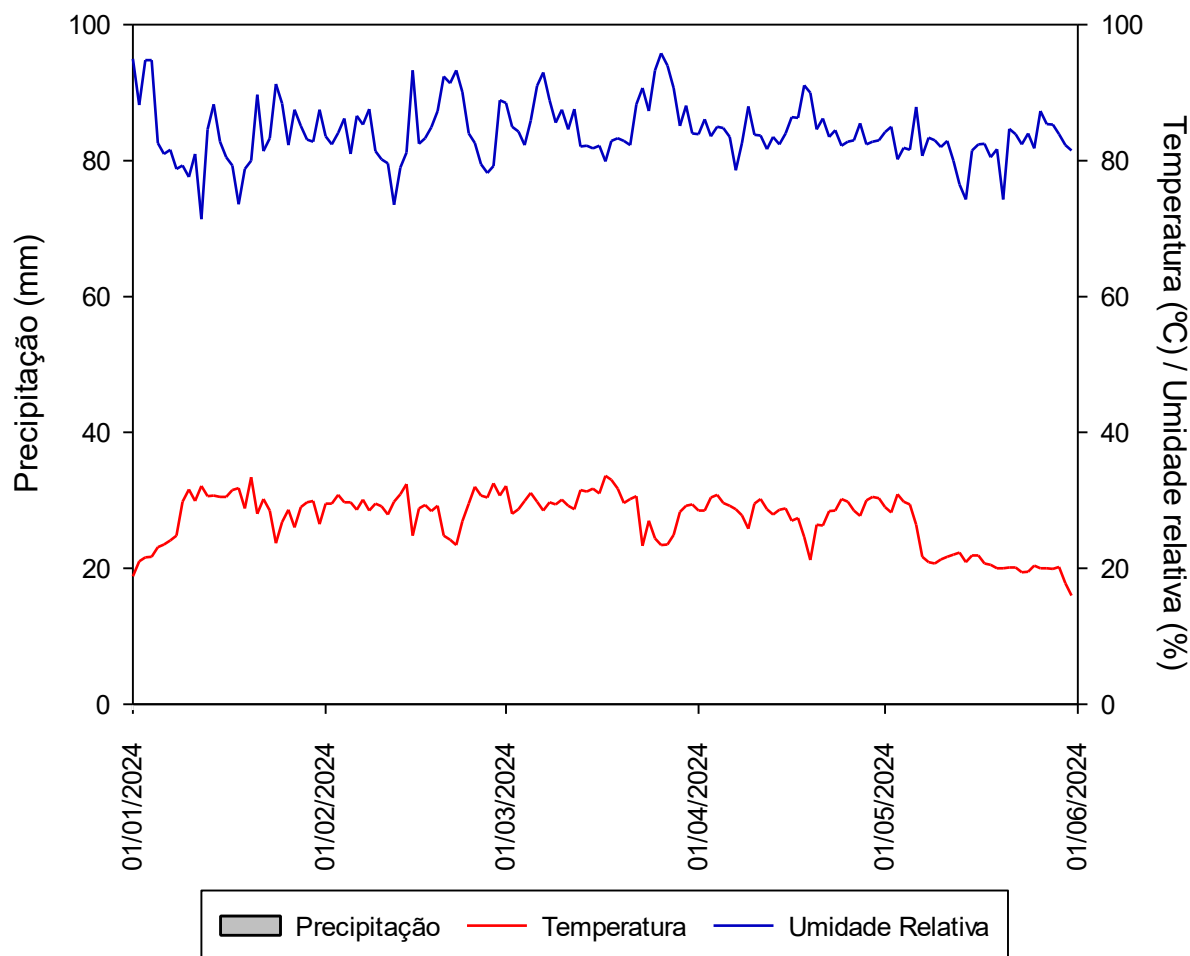


Figura 1. Dados meteorológicos de temperatura média, precipitação diária e umidade relativa do ar obtidos a partir da estação meteorológica da UFV (Universidade Federal de Viçosa) durante o período de cultivo das cultivares de feijão, no município de Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

Os experimentos foram conduzidos em esquema fatorial $4 \times 2 + 1$, constituído por quatro volumes de calda (25, 50, 100 e 200 L ha⁻¹), dois herbicidas (diquat e amonio-glufosinate) e uma testemunha sem aplicação, dispostos em delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Cada parcela foi composta por seis linhas de cultivo, com 8,0 m de comprimento e espaçamento de 0,50 m entre linhas, sendo considerada como área útil os 4,0 m centrais das duas linhas centrais.

As aplicações dos herbicidas foram realizadas com pulverizador costal pressurizado por CO₂, equipado com barra contendo cinco pontas de pulverização modelo TT11001, espaçadas em 0,5 m e posicionadas a 0,5 m acima do dossel da cultura. O pulverizador operou à pressão constante de 200 kPa, produzindo gotas com diâmetro mediano volumétrico de 250 µm. Para melhor aderência dos herbicidas nas

folhas, foi adicionado óleo mineral às caldas do amonio-glufosinate, saflufenacil e flumioxazin, enquanto que um espalhante adesivo não-iônico foi adicionado às caldas com diquat (Ambos na proporção de 0,5% v/v). O conjunto de pulverização foi acoplado lateralmente a um trator, mantendo-se um corredor de 3,0 m ao lado das parcelas para o tráfego do equipamento (Figura 2). Os volumes de calda de 25, 50, 100 e 200 L ha⁻¹ foram obtidos por meio do ajuste da velocidade de deslocamento do trator para 2, 4, 8 e 16 km h⁻¹, respectivamente, mantendo-se constantes a pressão de trabalho, o espaçamento entre pontas e o espectro de gotas. As aplicações foram realizadas ao final do estágio R8 das plantas, correspondente ao enchimento completo das vagens e perda de coloração verde dos grãos.



Figura 2. Ilustração do sistema de pulverização utilizado no experimento.

2.2. Qualidade da aplicação

Para a avaliação da qualidade de pulverização, foram posicionados quatro papéis hidrossensíveis (WSPAPER®) por parcela, fixados em estacas de madeira à altura do dossel da cultura durante a aplicação. Após a pulverização, os papéis foram coletados e acondicionados em envelopes de papel para posterior análise por meio do software Gotas (EMBRAPA, 2000). As análises permitiram a determinação da densidade de gotas (D_g) e da cobertura do alvo (C_g), de acordo com as seguintes equações: $D_g = N_g / A$ e $C_g = (A_g / A_t) \times 100$, em que N_g corresponde ao número total

de gotas depositadas, A representa a área total de coleta, A_g refere-se à área coberta por gotas e A_t corresponde à área total avaliada.

2.3. Avaliações de desfolha e colheita

Avaliou-se o índice de desfolha, o grau de umidade dos grãos, a antecipação de colheita e a produtividade do feijoeiro comum. A desfolha foi avaliada visualmente a campo, utilizando-se uma escala percentual de 0 (ausência de desfolha) a 100% (desfolha completa), aos 3, 5 e 7 dias após a aplicação (DAA). O grau de umidade dos grãos foi determinado diariamente após a aplicação dos herbicidas, por meio da coleta de vagens em cada repetição. Após isso, cada amostra foi avaliada em um medidor de umidade de grãos de bancada, modelo G939 (GEHAKA®). A colheita foi realizada quando a umidade dos grãos atingiu aproximadamente 18%, valor considerado adequado para a colheita mecanizada (Filho et al., 2021). Com base nos dados de umidade, registraram-se a data de colheita de cada tratamento e o número de dias de antecipação da colheita em relação à testemunha. A produtividade (kg ha^{-1}) foi determinada pela colheita de duas linhas centrais de 4,0 m de comprimento por parcela, cujas plantas foram trilhadas e os grãos pesados. Os valores de produtividade foram corrigidos para o grau padrão de umidade de 13%.

2.4. Análise estatística

Os dados referentes ao espectro de gotas foram submetidos à análise de regressão, onde a seleção do modelo foi baseada na significância dos parâmetros, no coeficiente de determinação (R^2) e na plausibilidade biológica do fenômeno. Para o índice de desfolha, grau de umidade dos grãos e antecipação da colheita, empregou-se estatística descritiva. Os dados de produtividade foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e ao teste F ($p < 0,05$). Quando significativas, as médias dos tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Todas as análises estatísticas foram realizadas no software R, utilizando-se os pacotes DRC (Dose Response Curve) e ExpDes.pt. Os gráficos foram elaborados no software SigmaPlot, versão 15.0.

3. RESULTADOS

3.1. Qualidade da aplicação

A densidade de gotas e a cobertura do alvo apresentaram o mesmo padrão entre as cultivares VR 27 e BRSMG-Marte. Portanto, os dados foram agrupados e

apresentados dentro de cada herbicida. O diquat promoveu uma densidade de gotas que variou de 37,19 (25 L ha⁻¹) a 397,81 gotas cm⁻² (200 L ha⁻¹), enquanto que a cobertura do alvo variou de 3,81 (25 L ha⁻¹) a 22,24% (200 L ha⁻¹) (Figura 3A). Para cada litro adicional no volume de calda, dentro do intervalo avaliado, o diquat promoveu um acréscimo de 0,10% na cobertura do alvo e 2,07 gotas cm⁻² na densidade de gotas. O amonio-glufosinate promoveu uma densidade de gotas que variou de 41,44 (25 L ha⁻¹) a 253,30 gotas cm⁻² (200 L ha⁻¹), enquanto que a cobertura do alvo variou de 3,45 (25 L ha⁻¹) a 23,48 % (200 L ha⁻¹) (Figura 3 B). Para cada litro adicional no volume de calda, o amonio-glufosinate promove um acréscimo de 0,11% na cobertura do alvo e 1,21 gotas cm⁻² na densidade de gotas. O padrão de cobertura captado pelos papéis hidrossensíveis foi semelhante em ambos os herbicidas nas duas cultivares (Figura 3C e 3D).

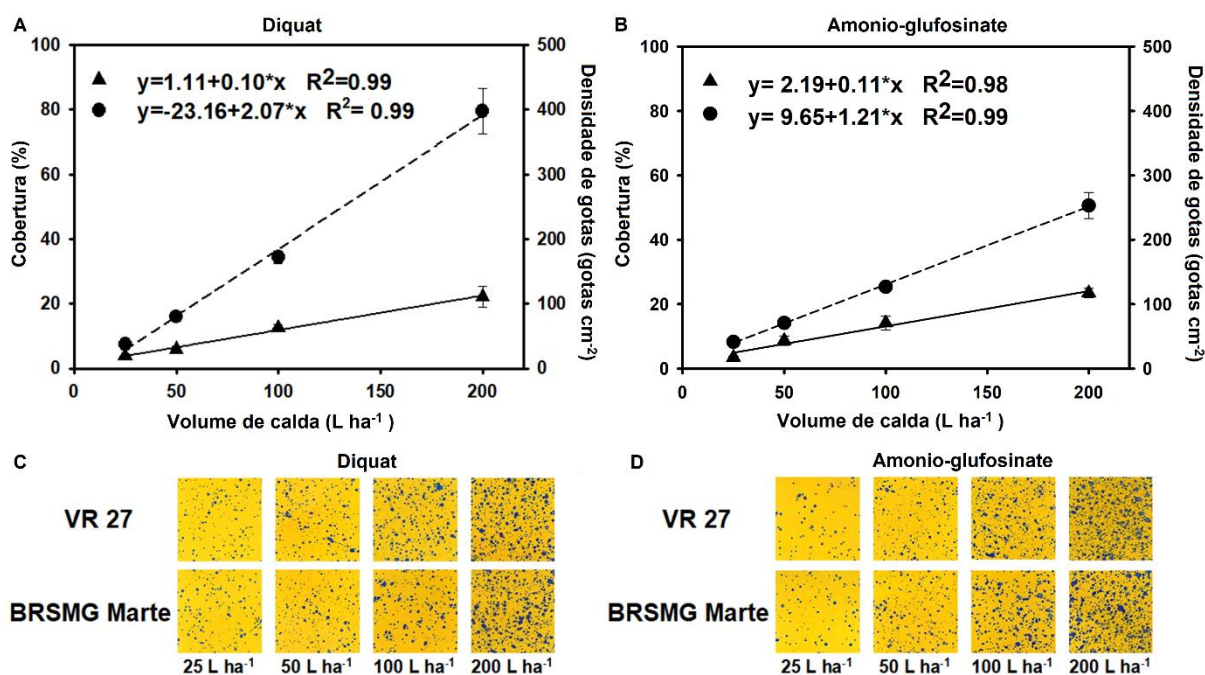


Figura 3. Densidade de gotas (gotas cm⁻²) e cobertura do alvo (%) obtidas em papel hidrossensível após aplicação de diquat (A) e amonio-glufosinate (B) em função do volume de calda na dessecação em pré-colheita do feijoeiro (média obtida nas cultivares VR 27 e BRSMG Marte). Ilustração dos papéis hidrossensíveis obtidos nas aplicações dos respectivos herbicidas (C e D) nos volumes de calda de 25, 50, 100 e 200 L ha⁻¹. ▲ = cobertura do alvo; ● = densidade de gotas.

3.2. Desfolha

Os volumes de calda de 100 e 200 L ha⁻¹, para ambos os herbicidas, resultaram em 100% de desfolha já aos 3 DAA, independentemente da cultivar avaliada. Aos 3 dias após a aplicação (DAA), o diquat promoveu desfolha próxima a 80% e 90% em ambas as cultivares, nos volumes de calda de 25 e 50 L ha⁻¹, respectivamente, atingindo 100% de desfolha aos 5 DAA. Para o amonio-glufosinate, o volume de 25 L ha⁻¹ resultou em aproximadamente 60% de desfolha aos 3 DAA em ambas as cultivares, com incremento para 90% na cultivar VR 27 e 95% na BRSMG Marte aos 5 DAA, alcançando 100% aos 7 DAA. O volume de 50 L ha⁻¹ proporcionou desfolha próxima a 90% em ambas as cultivares aos 3 DAA e desfolha total aos 5 DAA (Figura 4).

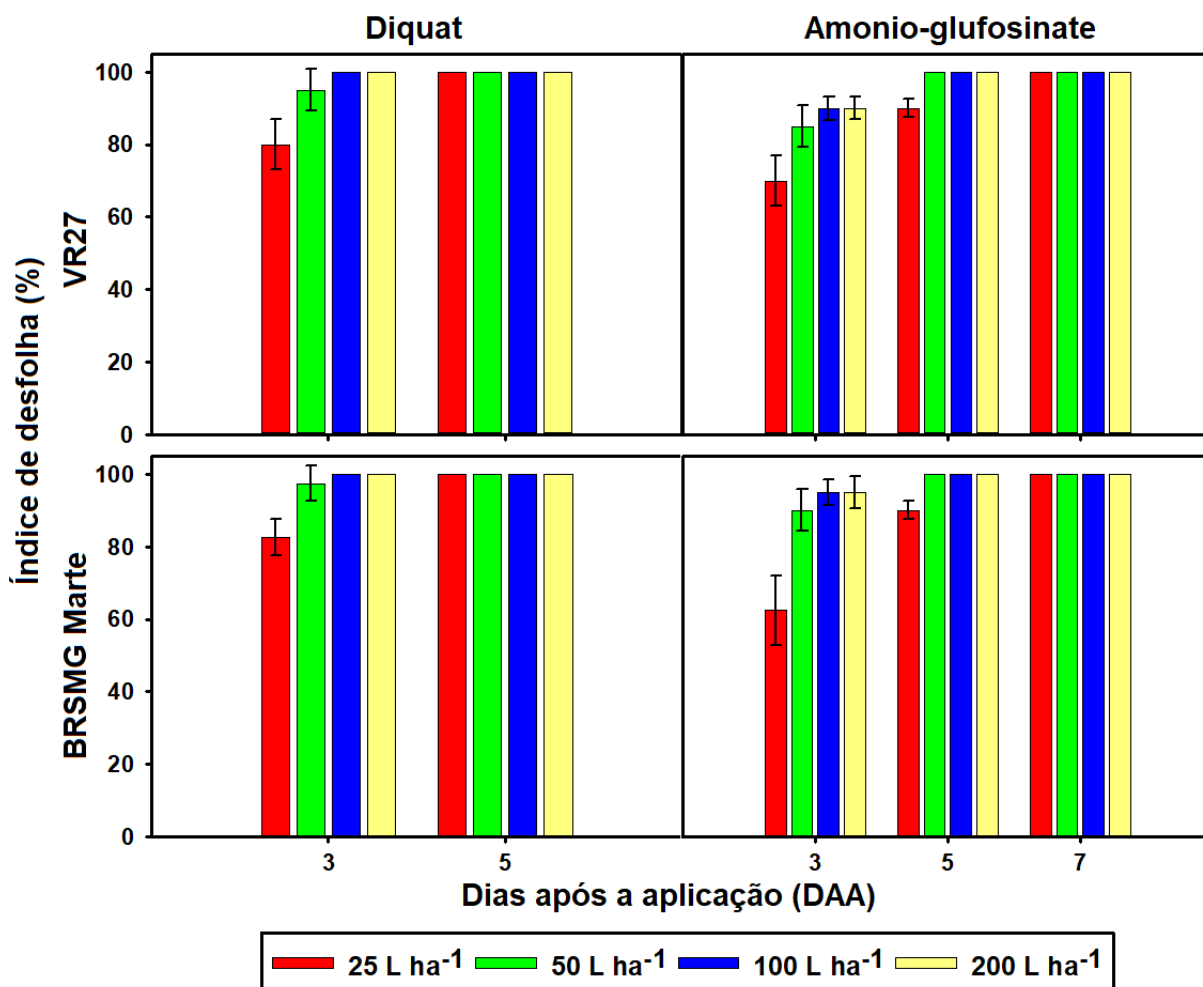


Figura 4. Índice de desfolha após a aplicação de diquat e amonio-glufosinate para a dessecação em pré-colheita do feijoeiro comum (cultivares VR 27 e BRSMG Marte), sob volumes de calda de 25, 50, 100 e 200 L ha⁻¹.

3.3. Grau de umidade dos grãos

No momento da aplicação, o grau de umidade dos grãos em ambas as cultivares estava em torno de 35%. Independentemente do volume de calda, o diquat reduziu a umidade dos grãos para aproximadamente 18% aos 5 DAA. O amonio-glufosinate atingiu esse mesmo nível aos 7 DAA na cultivar VR 27 e aos 11 DAA na cultivar BRSMG Marte. Em contraste, a testemunha sem aplicação alcançou o grau de 18% apenas aos 18 DAA em ambas as cultivares (Figura 5).

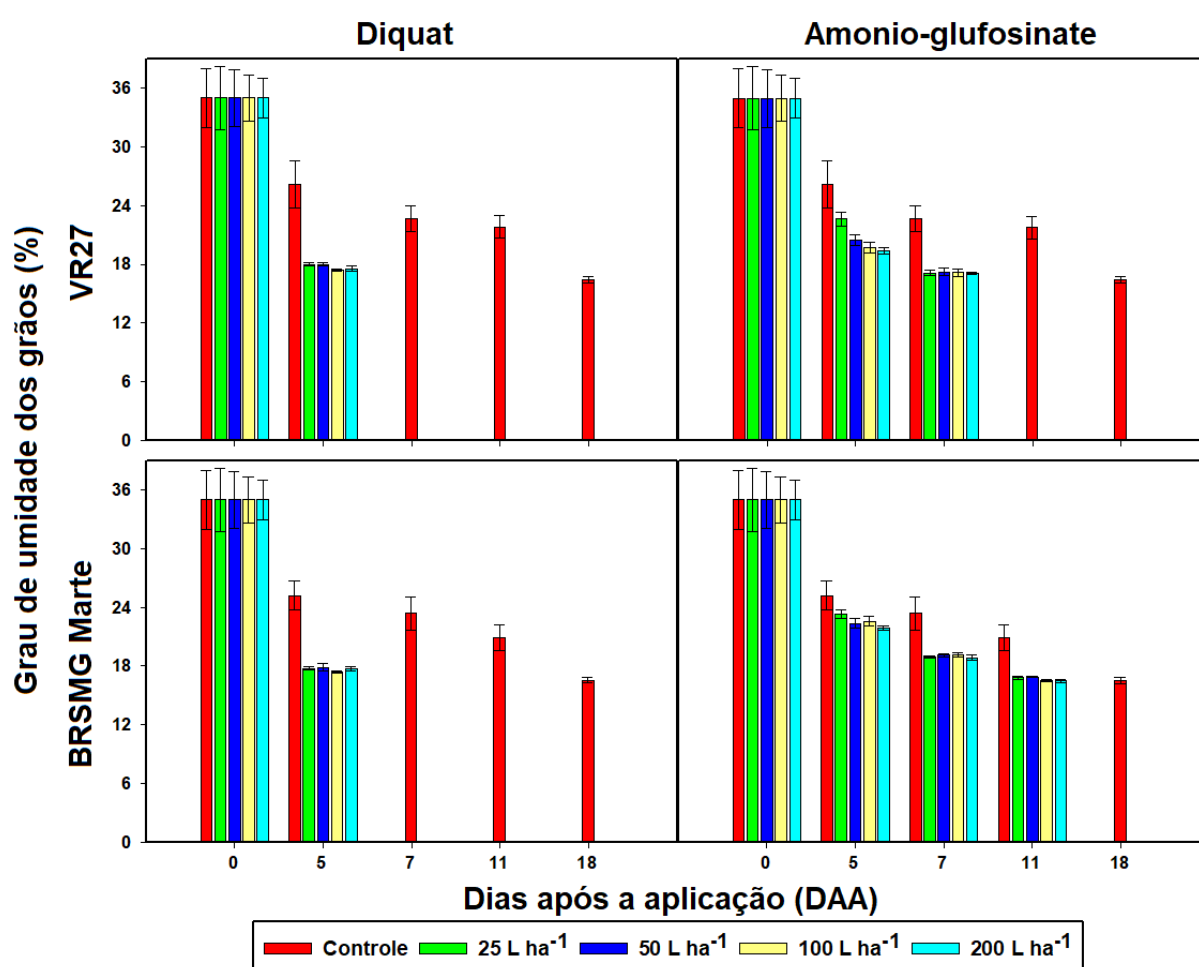


Figura 5. Grau de umidade dos grãos após a aplicação de diquat e amonio-glufosinate para a dessecação em pré-colheita do feijoeiro comum (cultivares VR 27 e BRSMG Marte), sob volumes de calda de 25, 50, 100 e 200 L ha⁻¹.

3.4. Antecipação da colheita e produtividade

Independentemente do volume de calda, a aplicação de diquat resultou em antecipação da colheita de 13 dias em ambas as cultivares de feijão. Enquanto que a

antecipação da colheita promovida pelo amonio-glufosinate foi de 11 dias para a cultivar VR 27 e de 7 dias para a cultivar BRSMG Marte, também sem influência do volume de calda (Tabela 1).

Tabela 1. Antecipação da colheita e produtividade do feijoeiro comum (cultivares VR 27 e BRSMG Marte) submetido à dessecação em pré-colheita com diquat e amonio-glufosinate, sob volumes de calda de 25, 50, 100 e 200 L ha⁻¹.

Cultivares	Volume de calda	Antecipação de colheita (dias)	
		diquat	amonio-glufosinate
VR 27	25 L ha ⁻¹	13	11
	50 L ha ⁻¹	13	11
	100 L ha ⁻¹	13	11
	200 L ha ⁻¹	13	11
	controle	-	-
BRSMG Marte	25 L ha ⁻¹	13	07
	50 L ha ⁻¹	13	07
	100 L ha ⁻¹	13	07
	200 L ha ⁻¹	13	07
	controle	-	-

A produtividade diferiu entre as cultivares, com valores médios de aproximadamente 1.750 kg ha⁻¹ para a cultivar VR 27 e 2.250 kg ha⁻¹ para a cultivar BRSMG Marte (Figura 6). No entanto, não foi influenciada pelo herbicida utilizado na dessecação em pré-colheita nem pelos volumes de calda utilizados.

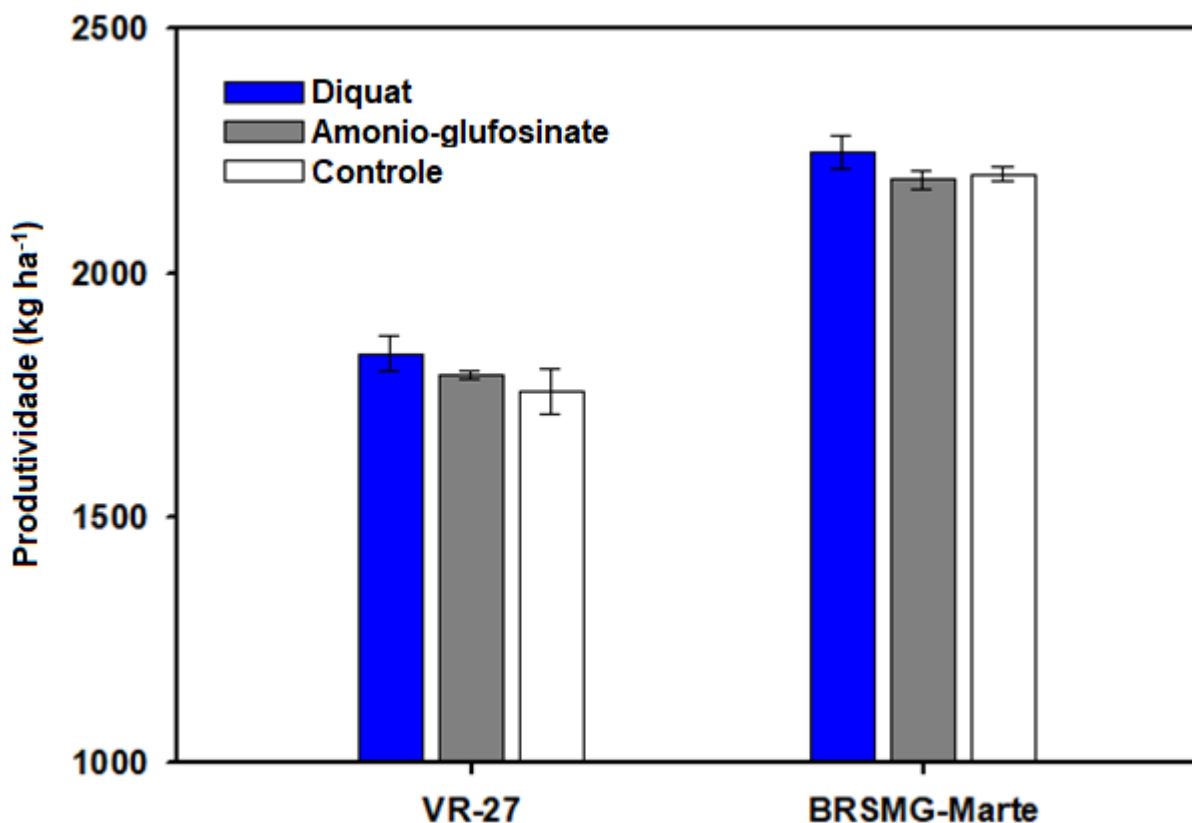


Figura 6. Produtividade de grãos do feijoeiro (cultivares VR 27 e BRSMG Marte) submetidos à dessecação em pré-colheita com diquat e amonio-glufosinate, sob volumes de calda de 25, 50, 100 e 200 L ha⁻¹.

4. DISCUSSÃO

A densidade de gotas e a cobertura do alvo aumentaram à medida que se elevaram os volumes de calda, para ambos os herbicidas e cultivares. O incremento do volume de calda resulta em maior fluxo de pulverização atingindo as plantas, o que favorece a distribuição das gotas sobre a área aplicada (Chen et al., 2018). As características das gotas de pulverização influenciam diretamente a eficiência de herbicidas de contato, uma vez que maiores densidades de gotas e maior cobertura do alvo indicam uma maior proporção da área foliar efetivamente atingida (Moura Bernardes et al., 2023). No presente estudo, os volumes de calda foram ajustados por meio da variação da velocidade de deslocamento, mantendo-se constantes a pressão de trabalho e o tamanho das gotas. Nesse contexto, o uso de pontas de jato plano, como a TT11001, minimiza os efeitos da variação de velocidade sobre a uniformidade de aplicação (Wolf, 2005; Amler et al., 2021). O ângulo de pulverização de 110° proporciona sobreposição adequada entre os jatos, fator essencial para uma

distribuição uniforme das gotas, especialmente em culturas com dossel mais denso (Legleiter & Johnson, 2016). Além disso, uma distribuição mais ampla das gotas ao longo da faixa de aplicação é fundamental para assegurar deposição homogênea do herbicida na superfície foliar (Wu et al., 2022).

A aplicação de diquat resultou em desfolha mais rápida em comparação ao amonio-glufosinate em ambas as cultivares, provavelmente em razão da maior velocidade de ação do diquat sobre o metabolismo vegetal (Albrecht et al., 2022b). Os menores volumes de calda (25 e 50 L ha⁻¹) promoveram taxas de desfolha mais lentas em relação aos volumes mais elevados (100 e 200 L ha⁻¹), independentemente da cultivar, o que pode ser atribuído à menor densidade de gotas e à menor cobertura da superfície foliar nesses volumes. Apesar dessas diferenças iniciais, todas as plantas tratadas com diquat atingiram 100% de desfolha aos 5 dias após a aplicação (DAA), enquanto aquelas tratadas com amonio-glufosinate alcançaram o mesmo nível apenas aos 7 DAA. Ressalta-se que a dose dos herbicidas foi mantida constante em todos os volumes de calda. Dessa forma, a concentração de herbicida por gota foi maior nos menores volumes, o que compensou a redução da cobertura e assegurou absorção eficiente pelos tecidos vegetais (Moraes et al., 2019).

O diquat promoveu secagem mais rápida dos grãos e maior antecipação da colheita em comparação ao amonio-glufosinate, em ambas as cultivares. Esse efeito está relacionado ao seu mecanismo de ação, que induz rapidamente a produção de ERO's, como o oxigênio singlete (^{*}O₂) e o peróxido de hidrogênio (H₂O₂), após sua absorção pelas plantas. Essas ERO's desencadeiam a peroxidação lipídica das membranas celulares, acelerando a degradação dos tecidos vegetais (Traxler et al., 2023). Além disso, o diquat participa de um processo cíclico de oxirredução, no qual é continuamente regenerado, intensificando a produção de ERO's e, conseqüentemente, sua ação dessecante. Já o amonio-glufosinate atua na inibição da enzima glutamina sintetase, promovendo o acúmulo de amônia e de compostos tóxicos que comprometem o metabolismo celular. Embora esse processo também envolva a formação de ERO's, ele ocorre de forma mais lenta e sem o mecanismo cíclico observado para o diquat, resultando em efeito dessecante mais gradual (Takano et al., 2019; 2020). Ademais, a eficiência do amonio-glufosinate depende fortemente das condições ambientais, especialmente de temperaturas elevadas e alta radiação solar (Takano & Dayan, 2020).

A dessecação em pré-colheita do feijoeiro comum com diquat e amonio-glufosinate não afetou a produtividade de grãos. Esse resultado está em concordância com estudos anteriores que avaliaram a dessecação em pré-colheita utilizando os mesmos herbicidas (Silva et al., 2021; Albrecht et al., 2022). De modo geral, os resultados indicam que baixos volumes de calda podem ser utilizados de forma eficiente na dessecação do feijoeiro, otimizando o uso de recursos e o tempo operacional, desde que as técnicas de aplicação sejam adequadamente manejadas.

5. CONCLUSÃO

Nas condições desse estudo, a dessecação em pré-colheita do feijoeiro com os herbicidas diquat e amonio-glufosinate, nos volumes de calda de 25, 50, 100 e 200 L ha⁻¹, mostrou-se eficiente para as cultivares VR 27 e BRSMG Marte. O diquat promoveu dessecação mais rápida e maior antecipação de colheita em ambas as cultivares (13 dias). O amonio-glufosinate promoveu antecipação de colheita de 11 dias, para a cultivar VR 27, e 07 dias, para a cultivar BRSMG Marte. Nenhum dos herbicidas ou volumes utilizados afetou a produtividade da cultura.

REFERÊNCIAS

- Albrecht, A. J. P., Albrecht, L. P., & Silva, A. F. M. (2022a). Agronomic implications of paraquat ban in Brazil. *Advances in Weed Science*, 40(spe1). <https://doi.org/10.51694/advweedsci/2022;40:seventy-five009>
- Albrecht, L. P., Yokoyama, A. S., Albrecht, A. J. P., Kosinski, R., Milleo, R., & Silva, A. F. M. (2022b). Glufosinate and diquat in pre-harvest desiccation of soybean at four phenological stages, and their impact on seed quality. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 82(3), 448–456. <https://doi.org/10.4067/s0718-58392022000300448>
- Albrecht, L. P., Albrecht, A. J. P., Yokoyama, A. S., Silva, A. F. M., Bottcher, A. A., De Carvalho, M. G., & Battiston, F. M. (2023). Formulações de glufosinate na dessecação pré-colheita da soja. *Nativa*, 11(1), 96–100. <https://doi.org/10.31413/nativa.v11i1.13350>
- Amler, D. A., Amler, F. F., Da Silva, J. S., Guerra, N., & De Oliveira Neto, A. M. (2021). Deposição de calda na cultura da cebola e no solo em função da ponta de pulverização e da pressão de trabalho. *Revista De Ciências Agroveterinárias*, 20(2), 142–148. <https://doi.org/10.5965/223811712022021142>
- Campos, J., Mansour, P., Verdeguer, M., & Baur, P. (2022). Contact herbicidal activity optimization of methyl capped polyethylene glycol ester of pelargonic acid. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 130(1), 93–103. <https://doi.org/10.1007/s41348-022-00661-0>
- Cauwer, B., De Meuter, I., De Ryck, S., Dekeyser, D., Zwertvaegher, I., & Nuyttens, D. (2023). Performance of Drift-Reducing Nozzles in Controlling Small Weed Seedlings with Contact Herbicides. *Agronomy*, 13(5), 1342. <https://doi.org/10.3390/agronomy13051342>
- Chen, P., Lan, Y., Douzals, J. P., Ouyang, F., Wang, J., & Xu, W. (2018). Droplet distribution of Unmanned Aerial Vehicle under several spray volumes and canopy heights in the cotton canopy. *International Journal of Precision Agricultural Aviation*, 1(1), 74–79. <https://doi.org/10.33440/j.iipaa.20200304.136>
- EMBRAPA. (2024). *Gotas da Embrapa* (Versão 0.5) [Software]. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Available from <http://www.cnpma.embrapa.br/forms/gotas.php>

- Elias, J. C. F., Gonçalves-Vidigal, M. C., Ariani, A., Valentini, G., Da Conceição Martiniano-Souza, M., Bisneta, M. V., & Gepts, P. (2021). Genome-Environment Association Analysis for Bio-Climatic Variables in Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) from Brazil. *Plants*, 10(8), 1572. <https://doi.org/10.3390/plants10081572>
- Faers, M. A., Sato, Y., Hilz, E., Lamprecht, S., Dong, J., Qi, F., Ratschinski, A., Peris, G., Gaertzen, O., & Roechling, A. (2023). Suspension Concentrate crop protection formulation design and performance for low spray volume and UAS spray application. *Pest Management Science*, 80(2), 220–234. <https://doi.org/10.1002/ps.7707>
- Farooque, A. A., Hussain, N., Schumann, A. W., Abbas, F., Afzaal, H., McKenzie-Gopsill, A., Esau, T., Zaman, Q., & Wang, X. (2023). Field evaluation of a deep learning-based smart variable-rate sprayer for targeted application of agrochemicals. *Smart Agricultural Technology*, 3, 100073. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2022.100073>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2023). FAOSTAT: Statistical Database. Retrieved from <https://www.fao.org/faostat/en/> (Accessed on September 3, 2024).
- Filho, W. J. P., Compagnon, A. M., Franco, F. J. B., Neto, N. D. R., & Lemes, L. M. (2021). Perdas quantitativas na colheita mecanizada de feijão. *Research Society and Development*, 10(5), e10810514207. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i5.14207>
- Gibbs, J., Peters, T. M., & Heck, L. P. (2021). Comparison of Droplet Size, Coverage, and Drift Potential from UAV Application Methods and Ground Application Methods on Row Crops. *Transactions of the ASABE*, 64(3), 819–828. <https://doi.org/10.13031/trans.14121>
- Gil, E., Salcedo, R., Soler, A., Ortega, P., Llop, J., Campos, J., & Oliva, J. (2021). Relative efficiencies of experimental and conventional foliar sprayers and assessment of optimal LWA spray volumes in trellised wine grapes. *Pest Management Science*, 77(5), 2462–2476. <https://doi.org/10.1002/ps.6276>
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). (2025). Agrofit: Pesticide registration system. Retrieved from <https://agrofit.agricultura.gov.br> (Accessed on September 3, 2024)

- Moraes, H., Costa, J., Pereira, G., Souza, W., Silva, A., & Paixão, G. (2019). Physical Compatibility and Stability of Pesticide Mixtures at Different Spray Volumes. *Planta Daninha*, 37. <https://doi.org/10.1590/s0100-83582019370100125>
- Moura Bernardes, S., Regazzo, J. R., Da Silva, T. L., De Lima, M. A., Martins, G. A., & Baesso, M. M. (2023). Avaliação da deposição de fitossanitários para controle de doenças na soja. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 6(1), 600–611. <https://doi.org/10.34188/bjaerv6n1-054>
- Ribeiro, L. F. O., Da Vitória, E. L., Júnior, G. G. S., Chen, P., & Lan, Y. (2023). Impact of operational parameters on droplet distribution using an unmanned aerial vehicle in a papaya orchard. *Agronomy*, 13(4), 1138. <https://doi.org/10.3390/agronomy13041138>
- Silva, J. G., Nascente, A. S., & Sarmento, P. H. L. (2021). Herbicides doses in the defoliation of common bean to anticipate mechanized harvesting. *Advances in Weed Science*, 39. <https://doi.org/10.51694/advweedsci/2021;39:00009>
- Takano, H. K., Beffa, R., Preston, C., Westra, P., & Dayan, F. E. (2019). Reactive oxygen species trigger the fast action of glufosinate. *Planta*, 249(6), 1837–1849. <https://doi.org/10.1007/s00425-019-03124-3>
- Takano, H. K., Beffa, R., Preston, C., Westra, P., & Dayan, F. E. (2020). A novel insight into the mode of action of glufosinate: how reactive oxygen species are formed. *Photosynthesis Research*, 144(3), 361–372. <https://doi.org/10.1007/s11120-020-00749-4>
- Takano, H. K., & Dayan, F. E. (2020). Glufosinate-ammonium: a review of the current state of knowledge. *Pest Management Science*, 76(12), 3911–3925. <https://doi.org/10.1002/ps.5965>
- Traxler, C., Gaines, T. A., Küpper, A., Luemmen, P., & Dayan, F. E. (2023). The nexus between reactive oxygen species and the mechanism of action of herbicides. *Journal of Biological Chemistry*, 299(11), 105267. <https://doi.org/10.1016/j.jbc.2023.105267>
- Twitty, A., & Dayan, F. E. (2024). Is there a place for new herbicides targeting photosynthetic electron transport? *Weed Science*, 72(4), 305–312. <https://doi.org/10.1017/wsc.2024.20>
- Uebersax, M. A., Cichy, K. A., Gomez, F. E., Porch, T. G., Heitholt, J., Osorno, J. M., Kamfwa, K., Snapp, S. S., & Bales, S. (2022). Dry beans (*Phaseolus vulgaris*

- L.) as a vital component of sustainable agriculture and food security—A review. *Legume Science*, 5(1). <https://doi.org/10.1002/leg3.155>
- Vaz, V., De P Ferreira, G. A., De Freitas, F. C. L., Paiva, M. C. G., Lemos, A. S., De Souza, W. M., Júnior, M. R. F., & Cecon, P. R. (2024). Spray volume and droplet spectrum in the control of *Bidens pilosa* and *Ipomoea triloba* with the Fomesafen herbicide. *Revista Brasileira De Engenharia Agrícola E Ambiental*, 28(8). <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v28n8e282568>
- Villette, S., Maillot, T., Guillemain, J. P., & Douzals, J. P. (2022). Assessment of nozzle control strategies in weed spot spraying to reduce herbicide use and avoid under- or over-application. *Biosystems Engineering*, 219, 68–84. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2022.04.012>
- Wolf, N. R. E. (2005). Comparing downwind spray droplet deposits of four flat-fan nozzle types measured in a wind tunnel and analyzed using dropletscan. Software. *Applied Engineering in Agriculture*, 21(2), 173–177. <https://doi.org/10.13031/2013.18149>
- Wu, X., Jia, Y., Luo, B., Chen, C., Wang, Y., Kang, F., & Li, J. (2022). Deposition law of flat fan nozzle for pesticide application in horticultural plants. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 15(4), 27–38. <https://doi.org/10.25165/j.ijabe.20221504.7502>
- Zanin, A. R. A., Neves, D. C., Teodoro, L. P. R., Da Silva Júnior, C. A., Da Silva, S. P., Teodoro, P. E., & Baio, F. H. R. (2022). Reduction of pesticide application via real-time precision spraying. *Scientific Reports*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09607-w>

Capítulo III: Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja e feijão submetidas à dessecação por herbicidas em pré-colheita

RESUMO

A dessecação em pré-colheita é amplamente utilizada na soja e no feijão para uniformizar a maturação e antecipar a colheita, porém pode afetar a qualidade fisiológica das sementes. Este estudo avaliou a qualidade fisiológica das sementes de soja e feijão dessecadas com os herbicidas diquat, amonio-glufosinate, saflufenacil e flumioxazin. Os experimentos foram conduzidos separadamente em delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições, e as sementes foram submetidas aos testes de germinação, primeira contagem de germinação e envelhecimento acelerado. Nas sementes de soja, os herbicidas não alteraram a germinação nem a primeira contagem, indicando manutenção do potencial germinativo. O teste de envelhecimento acelerado evidenciou redução significativa do vigor das sementes oriundas de plantas dessecadas com saflufenacil e flumioxazin, enquanto diquat e amonio-glufosinate apresentaram desempenho semelhante ao controle. Em sementes de feijão, a germinação e o teste de primeira contagem não foram afetados negativamente pelos herbicidas dessecantes. Entretanto, o saflufenacil reduziu o vigor das sementes no teste de envelhecimento acelerado, diferindo negativamente da testemunha, enquanto os demais herbicidas preservaram o potencial fisiológico. Conclui-se que a dessecação em pré-colheita pode comprometer o vigor das sementes, mesmo quando a germinação não é afetada.

Palavras-chave: Antecipação de colheita; Envelhecimento acelerado; Estresse fisiológico; Vigor de sementes.

1. INTRODUÇÃO

As culturas da soja e do feijão são fundamentais para a segurança alimentar, economia agrícola e geração de proteínas vegetais (Messina, 2022; Mantovani et al., 2024). (FALAR SOBRE AS CULTURAS). A utilização de sementes com alta qualidade fisiológica é essencial para garantir estandes uniformes, rápida emergência e maior tolerância a condições adversas, refletindo em melhor desenvolvimento inicial das plantas (Cardarelli et al., 2022). Esse desempenho influencia diretamente a interceptação de luz, a competição com plantas daninhas e a estabilidade produtiva ao longo do ciclo. Dessa forma, sementes mais vigorosas resultam em lavouras mais uniformes, maior produtividade e maior eficiência no uso de insumos (Ebone et al., 2020; Ducatti et al., 2022).

Dentre as práticas de manejo, a dessecação em pré-colheita é uma prática consolidada em culturas graníferas, especialmente em sistemas produtivos de alta intensidade, nos quais o tempo entre a colheita e o plantio da cultura subsequente é limitado (Silva et al., 2023). A aplicação de desseccantes visa acelerar e uniformizar a maturação das plantas, antecipar a colheita e facilitar as operações mecanizadas, o que promove eficiência operacional e redução de perdas (Vaz et al., 2025). No entanto, apesar dos benefícios operacionais, a dessecação pode impactar diretamente a qualidade fisiológica e sanitária das sementes, especialmente em função do herbicida utilizado (Ribeiro et al., 2020).

Herbicidas com ação dessecante, como diquat, amonio-glufosinate, flumioxazin e saflufenacil, apresentam diferentes mecanismos de ação e efeitos sobre os tecidos vegetais (Albrecht et al., 2022). Esses efeitos fisiológicos podem causar germinação irregular e redução do vigor (Ribeiro et al., 2020). Além do mais, podem afetar processos relacionados à atividade enzimática das sementes, causando menor tolerância ao estresse e aceleração de processos degenerativos associados à deterioração fisiológica (Coêlho et al., 2024a; Coêlho et al., 2024b).

A avaliação da qualidade fisiológica das sementes é essencial para garantir bom desempenho na semeadura e assegurar populações adequadas de plantas no campo. O teste de germinação é um dos principais indicadores da capacidade das sementes em originar plântulas normais sob condições favoráveis de umidade e temperatura (Brasil, 2025). Complementarmente, testes de vigor, como o envelhecimento acelerado, simulam condições de estresse e possibilitam identificar diferenças sutis relacionadas à integridade estrutural e funcional das sementes, sendo

amplamente empregados para detectar danos latentes e estimar o potencial de armazenamento e longevidade (Marcos-Filho, 2020).

Nesse contexto, torna-se essencial avaliar a influência da dessecação em pré-colheita sobre o potencial fisiológico das sementes de soja e feijão comum, considerando que decisões inadequadas podem comprometer a qualidade do material de semeadura, a emergência no campo e, conseqüentemente, o desempenho da cultura. Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo avaliar a qualidade fisiológica de sementes de soja e feijão dessecadas em pré-colheita com os herbicidas diquat, amonio-glufosinate, flumioxazin e saflufenacil.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Produção de sementes

2.1.1. Local e condições do experimento no campo

A primeira etapa dos experimentos foi conduzida na Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão em Produção de Grandes Culturas e Bioenergia (UEPE – GCBE Aeroporto), na Universidade Federal de Viçosa (UFV), *campus* Viçosa – MG (20°44'51"S e 42°50'29"W). A cultivar de soja utilizada foi a BRS 1010IPRO, semeada em 7 de janeiro de 2024. A cultivar de feijão utilizada foi a BRSMG Marte, semeada em 28 de fevereiro de 2024. Durante todo o período experimental, os dados diários de precipitação, temperatura e umidades médias, foram obtidos pela estação meteorológica automática do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, situada no *campus* Viçosa da UFV (Figura 1).

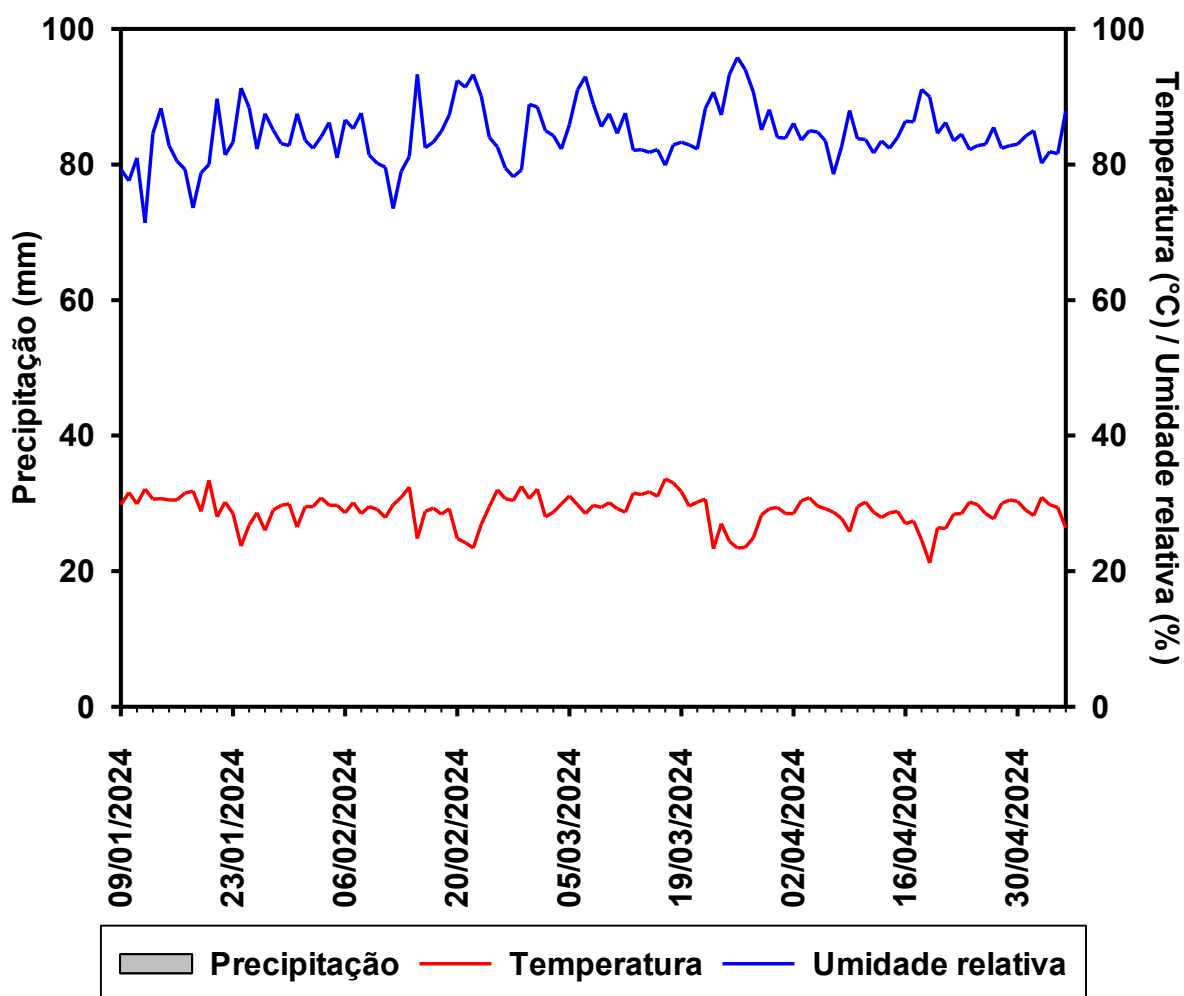


Figura 1. Dados meteorológicos de temperatura média, precipitação diária e umidade relativa do ar obtidos a partir da estação meteorológica da UFV (Universidade Federal de Viçosa) durante o período de cultivo da soja e do feijão, no município de Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

O delineamento experimental utilizado em ambos os experimentos foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram na aplicação de diferentes herbicidas utilizados para a dessecação em pré-colheita, sendo eles: diquat, amonio-glufosinato, saflufenacil e flumioxazin, além de um tratamento controle sem aplicação (Tabela 1). Cada parcela experimental foi composta por seis linhas com 8,0 m de comprimento, espaçadas entre si por 0,5 m, totalizando uma área de 20,0 m². Para as avaliações, foi considerada como área útil uma faixa de 4,0 m das duas linhas centrais, correspondendo a 2,0 m².

Tabela 1. Herbicidas aplicados na dessecação em pré-colheita da soja e do feijão.

Produto comercial	Ingrediente ativo	Dose do ingrediente ativo (g ha ⁻¹)
Reglone [®]	Diquat	400
Finale [®]	Amonio-glufosinate	400
Flumizyn 500 SC [®]	Flumioxazin	75
Heat [®]	Saflufenacil	98

Fonte: Adaptado de Brasil (2025).

2.1.2. Aplicação dos tratamentos de dessecação

Os herbicidas foram aplicados no estágio R7.3 nas plantas de soja e ao final do estágio R8 das plantas de feijão. Um pulverizador pressurizado por CO₂ comprimido foi utilizado, equipado com uma barra contendo cinco pontas de pulverização do tipo TT 11001, espaçadas em 0,50 m e posicionadas a 0,50 m acima do topo das plantas. O equipamento operava a uma pressão constante de 200 KPa, gerando gotas com diâmetro médio de 250 µm e volume de calda de 200 L ha⁻¹.

2.1.3. Colheita e beneficiamento das sementes

Após a aplicação dos tratamentos, uma amostra por repetição de cada experimento foi coletada diariamente com o objetivo de monitorar o grau de umidade das sementes, utilizando um medidor de umidade de bancada, modelo G939 (GEHAKA[®]). O grau de umidade de 18% das sementes foi utilizado como referência para considerar as parcelas aptas à colheita. Ao atingir a umidade pré-estabelecida, as vagens foram colhidas manualmente da área útil de cada parcela, debulhadas e limpas manualmente com auxílio de peneiras.

2.2. Avaliação da qualidade fisiológica das sementes

A segunda etapa do estudo foi conduzida no Laboratório de Pesquisa de Sementes, localizado no Departamento de Agronomia da UFV, *campus* Viçosa, MG. As sementes de cada tratamento foram submetidas às seguintes avaliações fisiológicas:

Grau de umidade

O método da estufa foi utilizado, a 105 °C, por 24 h. Quatro repetições de 20 sementes cada foram utilizadas. Os resultados foram expressos em porcentagem (Brasil, 2025).

Germinação

Quatro repetições contendo 50 sementes cada foram utilizadas. As sementes foram dispostas sobre folhas de papel do tipo *Germitest*, umedecido com água destilada com volume equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco. Os rolos foram mantidos em germinador à temperatura constante de 25 °C. As avaliações da contagem de plântulas normais foram realizadas no quinto dia após a semeadura (Brasil, 2025). Os resultados foram expressos em porcentagem.

Primeira contagem de germinação (PCG)

Foi realizado juntamente com o teste de germinação, com avaliação aos 5 dias após a semeadura, sendo computadas plântulas normais (Brasil, 2025). Os resultados foram expressos em porcentagem.

Envelhecimento acelerado

Quatro repetições de 50 sementes cada foram utilizadas, distribuídas em camada única sobre tela metálica dentro de caixa tipo *gerbox* transparente (11x11x3 cm), contendo 40 ml de água destilada ao fundo. As caixas foram mantidas fechadas em B.O.D. a 41 °C por 48 horas (Marcos-Filho, 2020). Após esse período, as sementes foram submetidas ao teste de germinação como descrito anteriormente e a contagem de plântulas normais foi avaliada cinco dias após a semeadura. Os resultados foram expressos em porcentagem.

2.3. Análise estatística

Os testes foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado e os dados testados quanto à normalidade e homogeneidade pelos testes Shapiro-Wilk e Barlett. O teste de Dunnet ($p < 0,05$) foi utilizado para comparar os tratamentos com o controle. A análise foi realizada utilizando o software R (R Core Team, 2025), com auxílio do pacote ExpDes (Ferreira et al., 2018).

3. RESULTADOS

3.1. Soja

No teste de germinação, o tratamento controle e o tratamento com diquat apresentaram 91% de plântulas normais, seguidos pelos tratamentos com glufosinate (88%), saflufenacil (82%) e flumioxazin (81%) (Figura 2). No teste de PCG, o diquat obteve a maior porcentagem de germinação (86,5%), enquanto o saflufenacil e o flumioxazin registraram os menores valores (74%). Tanto o teste de germinação quanto o PCG não apresentaram diferenças pelo teste de Dunnett em relação ao controle. No teste de envelhecimento acelerado, o tratamento controle apresentou 77% de plântulas normais, valor significativamente superior aos tratamentos com saflufenacil (50,5%) e flumioxazin (37%).

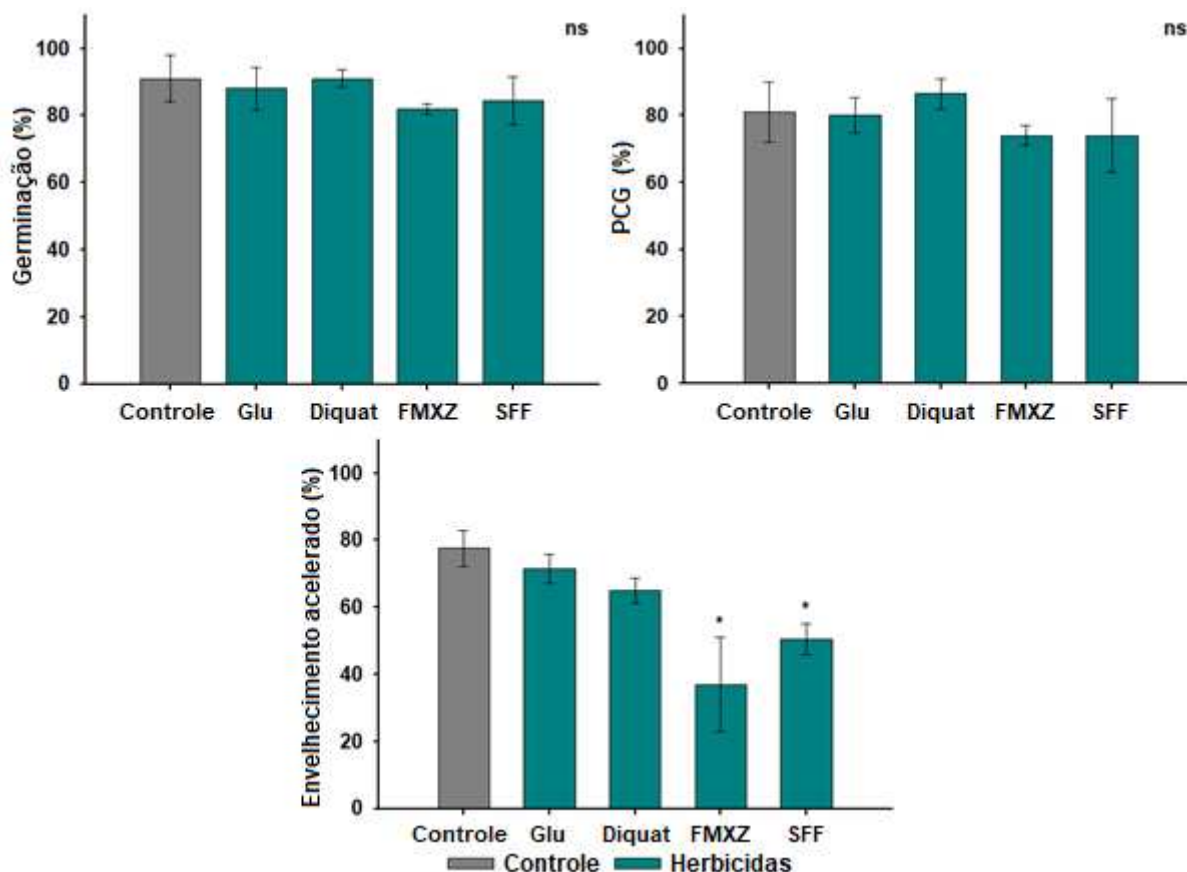


Figura 2. Qualidade fisiológica das sementes de soja submetidas a diferentes herbicidas na dessecação em pré-colheita. (*) Diferença significativa inferior em relação ao tratamento controle pelo teste de Dunnett ($p \leq 0,05$). As barras indicam o desvio padrão. ns: Não significativo. Glu = amonio-glufosinate; FMXZ = flumioxazin; SFF = saflufenacil.

3.2. Feijão

No teste de germinação, não houve diferença entre os tratamentos, com a germinação variando entre 90,5% (Controle e Saflufenacil) e 98,5% (Flumioxazin) (Figura 3). No PCG, a testemunha apresentou 55% de plântulas normais, enquanto que os tratamentos com saflufenacil (66%) e diquat (63,5%) foram superiores. No teste de envelhecimento acelerado, enquanto o controle (94%), o amonio-glufosinate (89,5%), o diquat (98%) e o flumioxazin (93,5%) mantiveram o alto vigor das sementes, o tratamento com saflufenacil (73%) sofreu redução significativa em relação à testemunha (Figura 3).

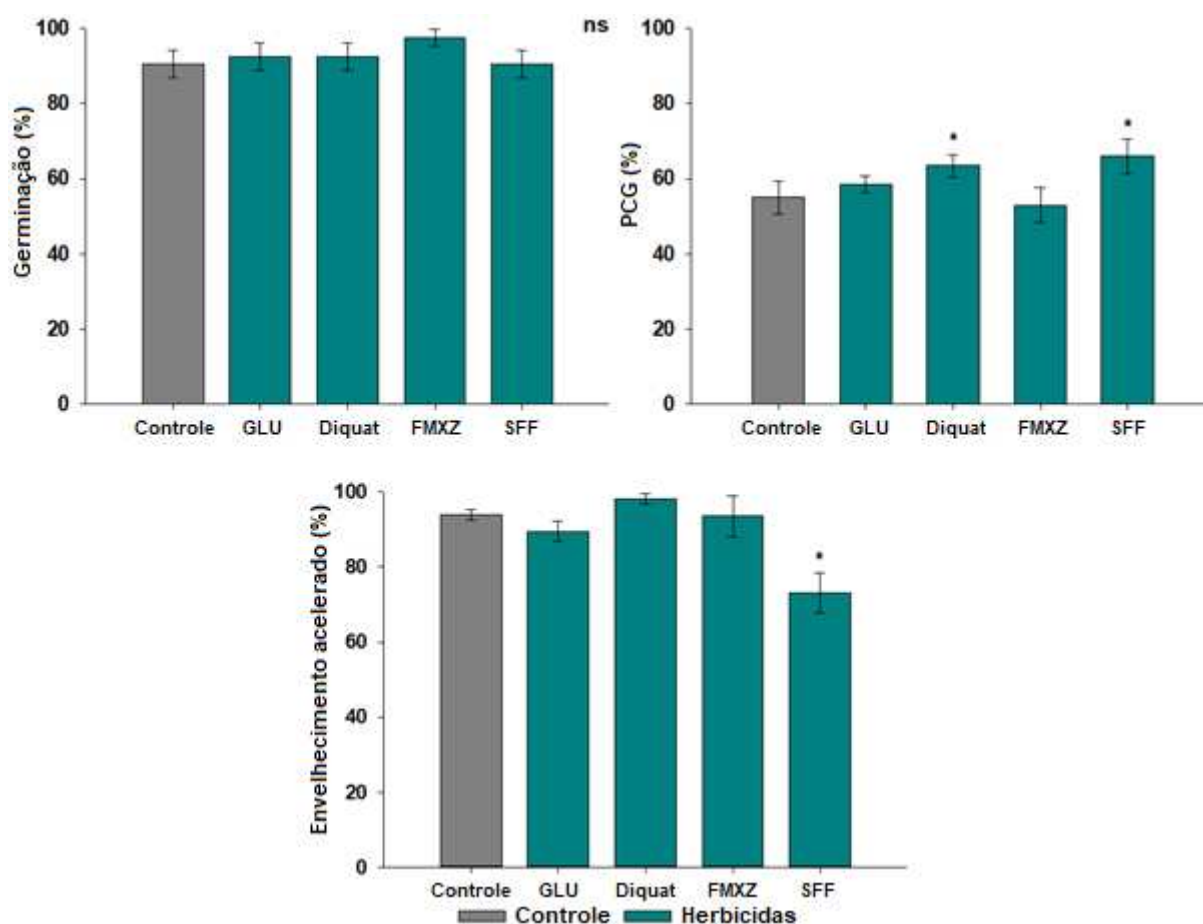


Figura 3. Qualidade fisiológica de sementes de feijão submetidas a diferentes herbicidas na dessecação em pré-colheita. (*) Diferença significativa inferior em relação ao tratamento controle pelo teste de Dunnett ($p \leq 0,05$). As barras indicam o desvio padrão. ns: Não significativo. Glu = amonio-glufosinate; FMXZ = flumioxazin; SFF = saflufenacil.

4. DISCUSSÃO

Não houve diferença entre os tratamentos para a germinação e PCG nas sementes de soja. Esses resultados indicam que, em condições ideais de germinação, os herbicidas não comprometeram de maneira significativa o potencial germinativo das sementes (Mathiassen et al., 2021). O teste de envelhecimento acelerado foi o único em que se observou diferença dos efeitos dos diferentes herbicidas sobre a qualidade fisiológica das sementes. Este teste é amplamente reconhecido por sua sensibilidade na detecção de danos e por simular condições adversas que podem comprometer o desempenho das sementes durante o armazenamento e a emergência no campo (Tura et al., 2022; Cardoso et al., 2024). Para o teste de germinação, todos os tratamentos podem ser comercializados como sementes certificadas ($\geq 80\%$ de germinação); No entanto, pelo teste de envelhecimento acelerado, nenhum tratamento pode ser comercializado como sementes certificadas ($< 80\%$ germinação) (Brasil, 2023). Tais resultados reforçam a necessidade de estabelecer mais parâmetros que somente a porcentagem de germinação para definir a qualidade de um lote de sementes para comercialização (Chagas et al., 2018).

Não houve diferença entre os tratamentos para a germinação e não houve redução de vigor pelo teste de PCG nas sementes de feijão. No entanto, o teste de envelhecimento acelerado foi o único a proporcionar diferença entre os tratamentos, no qual o saflufenacil diferiu do controle e afetou negativamente a germinação das sementes. Essa queda no vigor demonstra que a sensibilidade ao saflufenacil afeta negativamente a qualidade fisiológica das sementes de soja e feijão (Zuffo et al., 2020; Coêlho et al., 2024a). Para as sementes de feijão, somente o tratamento com saflufenacil no teste de envelhecimento acelerado não poderia ser comercializado como sementes certificadas ($< 80\%$ germinação) (Brasil, 2023). Em condições de alta porcentagem de germinação, mas baixo vigor, é possível que as plantas emergidas apresentem baixos componentes de rendimento, como altura de plantas, sementes por vagem e sementes por planta (Rodrigues et al., 2018).

As diferenças observadas entre os herbicidas podem ser explicadas por seus mecanismos de ação. O diquat é um herbicida inibidor do fotossistema I, que atua como falso aceptor de elétrons na cadeia transportadora, interagindo com o oxigênio proveniente da quebra da molécula de água e formando oxigênio singlete (Traxler et al., 2023). O amonio-glufosinate é um herbicida inibidor da enzima glutamina-

sintetase, impedindo a conversão de glutamato em glutamina, ocasionando no acúmulo de amônia e comprometendo o metabolismo celular (Takano et al., 2019; 2020). O flumioxazin e o saflufenacil são inibidores da enzima protoporfirinogênio-oxidase, precursor da clorofila, e sua inibição causa o acúmulo de protoporfirina IX, que interage com luz e oxigênio, causando uma reação em cadeia de peroxidação lipídica (Park et al., 2018). Em comum entre esses mecanismos de ação está a produção de espécies reativas de oxigênio (Caverzan et al., 2019). No entanto, a velocidade de dessecação do flumioxazin e do saflufenacil é menor em comparação com diquat e amonio-glufosinate (Raisse et al., 2020). Tal fato permite que as moléculas dos herbicidas atuem por mais tempo na planta, o que pode explicar a redução de vigor observada nas sementes de soja (saflufenacil e flumioxazin) e de feijão (saflufenacil).

A menor performance no teste de envelhecimento acelerado dos tratamentos com flumioxazin e saflufenacil pode estar associada a danos fisiológicos em proteínas-chave para a longevidade, como as LEA (*late embryogenesis abundant*), HSPs (*heat shock proteins*) e enzimas antioxidantes (Lima et al., 2017). Tal fato pode explicar ainda porque o teste de envelhecimento acelerado foi o único que evidenciou tais diferenças. Assim, os resultados obtidos indicam que, embora a germinação não seja imediatamente afetada, a dessecação em pré-colheita pode reduzir o vigor das sementes, com magnitude dependente do herbicida e da cultura.

5. CONCLUSÃO

Nas condições desse experimento, a dessecação em pré-colheita não comprometeu a germinação das sementes de soja e de feijão. Nas sementes de soja, o flumioxazin e o saflufenacil reduzem o vigor das sementes (teste de envelhecimento acelerado), enquanto diquat e amonio-glufosinate mantém desempenho semelhante ao tratamento controle. Nas sementes de feijão, a germinação e a primeira contagem não são afetadas negativamente. Entretanto, o saflufenacil reduz o vigor das sementes (teste de envelhecimento acelerado) em comparação com o tratamento controle.

REFERÊNCIAS

- Albrecht, A. J. P., Albrecht, L. P., & Silva, A. F. M. (2022). Agronomic implications of paraquat ban in Brazil. *Advances in Weed Science*, 40(spe1). <https://doi.org/10.51694/advweedsci/2022;40:seventy-five009>
- Brasil, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). (2023). *Instrução Normativa nº 45, de 17 de setembro de 2013*. Diário Oficial da União. <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/sementes-e-mudas/publicacoes-sementes-e-mudas>
- Brasil, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). (2025). *Regras para análise de sementes*. Secretaria de Defesa Agropecuária. https://wikisda.agricultura.gov.br/Laborat%C3%B3rios/Metodologia/Sementes/RAS_2025
- Brasil, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). (2025). *Agrofit: Pesticide registration system*. <https://agrofit.agricultura.gov.br>
- Cardarelli, M., Woo, S. L., Rouphael, Y., & Colla, G. (2022). Seed Treatments with Microorganisms Can Have a Biostimulant Effect by Influencing Germination and Seedling Growth of Crops. *Plants*, 11(3), 259. <https://doi.org/10.3390/plants11030259>
- Cardoso, C. P., Perissato, S. M., Bianchi, L., Ribeiro, M., Chamma, L., & Da Silva, E. a. A. (2024). Characterization of acquisition of physiological quality in soybean seeds from desiccated plants. *Journal of Seed Science*, 46. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v46280620>
- Caverzan, A., Piasecki, C., Chavarria, G., Stewart, C. N., & Vargas, L. (2019). Defenses against ROS in crops and weeds: the effects of interference and herbicides. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(5), 1086. <https://doi.org/10.3390/ijms20051086>
- Chagas, J., Farias, J., Souza, R., Júnior, S. F., & Costa, M. (2018). Germinação e vigor de sementes crioulas de feijão-caupi. *Agrarian Academy*, 5(9), 487–498. https://doi.org/10.18677/agrarian_academy_2018a48
- Chamma, L., Da Silva, G. F., Perissato, S. M., Alievi, C., Chaves, P. P. N., Giandoni, V. C. R., Calonego, J. C., & Da Silva, E. a. A. (2023). Does Forced Plant Maturation by Applying Herbicide with Desiccant Action Influence Seed Longevity in Soybean? *Plants*, 12(15), 2769. <https://doi.org/10.3390/plants12152769>

- Coêlho, E. D. S., Ribeiro, J. E. S., Lopes, W. A. R., Oliveira, A. K. S., Oliveira, P. H. A., Santos, G. L. D., Barbosa, E. S., Silva, V. N. S. E., Lins, H. A., Benedito, C. P., Silveira, L. M., Araujo Filho, A. C., Silva, D. V., & Júnior, A. P. B. (2024a). Time of application of desiccant herbicides affects photosynthetic pigments, physiological indicators, and the quality of cowpea seeds. *Journal of Xenobiotics*, 14(3), 1312–1331. <https://doi.org/10.3390/jox14030074>
- Coêlho, E. D. S., Ribeiro, J. E. S., Oliveira, P. H. A., Lopes, W. A. R., Oliveira, A. K. S., Souza, M. F., Lins, H. A., Benedito, C. P., Silveira, L. M., Júnior, A. P. B., & Silva, D. V. (2024b). Chemical Desiccation in the Preharvest of Cowpea: A Study of How the Time of Application Interferes in the Enzymatic and Physiological Aspects of Seedlings from Desiccated Plants. *ACS Omega*, 9(32), 34893–34904. <https://doi.org/10.1021/acsomega.4c04489>
- Ducatti, K. R., Batista, T. B., Hirai, W. Y., Luccas, D. A., Aguila Moreno, L., Guimarães, C. C., Bassel, G. W., & Silva, E. A. A. (2022). Transcripts Expressed during Germination Sensu Stricto Are Associated with Vigor in Soybean Seeds. *Plants*, 11(10), 1310. <https://doi.org/10.3390/plants11101310>
- Ebone, L. A., Caverzan, A., Tagliari, A., Chiomento, J. L. T., Silveira, D. C., & Chavarria, G. (2020). Soybean seed vigor: Uniformity and growth as key factors to improve yield. *Agronomy*, 10(4), 545. <https://doi.org/10.3390/agronomy10040545>
- Ferreira, E. B., Cavalcanti, P. P., & Nogueira, D. A. (2018). *ExpDes: Experimental Designs package* (Version 1.2.0). Retrieved from <https://CRAN.R-project.org/package=ExpDes>
- Lima, J. J. P., Buitink, J., Lalanne, D., Rossi, R. F., Pelletier, S., Silva, E. A. A., Leprince, O. (2017). Molecular characterization of the acquisition of longevity during seed maturation in soybean. *PLOS ONE*, 12(7), e0180282. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180282>
- Mantovani, G. G., Plassa, W., & Telles, T. S. (2024). Spatial and economic dynamics of bean crops in an important production hub in Brazil. *Outlook on Agriculture*, 53(2), 189–202. <https://doi.org/10.1177/00307270241231614>
- Marcos-Filho, J. M. (2020). Teste de envelhecimento acelerado. In F. C. Krzyzanowski, R. D. Vieira, J. B. França-Neto & J. M. Filho (Eds.), *Vigor de sementes: conceitos e testes* (pp. 182–244). ABRATES.
- Mathiassen, S. K., Boutin, C., Strandberg, B., Carpenter, D., & Damgaard, C. (2021). Effects of low doses of herbicides on different endpoints in the life cycle of

- nontarget terrestrial plants. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 40(5), 1389–1404. <https://doi.org/10.1002/etc.4992>
- Messina, M. (2022). Perspective: Soybeans can help address the caloric and protein needs of a growing global population. *Frontiers in Nutrition*, 9, 909464. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.909464>
- Park, J., Ahn, Y. O., Nam, J., Hong, M., Song, N., Kim, T., Yu, G., & Sung, S. (2018). Biochemical and physiological mode of action of tiafenacil, a new protoporphyrinogen IX oxidase-inhibiting herbicide. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 152, 38–44. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2018.08.010>
- R Core Team (2025). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.r-project.org/>
- Raisse, E. R., De Oliveira Assis, M., Araujo, E. F., De Freitas, F. C. L., & Araujo, R. F. (2020). CHEMICAL DESICCANTS FOR ANTICIPATION OF HARVEST AND PHYSIOLOGICAL QUALITY OF COWPEA SEEDS. *Revista Caatinga*, 33(4), 878–887. <https://doi.org/10.1590/1983-21252020v33n402rc>
- Ribeiro, J. P. O., Medeiros, A. D., Caliari, I. P., Trancoso, A. C. R., Miranda, R. M., Freitas, F. C. L., Silva, L. J., & Dias, D. C. F. D. S. (2020). FT-NIR and linear discriminant analysis to classify chickpea seeds produced with harvest aid chemicals. *Food Chemistry*, 342, 128324. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128324>
- Rodrigues, D. S., Schuch, L. O. B., Meneghello, G. E., & Peske, S. T. (2018). DESEMPENHO DE PLANTAS DE SOJA EM FUNÇÃO DO VIGOR DAS SEMENTES e DO ESTRESSE HÍDRICO. *Revista Científica Rural*, 20(2), 144–158. <https://doi.org/10.30945/rcr-v20i2.260>
- Silva, G. F., Chamma, L., Luperini, B. C. O., Chaves, P. P. N., Calonego, J. C., Nakagawa, J., & Da Silva, E. a. A. (2023). Physiological quality of soybean seeds as a function of soil management systems and Pre-Harvest desiccation. *Agronomy*, 13(3), 847. <https://doi.org/10.3390/agronomy13030847>
- Takano, H. K., Beffa, R., Preston, C., Westra, P., & Dayan, F. E. (2019). Reactive oxygen species trigger the fast action of glufosinate. *Planta*, 249(6), 1837–1849. <https://doi.org/10.1007/s00425-019-03124-3>
- Takano, H. K., Beffa, R., Preston, C., Westra, P., & Dayan, F. E. (2020). A novel insight into the mode of action of glufosinate: how reactive oxygen species are formed.

Photosynthesis Research, 144(3), 361–372. <https://doi.org/10.1007/s11120-020-00749-4>

- Traxler, C., Gaines, T. A., Küpper, A., Luemmen, P., & Dayan, F. E. (2023). The nexus between reactive oxygen species and the mechanism of action of herbicides. *Journal of Biological Chemistry*, 299(11), 105267. <https://doi.org/10.1016/j.jbc.2023.105267>
- Tura, M., Ansorena, D., Astiasarán, I., Mandrioli, M., & Toschi, T. G. (2022). Evaluation of Hemp Seed Oils Stability under Accelerated Storage Test. *Antioxidants*, 11(3), 490. <https://doi.org/10.3390/antiox11030490>
- Vaz, V., Pontes Junior, V. B., Paiva, M. C. G., Silva, E. M. G., Ferreira, G. P, Carvalho, M. A. B., Cunha, V. P., De-La Cruz, R. A., & Freitas, F. C. L. (2025). Pre-Harvest Desiccation of Bean with Diquat: Comparison Between Aerial and Ground Applications and Spray Volumes. *International Journal of Plant Production*. <https://doi.org/10.1007/s42106-025-00346-2>
- Zuffo, A. M., Aguilera, J. G., Carvalho, E. R., & Teodoro, P. E. (2020). Harvest times with chemical desiccation and the effects on the enzymatic expression and physiological quality of soybean seeds. *Revista Caatinga*, 33(2), 361–370. <https://doi.org/10.1590/1983-21252020v33n209rc>

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os três capítulos evidenciam que o sucesso da dessecação em pré-colheita está condicionado à tecnologia de aplicação associada ao volume de calda e à escolha criteriosa dos herbicidas. A redução do volume de calda, quando bem manejada, representa uma estratégia viável para aumentar a eficiência e sustentabilidade da dessecação em pré-colheita para as culturas da soja e feijão. Por outro lado, os resultados relacionados à qualidade fisiológica das sementes evidenciam que a escolha do herbicida deve considerar não apenas a eficiência operacional da dessecação, mas também seus possíveis efeitos fisiológicos sobre as sementes produzidas. Dessa forma, os estudos aqui apresentados contribuem significativamente para o aprimoramento técnico e científico das práticas de manejo de culturas e plantas daninhas, alinhando-se às demandas atuais por maior produtividade, sustentabilidade e qualidade nos sistemas agrícolas.