

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Ricardo Henrique Carvalho Guimarães

CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS COM CLETODIM E 2,4-D APLICADOS POR UM
SISTEMA DE TANQUES E BARRAS SIMPLES E DUPLAS EM DIFERENTES TAXAS DE
APLICAÇÃO

Monte Carmelo
2026

RICARDO HENRIQUE CARVALHO GUIMARAES

CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS COM CLETODIM E 2,4-D APLICADOS POR UM
SISTEMA DE TANQUES E BARRAS SIMPLES E DUPLAS EM DIFERENTES TAXAS DE
APLICAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Agronomia da Universidade
Federal de Uberlândia, Campus Monte
Carmelo, como requisito necessário para a
obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Mariana Rodrigues
Bueno

Monte Carmelo
2026

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

RICARDO HENRIQUE CARVALHO GUIMARÃES

CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS COM CLETODIM E 2,4-D APLICADOS POR UM
SISTEMA DE TANQUES E BARRAS SIMPLES E DUPLAS EM DIFERENTES TAXAS DE
APLICAÇÃO

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso
de Agronomia da Universidade Federal de
Uberlândia, Campus Monte Carmelo, como
requisito necessário para a obtenção do grau
de Engenheiro Agrônomo.

Monte Carmelo, 13 de Julho de 2026

Banca Examinadora

Prof.^a Dr.^a Mariana Rodrigues Bueno
Orientadora

Prof. Dr. João Eduardo Ribeiro da Silva
Membro da Banca

Eng. Agr. Me. Gustavo Moreira Ribeiro
Membro da Banca

AGRADECIMENTOS

A conclusão deste trabalho representa o encerramento de uma importante etapa da minha trajetória acadêmica e pessoal. Ao longo desse percurso, contei com o apoio, a confiança e o incentivo de diversas pessoas, às quais expresso minha sincera gratidão.

Agradeço, em primeiro lugar, à minha família e minha namorada, pelo amor, compreensão e apoio incondicional em todos os momentos, especialmente durante os desafios enfrentados ao longo da graduação.

À minha orientadora, agradeço pela orientação, disponibilidade, dedicação e pelos valiosos ensinamentos compartilhados durante o desenvolvimento deste trabalho, fundamentais para a construção desta pesquisa.

Aos professores do curso, pela contribuição em minha formação acadêmica e profissional, transmitindo conhecimentos que levarei para toda a minha carreira.

Aos meus colegas e amigos, agradeço pelo companheirismo, pelas trocas de experiências, pelo incentivo e pelos momentos compartilhados ao longo desta jornada.

Agradeço também à Universidade Federal de Uberlândia – Campus Monte Carmelo, por nos proporcionar a estrutura, os recursos e as oportunidades necessárias para meu desenvolvimento acadêmico.

Ao Dr. Guilherme Sousa Alves e a empresa Jacto, por confiarem no nosso grupo de pesquisa e nos proporcionar a experiência e a possibilidade de trabalharmos juntos.

Por fim, agradeço a todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, seja por meio de apoio, incentivo ou colaboração direta e indireta.

A todos, meu muito obrigado.

SUMÁRIO

RESUMO	4
ABSTRACT	5
1 INTRODUÇÃO.....	6
2 OBJETIVO	8
3 REVISÃO DA LITERATURA.....	8
3.1. Herbicidas.....	8
3.2. Mistura de Herbicidas.....	10
3.3. Equipamentos de Pulverização	11
3.4. Taxa de Aplicação.....	12
4 MATERIAL E MÉTODOS	14
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
6 CONCLUSÃO.....	27
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

RESUMO

O manejo químico de plantas daninhas é essencial para a produtividade agrícola, baseado no uso de herbicidas e principalmente no uso de mistura de herbicidas e outros produtos em tanque numa mesma aplicação. Entretanto, a mistura em tanque pode gerar antagonismos, reduzindo a eficiência de controle das plantas daninhas. Além disso, fatores como taxa de aplicação e tecnologia de aplicação influenciam diretamente o desempenho dos produtos. Nesse sentido, o trabalho teve como objetivo avaliar a eficácia dos herbicidas clethodim e 2,4-D aplicados em dessecação por diferentes sistemas de pulverização com tanque e barra simples e duplos, em diferentes taxas de aplicação. O experimento foi conduzido no Campus da UFU em Monte Carmelo-MG, em delineamento inteiramente casualizado com sete tratamentos e quatro repetições. Foram avaliados sete sistemas de aplicação: mistura de herbicidas em tanque e aplicação com barra simples nas taxas de aplicação (TA) de 60 e 120 L ha⁻¹; dois tanques com mistura de herbicidas diretamente na barra com TA de 60 e 120 L ha⁻¹; dois tanques e duas barras (não ocorreu mistura de herbicidas em nenhum momento no circuito) com três combinações de TA (60 L ha⁻¹ total, sendo 30 L ha⁻¹ aplicados por barra; 120 L ha⁻¹ total, sendo 60 L ha⁻¹ por barra e 240 L ha⁻¹ total sendo 120 L ha⁻¹ por barra). As caldas de aplicação foram compostas pelos herbicidas 2,4-D (Aminol[®] - 670g i.a ha⁻¹), clethodim (Poquer[®] - 108g i.a ha⁻¹) e óleo mineral (Iharol Gold[®] - 0,5% v v⁻¹). Avaliou-se a porcentagem de controle por meio da escala visual de controle de plantas daninhas aos 7, 14 e 21 dias após a aplicação em quatro plantas daninhas representativas da área, duas monocotiledôneas (*Brachiaria decumbens* e *Digitaria horizontalis*) e duas dicotiledôneas (*Alternanthera tenella* e *Richardia brasiliensis*). Os dados foram submetidos à ANOVA e o teste de Tukey a 0,05 de significância no R software[®]. O sistema de aplicação influenciou a eficácia de controle das plantas daninhas avaliadas. Os tratamentos que reduziram (tanque simples e barra simples) ou eliminaram o contato prévio entre os herbicidas (dois tanques e duas barras) em geral apresentaram desempenho superior, especialmente para as espécies monocotiledôneas e para a média geral aos 14 e 21 DAA. A adoção de tecnologias de pulverização capazes de evitar ou reduzir a mistura prévia entre herbicidas inibidores de ACCase e mimetizadores de auxina, com taxas de aplicação de 60 ou 120 L ha⁻¹, representa uma alternativa promissora para aumentar a eficiência das aplicações de dessecação, contribuindo para um manejo químico mais eficiente, racional e operacionalmente viável.

PALAVRAS-CHAVE: antagonismo, dessecação, graminicida, plantas daninhas, tecnologia de aplicação.

ABSTRACT

Chemical weed management is essential for agricultural productivity and is widely based on the use of herbicides, particularly tank mixtures of herbicides and other products applied simultaneously. However, tank mixing may result in herbicide antagonism, reducing weed control efficacy. In addition, factors such as application rate and application technology directly influence herbicide performance, highlighting the importance of strategies that minimize incompatibilities. Therefore, this study aimed to evaluate the efficacy of the herbicides clethodim and 2,4-D applied during desiccation using a simple and dual tank and boom spraying system at different application rates. The experiment was conducted at the Araras Campus of the Federal University of Uberlândia, located in Monte Carmelo, Minas Gerais, Brazil, using a completely randomized design with seven treatments and four replications. Seven application systems were evaluated: tank-mixed herbicides applied with a single boom at application rates of 60 and 120 L ha⁻¹; two tanks with herbicides mixed directly at the boom at application rates of 60 and 120 L ha⁻¹; and two tanks with two independent booms (without herbicide mixing at any point in the spraying circuit) at three application rate combinations (60 L ha⁻¹ total, with 30 L ha⁻¹ applied per boom; 120 L ha⁻¹ total, with 60 L ha⁻¹ per boom; and 240 L ha⁻¹ total, with 120 L ha⁻¹ per boom). Spray solutions consisted of water, 2,4-D (Aminol®; 670 g a.e. ha⁻¹), clethodim (Poquer®; 108 g a.i. ha⁻¹), and mineral oil (Iharol Gold®; 0.5% v/v). Weed control was visually evaluated according to the Brazilian Weed Science Society (SBCPD, 1995) rating scale at 7, 14, and 21 days after application (DAA) for four representative weed species in the experimental area: two monocotyledonous species (*Brachiaria decumbens* and *Digitaria horizontalis*) and two dicotyledonous species (*Alternanthera tenella* and *Richardia brasiliensis*). Data were subjected to analysis of variance (ANOVA), and means were compared using Tukey's test at the 5% significance level with R software®. The application system directly influenced weed control efficacy. Treatments that reduced (two tanks with boom mixing) or eliminated (two tanks with two independent booms) prior contact between clethodim and 2,4-D generally provided superior performance, particularly for the evaluated monocotyledonous species (*Brachiaria decumbens* and *Digitaria horizontalis*) and for the overall weed control at 14 and 21 DAA. The adoption of spraying technologies capable of preventing or minimizing prior mixing between ACCase-inhibiting and auxin-mimicking herbicides at application rates of 60 or 120 L ha⁻¹ represents a promising strategy to improve burndown application efficiency, contributing to more efficient, rational, and operationally feasible chemical weed management.

KEYWORDS: antagonism, desiccation, graminicide, weed, application technology.

1 INTRODUÇÃO

Os herbicidas são indispensáveis durante o processo produtivo de uma lavoura. O manejo adequado de plantas daninhas, permite explorar ao máximo o potencial produtivo das culturas e reduzir as perdas (Bueno et. al., 2013). A eficiência desse manejo, porém, depende não apenas da escolha correta dos ingredientes ativos, mas também de fatores associados à tecnologia de aplicação, compatibilidade entre produtos e condições operacionais.

Diversos estudos têm destacado que, embora a mistura de herbicidas em tanque seja uma prática comum para ampliar o espectro de controle de plantas daninhas, essa estratégia pode gerar interações indesejadas entre moléculas, fenômeno conhecido como antagonismo. Certas combinações, especialmente entre herbicidas graminicidas inibidores de ACCase (Acetil-CoA Carboxilase) e herbicidas inibidores de auxina, podem reduzir significativamente a eficácia de controle sobre plantas daninhas de folhas estreitas, reforçando a necessidade de atenção às misturas em tanque (Merritt et. al., 2020).

Da mesma forma, outros estudos observaram que a aplicação de herbicidas graminicidas em mistura em tanque com 2,4-D ou dicamba pode resultar em queda acentuada do controle devido a interações antagônicas entre os princípios ativos (Duenk et al., 2023). Portanto, visando evitar possíveis antagonismos e incompatibilidade de misturas em tanque, o e consequentemente falhas no controle de plantas daninhas, o mais recomendado seria realizar a aplicação de herbicidas graminicidas separadamente de herbicidas para folhas largas (Craygmyle et. al., 2013; Meyer; Norsworthy, 2019).

Uma das formas de reduzir esses problemas de incompatibilidade, é fazer as aplicações em operações separadas, como por exemplo as aplicações sequenciais (Eubank et al., 2013; Grichar et al., 2016; Underwood et al., 2016), primeiro faz-se as aplicações dos herbicidas graminicidas e num segundo momento se aplica os herbicidas latifolicidas ou vice-versa.

Outra possibilidade é aumentar a taxa de aplicação das aplicações. Ao aumentar o volume de água da pulverização espera-se uma maior diluição do produto consequentemente menores problemas de incompatibilidade (Ramsdale & Messersmith, 2001; Nurse et al., 2008; Fritz et al., 2010). Todavia, aumentar o número de operações mecanizadas e a taxa de aplicação pode aumentar consideravelmente os custos de produção (Edwards et al., 2015; FAO, 2020), uma

vez que há gastos adicionais com hora máquina, operador, combustível, além de maior uso de água no processo.

Uma outra forma de reduzir esses problemas é realizar a aplicação utilizando sistemas de pulverização equipados com tanques e barras duplas, onde é possível colocar produtos naturalmente antagônicos em tanques diferentes, e ainda aplicá-los em barras diferentes, dessa forma os produtos não têm contato direto entre si, ou seja, não acontece a mistura em tanque. Leise et al. (2025), avaliou o controle de milho voluntário (milho tigüera) com quizalofop e 2,4-D utilizando um pulverizador de precisão de barras duplas, e verificou que o sistema reduziu o antagonismo entre os herbicidas avaliados. Algumas empresas de pulverizadores agrícolas têm desenvolvido protótipos acoplados com esse sistema de pulverização, os quais estão em fase de teste a fim de validar a eficácia do sistema.

O uso de sistemas de pulverização com tanques e barras duplas surge como alternativa promissora, pois permite a aplicação simultânea ou sequencial de diferentes produtos sem que haja mistura prévia em tanque. Essa tecnologia reduz o risco de antagonismo e incompatibilidades físico-químicas, além de possibilitar maior flexibilidade operacional na escolha dos herbicidas e no momento de aplicação, contribuindo para maior eficiência e segurança no controle de plantas daninhas (Torra et al., 2024; Shekhawat et al., 2022). Além disso, compreender a interação entre taxa de aplicação e sistema de pulverização é essencial para otimizar o manejo, reduzir perdas por deriva ou escorrimento e aumentar a eficiência operacional (Ferreira et al., 2013; Gazziero et al., 2022).

As hipóteses deste trabalho partem da premissa que o controle de plantas daninhas é indiferente ao sistema de pulverização (tanques e barras simples e duplas) e da taxa de aplicação utilizados (hipótese nula - H_0), ou que o uso de sistemas com tanques e barras duplas, ou de tanques duplos e mistura na barra promove um melhor controle de plantas daninhas quando comparados aos sistemas tradicionais de pulverização compostos por um tanque e uma barra, podendo ser associados a menores volumes de calda (hipótese alternativa - H_1).

2 OBJETIVO

Nesse sentido, o trabalho teve como objetivo avaliar a eficácia dos herbicidas clethodim e 2,4-D aplicados em dessecação com diferentes sistemas de tanques e barras simples e duplas, em diferentes taxas de aplicação.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1. Herbicidas

Os herbicidas são substâncias químicas utilizadas para suprimir, controlar ou eliminar plantas daninhas que interferem no desenvolvimento das culturas agrícolas (Nath et al., 2024). Esses produtos atuam por diferentes mecanismos bioquímicos, dependendo do ingrediente ativo, e são fundamentais para a manutenção da produtividade das lavouras, principalmente em sistemas modernos que exigem alta eficiência operacional.

A interferência das plantas daninhas é amplamente documentada na literatura, sendo responsável por reduções significativas de rendimento devido à competição por luz, água, nutrientes e espaço, além de favorecer o abrigo de pragas e dificultar processos de colheita (Gao et al., 2024; Paul et al., 2024). Assim, os herbicidas se tornam ferramentas essenciais para garantir que as culturas expressem seu máximo potencial produtivo de forma economicamente viável.

A importância dos herbicidas no controle de plantas daninhas tem crescido principalmente em sistemas de plantio direto, que dependem fortemente do manejo químico para manter a área livre de plantas indesejáveis. Estudos recentes mostram que a adoção de herbicidas eficientes permite maior estabilidade na produtividade ao longo das safras, reduz a necessidade de operações mecanizadas e otimiza o manejo de grandes áreas agrícolas (Shekhawat et al., 2022). Além disso, os herbicidas são indispensáveis em cenários de alta pressão de plantas daninhas resistentes, um fenômeno que se intensificou nas últimas décadas em função do uso repetitivo de poucos mecanismos de ação, especialmente do glifosato (Barroso et al., 2017; Silva et al., 2023).

Nesse contexto, o uso de herbicidas durante a dessecação pré-semeadura tornou-se um ponto crítico do manejo. A dessecação é realizada momentos antes da semeadura das culturas, ou até mesmo juntamente a semeadura, e tem como objetivo eliminar a vegetação existente, garantindo condições adequadas para emergência uniforme e reduzindo a competição inicial (Adegas et al., 2017). Além disso, é uma fase estratégica para o controle de plantas daninhas perenizadas ou tolerantes a herbicidas comuns, que, se não eliminadas nesse momento, podem comprometer o resultado da safra subsequente. Com a retirada do paraquat do mercado brasileiro, intensificou-se os estudos e a utilização de misturas com herbicidas sistêmicos, como glifosato associado a hormonais e graminicidas, o que exige maior rigor técnico no manejo (Gazziero et al., 2022).

Entre os principais desafios da dessecação está o controle do milho voluntário (milho tiguera), especialmente quando oriundo de cultivares transgênicas tolerantes ao glifosato (Cultivos RR – Round up Ready). Essas plantas emergem de grãos “perdidos” na colheita e, por apresentarem tolerância ao herbicida mais utilizado no manejo pré-semeadura, requerem produtos específicos, como graminicidas inibidores da ACCase. Estudos demonstram que populações de milho voluntário podem reduzir significativamente a produtividade da soja quando não manejadas adequadamente (Alms et al., 2016).

Outros desafios incluem espécies que desenvolveram resistência múltipla, como o capim-amargoso (*Digitaria insularis*) e o capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*). O capim-amargoso, por exemplo, tornou-se um dos maiores problemas das áreas de soja no Brasil, devido à sua perenidade e à comprovada resistência ao glifosato (Cavaliere et al., 2022). Da mesma forma, o pé-de-galinha vem apresentando resistência não apenas ao glifosato, mas também a inibidores da ACCase, tornando seu controle ainda mais complexo (Correia et al., 2022). Para essas espécies, recomenda-se muitas vezes a aplicação sequencial de herbicidas em estádios mais jovens para maior eficácia de controle e a combinação de mecanismos de ação distintos.

Clethodim e 2,4-D por exemplo, são dois herbicidas amplamente empregados em programas de manejo de plantas daninhas resistentes, inclusive muito utilizados na dessecação em mistura em tanque. O clethodim é um herbicida pertencente ao grupo químico das ciclohexanodionas, inibidor da ACCase, seletivo para culturas dicotiledôneas e recomendado para o controle de gramíneas anuais e perenes em pós-emergência. De acordo com sua bula, apresenta rápida absorção foliar, translocação sistêmica e elevada eficiência no controle de milho voluntário

jovem, capim-amargoso e outras gramíneas de difícil manejo, desde que aplicado em plantas no início do desenvolvimento e em condições favoráveis (UPL, 2023). Pesquisas recentes reforçam a eficácia do clethodim no controle do capim-amargoso quando aplicado isoladamente ou em sequências específicas com glifosato, embora misturas em tanque possam apresentar antagonismo dependendo das doses e do estágio da planta (Bianchi et al., 2021).

O herbicida 2,4-D pertence ao grupo das auxinas sintéticas é muito utilizado no controle de plantas daninhas dicotiledôneas. Conforme sua bula, o 2,4-D atua provocando desregulação hormonal nas plantas sensíveis, levando à morte por crescimento desordenado dos tecidos (Corteva, 2023). O produto tem sido especialmente importante na dessecação de pré-semeadura para ampliar o espectro de controle sobre espécies de folha larga que apresentam resistência a outros mecanismos de ação, como *Conyza spp.* e *Amaranthus spp.* Estudos recentes demonstram que o uso combinado de 2,4-D com herbicidas sistêmicos pode potencializar o controle de plantas daninhas resistentes em dessecação, desde que observadas as recomendações de intervalo entre aplicações e condições climáticas adequadas para reduzir riscos de deriva (Torra et al., 2024; Filus et al., 2024).

Assim, o uso de herbicidas como clethodim e 2,4-D destaca-se como ferramenta essencial no manejo químico de plantas daninhas, especialmente em um cenário de crescente resistência de plantas daninhas e de maior complexidade no manejo pré-semeadura. A adoção criteriosa desses produtos, aliada ao respeito às recomendações de bula e ao manejo integrado, torna-se fundamental para garantir eficiência, sustentabilidade e longevidade das tecnologias disponíveis.

3.2. Mistura de Herbicidas

A mistura de herbicidas em tanque de pulverização é muito utilizada para ampliar o espectro de controle e otimizar o manejo de plantas daninhas, porém, essa prática pode gerar interações negativas ou positivas entre os ingredientes ativos. Entre os casos mais bem documentados está o antagonismo entre herbicidas auxínicos, como o 2,4-D, e os herbicidas inibidores da ACCase, como o clethodim. Estudos demonstram que o 2,4-D pode reduzir a absorção e a translocação de graminicidas, diminuindo sua eficácia sobre gramíneas de difícil controle, como *Digitaria insularis* (Bianchi et al., 2021; Cavalieri et al., 2022). Esse fenômeno ocorre porque os herbicidas auxínicos induzem respostas fisiológicas rápidas, alterando processos

celulares que interferem diretamente na mobilidade do clethodim dentro da planta (Blackshaw et al., 2006; Bianchi et al., 2021).

Apesar desse efeito negativo, misturas envolvendo 2,4-D podem apresentar sinergismo quando aplicadas com herbicidas sistêmicos, como o glifosato, principalmente no controle de dicotiledôneas resistentes, a exemplo de *Conyza spp.* (Torra et al., 2024; Filus et al., 2024). Para o clethodim, o sinergismo é menos comum, mas aplicações sequenciais, e não simultâneas, podem favorecer melhores resultados no manejo de milho voluntário e gramíneas perenes (Alms et al., 2016; Bianchi et al., 2021).

Outro ponto crítico relacionado às misturas em tanque, é com relação à compatibilidade físico-química de herbicidas oleosos, como clethodim (formulação EC – Concentrado emulsionável), que podem sofrer instabilidade quando misturados a sais de 2,4-D, provocando precipitação, separação de fases ou viscosidade elevada da calda. Alterações de pH ou temperatura da água também podem intensificar essas incompatibilidades (Correia et al., 2022). Por isso, recomenda-se seguir rigorosamente a ordem de mistura indicada pelos fabricantes e avaliar previamente a compatibilidade entre formulações, por meio de testes de garrafa (Costa et al., 2020).

Historicamente, algumas combinações são reconhecidas por causar antagonismo ou instabilidade. Misturas de glifosato com graminicidas inibidores de ACCase, frequentemente reduzem o controle de *Eleusine indica*, enquanto produtos inibidores de ALS (Acetolactato Sintase) podem ter sua translocação prejudicada quando combinados com auxínicos, como o 2,4D, o dicamba e o picloram (Silva et al., 2023). Também há relatos de incompatibilidade físico-química envolvendo glufosinato e formulações oleosas, exigindo atenção especial no preparo da calda (Shekhawat et al., 2022).

Assim, compreender sinergismos, antagonismos e limitações físico-químicas é essencial para posicionar adequadamente as misturas de herbicidas, seja por aplicação de uma mistura pronta de herbicidas sequencial ou em tanque, garantindo eficiência e segurança no manejo das plantas daninhas.

3.3. Equipamentos de Pulverização

Os equipamentos de pulverização desempenham papel central na eficiência do manejo químico, influenciando diretamente a deposição, cobertura e uniformidade da aplicação de

herbicidas. Os pulverizadores convencionais de barra, amplamente utilizados na agricultura brasileira, operam com tanque único, sistema hidráulico de pressurização e bicos distribuídos ao longo da barra. Embora sejam eficientes e economicamente acessíveis, apresentam limitações quando se busca precisão operacional em ambientes com alta variabilidade de espécies daninhas e necessidade de alternância rápida entre produtos. Estudos recentes apontam que, em pulverização convencional, ajustes inadequados de pressão, tipo de bico ou tamanho de gota podem comprometer o desempenho dos herbicidas, além de favorecer deriva ou subdosagem (Silva et al., 2023; Gazziero et al., 2022).

Diante dessas limitações, novos sistemas de pulverização com tanques independentes e barras duplas vêm ganhando destaque. Esses protótipos e equipamentos comerciais permitem a aplicação simultânea ou alternada de diferentes caldas, possibilitando mudanças rápidas de herbicidas sem necessidade de lavagem completa do sistema. Pesquisas indicam que tais configurações reduzem significativamente o tempo de operação e o risco de contaminação cruzada entre produtos incompatíveis, além de permitir que herbicidas com diferentes características físico-químicas sejam aplicados de forma mais estratégica. Além disso, sistemas com barra dupla apresentam maior flexibilidade na aplicação localizada, contribuindo para economia de insumos e redução de impactos ambientais (Torra et al., 2024).

Comparativamente, os pulverizadores convencionais oferecem simplicidade e menor custo, mas tornam-se limitantes quando se busca trabalhar com misturas complexas ou produtos suscetíveis a antagonismo. Por outro lado, equipamentos com tanques e barras duplas apresentam maior precisão operacional, permitem correção em tempo real da aplicação e diminuem a necessidade de misturas em tanque que podem resultar em incompatibilidades ou perda de eficácia, especialmente em herbicidas sensíveis, como graminicidas formulados em EC e auxínicos em sal dimetilamina (DMA) (Correia et al., 2022; Shekhawat et al., 2022). Assim, os novos sistemas representam um avanço significativo rumo à pulverização seletiva, de maior segurança e com maior potencial de integração às tecnologias digitais de manejo.

3.4. Taxa de Aplicação

A taxa de aplicação é um dos fatores mais determinantes na qualidade da aplicação de herbicidas, pois influencia diretamente a cobertura, deposição, penetração e eficiência do produto

(Cunha; Bueno; Ferreira, 2010). Em operações de dessecação, volumes intermediários são os mais utilizados, geralmente variando entre 80 e 150 L ha⁻¹, faixa que tem se mostrado adequada para proporcionar boa cobertura sem comprometer a eficiência operacional (Gazziero et al., 2022). O ajuste do volume deve considerar não apenas o herbicida empregado, mas também a arquitetura das plantas daninhas, a densidade da infestação e as condições ambientais no momento da aplicação, visto que gotas muito finas podem derivar facilmente e gotas muito grandes podem reduzir a uniformidade da cobertura (Silva et al., 2023).

O uso de baixos volumes terrestres (abaixo de 70 L ha⁻¹) apresenta como principal vantagem o aumento da capacidade operacional, permitindo que maiores áreas sejam tratadas em menor tempo. Entretanto, volumes reduzidos exigem maior precisão no controle do tamanho de gotas e adjuvantes que reduzam deriva, pois pequenas falhas na calibração podem resultar em cobertura insuficiente e queda no desempenho de herbicidas de contato sobretudo em plantas perenizadas como *Digitaria insularis* (Cavalieri et al., 2022). Por outro lado, volumes elevados (acima de 150 L ha⁻¹) tendem a melhorar a deposição, especialmente em plantas com alta densidade foliar ou com cerosidade acentuada. Contudo, aumentam o consumo de água, reduzem a velocidade operacional, aumentam custo de operação e podem gerar escoamento excessivo, prejudicando a absorção de herbicidas foliares (Shekhawat et al., 2022).

No contexto de novas tecnologias de pulverização, como sistemas de tanque duplo e barra dupla, surge a questão sobre a influência da taxa de aplicação no desempenho de controle. Estudos indicam que o volume de aplicação mantém sua importância independente do tipo de sistema, porém equipamentos de tanque ou barra duplos permitem maior flexibilidade para ajustar volumes específicos por produto ou estágio da operação (Torra et al., 2024). Assim, herbicidas mais dependentes de cobertura, como os graminicidas em formulação EC, tendem a apresentar melhor desempenho quando aplicados em volumes que garantam adequada deposição foliar. Por outro lado, herbicidas auxínicos apresentam maior flexibilidade quanto a taxa de aplicação, podendo ser aplicados em diferentes condições operacionais. Nesse sentido, a utilização de sistemas de aplicação independentes pode reduzir a necessidade de misturas em tanque, minimizando riscos de antagonismo e incompatibilidades físico-químicas (Correia et al., 2022).

Além disso, pulverizadores com sistemas independentes reduzem o risco de contaminação cruzada e permitem ajustes mais finos na escolha do tamanho de gota para cada calda, beneficiando diretamente a qualidade da deposição.

Dessa forma, a taxa de aplicação continua sendo variável fundamental para o sucesso da dessecação, mas sua gestão torna-se ainda mais estratégica em sistemas modernos de pulverização, nos quais a possibilidade de modular volumes, gotas e produtos em tempo real amplia o potencial de eficácia e segurança da operação.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na área experimental do Campus Araras, pertencente à Universidade Federal de Uberlândia, localizada na cidade de Monte Carmelo-MG, na segunda safra de 2026, no dia nove de abril, em uma área de sistema de cultivo direto. A área se encontrava em pousio antes da instalação do experimento, sendo o manejo de plantas daninhas realizado apenas com roçagens periódicas.

Para a avaliação de controle de plantas daninhas, foi adotado um delineamento inteiramente casualizados com sete tratamentos mais uma testemunha sem aplicação, em quatro repetições. Foram avaliados sete sistemas de aplicação compostos pela combinação entre tipo de mistura (com tanques e barras simples e duplas) e taxa de aplicação, conforme detalhado na Tabela 1.

Tabela 1. Descrição dos tratamentos avaliados no experimento. Monte Carmelo/MG, 2026.

Sistemas de Aplicação				
	Tipo de Mistura			
Taxa de Aplicação	Mistura em tanque	Mistura na barra	Ausência de mistura	Ausência de mistura
60 L ha ⁻¹	T1 ¹ ADI 01 1,94 m s ⁻¹	T3 ADI 01 1,94 m s ⁻¹	T5 ADI 01 1,94 m s ⁻¹ (120 L ha ⁻¹ total)	T7 ADI 01 3,8 m s ⁻¹ (60 L ha ⁻¹ total)
120 L ha ⁻¹	T2 ¹ ADI 02 1,94 m s ⁻¹	T4 ADI 02 1,94 m s ⁻¹	T6 ADI 02 1,94 m s ⁻¹ (240 L ha ⁻¹ total)	T8 Controle

¹ ADI 11001 e 11002: pontas de jato plano defletor (Jacto[®]), ambos com padrão de gotas média de acordo com o fabricante e pressão de 310 kPa para todas as taxas de aplicação.

As aplicações foram realizadas com o auxílio de um pulverizador costal pressurizado por CO_2 , montado em um quadriciclo, adaptado para comportar dois tanques independentes e duas barras de pulverização (Figura 1). Cada tanque foi constituído por uma garrafa PET com capacidade de 2 litros, fixadas ao chassi do pulverizador. As barras possuíam 2,5 m de comprimento, com cinco bicos espaçados por 0,5 m cada e as aplicações foram realizadas com altura média das barras de 0,5 m em relação ao solo.



Figura 1. Pulverizador costal pressurizado por CO_2 , montado em um quadriciclo utilizado para realizar as aplicações do experimento. Monte Carmelo – MG.

As parcelas experimentais foram constituídas por 10 metros de comprimento por 4 metros de largura, totalizando 40 m^2 . Como parcela útil, foi descartado 1 m de cada extremidade da barra (na aplicação de cada parcela utilizou-se apenas um lado da barra, o outro foi inutilizado conforme detalhado na Figura 2), e 1,0 m no início e final parcela, totalizando uma área útil de 16 m^2 . As caldas de aplicação foram compostas por água, o herbicida graminicida clethodim (Poker – 0,45 L ha^{-1}), 0,5%v/v de óleo mineral (Iharol Gold) e do herbicida hormonal 2,4-D (Aminol – 1,0 L ha^{-1}).

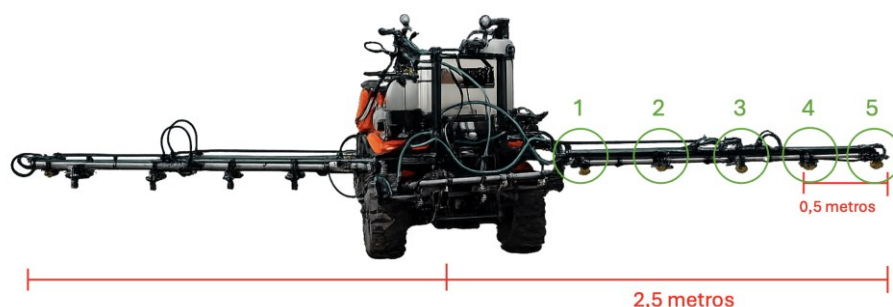


Figura 2. Detalhe do pulverizador costal pressurizado por CO₂, montado em um quadriciclo utilizado para realizar as aplicações do experimento, indicando onde estavam localizadas as barras duplas. Monte Carmelo – MG.

Nos tratamentos que envolveram mistura em tanque (T1 e T2 - Tanque único e barra simples), durante o preparo da calda, em uma única garrafa foram adicionados nesta ordem: metade do volume de água, clethodim, óleo mineral, 2,4-D e o restante da água. Os tratamentos envolvendo a mistura na barra (T3 e T4 – Tanque duplo e barra simples), foram preparadas duas garrafas: uma exclusiva para o herbicida 2,4-D e outra para o clethodim e o óleo mineral, os produtos foram misturados diretamente na barra, portanto foi utilizado apenas uma barra de pulverização. Nos tratamentos envolvendo a ausência de mistura (T5, T6 e T7 - Tanque duplo e barra dupla), foram preparadas duas garrafas (dois tanques), uma exclusiva para o herbicida clethodim + óleo, e a outra para o herbicida 2,4-D, ou seja, cada barra aplicou um tipo de produto, não havendo mistura e/ou contato entre eles.

As aplicações foram realizadas no período da manhã, entre 8 e 9h, e as condições ambientais (Temperatura média 30,2 °C, umidade relativa do ar média 71,2 % e velocidade do vento média 1,2 km h⁻¹) foram monitoradas por meio da estação climática do Campus Araras em Monte Carmelo (Campbell®, CR1000, Monte Carmelo - MG). Após a aplicação, foram realizadas três avaliações visuais de injúria, aos 7, 14 e 21 dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas, mediante a escala de avaliação visual de controle de plantas daninhas por herbicida, desenvolvida pela Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas (SBCPD, 1995), conforme detalhado na Figura 3. As notas de cada parcela foram dadas por dois avaliadores distintos, e para a análise estatística, extraiu-se a média dessas duas notas.

% de Controle ou injúria	Descrição Conceitual
100 - 90%	Controle excelente, sem efeito sobre a cultura
89 - 80%	Controle bom, aceitável para a infestação da área
79 - 40%	Controle moderado, insuficiente para a infestação
39-10%	Controle deficiente ou inexpressivo
< 10%	Ausência de controle

Figura 3. Escala visual de controle de plantas daninhas da Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas - SBCPD (SBCPD, 1995).

Foram avaliadas quatro plantas alvo: duas monocotiledôneas (Capim Braquiária - *Brachiaria decumbens*; Capim colchão - *Digitaria horizontalis*) e duas dicotiledôneas (Apaga fogo - *Alternanthera tenella*; Poaia branca - *Richardia brasiliensis*), além da média de controle geral da parcela. Estas plantas foram escolhidas pois eram as principais plantas daninhas presente na área avaliada.

Os dados de injúria foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste de F de Snedecor, e quando significativo, aplicou-se o teste de Tukey, ambos a 0,05 de significância. Todos os testes foram realizados empregando-se o programa estatístico R software, versão 4.3.1 (R Core Team, 2025).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aos 7, 14 e 21 dias após a aplicação (DAA) não houve diferença significativa no controle de *Alternanthera tenella* entre os tratamentos avaliados (Tabela 2). Aos 7 DAA, os níveis de controle variaram entre 16,3 e 26,3%, aos 14 DAA entre 63,1 e 77,5% e aos 21 DAA, todos os tratamentos apresentaram um bom controle acima de 80%, variando de 82,5 a 88,8%, mas sem diferenças estatísticas entre os sistemas de aplicação. A ausência de diferenças entre os tratamentos demonstra que o controle de *A. tenella* foi pouco influenciado pelo sistema de aplicação empregado.

Por se tratar de uma espécie dicotiledônea naturalmente sensível ao herbicida auxínico 2,4-D, a elevada eficiência desse ingrediente ativo sobre espécies de folhas largas provavelmente contribuiu para que possíveis efeitos do antagonismo entre o clethodim e o 2,4-D não fossem suficientemente intensos para reduzir o controle da espécie. Esse comportamento é coerente com relatos de que o antagonismo entre herbicidas auxínicos e inibidores da ACCase afeta principalmente a eficiência do graminicida sobre espécies monocotiledôneas, enquanto o controle de espécies dicotiledôneas permanece pouco alterado (Blackshaw et al., 2006; Bianchi et al., 2021).

Segundo Torra et al., (2024) e Filus et al., (2024), o herbicida 2,4-D apresenta elevada eficiência sobre espécies de folhas largas durante a dessecação, especialmente quando aplicado em

plantas em estádios iniciais de desenvolvimento, como por exemplo *Conyza spp.* (buva) e *Amaranthus spp.* (caruru).

Tabela 2. Porcentagem de controle de *Alternanthera tenella* (apaga-fogo) aos 7, 14 e 21 dias após a aplicação (DAA) em função de diferentes sistemas de aplicação compostos pela combinação entre tipo de mistura (com tanques e barras simples e duplas) e taxa de aplicação. Porcentagem avaliada por meio da escala visual de controle de plantas daninhas da Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas (SBCPD, 1995). Monte Carmelo/MG, 2026.

Porcentagem de Controle de <i>Alternanthera tenella</i> (%)*			
Sistema de Aplicação (Taxa de aplicação Total L ha ⁻¹)	7 DAA ¹	14 DAA	21 DAA
Mistura em Tanque ² (60)	21,9 A	68,1 A	85,6 A
Mistura em Tanque (120)	16,3 A	75,0 A	86,3 A
Mistura na Barra ³ (60)	26,3 A	77,5 A	88,8 A
Mistura na Barra (120)	20,0 A	77,5 A	87,5 A
Ausência de Mistura (60)	16,9 A	63,1 A	86,3 A
Ausência de Mistura ⁴ (120)	16,9 A	77,5 A	86,3 A
Ausência de Mistura (240)	16,3 A	69,4 A	82,5 A
Fc (Pr>Fc)	1,340 0,284 ^{ns}	2,032 0,106 ^{ns}	1,432 0,250 ^{ns}
CV (%)	34,01	11,10	3,73
DMS	15,01	18,53	7,39

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. ** significativo ($\alpha < 0.05$). ^{ns}não significativo ($\alpha > 0.05$). ¹DAA: Dias após a aplicação. Sistema de aplicação composto por: ²um tanque e uma barra; ³dois tanques e uma barra; ⁴dois tanques e duas barras. Fc: Valor de Fcalculado. Pr: Probabilidade do teste. CV: Coeficiente de Variação. DMS: Diferença mínima significativa.

As taxas de aplicação associadas aos diferentes sistemas de mistura também não influenciaram no controle de apaga-fogo, o que pode indicar que todas as taxas foram suficientes para proporcionar adequada cobertura e deposição das gotas sobre essa espécie, principalmente devido sua alta sensibilidade ao herbicida 2,4-D. Ferreira et al. (2013), relatam que volumes intermediários de pulverização normalmente garantem deposição satisfatória para herbicidas sistêmicos, desde que a aplicação seja realizada em condições ambientais favoráveis. As aplicações foram realizadas entre 8 e 9h da manhã, em condições consideradas ótimas para a pulverização (temperatura média 30.2 °C, umidade relativa do ar média 71.2 % e velocidade do vento média 1.2 km h⁻¹). Esses parâmetros foram monitorados durante a aplicação, uma vez que temperatura do ar,

umidade relativa e velocidade do vento influenciam diretamente a qualidade da pulverização e o risco de deriva (Radons et al., 2022).

Para *Richardia brasiliensis* (Poaia-branca), houve diferença significativa entre os tratamentos em todas as épocas de avaliação (Tabela 3). Aos 7 DAA, o tratamento envolvendo ausência de mistura com volume total de calda de 60 L ha⁻¹ apresentou maior porcentagem de controle (15,0%), diferindo apenas da mistura na barra com 120 L ha⁻¹ (4,4%), enquanto os demais tratamentos apresentaram comportamento intermediário. Aos 14 DAA, os tratamentos envolvendo mistura em tanque com 60 L ha⁻¹, mistura na barra nos volumes de 60 e 120 L ha⁻¹ e ausência de mistura com 120 L ha⁻¹ apresentaram maiores níveis de controle, variando entre 68,8 e 70,0%, diferindo dos demais tratamentos. E aos 21 DAA, esses mesmos tratamentos mantiveram os maiores percentuais de controle, variando entre 72,5 e 78,1%, enquanto os demais apresentaram valores inferiores entre 63,8 e 64,4%.

Tabela 3. Porcentagem de controle de *Richardia brasiliensis* (poia-branca) aos 7, 14 e 21 dias após a aplicação (DAA) em função de diferentes sistemas de aplicação compostos pela combinação entre tipo de mistura (com tanques e barras simples e duplas) e taxa de aplicação. Porcentagem avaliada por meio da escala visual de controle de plantas daninhas da Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas (SBCPD, 1995). Monte Carmelo/MG, 2026.

Porcentagem de Controle de <i>Richardia brasiliensis</i> (%)*			
Sistema de Aplicação (Taxa de aplicação Total L ha ⁻¹)	7DAA ¹	14DAA	21DAA
Mistura em Tanque ² (60)	11,9 AB	70,0 A	78,1 A
Mistura em Tanque (120)	8,1 AB	56,3 B	63,8 B
Mistura na Barra ³ (60)	9,4 AB	69,4 A	72,5 A
Mistura na Barra (120)	4,4 B	68,8 A	75,6 A
Ausência de Mistura (60)	15,0 A	50,6 B	64,4 B
Ausência de Mistura ⁴ (120)	5,6 AB	68,8 A	74,4 A
Ausência de Mistura (240)	6,9 AB	56,9 B	64,4 B
Fc (Pr>Fc)	3,141 0,023**	20,301 0,000**	18,757 0,000**
CV (%)	47,69	8,25	4,01
DMS	9,59	5,70	6,49

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. ** significativo ($\alpha < 0.05$). ^{ns}não significativo ($\alpha > 0.05$). ¹DAA: Dias após a aplicação. Sistema de aplicação composto por: ²um tanque e uma barra; ³dois tanques e uma barra; ⁴dois tanques e duas barras. Fc: Valor de F calculado. Pr: Probabilidade do teste. CV: Coeficiente de Variação. DMS: Diferença mínima significativa.

Diferentemente do observado para *A. tenella*, o controle de *R. brasiliensis* foi influenciado pelos sistemas de aplicação, principalmente a partir dos 14 DAA. Embora *R. brasiliensis* seja uma espécie dicotiledônea sensível ao 2,4-D, os resultados demonstraram que a resposta da espécie variou entre os tratamentos, sem que fosse possível identificar um padrão consistente de superioridade dos sistemas que evitam a mistura entre os herbicidas. Aos 21 DAA, os maiores níveis de controle foram observados tanto em tratamentos com mistura em tanque quanto com mistura na barra e ausência de mistura, indicando que outros fatores relacionados à tecnologia de aplicação podem ter contribuído para as diferenças observadas, dentre esses fatores, podem estar as variações na cobertura e na deposição das gotas sobre a superfície foliar de *R. brasiliensis*.

Essa espécie apresenta características morfológicas que podem dificultar o molhamento uniforme da folha, como presença de pilosidade, rugosidade e hábito de crescimento prostrado, o que pode interferir na retenção da calda e, conseqüentemente, na eficiência do controle químico (Monquero et al. 2005), ao caracterizarem a superfície foliar de *Richardia brasiliensis*, destacaram que aspectos como a estrutura da epiderme e a presença de tricomas podem influenciar a deposição, a absorção e a resposta da planta aos herbicidas. Dessa forma, as diferenças observadas entre os tratamentos podem estar associadas não apenas ao sistema de aplicação, mas também à interação entre deposição das gotas, arquitetura da planta e características da superfície foliar da espécie.

A eficiência da dessecação depende mais da qualidade da aplicação e da compatibilidade entre os produtos do que necessariamente do aumento da taxa de aplicação. Dessa forma, sistemas que evitam ou reduzem a mistura prévia dos herbicidas podem representar uma estratégia eficiente para otimizar o manejo químico, mesmo em espécies naturalmente suscetíveis ao herbicida hormonal (Gazziero et al.; 2022; Shekhawat et al., 2022)

Aos 7 DAA não houve diferença significativa entre os tratamentos para o controle de *Brachiaria decumbens*, com porcentagens variando entre 13,8 e 19,4% (Tabela 4). Entretanto, aos 14 e 21 DAA, o tratamento envolvendo ausência de mistura com taxa de aplicação de 120 L ha⁻¹ apresentou o maior percentual de controle (81,9 e 88,9% respectivamente), diferindo dos demais tratamentos.

Os resultados demonstraram que o controle de *Brachiaria decumbens* foi favorecido pelo sistema de pulverização que evitou completamente o contato entre o clethodim e o 2,4-D antes da deposição sobre o alvo. O melhor desempenho observado no tratamento de ausência de mistura com 120 L ha⁻¹ reforça a hipótese de que a separação física entre os herbicidas reduz problemas de

antagonismo, preservando a eficiência do clethodim sobre espécies gramíneas. Resultados semelhantes foram relatados por Leise et al. (2025), que verificaram maior eficiência de sistemas independentes de pulverização para aplicações envolvendo herbicidas potencialmente incompatíveis.

Tabela 4. Porcentagem de controle de *Brachiaria decumbens* (braquiária) aos 7, 14 e 21 dias após a aplicação (DAA) em função de diferentes sistemas de aplicação compostos pela combinação entre tipo de mistura (com tanques e barras simples e duplas) e taxa de aplicação. Porcentagem avaliada por meio da escala visual de controle de plantas daninhas da Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas (SBCPD, 1995). Monte Carmelo/MG, 2026.

Porcentagem de Controle de <i>Brachiaria decumbens</i> (%) [*]					
Sistema de Aplicação (Taxa de aplicação Total L ha ⁻¹)	7 DAA ¹		14 DAA		21 DAA
Mistura em Tanque ² (60)	13,8	A	70,0	BC	70,0 CD
Mistura em Tanque (120)	16,3	A	65,0	CD	70,6 CD
Mistura na Barra ³ (60)	16,9	A	72,5	B	76,9 BC
Mistura na Barra (120)	16,9	A	73,1	B	78,8 B
Ausência de Mistura (60)	19,4	A	61,3	D	73,8 BCD
Ausência de Mistura ⁴ (120)	16,9	A	81,9	A	88,8 A
Ausência de Mistura (240)	17,5	A	67,5	BC	68,8 D
Fc (Pr>Fc)	0,300	0,929 ^{ns}	26,344	0,000 ^{**}	18,331 0,000 ^{**}
CV (%)	36,34		3,69		4,31
DMS	14,02		5,95		7,47

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. ** significativo ($\alpha < 0.05$). ns não significativo ($\alpha > 0.05$). ¹DAA: Dias após a aplicação. Sistema de aplicação composto por: ²um tanque e uma barra; ³dois tanques e uma barra; ⁴dois tanques e duas barras. Fc: Valor de F calculado. Pr: Probabilidade do teste. CV: Coeficiente de Variação. DMS: Diferença mínima significativa.

O desempenho inferior da mistura em tanque está de acordo com relatos de Bianchi et al. (2021) e Cavalieri et al. (2022), que descrevem a redução da absorção e da translocação do clethodim quando aplicado em associação com herbicidas auxínicos, como o 2,4-D. Além disso, o fato de o maior volume total de calda (240 L ha⁻¹) não proporcionar incremento no controle evidencia que a eficiência da aplicação esteve mais relacionada à redução do antagonismo entre os herbicidas do que ao aumento do volume de pulverização.

O fato de o tratamento com ausência de mistura e taxa de aplicação de 120 L ha⁻¹ ter apresentado controle superior aos tratamentos com 60 e 240 L ha⁻¹ indica que a eficiência não

esteve associada apenas ao aumento da quantidade de calda aplicada, mas ao equilíbrio entre cobertura, deposição e retenção dos herbicidas no alvo. A taxa de 60 L ha⁻¹, embora possa aumentar a capacidade operacional, pode não ter proporcionado cobertura suficiente da superfície foliar, limitando a deposição dos ingredientes ativos. Por outro lado, a taxa de 240 L ha⁻¹ também não favoreceu o controle, possivelmente em razão do molhamento excessivo da superfície foliar, favorecendo perdas por escoamento e reduzindo a retenção efetiva da calda. Assim, a taxa de 120 L ha⁻¹ proporcionou melhor equilíbrio entre cobertura e retenção, contribuindo para o maior controle observado (Knoche, 1994; Nurse et al., 2008; Ferreira et al., 2013).

Para *Digitaria horizontalis* houve diferença significativa entre os tratamentos em todas as épocas de avaliação (Tabela 5). Aos 7 DAA, o tratamento envolvendo mistura em tanque com 120 L ha⁻¹ apresentou maior porcentagem de controle (20,0%), diferindo apenas da mistura na barra com 60 L ha⁻¹ (9,4%). Aos 14 DAA, os maiores percentuais de controle foram obtidos pelos sistemas de mistura na barra com 60 L ha⁻¹ (81,9%) e 120 L ha⁻¹ (75,0%). Aos 21 DAA, a tendência foi a mesma que aos 14, mistura na barra com 60 L ha⁻¹ (89,4%) e mistura na barra com 120 L ha⁻¹ (84,4%), com acréscimo do sistema envolvendo a ausência de mistura com 120 L ha⁻¹ (87,5%) apresentaram os maiores níveis de controle em relação aos demais sistemas.

O controle de *Digitaria horizontalis* evidenciou maior eficiência dos sistemas que reduziram o tempo de contato entre o clethodim e o 2,4-D, especialmente a mistura realizada diretamente na barra de pulverização. Esse resultado demonstra que a redução do antagonismo entre os herbicidas pode ocorrer mesmo quando a mistura acontece instantes antes da pulverização, preservando a eficiência do graminicida. Merritt et al. (2020) destacam que modificações na tecnologia de aplicação podem reduzir os efeitos negativos da interação entre herbicidas, favorecendo o controle de gramíneas.

Assim como observado para *Brachiaria decumbens*, o desempenho inferior da mistura em tanque reforça a ocorrência do antagonismo entre o clethodim e o 2,4-D, fenômeno amplamente descrito por Bianchi et al. (2021) e Underwood et al. (2016). Além disso, os resultados indicam que a taxa de aplicação dependeu do sistema de pulverização utilizado. Nos tratamentos com mistura na barra, as taxas de 60 e 120 L ha⁻¹ apresentaram desempenho satisfatório, indicando que, nesse sistema, ambas foram suficientes para favorecer o controle de *D. horizontalis*. Entretanto, no sistema com ausência de mistura, a taxa de 120 L ha⁻¹ apresentou melhor desempenho em relação às taxas de 60 e 240 L ha⁻¹, sugerindo que a eficiência da aplicação não depende apenas do aumento

ou da redução da quantidade de calda, mas do equilíbrio entre cobertura, deposição e retenção dos herbicidas sobre o alvo. Taxas muito baixas podem reduzir a cobertura e a uniformidade da deposição, enquanto taxas muito elevadas podem favorecer molhamento excessivo e perdas por escorrimento, reduzindo a retenção efetiva da calda na superfície foliar (Knoche, 1994; Nurse et al., 2008; Ferreira et al., 2013).

Tabela 5. Porcentagem de controle de *Digitaria horizontalis* (capim-colchão) aos 7, 14 e 21 dias após a aplicação (DAA) em função de diferentes sistemas de aplicação compostos pela combinação entre tipo de mistura (com tanques e barras simples e duplas) e taxa de aplicação. Porcentagem avaliada por meio da escala visual de controle de plantas daninhas da Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas (SBCPD, 1995). Monte Carmelo/MG, 2026.

Porcentagem de Controle de <i>Digitaria horizontalis</i> (%)*					
Sistema de Aplicação (Taxa de aplicação Total L ha ⁻¹)	7 DAA ¹		14 DAA		21 DAA
Mistura em Tanque ² (60)	18,8	AB	71,9	BC	77,5 C
Mistura em Tanque (120)	20,0	A	63,8	CDE	70,0 D
Mistura na Barra ³ (60)	19,4	B	81,9	A	89,4 A
Mistura na Barra (120)	9,4	AB	75,0	AB	84,4 AB
Ausência de Mistura (60)	18,8	AB	58,1	E	79,4 BC
Ausência de Mistura ⁴ (120)	12,5	AB	68,8	BCD	87,5 A
Ausência de Mistura (240)	16,9	AB	62,0	DE	77,5 C
Fc (Pr>Fc)	3,201	0,022**	19,730	0,000**	37,348 0,000**
CV (%)	27,29		5,38		3,18
DMS	10,36		8,50		5,92

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. ** significativo ($\alpha < 0.05$). nsnão significativo ($\alpha > 0.05$). ¹DAA: Dias após a aplicação. Sistema de aplicação composto por: ²um tanque e uma barra; ³dois tanques e uma barra; ⁴dois tanques e duas barras. Fc: Valor de Fcalculado. Pr: Probabilidade do teste. CV: Coeficiente de Variação. DMS: Diferença mínima significativa.

Ao se avaliar a média geral de controle de todas as plantas daninhas na área, verificou-se que, aos 7 DAA não houve diferença no controle de plantas daninhas na área independente do sistema de aplicação utilizado, e a porcentagem de controle variou entre 12,7 e 18% (Tabela 6). Aos 14 DAA os tratamentos envolvendo mistura na barra com 60 e 120 L ha⁻¹ (75,3 e 73,6% respectivamente) ausência de mistura com 120 L ha⁻¹ (74,2%) e mistura em tanque com 60 L ha⁻¹ de volume calda (70%), obtiverem médias de controle superiores aos demais tratamentos. A

avaliação aos 21 DAA seguiu a mesma tendência de resultados que aos 14 DAA, com porcentagem de controle entre 81,6 e 84,2%, com exceção do tratamento envolvendo a mistura em tanque com volume de 60 L ha⁻¹ que apresentou controle inferior aos três tratamentos citados anteriormente (77,8%).

Tabela 6. Média geral (porcentagem) de controle de plantas daninhas aos 7, 14 e 21 dias após a aplicação (DAA) em função de diferentes sistemas de aplicação compostos pela combinação entre tipo de mistura (com tanques e barras simples e duplas) e taxa de aplicação. Média geral avaliada por meio da escala visual de controle de plantas daninhas da Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas (SBCPD, 1995). Monte Carmelo/MG, 2026.

Sistema de Aplicação (Taxa de aplicação Total L ha⁻¹)	Média Geral de Controle de Plantas Daninhas (%)*		
	7 DAA^{ns}	14 DAA	21 DAA¹
Mistura em Tanque ² (60)	16,6 A	70,0 AB	77,8 B
Mistura em Tanque (120)	15,2 A	65,0 B	72,7 D
Mistura na Barra ³ (60)	18,0 A	75,3 A	81,9 A
Mistura na Barra (120)	12,7 A	73,6 A	81,6 A
Ausência de Mistura (60)	17,5 A	58,3 C	75,9 BC
Ausência de Mistura ⁴ (120)	13,0 A	74,2 A	84,2 A
Ausência de Mistura (240)	14,4 A	64,0 BC	73,3 CD
Fc (Pr>Fc)	1,587 0,2002 ^{ns}	19,340 0,000**	47,114 0,000**
CV (%)	21,98	4,23	3,01
DMS	7,75	6,67	1,68

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. ** significativo ($\alpha < 0.05$). ^{ns}não significativo ($\alpha > 0.05$). ¹DAA: Dias após a aplicação. Sistema de aplicação composto por: ²um tanque e uma barra; ³dois tanques e uma barra; ⁴dois tanques e duas barras. Fc: Valor de F calculado. Pr: Probabilidade do teste. CV: Coeficiente de Variação. DMS: Diferença mínima significativa.

Os resultados obtidos demonstram que as diferenças entre os tratamentos se tornaram evidentes apenas a partir dos 14 DAA, período em que os herbicidas sistêmicos já foram maior translocados até o sítio de ação e portanto manifestam os sintomas de controle das plantas daninhas. A ausência de diferenças aos 7 DAA indica que o efeito inicial dos tratamentos foi semelhante, sendo insuficiente para diferenciar estatisticamente os sistemas de aplicação. Esse comportamento é esperado para herbicidas sistêmicos como o clethodim e o 2,4-D, cuja ação depende da absorção

e translocação nos tecidos vegetais antes da expressão completa dos sintomas de fitotoxicidade (Adama BRASIL S/A, 2026).

Outro ponto importante ao se observar nas avaliações aos 7 DAA, é que para todas as espécies avaliadas e para a média geral, os coeficientes de variação (CV) foram relativamente altos (21,9% para a média geral à 47% para *R. brasiliensis*) quando comparados aos CV das avaliações aos 14 e 21DAA. Essa alta variação se deve ao fato da dificuldade dos avaliadores em detectar diferenças entre os sintomas dos herbicidas. Para herbicidas inibidores de ACCase (clethodim) e mimetizadores de auxina (2,4-D), geralmente os sintomas começam a ser visíveis a partir de 7 ao 10 DAA, o que pode ter contribuído para essa ausência de diferença e maior subjetividade ao avaliar a porcentagem e controle, uma vez que as avaliações acontecem de forma visual (Grossmann, 2010).

A partir dos 14 DAA, os sistemas que evitaram ou minimizaram o contato prévio entre os herbicidas apresentaram os maiores níveis de controle. Os tratamentos envolvendo mistura na barra, independentemente da taxa de aplicação, e a ausência de mistura com 120 L ha⁻¹ apresentaram desempenho superior, indicando que a redução do tempo de contato entre o clethodim e o 2,4-D favoreceu a eficiência da aplicação. Esses resultados corroboram os obtidos por Leise et al. (2025), que observaram redução do antagonismo entre herbicidas graminicidas e auxínicos quando aplicados por sistemas independentes de pulverização com tanques e barras duplas. Da mesma forma, Merritt et al. (2020) destacam que estratégias de aplicação capazes de minimizar a interação entre ingredientes ativos podem reduzir perdas de eficiência associadas ao antagonismo.

Esse comportamento está diretamente relacionado ao antagonismo amplamente descrito entre herbicidas inibidores da ACCase e herbicidas auxínicos. Estudos demonstram que o 2,4-D pode reduzir a absorção e, principalmente, a translocação do clethodim, comprometendo seu desempenho sobre gramíneas quando ambos permanecem em contato durante a mistura em tanque (Bianchi et al., 2021; Cavalieri et al., 2022). Dessa forma, a aplicação dos produtos em sistemas que evitam a mistura prévia, como ocorreu na ausência de mistura, ou que reduzem significativamente esse tempo de contato, como na mistura realizada apenas na barra de pulverização, tende a preservar a eficiência do graminicida e, conseqüentemente, aumentar os níveis de controle observados no experimento.

Em relação à taxa de aplicação, observa-se que o efeito foi dependente do sistema de pulverização utilizado. Nos tratamentos com mistura na barra, os volumes de 60 e 120 L ha⁻¹ proporcionaram níveis de controle semelhantes, indicando que ambos foram suficientes para garantir adequada cobertura e deposição da pulverização. Segundo Ferreira et al. (2013), volumes intermediários de aplicação normalmente proporcionam cobertura adequada sem comprometer a eficiência operacional, desde que associados a condições adequadas de pulverização. Além disso, Gazziero et al. (2022) ressaltam que volumes entre 80 e 150 L ha⁻¹ apresentam bom equilíbrio entre deposição e capacidade operacional em aplicações de dessecação.

Por outro lado, o tratamento de ausência de mistura utilizando o maior volume total de calda (240 L ha⁻¹) não apresentou desempenho superior ao obtido com 120 L ha⁻¹, evidenciando que o simples aumento do volume de aplicação não resulta, necessariamente, em maior eficiência de controle. Volumes excessivamente elevados podem favorecer o escoamento das gotas sobre a superfície foliar, reduzindo a retenção e a absorção dos herbicidas, especialmente daqueles cuja ação depende da absorção foliar, como o clethodim (Shekhawat et al., 2022).

Da mesma forma, o menor volume total de calda (60 L ha⁻¹) também pode ter influenciado o desempenho do sistema composto por tanques e barras duplas. Nessa configuração, cada barra aplicou aproximadamente 30 L ha⁻¹ de um único herbicida, volume relativamente baixo para aplicações terrestres, o que pode ter reduzido a cobertura e a uniformidade de deposição das gotas sobre o alvo, pelo fato de ser uma menor taxa de aplicação, a uniformidade e disposição das gotas não é tão favorável como nas demais taxas de aplicação. Embora volumes reduzidos aumentem a capacidade operacional, sua utilização exige elevada qualidade de pulverização e adequada cobertura do dossel, sendo que reduções excessivas do volume podem comprometer a eficiência da aplicação, principalmente em espécies com maior área foliar ou maior densidade de infestação (Ferreira et al., 2013; Nurse et al., 2008).

De maneira geral, os resultados confirmam a hipótese de que sistemas de pulverização capazes de reduzir ou eliminar o contato prévio entre o clethodim e o 2,4-D apresentam maior potencial para minimizar problemas de incompatibilidade e antagonismo entre esses herbicidas. Além disso, evidenciam que a adoção de equipamentos de pulverizador dotados de tanques e barras duplas, ou de tanques duplos com a possibilidade de mistura na barra, representam uma alternativa promissora para aumentar a eficiência das aplicações, preservando o desempenho

individual dos ingredientes ativos e contribuindo para um manejo químico mais eficiente e seguro das plantas daninhas.

6 CONCLUSÃO

O sistema de aplicação influenciou diretamente a eficácia de controle das plantas daninhas avaliadas. Os tratamentos que reduziram (dois tanques com mistura na barra) ou eliminaram o contato prévio entre os herbicidas (dois tanques e duas barras) clethodim e 2,4-D em geral apresentaram desempenho superior, especialmente para as espécies monocotiledôneas avaliadas (*Braquiaria decumbens* e *Digitaria horizontalis*) e para a média geral da área aos 14 e 21 dias após a aplicação (DAA), evidenciando a redução dos efeitos do antagonismo entre esses ingredientes ativos.

Aos 7 DAA em geral não foram observadas grandes diferenças no controle de plantas daninhas entre os sistemas de aplicação, uma vez que esse tempo geralmente é insuficiente para detectar grandes variações nos sintomas dos herbicidas inibidores de ACCase (clethodim) e mimetizadores de auxina (2,4-D), pelo fato de serem herbicidas sistêmicos.

A hipótese alternativa foi parcialmente confirmada, uma vez que os sistemas de pulverização com tanques e barras independentes mostraram potencial para minimizar os efeitos do antagonismo entre os herbicidas, enquanto a utilização do menor taxa de aplicação (60 L ha^{-1}) não proporcionou necessariamente ganhos expressivos de controle em comparação aos maiores volumes (120 e 240 L ha^{-1}).

A adoção de tecnologias de pulverização capazes de evitar ou reduzir a mistura prévia entre herbicidas inibidores de ACCase e mimetizadores de auxina, com taxas de aplicação de 60 ou 120 L ha^{-1} , representa uma alternativa promissora para aumentar a eficiência das aplicações de dessecação, contribuindo para um manejo químico mais eficiente, racional e operacionalmente viável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMA BRASIL S/A. *Aminol® 806: bula*. Taquari: ADAMA Brasil S/A, 2025

ADAMA BRASIL S/A. *Poquer®: bula*. Londrina: ADAMA Brasil S/A, 2026

ADEGAS, F. S.; GAZZIERO, D. L. P.; VARGAS, L.; OLIVEIRA JR., R. S.; VIEIRA, O. V. Manejo de plantas daninhas em sistemas de semeadura direta no Brasil. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 35, e017170839, p. 1-52, 2017.

ALMS, J.; MOEHNIG, M.; VOS, D.; CLAY, S. A. Yield loss and management of volunteer corn in soybean. *Weed Technology*, Fayetteville, v. 30, n. 1, p. 254-262, 2016. <https://doi.org/10.1614/WT-D-15-00096.1>.

BARROSO, A. A. M.; ALBRECHT, A. J. P.; ALBRECHT, L. P.; ADEGAS, F. S.; GUIMARÃES, S. C. M.; GAZZIERO, D. L. P. Herbicide resistance in Brazil: status and future perspectives. *Weed Science*, Cambridge, v. 65, n. spe1, p. 1-14, 2017. <https://doi.org/10.1017/wsc.2017.36>.

BIANCHI, L.; RIBEIRO, D. N.; ZHANG, H.; SCOCCA, M.; DALLA CORTE, W.; WESTRA, P.; GAZZIERO, D. L.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Control of *Digitaria insularis* with ACCase inhibitors in sequential and tank-mix applications. *Weed Technology*, Fayetteville, v. 35, n. 3, p. 431-438, 2021. <https://doi.org/10.1017/wet.2021.3>.

BLACKSHAW, R. E.; HARKER, K. N.; CLAYTON, G. W.; O'DONOVAN, J. T. Broadleaf herbicide effects on clethodim and quizalofop-P efficacy on volunteer wheat (*Triticum aestivum*). *Weed Technology*, Lawrence, v. 20, n. 1, p. 221-226, 2006. <https://doi.org/10.1614/WT-04-059R.1>

BUENO, M. R.; ALVES, G. S.; PAULA, A. D. M.; CUNHA, J. P. A. R. Volumes de calda e adjuvante no controle de plantas daninhas com glyphosate. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 705-713, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582013000300022>.

CAVALIERI, S. D.; SILVA, D. V.; OLIVEIRA JR., R. S.; ALBRECHT, A. J. P. Glyphosateresistant *Digitaria insularis*: mechanisms and management. *Pest Management Science*, Sussex, v. 78, n. 4, p. 1358-1368, 2022. <https://doi.org/10.1002/ps.6734>.

CORREIA, N. M.; BRAZ, G. B. P.; FERNANDES, J. L.; CARBONARI, C. A.; VELINI, E. D. Multiple resistance in *Eleusine indica* to ACCase inhibitors and glyphosate. *Weed Research*, Oxford, v. 62, n. 3, p. 188-198, 2022. <https://doi.org/10.1111/wre.12527>.

COSTA, L. L.; SANTOS, T. C. M.; ALMEIDA, D. P.; FERREIRA, M. C.; LEÃO-ARAÚJO, É. F.; TIMOSSI, P. C. Compatibilidade físico-química de diferentes doses e misturas de herbicidas. *Revista Brasileira de Herbicidas*, Londrina, v. 19, n. 3, p. 1-8, 2020. <https://doi.org/10.7824/rbh.v19i3.713>

CUNHA, J. P. A. R.; BUENO, M. R.; FERREIRA, M. C. Espectro de gotas de pontas de pulverização com adjuvantes de uso agrícola. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 28, n. esp., p. 1153-1158, 2010. DOI: 10.1590/S0100-83582010000500023.

EUBANK, T. W.; STECKEL, L. E.; MAIN, C. L.; MUELLER, T. C. Sequential applications of clethodim and dicamba for improved grass control. *Weed Technology*, Fayetteville, v. 27, n. 4, p. 649-656, 2013. <https://doi.org/10.1614/WS-D-12-00144.1>.

EDWARDS, W. *Estimating farm machinery costs*. Ames: Iowa State University Extension and Outreach, 2015. (Ag Decision Maker, File A3-29).

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. *The state of agricultural mechanization and production costs*. Rome, 2020. Disponível em: <https://www.fao.org/3/ca7348en/CA7348EN.pdf>. Acesso em: dez. 2025.

FILUS, J.; PETERSEN, A.; BENEDITO, V. A.; HOFFMAN, M. Advances and challenges in the use of auxinic herbicides. *Plants*, Basel, v. 13, n. 3, p. 454, 2024. <https://doi.org/10.3390/plants13030454>.

FILUS, A.; BARROSO, A. A. M.; ALBRECHT, A. J. P.; SILVA, A. F. M.; ALBRECHT, L. P.; RONCATTO, E. Application technology and effectiveness of auxin herbicides in controlling *Conyza sumatrensis* and *Commelina benghalensis*. *Revista de Agricultura Neotropical*, Cassilândia, v. 11, n. 1, e8319, 2024. <https://doi.org/10.32404/rean.v11i1.8319>

FRITZ, B. K.; HOFFMANN, W. C.; BAGLEY, W. E. Effects of spray droplet size and spray volume on deposition and efficacy. *Applied Engineering in Agriculture*, St. Joseph, v. 26, n. 4, p. 1-7, 2010. <https://doi.org/10.13031/2013.30043>.

GAO, X.; LI, Y.; CHEN, S.; WANG, X.; ZHANG, L. Global assessment of weed interference on crop yield. *Agronomy Journal*, Madison, v. 116, n. 1, p. 215-229, 2024. <https://doi.org/10.1002/agj2.21596>.

GAZZIERO, D. L. P.; SILVA, A. F.; ADEGAS, F. S.; MENDES, R. R. Desiccation strategies in no-till systems after paraquat ban. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 40, e010422309, 2022. <https://doi.org/10.1590/S0100-8358202200100046>.

GRICHAR, W. J.; BESLER, B. A.; BREWER, K. D. Herbicide interactions and sequential applications for improved weed control in row crops. *Weed Technology*, Fayetteville, v. 30, n. 1, p. 57-65, 2016. <https://doi.org/10.1614/WT-D-15-00168.1>.

GROSSMANN, K. Auxin herbicides: current status of mechanism and mode of action. *Pest Management Science*, Chichester, v. 66, n. 2, p. 113-120, 2010. <https://doi.org/10.1002/ps.1860>

KNOCHE, M. Effect of droplet size and carrier volume on performance of foliage-applied herbicides. *Crop Protection*, Guildford, v. 13, n. 3, p. 163-178, 1994. [https://doi.org/10.1016/0261-2194\(94\)90075-2](https://doi.org/10.1016/0261-2194(94)90075-2)

LEISE, A.; SINGH, M.; CAFARO LA MENZA, N.; KNEZEVIC, S. Z.; JHALA, A. J. A dual tank precision sprayer to evaluate the interaction of 2,4-D choline and quizalofop-p-ethyl for control of volunteer corn in corn. *Agricultural & Environmental Letters*, Madison, v. 10, n. 1, e70015, 2025. <https://doi.org/10.1002/ael2.70015>

MERRITT, L. H.; FERGUSON, J. C.; BROWN-JOHNSON, A. E.; REYNOLDS, D. B.; TSENG, T.-M.; LOWE, J. W. Reduced herbicide antagonism of grass weed control through spray application technique. *Agronomy*, Basel, v. 10, n. 8, p. 1131, 2020. <https://doi.org/10.3390/agronomy10081131>.

MONQUERO, P. A.; CURY, J. C.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Controle pelo glyphosate e caracterização geral da superfície foliar de *Commelina benghalensis*, *Ipomoea hederifolia*, *Richardia brasiliensis* e *Galinsoga parviflora*. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 123-132, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582005000100015>

NATH, C. P.; PANDEY, P.; KUMAR, A.; et al. Challenges and alternatives of herbicide-based weed management in agriculture. *Agronomy*, Basel, v. 14, n. 1, p. 126, 2024. <https://doi.org/10.3390/agronomy14010126>.

NURSE, R. E.; GILLIGAN, T. M.; STEPHENSON, G. R.; SIKKEMA, P. H. The effect of spray volume on herbicide efficacy. *Weed Science*, Lawrence, v. 56, n. 4, p. 457-463, 2008. <https://doi.org/10.1614/WS-08-010.1>.

PAUL, S. K.; MAZUMDER, S.; NAIDU, R. Herbicidal weed management practices: history and future prospects of nanotechnology in an eco-friendly crop production system. *Heliyon*, Amsterdam, v. 10, n. 5, e26527, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26527>

PIMENTEL, D.; HURD, L. E.; BELL, T.; MATEO, R.; BYERS, M. Costs of agricultural production systems and mechanization. *BioScience*, Washington, v. 43, n. 11, p. 752-760, 1993. <https://doi.org/10.2307/1312310>.

R CORE TEAM R. *A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. Available at: <https://www.R-project.org/>.

RADONS, S. Z.; HELDWEIN, A. B.; SILVA, J. R. da; SILVA, A. V. da; SCHEPKE, E. Weather conditions favorable for agricultural spraying in Rio Grande do Sul State. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 26, n. 1, p. 36-43, 2022. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v26n1p36-43>

RAMSDALE, B. K.; MESSERSMITH, C. G. Spray volume effects on herbicide performance and deposition. *Weed Technology*, Fayetteville, v. 15, n. 3, p. 485-491, 2001. [https://doi.org/10.1614/0043-1745\(2001\)049\[0561:SVOOHP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0043-1745(2001)049[0561:SVOOHP]2.0.CO;2).

SBCPD - SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. *Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas*. Londrina: SBCPD, 1995. 42p.

SHEKHAWAT, K.; RATHORE, S. S.; BABU, S.; RAJ, R.; CHAUHAN, B. S. Exploring alternatives for assessing and improving herbicide use in intensive agroecosystems of South Asia: a review. *Advances in Weed Science*, Viçosa, v. 40, n. spe1, e0202200116, 2022. <https://doi.org/10.51694/AdvWeedSci/2022;40:seventy-five005>

SILVA, L. F.; ALVES, G. S.; GOMES, W. P.; OLIVEIRA JR., R. S. Evolution and spread of herbicide-resistant weeds in Brazil. *Frontiers in Agronomy*, Lausanne, v. 5, n. 1147423, p. 1-10, 2023. <https://doi.org/10.3389/fagro.2023.1147423>

SOLTANI, N.; DUENK, E.; MILLER, R. T.; HOOKER, D. C.; ROBINSON, D. E.; SIKKEMA, P. H. Synergistic and antagonistic herbicide interactions for control of volunteer corn in glyphosate/glufosinate/2,4-D-resistant soybean. *Journal of Agricultural Science*, Toronto, v. 15, n. 4, p. 27-39, 2023. <https://doi.org/10.5539/jas.v15n4p27>.

TORRA, J.; BELTRÁ, L.; REDONDO, P.; GONZÁLEZ-TORRALBA, J.; TABERNER, C.; RUIZ, D.; RECASENS, J. Advances in the development and use of auxinic herbicides for resistant weed management. *Weed Science*, Cambridge, v. 72, n. 1, p. 45-57, 2024. <https://doi.org/10.1017/wsc.2023.68>.

UNDERWOOD, M. G.; SOLTANI, N.; ROBINSON, D. E.; SIKKEMA, P. H. Antagonism of clethodim by dicamba in volunteer corn control. *Weed Technology*, Fayetteville, v. 30, n. 4, p. 859-866, 2016. <https://doi.org/10.1614/WT-D-16-00045.1>.