

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

**AGATHA DA SILVA ARGOLI**

**INFLUÊNCIA DE ADJUVANTES E CHUVA SIMULADA NA DEPOSIÇÃO E  
OTIMIZAÇÃO DA DOSE DE HERBICIDAS PARA CONTROLE DE PLANTAS  
DANINHAS**

Ilha Solteira

2023

**AGATHA DA SILVA ARGIOLI**

**INFLUÊNCIA DE ADJUVANTES E CHUVA SIMULADA NA DEPOSIÇÃO E  
OTIMIZAÇÃO DA DOSE DE HERBICIDAS PARA CONTROLE DE PLANTAS  
DANINHAS**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Unesp como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia pelo Programa de Pós-graduação em Agronomia.

Prof. Dr. Evandro Pereira Prado  
**Orientador**

Ilha Solteira

2023

FICHA CATALOGRÁFICA  
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

A692i Argioli, Agatha da Silva.  
Influência de adjuvantes e chuva simulada na deposição e otimização da dose de herbicidas para controle de plantas daninhas / Agatha da Silva Argioli. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2023  
44 f.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de especialidade: Sistemas de Produção, 2023

Orientador: Evandro Pereira Prado

Inclui bibliografia

1. Tecnologia de aplicação. 2. Controle químico. 3. Retenção da pulverização. 4. Digitaria insularis. 5. Euphorbia heterophylla.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Ilha Solteira

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO DA DISSERTAÇÃO:** Influência de adjuvantes e chuva simulada na deposição e otimização da dose de herbicida para controle de plantas daninhas

**AUTORA:** AGATHA DA SILVA ARGOLI

**ORIENTADOR:** EVANDRO PEREIRA PRADO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Agronomia, especialidade: Sistemas de Produção pela Comissão Examinadora:



Documento assinado digitalmente  
EVANDRO PEREIRA PRADO  
Data: 07/04/2023 09:19:47-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. EVANDRO PEREIRA PRADO (Participação Virtual)  
Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas - UNESP

Prof. Dr. DIEGO MIRANDA DE SOUZA (Participação Virtual)  
Departamento de Fitossanidade / Centro Regional Universitário de Espírito Santo do Pinhal - UniPinhal

Prof. Dr. RONALDO CINTRA LIMA (Participação Virtual)  
Departamento de Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas - UNESP

Ilha Solteira, 07 de junho de 2023

## DEDICATÓRIA

Primeiramente agradeço a Deus por me conceder saúde, perseverança, fé, determinação e motivação.

Aos meus pais pelo incentivo, por todo o amor, apoio, compreensão, e suporte, sem eles nada disso se tornaria possível.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Evandro Pereira Prado, pela oportunidade, paciência e ensinamentos no decorrer do trabalho.

E agradeço a todos que de forma direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação.

## **AGRADECIMENTOS**

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## RESUMO

Maximizar a eficiência de controle de plantas daninhas, com o mínimo possível de contaminação ambiental e de forma econômica, é o maior desafio envolvido na aplicação de defensivos agrícolas. Essa pesquisa teve como objetivo verificar como o uso de adjuvantes agrícolas e chuva simulada podem afetar a deposição e a fitotoxicidade na aplicação de herbicidas pós-emergentes em plantas daninhas. Os tratamentos consistiram na pulverização do corante Azul Brillhante (de 1,5 g L<sup>-1</sup>) associado com herbicidas em plantas de *Euphorbia heterophylla* (L.) e *Digitaria insularis* (L.) Fedde. Os valores de deposição em  $\mu\text{L g}^{-1}$  de matéria seca da parte aérea (MSPA) foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). Para análise de uniformidade da deposição, os dados foram ajustados à análise de regressão pelo modelo Logístico através do programa estatístico R. Para verificar o efeito das diferentes técnicas de aplicação na fitotoxicidade das plantas foram pulverizados herbicidas em diferentes concentrações da dose comercial registrada para cada planta daninha. As avaliações foram constituídas pela porcentagem visual de fitotoxicidade e da MSPA. Com base nos resultados encontrados os maiores valores de deposição foram proporcionados pelo adjuvante Fixade e as maiores reduções da massa seca da parte aérea das plantas daninhas foram observadas quando a simulação de chuva foi realizada nos maiores intervalos de tempo.

**Palavras-chave:** tecnologia de aplicação; controle químico; retenção da pulverização; *Digitaria insularis*; *Euphorbia heterophylla*.

## ABSTRACT

The optimization of weed management efficacy while simultaneously mitigating environmental impact and cost remains a pivotal challenge within the domain of agricultural pesticide utilization. We designed research to delve into the potential ramifications of incorporating agricultural adjuvants and simulated rainfall within the context of post-emergent herbicide application, with the objective of achieving efficacious weed control. The experimental protocol encompassed the application of Brilliant Blue dye, calibrated to a concentration of  $1.5 \text{ g L}^{-1}$ , in conjunction with selected herbicides, onto distinct weed species: *Euphorbia heterophylla* L. and *Digitaria insularis* L. To assess deposition efficiency, precise measurements were undertaken, quantifying the levels in terms of  $\mu\text{L g}^{-1}$  of dry above-ground biomass (MSPA). These measurements were subjected to a statistical analysis employing variance examination, followed by the application of the Scott-Knott test, with a significance threshold set at  $p\text{-value} < 0.05$ . In parallel, the uniformity of deposition patterns was scrutinized utilizing a Logistic regression model, implemented through the R programming language. A vital facet of this study encompassed the evaluation of divergent application techniques and their distinct impacts on phytotoxicity. This intricate exploration involved the methodical administration of herbicides at varying concentrations, calibrated relative to the commercially registered doses for the respective target weed species. The comprehensive evaluation included critical metrics such as the visual percentage of phytotoxicity and MSPA. The results yielded intriguing insights. Notably, the application of the Fixade adjuvant demonstrated a substantial potential for augmenting deposition efficiency, thereby amplifying the overall effectiveness of the herbicidal application process. Equally captivating was the observation that the introduction of simulated rainfall at extended intervals emerged as a compelling variable, eliciting substantial reductions in the dry above-ground biomass of the targeted weed species. In essence, this study unveils the dynamic interplay between agricultural adjuvants, simulated environmental influences, and the application of post-emergent herbicides. Through a deconstruction and systematic evaluation of these pivotal components, our research contributes substantively to the advancement of precision-driven strategies for effective weed management.

Keywords: application technology; chemical control; spray retention; *Digitaria insularis*; *Euphorbia heterophylla*.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>12</b>
2.1	PLANTAS DANINHAS.....	12
2.2	ADJUVANTES.....	13
2.3	HERBICIDAS .....	14
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>15</b>
3.1	DETERMINAÇÃO DOS DEPÓSITOS DA PULVERIZAÇÃO .....	16
3.1.1	<b>Semeadura e condução das plantas em vasos</b> .....	<b>16</b>
3.1.2	<b>Descrição dos tratamentos</b> .....	<b>16</b>
3.1.3	<b>Pulverização dos tratamentos</b> .....	<b>17</b>
3.1.4	<b>Quantificação dos depósitos da pulverização</b> .....	<b>17</b>
3.1.5	<b>Análise dos resultados</b> .....	<b>18</b>
3.2	FITOTOXIDADE DO HERBICIDA EM FUNÇÃO DO USO DE ADJUVANTE	19
3.2.1	<b>Descrição dos tratamentos</b> .....	<b>19</b>
3.2.2	<b>Análise dos resultados</b> .....	<b>20</b>
3.3	Influência de chuva simulada após aplicação de herbicida associado com adjuvantes.....	21
3.3.1	<b>Descrição dos tratamentos</b> .....	<b>21</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>23</b>
4.1	Quantificação dos depósitos da pulverização em plantas de <i>E. heterophylla</i> e <i>D. insularis</i> .....	23
4.2	Fitotoxicidade do herbicida .....	28
4.3	Influência de chuva simulada após aplicação de herbicida associado com adjuvantes.....	35
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>41</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>42</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As culturas de interesse econômico ainda sofrem com reduções de produtividade devido à competição interespecífica que as plantas daninhas exercem sobre as culturas na busca por água, luz e nutrientes. A acelerada adaptação permite a sua sobrevivência em diferentes ambientes, restringindo o desenvolvimento de outras espécies, além de interferir nos procedimentos de colheita (SILVEIRA *et al.*, 2018).

Dentre as espécies de difícil controle, destaca-se a *Digitaria insularis* (L.) Fedde, conhecida popularmente como capim amargoso. Esta planta daninha, nativa das regiões tropicais e subtropicais do continente americano, é bastante disseminada nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste do Brasil, possui um rápido crescimento onde forma touceiras e possui grande adaptabilidade a diferentes condições climáticas e ambientais (SILVA *et al.*, 2017).

Outra planta daninha de grande importância é a *Euphorbia heterophylla* (L.), também conhecida como amendoim-bravo. Nativa de regiões tropicais e subtropicais das Américas, a maior dificuldade relacionada ao seu controle está relacionada às suas características biológicas, por exemplo, ciclo de vida curto e alta dispersão de sementes. O cultivo da soja associada à infestação do amendoim-bravo diminui o seu crescimento, reduzindo tamanho e número de trifólios, em consequência da competição entre as espécies (CARVALHO; BIANCO; GUZZO, 2010). Ainda, segundo Forte *et al.* (2017) constataram diminuições na área foliar e na massa seca de parte aérea de soja em competição com amendoim-bravo.

Dentre os herbicidas mais utilizados para controle de plantas daninhas, destaca-se o glyphosate, empregado tanto em espécies perenes como anuais. Herbicida de amplo espectro de controle e usado em diferentes estádios de desenvolvimento das espécies, ele se tornou o principal método de controle. Em consequência da alta pressão de seleção imposta pela molécula, houve um aumento da população de biótipos resistentes ao glyphosate no Brasil, dentre elas a *D. insularis* e *E. heterophylla* (MELO *et al.*, 2017).

O controle químico, sendo a principal estratégia de controle de plantas daninhas, requer reintrodução e manutenção de diferentes táticas de manejo. Assim, é necessário buscar herbicidas alternativos ao glyphosate (MELO *et al.*, 2017), como

o glufosinate-ammonium e diquat, para controle das espécies-alvo, para evitar o aparecimento de novos biótipos resistentes.

O glyphosate é um herbicida sistêmico, assim, uma vez em contato com a planta, o produto vai ser absorvido e translocado para outras partes da planta, podendo ser utilizado nos estádios iniciais e de maior desenvolvimento da planta daninha. Enquanto que, o diquat e glufosinate - ammonium possuem forte ação de contato, sendo pouco móveis no sistema da planta e necessitam serem aplicados nos estádios iniciais de desenvolvimento, para evitar um efeito guarda-chuva durante uma aplicação (MELHORANÇA, 2002).

A maior preocupação dos profissionais envolvidos com a aplicação de produtos fitossanitários, seja qual for o cultivo, é a maximização da quantidade de ingrediente ativo (i.a.) a ser depositada no alvo, com cobertura uniforme, para propiciar controle eficiente e, ao mesmo tempo, evitar a deposição em qualquer outro lugar (FRITZ; HOFFMANN; BAGLEY, 2012).

Um dos fatores que influencia na eficiência de aplicação é a ocorrência de chuvas após a pulverização onde ocorre a retirada do produto da superfície foliar, reduzindo o efeito de controle sobre a planta daninha (PICANÇO *et al.*, 2014). Uma das principais formas de aumentar a eficácia de herbicidas e, ao mesmo tempo, minimizar seu impacto em organismos não alvos é através da correta seleção e adição de adjuvantes (JANKU *et al.*, 2012; LI *et al.*, 2016).

Os adjuvantes também ajudam a aumentar a eficiência de controle de herbicidas, em especial os de contato, após a ocorrência de chuvas em seguida da aplicação. A utilização de adjuvantes na calda de herbicidas pode proporcionar maior penetração e resistência à remoção do herbicida na superfície foliar pela chuva, aumentando a eficácia e reduzindo o período de tempo requerido entre a aplicação e lavagem pela chuva (KOGER; DODDS; REYNOLDS, 2007).

Visto a grande dependência da aplicação de herbicidas em pulverizações para o controle de plantas daninhas pelos agricultores, torna-se fundamental o aprimoramento das melhores técnicas de aplicação visando um controle mais eficiente com o mínimo de contaminação ambiental possível.

Diante disso, o estudo teve como objetivo determinar o efeito de diferentes classes de adjuvantes nos depósitos da pulverização e fitotoxicidade dos herbicidas diquat e glufosinate - ammonium em plantas de amendoim-bravo e capim amargoso,

além de averiguar estes efeitos quando submetido a diferentes períodos de chuvas após aplicação.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 PLANTAS DANINHAS

As plantas daninhas em áreas agrícolas e de pecuária, antes chamadas de plantas pioneiras, inicialmente foram caracterizadas por serem plantas que se desenvolviam em solos expostos ou em que a vegetação natural tivesse sido extinta, sendo posteriormente controladas conforme a vegetação fosse reestabelecida (PITELLI; DURIGAN, 2008).

As plantas pioneiras podem ser divididas entre domesticadas e não domesticadas. A primeira são as plantas que foram adaptadas às necessidades humanas e, segundo Fedoroff e Brown (1992), passaram pelo processo de “Síndrome da Domesticação”, ou seja, sofreram modificações como perda de dormência de sementes, mecanismos de disseminação ineficientes, maior uniformidade, aumento do tamanho dos frutos e sementes, dentre outras características. Um bom exemplo de planta domesticada é o milho (*Zea mays*), quando comparado à sua espécie selvagem, o teosinto, possui crescimento reduzido e dificuldade na dispersão natural das sementes (BESPALHOK; GUERRA; OLIVEIRA, 1999).

As espécies de plantas não domesticadas continuam habitando as áreas de agropecuária e, por manterem suas características selvagens, acarretam uma séria de problemas para o sistema produtivo. Dentre as características que mantiveram, as plantas daninhas possuem grande rusticidade, crescimento e desenvolvimento rápido, dormência nas sementes e adaptação para disseminação a curta e longa distância (PITELLI, DURIGAN, 2008). Ainda, essas espécies de plantas possuem grande variabilidade genética, o que garante boa adaptação e sobrevivência a diferentes condições ambientais.

No geral, as plantas daninhas podem ser definidas como plantas que interferem negativamente no sistema produtivo. De acordo com Pitelli (2015), ocorrem em época e local indesejável, acarretando em perdas na produção agrícola, aumento nos custos de produção e manutenção da integridade dos ambientes.

O potencial produtivo da cultura de interesse agrônomo pode ser influenciado pelas plantas daninhas em 96,8% na cultura do arroz, 65% do milho, 36% do feijão, 31% do trigo e 46 % da soja (COSTA *et al.*, 2018). Uma das práticas culturais para controle das plantas daninhas dentro do sistema de produção, o uso de herbicidas, seja ele de contato ou sistêmico, tem grande destaque. Entretanto, esse método de controle tem enfrentado algumas dificuldades de resistência de plantas.

Segundo Christoffoleti e López-Ovejero (2003), as plantas daninhas possuem uma grande variabilidade genética, o que lhes confere uma capacidade de sobrevivência e adaptação a diferentes ambientes. Dessa forma, o uso intensivo de herbicidas gera uma pressão de seleção sobre as plantas, onde acabam sendo selecionadas sobre aquelas mais suscetíveis.

A utilização exclusiva de um único herbicida e/ou mecanismo de ação, o sistema de monocultura, dosagens de produtos inadequados, falta de aplicação sequencial para controle de escapes, são práticas que acarretam na seleção de biótipos resistentes (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO, 2003). Com o aumento de casos de resistências, se faz necessário o manejo integrado para controle dessas infestantes dentro do sistema de produção.

## 2.2 ADJUVANTES

A pulverização de defensivos agrícolas representa grande parte dos custos de produção de uma cultura, dessa forma, necessita de requerida atenção para sua aplicação. Segundo Santiago e Guazzelli (2021), cada aplicação de defensivos pode proporcionar uma perda de 40 a 60%, sendo que 27% dessa perda são representadas pela evaporação da calda aplicada, antes mesmo da gota atingir o alvo desejado, ou seja, dos US\$ 8,8 bilhões gastos no Brasil com defensivos em 2017, US\$ 2,37 bilhões de dólares foram desperdiçados.

A eficácia da aplicação de defensivos agrícolas é influenciada por determinadas variáveis, dentre elas, a escolha das pontas, a redução do volume de calda, tamanho de gotas, evaporação, deriva, formação de espuma e a composição da calda de aplicação, que também pode ser influenciada pela adição de adjuvantes (CAIXETA *et al.*, 2019).

Os adjuvantes são definidos por Montório (2001); Ramos *et al.* (2017), como produtos, sem propriedades fitossanitárias, que aprimoram, de forma direta ou

indireta, o desempenho dos defensivos quando adicionados à calda de pulverização por agirem sobre as características essenciais da calda.

Segundo Antuniassi *et al.* (2013), os adjuvantes são substâncias que podem ser acrescentadas à calda de pulverização ou já conter na própria formulação do defensivo e que contribuem para melhorar a performance da aplicação. Felsot *et al.* (2010); Moreira Junior e Antuniassi (2010) ainda citam que os adjuvantes podem ser acrescentados à calda para alterar suas características e influenciar os fatores de deriva e tamanho de gota.

Há dois grupos de adjuvantes, os considerados ativadores ou potencializadores, que aprimoram diretamente a atividade do defensivo aplicado, dentre eles temos os espalhantes adesivos, óleos vegetais e minerais e os derivados de silicões. O outro grupo é dos adjuvantes utilitários, que vão contribuir na formação da calda de aplicação atuando como facilitadores do processo de pulverização e não agem diretamente sobre a eficiência do defensivo, assim, podemos destacar os controladores de deriva, espumantes, tamponantes, acidificantes, umectantes e os condicionadores de água (GOMES, 2021).

De acordo com Ramsdale e Messersmith (2001); Lan *et al.* (2007) a interação entre adjuvante e defensivo é complexa, onde envolve os aspectos físicos, químicos e fisiológicos da calda de aplicação e do alvo a ser atingido, influenciando no desempenho da aplicação de forma positiva ou negativa.

Um adjuvante pode agir contribuindo para a formação de gotas maiores, o que ajuda a reduzir as perdas por deriva, por outro lado, esse aumento das gotas pode ser uma desvantagem, levando em consideração que gotas maiores apresentam dificuldade de atingir a parte inferior do dossel das plantas, por exemplo, dificultando a atingir o alvo desejado (CAMPOS, 2020). Dessa forma, é de suma importância obter informações sobre a função dos adjuvantes e suas interações com as formulações dos defensivos para não haver comprometimento de sua eficiência.

### 2.3 HERBICIDAS

De acordo com Roman *et al.* (2007), os herbicidas são: agentes biológicos, fungos e outros microorganismos, ou substâncias, orgânicas ou inorgânicas, capazes de matar ou suprimir o desenvolvimento de espécies de plantas específicas. Segundo Oliveira e Santos (2021) quando utilizado em pastagens, ajudam a eliminar a

competitividade com as plantas daninhas, contribuindo no aumento da produtividade de massa verde.

Alguns aspectos precisam ser considerados no momento de se escolher o herbicida a ser utilizado, dentre eles temos, o método e momento de aplicação, quais as espécies e a densidade populacional das plantas daninhas alvo (OLIVEIRA; WENDLING; SILVEIRA, 2019). Esses aspectos são de extrema importância, uma vez que, a translocação, metabolização e absorção do herbicida podem ser influenciadas, quando aplicado isolado ou em mistura, afetando sua eficiência de controle (QUADROS *et al.*, 2020).

Os herbicidas são classificados em relação à sua seletividade, época de aplicação e mecanismo de ação. A seletividade é a tolerância que uma espécie tem a um determinado herbicida, podendo ser seletivo, quando não causam danos à cultura comercial, e os não seletivos, que além de matar e reduzir o desenvolvimento das plantas daninhas, também prejudicam a cultura principal cultivada, como exemplo, temos o glufosinate – ammonium e o diquat (OLIVEIRA JUNIOR, 2011).

A época de aplicação do herbicida ajuda a potencializar sua eficácia, assim eles são classificados entre pré-plantio e incorporado, pré-emergente e pós-emergência. Além disso, o mecanismo de ação dos herbicidas segue uma classificação Internacional do HRAC (Comitê de Ação à Resistência de Herbicidas) onde são divididos em grupos de acordo com o sítio de ação que agem na planta (OLIVEIRA JUNIOR, 2011).

Como exemplo, temos o herbicida diquat, um inibidor do fotossistema I, pertencente ao grupo D e o glufosinate – ammonium pertence ao grupo H, inibidor da glutamina sintetase. Ambos são herbicidas muito utilizados, principalmente para dessecação das culturas, e quando submetidos a condições de alta luminosidade e alta umidade relativa do ar e do solo, potencializam seus efeitos de controle (ROMAN *et al.*, 2007).

Desse modo, os herbicidas se mostram eficientes no controle de plantas daninhas e devem ser bem escolhidos de acordo com suas características para que se adequem à aplicação e aos alvos a serem controlados.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

### 3.1 DETERMINAÇÃO DOS DEPÓSITOS DA PULVERIZAÇÃO

#### 3.1.1 Semeadura e condução das plantas em vasos

As sementes de capim-amargoso e amendoim-bravo foram obtidas na Agro Cosmos Ltda. Em vasos de capacidade de 0,8 L, foi adicionado solo de barranco (15% argila, 5% silte e 80% areia) peneirada até aproximadamente 4 cm para completar o recipiente e, em seguida, completados com substrato (Carolina Soil<sup>®</sup>) até 0,5 cm da borda dos vasos. Cinco a sete sementes de *E. heterophylla* e *D. insularis* foram colocadas no centro dos vasos e completados com substrato até a capacidade máxima do vaso. Após a semeadura, foram realizadas irrigações diárias por micro aspersão de acordo com a necessidade.

Aos 7 dias após a emergência (DAE) foi realizado o desbaste do excesso de plantas, mantendo uma por vaso. Posteriormente, houve a suplementação nutricional com aproximadamente 1,0 g de fertilizante mineral formulado (04 14 08) por vaso aos 14 DAE para ambas as espécies. As espécies-alvo foram submetidas aos tratamentos de deposição quando estavam com aproximadamente 4 a 5 folhas para *E. heterophylla* e 1 a 2 perfilhos para *D. insularis*. As plantas foram selecionadas com estádios fenológicos o mais próximo possível.

#### 3.1.2 Descrição dos tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com seis tratamentos e 40 repetições sendo cada repetição constituída por um vaso e o experimento foi realizado em duplicata. Os tratamentos utilizados para quantificar os depósitos da pulverização nas plantas de *E. heterophylla* e *D. insularis* foram: T1- água destilada (AD) + herbicida (H) + corante Azul Brilhante (CAB) + nonil fenol etoxilato; T2- AD + H + CAB + nonil fenoxi poli etanol; T3- AD + H + CAB + copolímero de poliéter e silicone; T4- AD + H + CAB + hidrocarbonetos alifáticos; T5- AD + H + CAB + ésteres alquílicos do ácido fosfórico e T6- AD + H + CAB [testemunha]. O herbicida diquat (Reglone<sup>®</sup>, 200 g i.a. L<sup>-1</sup>) foi aplicado nas plantas de *E. heterophylla* e o herbicida glufosinate – ammonium (Finale<sup>®</sup>, 200 g i.a. L<sup>-1</sup>) nas plantas de *D. insularis*, ambos na dose comercial de 2 L ha<sup>-1</sup> e, a concentração do corante azul

brilhante de 1,5 g L<sup>-1</sup> para todos os tratamentos. As doses e características dos adjuvantes estão descritas na Tabela 1.

**Tabela 1** - Características dos adjuvantes

<b>Ingrediente ativo (i.a.)</b>	<b>Concentração do i.a. L<sup>-1</sup></b>	<b>Categoria agrônômica</b>	<b>Dose*</b>	<b>Fabricante</b>
nonil fenol etoxilato (Fixade)	900 g	Espalhante adesivo	200 mL 100 L <sup>-1</sup>	Syngenta
nonil fenoxi poli (etilenoxi) etanol (Agral)	200 g	Espalhante adesivo	50 mL 100 L <sup>-1</sup>	Syngenta
copolímero de poliéter e silicone (Silwet L-77)	1000 g	Espalhante adesivo	100 mL 100 L <sup>-1</sup>	Momentive Performace Materiais Industriais de Silicone
hidrocarbonetos alifáticos (Nimbus)	428 g	Espalhante adesivo	750 mL 100 L <sup>-1</sup>	Syngenta
ésteres alquílicos do ácido fosfórico (Ochima)	752 g	Espalhante adesivo	250 mL ha <sup>-1</sup>	Syngenta

\* = dose utilizada nos experimentos. Fonte: Dados de pesquisa, 2021.

### 3.1.3 Pulverização dos tratamentos

A pulverização dos tratamentos foi realizada através do simulador de pulverização estacionário equipado com 4 bicos espaçadas em 0,5 m aplicando um volume de 156 L ha<sup>-1</sup> para todos os tratamentos. A aplicação foi realizada na velocidade constante de 5 km h<sup>-1</sup> na pressão de 200 kPa com as pontas modelo XR 11002 (gotas finas) mantidas a uma altura de 0,5 m em relação ao topo das plantas, para perfeita sobreposição dos jatos, em ambiente fechado. Temperatura e umidade relativa do ar foram monitoradas no momento das pulverizações através de termo higrômetro.

### 3.1.4 Quantificação dos depósitos da pulverização

Após pulverização e secagem da calda, as plantas de capim amargoso e amendoim bravo foram cuidadosamente cortadas rente ao solo com tesouras e acondicionadas em saco plástico. Em seguida, foram adicionados aos sacos plásticos, 68 mL de água destilada e, posteriormente, agitada para remoção do corante e uma amostra da solução foi utilizada para quantificação da absorvância.

Após extração da solução de lavagem, as plantas foram secas e levadas a uma estufa com circulação e renovação de ar (Tecnal, modelo TE – 394/3), por no mínimo 96 horas, a uma temperatura de 65 °C, posteriormente, determinou-se a massa seca da parte aérea (MSPA) em balança analítica (Marten, modelo AY220).

A absorvância das soluções de lavagem foi quantificada em espectrofotômetro (Kasuki IL-120-BI; precisão de 2,0 nm) no comprimento de 630 nm (PRADO *et al.*, 2015). Nas concentrações prévias do corante de 0,3125; 0,625; 1,25; 2,5; 5 e 10 mg L<sup>-1</sup>, foi determinado a equação linear que permitiu transformar os valores de absorvância em concentração do corante (mg L<sup>-1</sup>) dos respectivos tratamentos.

De posse dos valores de concentração do corante na calda, concentração do corante detectada no espectrofotômetro e volume de diluição da amostra, foi possível estabelecer o volume retido pelo alvo através da equação 1:

$$V1 = \frac{C2 \times V2}{C1} \quad [1]$$

Em que: C1= concentração inicial na calda de aplicação (mg L<sup>-1</sup>)

V1= volume retido pelo alvo (mL)

C2= concentração detectada no espectrofotômetro (mg L<sup>-1</sup>)

V2= volume de diluição da amostra (mL)

O volume retido em cada planta em mL foi transformado para microlitro e dividido pela sua respectiva MSPA, obtendo-se assim a quantidade em µL g<sup>-1</sup> de MSPA.

### 3.1.5 Análise dos resultados

Os dados de deposição em  $\mu\text{L g}^{-1}$  de MSPA foram previamente transformados em  $\sqrt{x+1}$  e submetidos à análise de variância pelo teste F e suas médias comparadas pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Para verificar a uniformidade de distribuição da deposição de cada tratamento os valores obtidos foram padronizados, ordenados, e a partir deles calculados a distribuição normal de probabilidade dos dados representada pela fórmula

$\int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{\left(-\frac{x^2}{2}\right)}$ , os quais foram tomados por  $x'_i$  para  $X'_i$  observações. Os dados foram utilizados para ajuste da regressão logística pela equação 2:

$$Y = \frac{a}{1+e^{b-cx}} \quad [2]$$

Em que: a= assíntota máxima da curva

b= deslocamento da curva ao longo do eixo x (valor em módulo)

c= inclinação da curva

x= dados de deposição

Para representar a frequência acumulada dos depósitos da pulverização nas plantas adotou-se o valor de aproximadamente 1 para o parâmetro “a” do modelo. A precisão do ajuste dos dados do modelo logístico foi avaliada por meio dos coeficientes de determinação ( $R^2$ ).

## 3.2 FITOTOXIDADE DO HERBICIDA EM FUNÇÃO DO USO DE ADJUVANTE

### 3.2.1 Descrição dos tratamentos

As plantas daninhas utilizadas foram obtidas nas mesmas condições descritas no item 3.1.1. O experimento foi realizado no delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 6 (Herbicida (H) + nonil fenol etoxilato; H + nonil fenoxi poli etanol; H + copolímero de poliéter e silicone; H + hidrocarbonetos alifáticos; H + ésteres alquílicos do ácido fosfórico e somente H - controle) x 8 (concentrações do herbicida) com quatro repetições e o experimento foi realizado em duplicata. As concentrações do herbicida foram 0 (testemunha aplicada com água destilada); 4,9; 14,8; 44,4; 133,3; 400; 1200; 3600 gramas de diquat para *E. heterophylla* (Reglone<sup>®</sup>, 200 g i.a. L<sup>-1</sup>) e glufosinate-ammonium (Finale<sup>®</sup>, 200 g i.a. L<sup>-1</sup>) para *D. insularis*.

As pulverizações da calda foram realizadas nas mesmas condições descritas no item 3.1.3.

Após a aplicação, os vasos foram acondicionados em casa de vegetação sem irrigação via aspersão por 24 horas para garantir a absorção do herbicida e, após esse período, irrigadas conforme necessidade das plantas.

Aos 2, 6, 10, 14 e 20 DAA do herbicida foram realizadas avaliações visuais de fitotoxicidade, baseada no vigor, clorose, necrose e morte da planta, comparada com a testemunha (aplicação somente com água). Foi atribuída a nota usando uma escala variando de 0% quando não existir efeito fitotóxico do herbicida, ou seja, as plantas tratadas apresentam características semelhantes à testemunha e 100% quando as plantas estiverem completamente mortas, além das notas intermediárias que expressam algum sintoma de fitotoxidez (SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS - SBCPD, 1995).

Aos 21 DAA as plantas foram cortadas e acondicionadas em sacos e secas em estufa de circulação de ar forçado, regulada a 65 °C por 96 horas para determinação dos valores de MSPA.

### 3.2.2 Análise dos resultados

Os dados de resposta da MSPA e avaliações visuais de fitotoxicidade das plantas daninhas foram ajustados pelo modelo log-logístico proposto por Seefeldt, Jensen e Fuerst (1995) e utilizadas por Mohassel, Aliverde e Rahimi (2011) e Beckie *et al.*, 2013 como descrito pela equação 3:

$$Y = \frac{D-C}{1+\exp \{b[\log(X)-\log (C50/90)]\}} + C \quad [3]$$

Em que: Y = resposta da redução da massa seca da parte aérea

X = dose do herbicida

D = limite superior da curva

C = limite inferior da curva

b = declividade da curva

C50/90 = dose necessária para reduzir 50 ou 90% da MSPA ou proporcionar 50 ou 90% de fitotoxicidade visual em relação à testemunha.

As análises das curvas de dose-resposta e os valores de C50/90 foram determinados utilizando o *pacote drc* no software R (RITZ; STREIBIG, 2012). Foi

utilizado o teste *lack-of-fit* para verificar se houve bom ajuste da curva utilizando o modelo de três parâmetros para fitotoxicidade visual e quatro para redução da MSPA, sendo aceito quando  $P \geq 0,05$ . Os valores de  $C50$  foram comparados pelo intervalo de confiança a 95% de probabilidade.

### 3.3 Influência de chuva simulada após aplicação de herbicida associado com adjuvantes

#### 3.3.1 Descrição dos tratamentos

As plantas daninhas utilizadas foram obtidas nas mesmas condições descritas anteriormente. O experimento foi realizado no delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial com 6 caldas [herbicida (H) + nonil fenol etoxilato; H + nonil fenoxi poli etanol; H + copolímero de poliéter e silicone; H + hidrocarbonetos alifáticos; H + ésteres alquílicos do ácido fosfórico e somente H - controle] em seis intervalos sem chuva após a aplicação das caldas. Utilizou-se o herbicida diquat para os tratamentos com a *E. heterophylla* e o glufosinate – ammonium para a *D. insularis*. Os intervalos de chuva após a aplicação do herbicida foram de 20; 40; 60; 120; 240 e 480 min quando pulverizado o herbicida diquat e de 20 min; 1; 2; 4; 8 e 24 horas para o herbicida glufosinate - ammonium. Para verificação de possível efeito fitotóxico do adjuvante nas plantas, foram acrescentados mais 5 tratamentos com aplicação de água com os adjuvantes e 1 tratamento apenas com água que serviu como testemunha absoluta. Cada tratamento foi composto por 4 repetições (4 vasos). As características e doses dos adjuvantes estão descritas na Tabela 1.

As pulverizações foram realizadas nas mesmas condições apresentadas anteriormente. No simulador de chuva, as plantas receberam uma lâmina de 10 mm durante um tempo de aproximadamente 2 minutos. O equipamento foi calibrado para operar na velocidade de 0,6 km h<sup>-1</sup> pulverizando uma gota ultra grossa na pressão de 200 kPa.

Avaliações visuais de fitotoxicidade foram realizadas aos 2, 4, 10, 14 e 20 DAA, com base nos sintomas de fitointoxicação, utilizando-se a escala em que 0% corresponde à ausência de sintomas visíveis e 100% à morte das plantas. Aos 20 DAA foi efetuado, por tesoura, o corte próximo ao colo das plantas, identificadas,

colocadas em saco de papel perfurado e transportadas para câmara de circulação de ar forçado, regulada a 65 °C por um período mínimo de 96 horas para determinação dos valores de MSPA.

Os dados de MSPA foram convertidos em redução da MSPA (RMSPA) pela equação 4:

$$RMSPA = \left[ 1 - \left( \frac{\text{massa seca individual do tratamento}}{\text{média da massa seca da testemunha}} \right) \right] \times 100 \quad [4]$$

Os dados de RMSPA foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. Testes de homogeneidade da variância e de distribuição do erro experimental (normalidade) foram realizados por análise.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Quantificação dos depósitos da pulverização em plantas de *E. heterophylla* e *D. insularis*

Durante a aplicação para determinação da deposição em plantas de *E. heterophylla* e *D. insularis*, todos os dados de condições ambientais foram monitorados e as equações lineares com os coeficientes de determinação estão descritos na Tabela 2.

Todas as aplicações foram realizadas com as condições de temperatura e umidade relativa do ar dentro dos parâmetros adequados para pulverização. Segundo Oliveira e Santos (2021), as condições ambientais e suas interações influenciam no controle de plantas daninhas e é recomendada a aplicação em dias de temperaturas inferiores à 30°C, ventos entre 3 e 10 km/h e umidade relativa superior à 50%.

As aplicações foram realizadas dentro de um simulador de pulverização estacionário, o que implica que a velocidade do vento em todas as aplicações foram de 0 km/h. Além disso, o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de todas as equações foi acima de 0,99, mostrando que o modelo se ajusta bem aos dados.

**Tabela 2** - Dados meteorológicos de temperatura (°C), umidade relativa do ar (%) no momento da aplicação dos experimentos, equação linear e coeficiente de determinação

Planta daninha	Data	Temperatura °C	U.R. (%)	Equação reta	$R^2$
Exp.1 <i>Euphorbia heterophylla</i>	22/02/21	27 ± 1,0	68 ± 2	$y = 7,7355x - 0,1812$	0,99
Exp. 1 <i>Digitaria insularis</i>	04/03/21	25 ± 0,5	79 ± 2	$y = 7,5958x - 0,1797$	0,99
Exp. 2 <i>Euphorbia heterophylla</i>	09/03/21	26 ± 1,0	80 ± 1	$y = 7,659x - 0,1561$	0,99
Exp. 2 <i>Digitaria insularis</i>	11/03/21	26 ± 1	70 ± 5	$y = 7,7806x - 0,1991$	0,99

Obs: dados mensurados no laboratório onde está instalado o simulador de pulverização e precipitação.  
Fonte: Dados de pesquisa, 2021.

Os valores de deposição em plantas de *E. heterophylla* e *D. insularis* pulverizado com o herbicida diquat e glufosinate – ammonium, respectivamente, associado aos diferentes adjuvantes estão descritos na Tabela 3. Para a *E. heterophylla*, todos os tratamentos apresentaram incremento na deposição quando comparado com a testemunha, com exceção da segunda aplicação com o adjuvante Ochima, que se igualou à testemunha. (Tabela 3).

O adjuvante Fixade foi o que obteve maior destaque de deposição quando comparado ao controle e se diferenciou significativamente dos demais adjuvantes em ambas as aplicações (Tabela 3).

Resultado semelhante foi encontrado na aplicação de deposição para a *D. insularis*, onde todos os tratamentos obtiveram maiores valores de deposição quando associado a algum adjuvante. Na primeira aplicação na *D. insularis*, o adjuvante Fixade e Nimbus se destacaram, diferenciando significativamente dos demais tratamentos, enquanto que na segunda aplicação, apenas o adjuvante Nimbus apresentou maior deposição (Tabela 3).

Diante dos resultados, pode-se perceber que em todas as aplicações, em ambas as plantas daninhas, a aplicação dos herbicidas associados a adjuvante apresentou maiores valores de deposição quando comparado à aplicação isolado do herbicida. Comparando os tratamentos de ambas as plantas daninhas, é possível verificar que a *D. insularis* obteve maior incremento de deposição quando comparada com a *E. heterophylla* (Tabela 3).

Barroso *et al.* (2010) e Carvalho, Bianco e Guzzo (2010) afirmam que o efeito do adjuvante é dependente do herbicida utilizado e da espécie a ser controlada, assim, as características fisiológicas, morfológicas e estruturais das plantas, como a cerosidade e cutícula da folha, influenciam na facilidade de penetração e absorção das moléculas. Ainda, a presença de adjuvantes na calda de aplicação deixa a massa da gota pulverizada maior, o que pode influenciar nos valores de deposição.

**Tabela 3** - Valores de deposição após pulverização com o herbicida diquat em *Euphorbia heterophylla* e glufosinate - ammonium em *Digitaria insularis* associados a diferentes classes de adjuvantes

Adjuvantes	<i>E. heterophylla</i>		<i>D. insularis</i>	
	Depósito ( $\mu\text{L g}^{-1}$ MSPA)			
	1ª A	2ª A	1ª A	2ª A
Fixade	161,6 a	130,6 a	252,6 a	169,4 b
Agral	131,4 b	95,9 b	131,9 c	92,3 d
Silwet	131,0 b	114,3 b	222,8 b	125,9 c
Nimbus	128,9 b	107,4 b	266,4 a	186,4 a
Ochima	107,0 c	57,4 c	98,6 d	78,7 d
Controle	82,7 d	60,1 c	66,4 e	50,9 e
F	18.32	15.51	174.49	97.07
P	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. 1ª A: primeira aplicação; 2ª A: segunda aplicação (duplicata). Fonte: Dados de pesquisa, 2021.

As estimativas dos parâmetros do modelo Logístico que descreve a deposição da calda nas plantas de *E. heterophylla* e *D. insularis* em função da mistura de diferentes classes de adjuvantes estão descritas na Tabela 4.

Em todos os tratamentos, o coeficiente de uniformidade ( $R^2$ ) foi igual ou superior a 0,93, o que confirma um bom ajuste do modelo aos dados. A concavidade da curva da frequência acumulada evidencia a uniformidade de deposição, ou seja, quanto maior o valor do parâmetro “c”, mais uniforme é a deposição. Em ambas as aplicações nas plantas de *E. heterophylla*, o adjuvante Ochima apresentou os maiores valores do parâmetro “c”, sendo de 0,050 e 0,043 na primeira e segunda aplicação, respectivamente (Tabela 4).

Enquanto que a deposição na planta de *D. insularis*, o tratamento controle obteve os maiores parâmetros de “c” na primeira (0,084) e segunda (0,074) aplicação (Tabela 4).

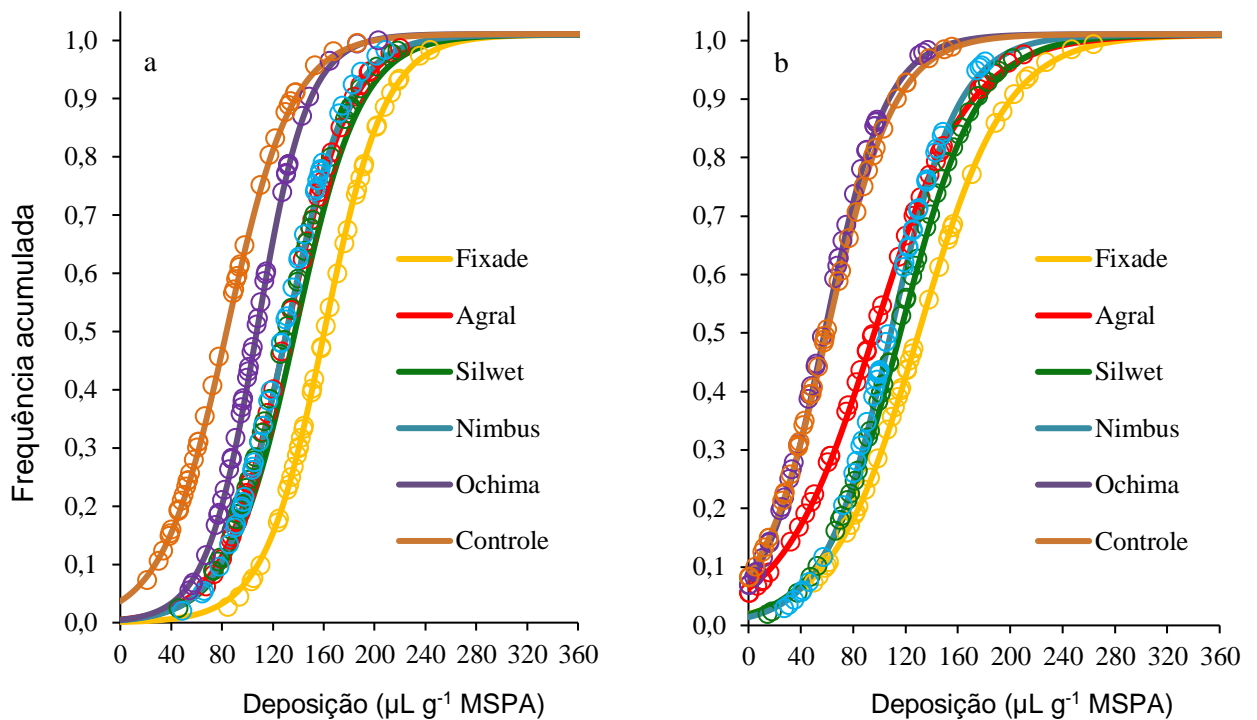
**Tabela 4** - Estimativas de parâmetros do modelo logístico da deposição de calda em *Euphorbia heterophylla* e *Digitaria insularis* quando submetidos à pulverização com diferentes adjuvantes

Parâmetros da equação	Adjuvantes											
	Fixade		Agral		Silwet		Nimbus		Ochima		Controle	
	1ª A	2ª A	1ª A	2ª A	1ª A	2ª A	1ª A	2ª A	1ª A	2ª A	1ª A	2ª A
<i>E. heterophylla</i>												
a	1,01	1,01	1,02	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01
b	6,76	3,92	5,26	2,71	5,38	3,96	5,51	4,26	5,39	2,52	3,28	2,36
c	0,042	0,030	0,040	0,028	0,039	0,034	0,042	0,039	0,050	0,043	0,039	0,039
R <sup>2</sup>	0,97	0,97	0,98	0,98	0,98	0,97	0,97	0,98	0,93	0,97	0,97	0,97
<i>D. insularis</i>												
a	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,02	1,02	1,01	1,01	1,01	1,01
b	7,65	6,05	6,40	4,46	9,08	6,92	7,16	8,70	6,39	4,15	5,61	3,81
c	0,031	0,036	0,048	0,47	0,041	0,055	0,027	0,046	0,064	0,052	0,084	0,074
R <sup>2</sup>	0,95	0,96	0,95	0,97	0,95	0,97	0,98	0,96	0,96	0,98	0,95	0,98

1ª A: primeira aplicação; 2ª A: segunda aplicação (duplicata). Fonte: Dados de pesquisa, 2021.

A frequência acumulada da deposição da pulverização proporcionada por diferentes adjuvantes em plantas de *E. heterophylla* estão representadas na Figura 1. Na Figura 1a e 1b, verifica-se que o adjuvante Ochima associado ao herbicida diquat proporcionou os maiores valores de uniformidade de deposição, caracterizado pela concavidade da curva ajustada pelo modelo, possuindo maior inclinação em relação as demais curvas, e confirmado pelos valores de “c” apresentados na Tabela 4. Apesar de apresentar baixa deposição, em comparação aos demais tratamentos, foi o que obteve maior uniformidade de deposição

**Figura 1** - Frequência acumulada da deposição da pulverização ( $\mu\text{L g}^{-1}$  MSPA) proporcionada por diferentes adjuvantes em plantas de *E. heterophylla* utilizando o modelo logístico (a) na primeira e (b) segunda aplicação (duplicata)



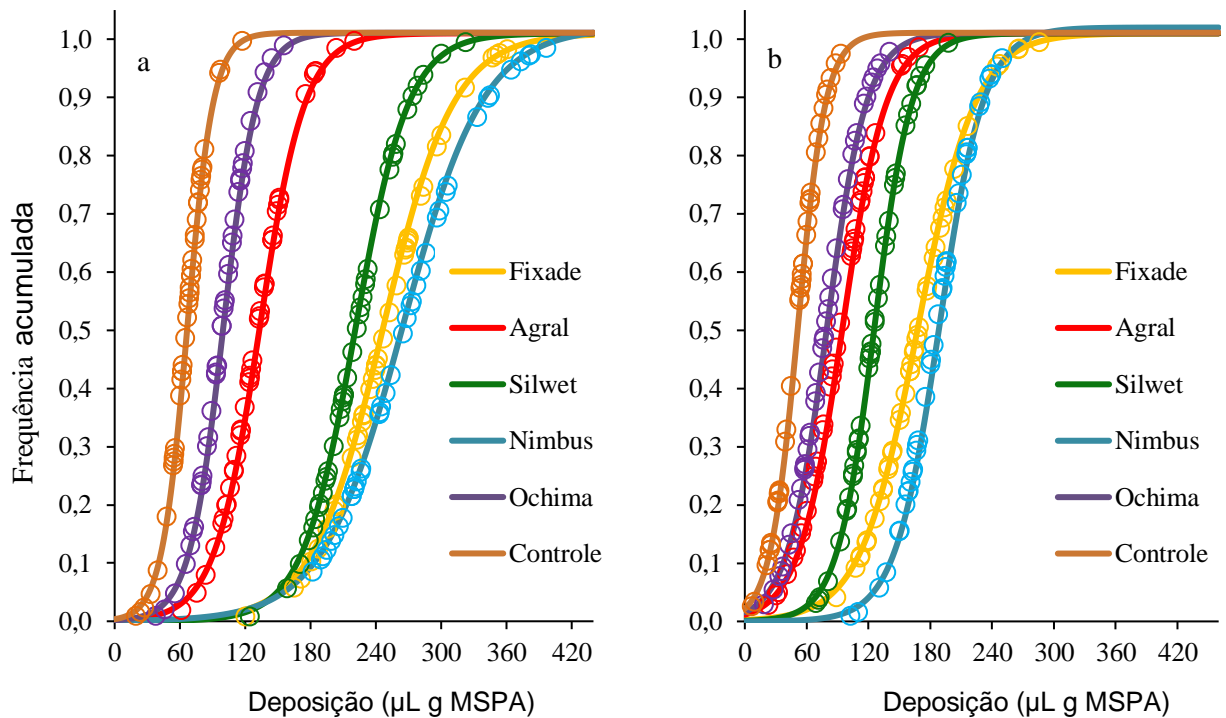
Fonte: Dados de pesquisa, 2021.

Na Figura 2a e 2b, podemos observar a mesma configuração da uniformidade de deposição da *E. heterophylla*, onde a concavidade da curva do tratamento controle para a *D. insularis* apresenta maior concavidade quando comparado aos outros tratamentos, confirmando o resultado apresentado na Tabela 4, onde o controle obteve maior uniformidade de deposição.

De acordo com Farinha *et al.* (2009), os produtos de contato requerem maior uniformidade de distribuição das gotas, quando comparado aos produtos sistêmicos, desse modo, uma maior deposição, não é suficiente para promover uma boa uniformidade, podendo haver valores extremos de gotas pulverizadas. O mesmo dado foi obtido por Martins (2004) em experimento na cultura da batata, onde observou que os maiores valores de deposição não apresentavam, necessariamente, melhor uniformidade.

Outro fator que pode ter contribuído para afetar a uniformidade é a quantidade de calda que foi depositada, onde vimos a tendência de se obter maior uniformidade em menores concentrações de deposição.

**Figura 2** - Frequência acumulada da deposição da pulverização ( $\mu\text{L g}^{-1}$  MSPA) proporcionada por diferentes tamanhos de gotas em plantas de *D. insularis* utilizando o modelo logístico (a) na primeira e (b) segunda aplicação (duplicata). MSPA: massa seca da parte aérea



Fonte: Dados de pesquisa, 2021.

#### 4.2 Fitotoxicidade do herbicida

Durante as aplicações para determinação da fitotoxicidade do herbicida em plantas de *E. heterophylla* e *D. insularis*, todos os dados de condições ambientais foram monitorados e estão descritos na Tabela 5. Todas as aplicações foram realizadas com as condições de temperatura e umidade relativa do ar dentro dos parâmetros adequados para pulverização com exceção da segunda aplicação em *E. heterophylla*, que apresentou os dados de umidade relativa do ar no limite seu limite inferior (50%) e a temperatura no seu limite superior (30°C) do que é considerado adequado para pulverização.

**Tabela 5** - Dados meteorológicos de temperatura (°C), umidade relativa do ar (%) no momento da aplicação dos experimentos

Planta daninha	Temperatura °C	Umidade relativa (%)	Data
Exp. 1 <i>Euphorbia heterophylla</i>	23 ± 2	64 ± 2	06/05/2021
Exp. 2 <i>Euphorbia heterophylla</i>	30 ± 1	52 ± 1	29/05/2021
Exp. 1 <i>Digitaria insularis</i>	30 ± 2	37 ± 1	23/11/2021
Exp. 2 <i>Digitaria insularis</i>	27 ± 2	58 ± 1	04/12/2021

Obs: dados mensurados no laboratório onde está instalado o simulador de pulverização e precipitação.  
Fonte: Dados de pesquisa, 2021.

As estimativas dos parâmetros de regressão log-logística descrevem o controle visual e redução da MSPA em plantas de *E. heterophylla* quando submetidas à aplicação do herbicida diquat com diferentes classes de adjuvantes (Tabela 6).

Todos os tratamentos que continham adjuvante em mistura com o herbicida diquat apresentaram menores valores de *C50* e *C90* no controle visual em plantas de *E. heterophylla* quando comparados com o tratamento controle (Tabela 6), ou seja, é necessária uma menor dose do herbicida para reduzir 50% e/ou 90% da massa seca da planta daninha. Em ambas as aplicações o adjuvante Fixade obteve destaque entre os resultados de redução da MSPA da planta daninha. A presença de adjuvante proporcionou aumento na efetividade em todos os tratamentos com destaque para o Nimbus (83,1%) e o Fixade (81,5 %) no Exp.1 e o Fixade (70,1%) no Exp.2 (Tabela 6).

Resultados semelhantes foram encontrados na redução da massa seca da parte aérea, onde todos os tratamentos com adjuvantes, em ambas as aplicações, apresentaram menores valores de *C50* e *C90* em relação ao tratamento controle, com exceção do adjuvante Silwet no Exp.2 (Tabela 6).

A partir do estudo de Caixeta *et al.* (2019), foi observado que os adjuvantes Agral, Silwet e Nimbus, aumentaram a eficiência de controle de *D. insularis* em 50% quando comparado a outras daninhas.

**Tabela 6** - Parâmetros da regressão para a relação entre doses do herbicida diquat associado com vários adjuvantes pulverizados em plantas de *E. heterophylla*

Tratamentos	C50 (g i.a. ha <sup>-1</sup> )	C90 (g i.a. ha <sup>-1</sup> )	B	C	D	Lack-of-fit F-test	P-value (C50)	AE (C50)
<b>Exp. 1</b>								
controle visual (%)								
Fixade	22,0 (1,9)	113,3 (11,6)	-1,3 (0,1)		101,8 (2,0)	0,5327	< 0,001	81,5
Agral	38,0 (3,4)	162,5 (11,8)	-1,5 (0,2)	-	102,0 (2,4)	0,5355	< 0,001	68,0
Silwet	29,8 (2,8)	228,5 (21,9)	-0,9 (0,2)	-	101, (6,5)	0,6492	0,002	74,9
Nimbus	20,1 (2,4)	79,2 (15,6)	-1,6 (0,3)	-	98,8 (3,0)	0,5036	< 0,001	83,1
Ochima	28,9 (3,0)	202, (27,2)	-1,1 (0,2)	-	102,9 (4,0)	0,2917	< 0,001	75,7
Controle	118,9 (16,1)	1132,1 (195,1)	-1,1 (0,1)	-	103,8 (4,0)	0,9114	< 0,001	-
<b>Exp. 2</b>								
Fixade	23,4 (1,9)	61,8 (11,3)	-2,3 (0,4)	-	100,8 (2,2)	0,0822	< 0,001	70,1
Agral	38,0 (4,8)	166,7 (50,5)	-1,5 (0,3)	-	102,2 (3,4)	0,1964	< 0,001	51,5
Silwet	78,1 (7,2)	235,8 (60,9)	-2,0 (0,4)	-	101,6 (3,4)	0,1300	< 0,001	0,3
Nimbus	49,6 (4,9)	277,1 (67,5)	-1,3 (0,1)	-	102,2 (2,7)	0,4926	< 0,001	36,7
Ochima	36,5 (2,7)	165,1 (26,6)	-1,5 (0,1)	-	102,4 (1,9)	0,0643	< 0,001	53,4
Controle	78,3 (7,7)	575,0 (65,2)	-1,1 (0,2)	-	105,7 (4,8)	0,2711	< 0,001	-
<b>Exp. 1</b>								
Redução da massa seca da parte aérea (g)								
Fixade	7,3 (1,5)	44,8 (13,8)	1,2 (0,2)	0,040 (0,007)	1,7 (0,4)	0,2817	0,046	95,2
Agral	21,4 (4,9)	57,6 (8,6)	2,2 (0,4)	0,061 (0,009)	1,8 (0,3)	0,4769	< 0,001	85,9
Silwet	22,1 (7,8)	63,5 (19,4)	2,1 (0,8)	0,082 (0,014)	1,6 (0,3)	0,9934	0,009	85,5
Nimbus	9,4 (3,5)	72,4 (18,5)	1,1 (0,2)	0,030 (0,008)	1,8 (0,3)	0,4761	0,012	93,8
Ochima	36,5 (7,6)	74,7 (13,0)	3,1 (0,9)	0,063 (0,008)	1,5 (0,2)	0,8519	< 0,001	76,0
Controle	152,3 (16,4)	363,2 (48,1)	2,5 (0,5)	0,071 (0,010)	1,5 (0,1)	0,7855	< 0,001	-
<b>Exp. 2</b>								
Fixade	14,4 (2,7)	31,8 (3,9)	2,8 (0,4)	0,007 (0,001)	1,2 (0,2)	0,2389	< 0,001	75,1
Agral	15,6 (3,9)	51,8 (8,2)	1,8 (0,3)	0,010 (0,004)	1,4 (0,2)	0,5979	< 0,001	73,1
Silwet	60,6 (8,0)	130,2 (19,0)	2,9 (0,8)	0,010 (0,003)	1,2 (0,2)	0,3121	< 0,001	-4,7
Nimbus	34,1 (7,6)	103,8 (16,2)	2,0 (0,3)	0,010 (0,004)	1,2 (0,1)	0,6800	< 0,001	41,1
Ochima	15,6 (4,9)	46,8 (8,7)	2,0 (0,4)	0,020 (0,003)	1,1 (0,2)	0,2166	0,003	73,1
Controle	57,9 (7,0)	136,7 (19,7)	2,6 (0,6)	0,020 (0,005)	1,3 (0,2)	0,3777	< 0,001	-

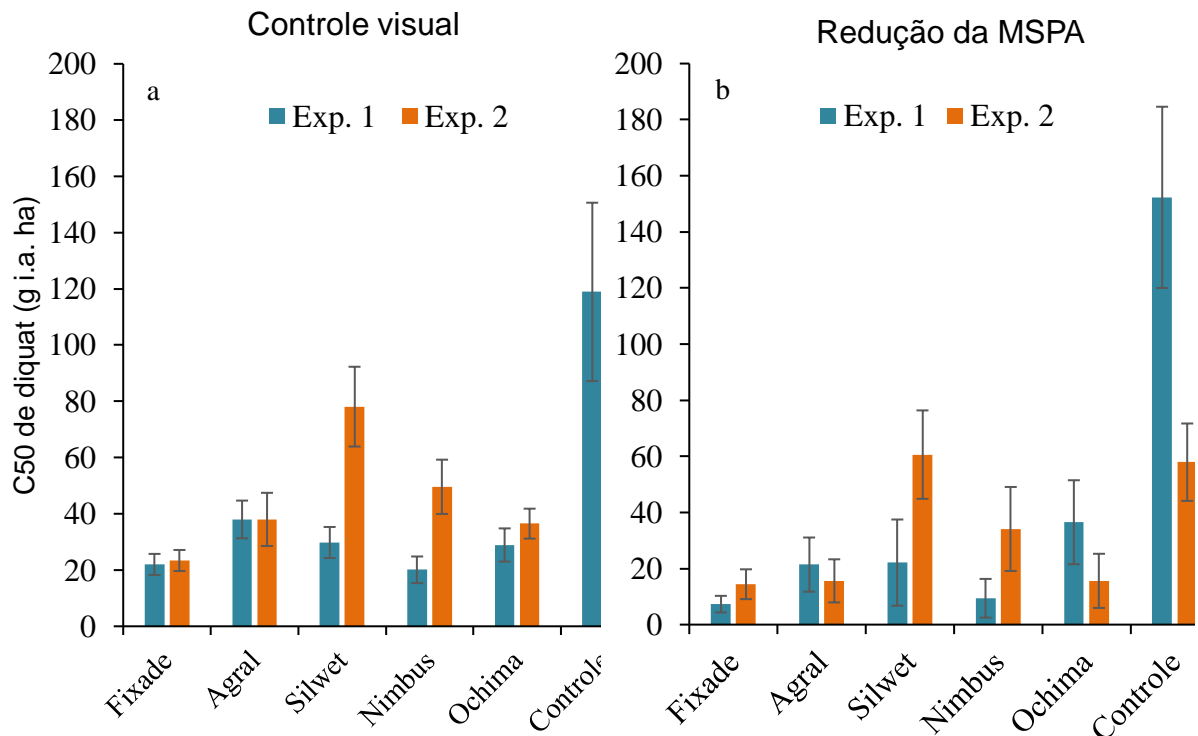
C50/C90: Dose para reduzir 50% ou 90% da MSPA; B: Declividade da curva; C: Limite inferior da curva; D: Limite superior da curva; AE: aumento de efetividade proporcionada pelo adjuvante  $[(C50 \text{ glufosinate} - \text{ ammonium} - C50 \text{ glufosinate-ammonium} + \text{ adjuvante}) / (C50 \text{ glufosinate-ammonium}) \times 100]$ . Fonte: Dados de pesquisa, 2021.

Os valores estimados de *C50* do herbicida diquat associado com diferentes classes de adjuvantes no controle visual e redução da massa seca da parte aérea de *E. heterophylla* são apresentados na Figura 3.

Assim como demonstrado pelos valores apresentados na Tabela 6, podem-se observar na Figura 3a e 3b que todos os tratamentos com herbicida associados a adjuvantes apresentaram menores valores de *C50* em comparação ao tratamento controle, com exceção do adjuvante Silwet no Exp. 2 na redução da massa seca da parte aérea de *E. heterophylla*. Esse fato pode ter ocorrido em decorrência da baixa umidade relativa do ar e alta temperatura (Tabela 5) no momento da aplicação.

Em ambas as avaliações, o adjuvante Fixade apresentou os menores valores de *C50* quando aplicado associado ao herbicida diquat nas plantas de *E. heterophylla*, mostrando maior eficiência de controle. Diante disso, podemos notar que o adjuvante que obteve maiores valores de deposição (Tabela 3), também foi o que apresentou melhor controle visual e redução da MSPA da planta daninha.

**Figura 3** - Valores estimados de C50 do herbicida diquat pulverizado de forma isolada ou na presença de vários adjuvantes no controle visual (%) e redução da massa seca da parte aérea de *E. heterophylla*



Fonte: Dados de pesquisa, 2021.

As estimativas dos parâmetros de regressão log-logística que descrevem o controle visual e redução da MSPA em plantas de *D. insularis* quando submetidas à aplicação do herbicida glufosinate - ammonium com os diferentes adjuvantes são descritas na Tabela 7.

Diferente dos resultados encontrados com o herbicida diquat nas plantas de *E. heterophylla*, todos os tratamentos com adjuvante associado ao herbicida glufosinate - ammonium apresentaram maiores valores de C50 e C90 no controle visual em plantas de *D. insularis* no Exp. 1 em relação ao tratamento controle, enquanto que, no Exp. 2 apenas o adjuvante Fixade, Agral e Silwet apresentaram menores valores de C50 que o tratamento controle, e para a C90, apenas o adjuvante Ochima apresentou maior valor em relação ao controle (Tabela 7).

A presença de adjuvante, em sua maioria, não proporcionou aumento na eficácia de controle, com exceção apenas dos tratamentos com Agral (40,5 %), Fixade (17,8 %) e Silwet (15,0 %) no Exp.2 (Tabela 7).

O herbicida glufosinate - ammonium aplicado na dose de 600 g ha<sup>-1</sup> em conjunto com o adjuvante Agral (0,2%), não foi eficiente no controle de *D. insularis*, porém o uso de adjuvante, associado a tecnologias de aplicação, aumentou a eficiência de controle (MELO *et al.*, 2012).

Resultados semelhantes foram encontrados na redução da massa seca da parte aérea, onde apenas o adjuvante Agral apresentou menor valor de C50 em relação ao tratamento controle no Exp. 1 e no Exp.2 foram os adjuvantes Agral e Silwet. Enquanto que no valor de C90 todos os tratamentos com adjuvantes exibiram maiores valores em relação ao controle no Exp. 1 e apenas o adjuvante Fixade e Agral se mostraram capazes de reduzir maior parte da MSPA em relação ao controle (Tabela 7).

O aumento na efetividade de controle da *D. insularis* foi observado apenas com o adjuvante Agral no Exp 1 e 2 com valores de 33,2 e 4,4, respectivamente, e com o adjuvante Silwet (29,2) no Exp. 2 (Tabela 7).

Segundo Salvalaggio *et al.* (2018), foram observados que adjuvantes à base de óleo vegetal a 0,3% e óleo mineral a 0,6% proporcionaram um maior espalhamento do herbicida glufosinate - ammonium em comparação à aplicação isolada do herbicida. Tais resultados podem ser explicados devido à alta quantidade de ceras presentes na superfície foliar de *D. insularis*, assim, as características dos adjuvantes, como redução da tensão superficial e maior espalhamento, podem ter contribuído na maior absorção do produto e, conseqüentemente, aumentado o controle da planta daninha.

O uso de surfactantes ocasiona um desarranjo nas células reguladoras de permeabilidade das plantas, resultando em uma melhoria da atividade dos defensivos. Esses produtos possuem a habilidade de reduzir a tensão superficial da gota, reduzindo o ângulo de contato entre a gota e a cutícula das folhas, o que provoca maior molhamento e espalhamento sobre o alvo (GUTHS, 2013).

**Tabela 7** - Parâmetros da regressão para a relação entre doses do herbicida glufosinate - ammonium associados diferentes adjuvantes pulverizados em plantas de *D. insularis*

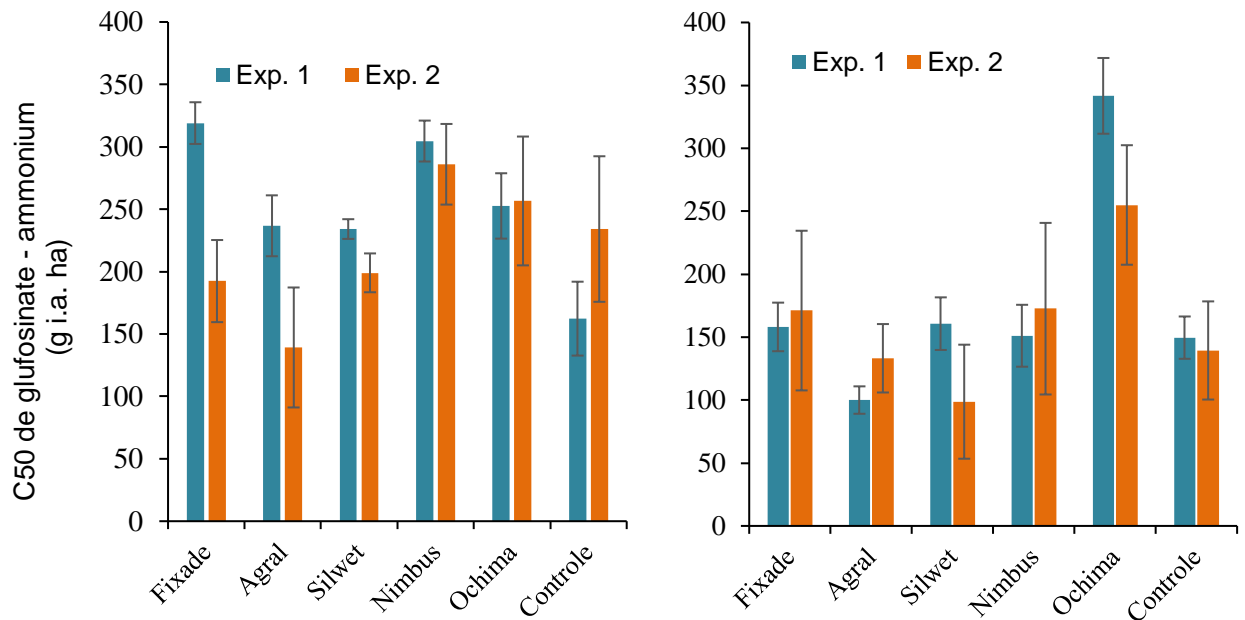
Tratamentos	C50 (g i.a. ha <sup>-1</sup> )	C90 (g i.a. ha <sup>-1</sup> )	B	C	D	Lack-of-fit F-test	P-value (C50)	AE
<b>Exp. 1</b>								
Controle visual (%)								
Fixade	319,0 (42,5)	1986,9 (571,0)	-1,2 (0,1)	-	109,6 (5,0)	0,0614	< 0,001	-96,5
Agral	236,7 (26,8)	1055,5 (251,2)	-1,4 (0,2)	-	103,9 (3,9)	0,0825	< 0,001	-45,8
Silwet	234,1 (18,7)	1106,3 (284,9)	-1,4 (0,2)	-	104,0 (4,2)	0,0785	< 0,001	-44,2
Nimbus	304,6 (34,7)	1477,4 (351,8)	-1,4 (0,1)	-	106,8 (4,3)	0,0911	< 0,001	-87,7
Ochima	252,6 (38,1)	1376,0 (432,7)	-1,3 (0,2)	-	105,7 (5,2)	0,1133	< 0,001	-55,6
Controle	162,3 (4,51)	363,4 (28,11)	-2,7 (0,2)	-	99,8 (1,0)	0,2872	< 0,001	-
<b>Exp. 2</b>								
Fixade	192,4 (16,7)	499,1 (95,7)	-2,3 (0,3)	-	100,5 (3,1)	0,9411	< 0,001	17,8
Agral	139,2 (24,4)	190,6 (172,9)	-6,9 (0,8)	-	100,0 (1,7)	0,9987	< 0,001	40,5
Silwet	199,0 (7,9)	601,9 (51,6)	-2,0 (0,1)	-	101,0 (1,4)	0,0654	< 0,001	15,0
Nimbus	286,0 (16,4)	1097,8 (113,8)	-1,6 (0,1)	-	104,4 (2,2)	0,0569	< 0,001	-22,2
Ochima	256,6 (26,2)	1241,9 (270,1)	-11,4 (0,1)	-	105,1 (3,7)	0,0654	< 0,001	-9,6
Controle	234,1 (29,6)	1106,3 (294,0)	-1,4 (0,23)	-	104,1 (4,4)	0,0784	< 0,001	-
<b>Exp. 1</b>								
Redução da massa seca da parte aérea (g)								
Fixade	158,1 (29,2)	443,1 (47,4)	2,1 (0,4)	0,018(0,010)	2,9 (0,2)	0,0547	< 0,001	-5,7
Agral	100,0 (28,3)	282,2 (46,9)	2,1 (0,3)	0,035 (0,011)	3,1 (0,5)	0,8156	< 0,001	33,2
Silwet	160,7 (34,9)	521,4 (45,6)	1,9 (0,5)	0,037 (0,008)	3,1 (0,2)	0,5650	< 0,001	-7,4
Nimbus	151,1 (26,4)	424,9 (42,0)	2,1 (0,3)	0,025 (0,008)	3,0 (0,2)	0,0947	< 0,001	-1,0
Ochima	341,7 (33,2)	563,6 (75,2)	4,4 (1,2)	0,050 (0,013)	2,9 (0,1)	0,0820	< 0,001	-128,4
Controle	149,6 (14,6)	218,4 (24,2)	5,8 (1,1)	0,057 (0,005)	2,8 (0,3)	0,0510	< 0,001	-
<b>Exp. 2</b>								
Fixade	171,1 (19,3)	318,7 (35,0)	3,5 (0,6)	0,033 (0,013)	2,2 (0,1)	0,9604	< 0,001	-22,7
Agral	133,2 (10,9)	207,8 (17,6)	4,9 (0,8)	0,027 (0,003)	1,8 (0,2)	0,0718	< 0,001	4,4
Silwet	98,7 (20,9)	378,7 (47,6)	1,6 (0,4)	-0,012(0,122)	2,2 (0,1)	0,8293	< 0,001	29,2
Nimbus	172,6 (24,6)	445,4 (52,7)	2,3 (0,4)	0,025 (0,013)	2,0 (0,1)	0,1016	< 0,001	-23,8
Ochima	255,0 (30,1)	519,9 (26,4)	3,1 (0,4)	0,023 (0,003)	1,9 (0,1)	0,0651	< 0,001	-82,9
Controle	139,4 (16,8)	370,9 (50,3)	2,2 (0,4)	0,026 (0,016)	2,1 (0,1)	0,5440	< 0,001	-

C50/C90: Dose para reduzir 50% ou 90% da MSPA; B: Declividade da curva; C: Limite inferior da curva; D: Limite superior da curva; AE: aumento de efetividade proporcionada pelo adjuvante [(C50 glufosinate - ammonium - C50 glufosinate-ammonium + adjuvante)/ (C50 glufosinate-ammonium) ×100]. Fonte: Dados de pesquisa, 2021.

Os valores estimados de C50 do herbicida glufosinate - ammonium associado com diferentes adjuvantes no controle visual (%) e redução da massa seca da parte aérea de *D. insularis* são apresentadas na Figura 4.

Assim como demonstrado pelos valores apresentados na Tabela 7, pode-se observar na Figura 4a que apenas os tratamentos associados aos adjuvantes Fixade, Agral e Silwet no Exp. 2 apresentaram menores valores de C50 em comparação ao controle na redução do controle visual. Assim como na Figura 4b, os adjuvantes Agral (Exp. 1 e 2) e Silwet (Exp.2) apresentaram melhores resultados na redução da massa seca da parte aérea.

**Figura 4** - Valores estimados de C50 do herbicida glufosinate - ammonium pulverizados de forma isolada ou na presença de vários adjuvantes no controle visual (%) e redução da massa seca da parte aérea de *D. insularis*



Fonte: Dados de pesquisa, 2021.

#### 4.3 Influência de chuva simulada após aplicação de herbicida associado com adjuvantes

As condições meteorológicas no momento da aplicação dos experimentos de fitotoxicidade em plantas de *E. heterophylla* e *D. insularis* estão descritas na Tabela 8. No geral, as condições meteorológicas estavam favoráveis para aplicação, com exceção da aplicação do Exp. 2 em *E. heterophylla*, onde a umidade relativa do ar estava abaixo de 40% e segundo Oliveira e Santos (2021) o ideal para aplicação é uma umidade superior a 50%.

**Tabela 8** - Dados meteorológicos de temperatura (°C), umidade relativa do ar (%) no momento da aplicação dos experimentos

Planta daninha	Temperatura °C	Umidade relativa (%)	Data
Exp. 1 <i>Digitaria insularis</i>	15 ± 1	62 ± 2	04/08/2021
Exp. 2 <i>Digitaria insularis</i>	27 ± 1	78 ± 2	05/10/2021
Exp. 1 <i>Euphorbia heterophylla</i>	23 ± 1	70 ± 2	01/06/2021
Exp. 2 <i>Euphorbia heterophylla</i>	26 ± 1	39 ± 1	24/08/2021

Obs: dados mensurados no laboratório onde está instalado o simulador de pulverização e precipitação.

Fonte: Dados de pesquisa, 2021.

A Tabela 9 apresenta a análise de variância da redução da MSPA nas plantas de *E. heterophylla* submetidas a aplicação do herbicida diquat, associado a diversos adjuvantes sem chuva simulada. Na primeira aplicação houve interação significativa entre adjuvantes e tempo sem chuva após aplicação sendo analisado o desdobramento entre os fatores. Na segunda aplicação não houve interação entre os fatores adjuvantes e tempo sem chuva, porém ambos os fatores (adjuvante e chuva) foram significativos (Tabela 9).

**Tabela 9** - Análise de variância dos dados de redução da massa seca da parte aérea de *Euphorbia heterophylla* submetidas a aplicação do herbicida diquat associado com adjuvantes em diversos tempos sem chuva simulada

Causa da variação	GL	SQ	QM	F	P	1ª aplicação		2ª aplicação	
						SQ	QM	F	P
Adjuvante (A)	5	12338,8	2467,8	49,8	< 0,001	28620,9	5724,2	32,4	< 0,001
Chuva (C)	5	2638,3	527,7	10,7	< 0,001	9308,1	1861,6	10,5	< 0,001
A × C	25	6312,2	252,5	5,1	< 0,001	4620,8	184,8	1,0	0,4172
Resíduo	108	5348,5	49,5			19081,8	176,7		

Fonte: Dados de pesquisa, 2021.

Os dados de redução da MSPA de *E. herophylla* submetidas a aplicação do herbicida diquat associado com adjuvantes em diversos tempos sem chuva simulada são apresentados na Tabela 10. Na primeira aplicação após o tempo de 20 minutos sem chuva todos os tratamentos apresentaram redução da MSPA acima de 94%, com exceção do adjuvante Ochima que apresentou 84% de eficiência na redução da

MSPA, assim, todos os tratamentos com adjuvantes se diferenciaram significativamente do tratamento controle (Tabela 10).

Após um período de 40 até 120 minutos sem chuva, todos os tratamentos com adjuvantes apresentaram maiores redução da MSPA comparado com o controle. No tempo de 240 e 480 minutos não houve diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 10).

De acordo com os estudos de (JAKELAITIS *et al.*, 2001) a ocorrência de chuvas logo após a aplicação de herbicidas, pode influenciar a qualidade de controle, porém uma chuva de menor intensidade e curta duração pode contribuir para umedecer novamente a gota de pulverização e ajudar na redistribuição do herbicida na planta, influenciando na sua eficiência de controle.

Na segunda aplicação observa-se o maior valor de redução da MSPA quando a simulação de chuva foi realizada aos 480 minutos após aplicação diferindo dos demais tempos com redução de 81%. Conforme o aumento dos intervalos de chuva foram maiores, a porcentagem de redução da MSPA aumentou (Tabela 10).

Comparando os valores médios da redução da MSPA dentre os adjuvantes verifica-se maior redução da MSPA quando o herbicida diquat foi associado com os adjuvantes Nimbus e Fixade com valores de 80 e 79% respectivamente, diferindo dos demais tratamentos. Os valores de redução da MSPA para os tratamentos que utilizaram os adjuvantes Agral, Silwet e Ochima diferiram do tratamento controle (Tabela 10).

Pelos resultados obtidos em ambas as aplicações ficam evidentes a contribuição dos adjuvantes no incremento da efetividade do herbicida diquat em plantas de *E. heterophylla* sendo a utilização de adjuvantes primordial no tratamento dessa daninha. Resultados distintos entre a primeira e segunda aplicação pode estar relacionado com a baixa umidade relativa no momento da segunda aplicação e período de desenvolvimento das plantas.

A umidade relativa do ar afeta a qualidade hídrica da planta alterando a abertura e fechamento estomático e a permeabilidade da cutícula, dessa forma, sua hidratação beneficia a difusão de herbicidas que possuem afinidade com água e quanto maior a hidratação da planta, melhor vai ser a interação prolongada do herbicida pulverizado com a cutícula foliar (VIDAL *et al.*, 2014).

**Tabela 10** - Redução da massa seca em porcentagem da parte aérea de *Euphorbia heterophylla* submetidas a aplicação do herbicida diquat associado com adjuvantes em diversos tempos sem chuva simulada

Tratamento com chuva*	Fixade	Agral	Silwet	Nimbus	Ochima	Controle	Média
1ª aplicação							
20	97 a A	94 a A	97 a A	96 a A	84 b B	41 c C	85
40	98 a A	91 a A	96 a A	96 a A	86 a B	72 b B	90
60	96 a A	97 a A	96 a A	95 a A	93 a A	60 b B	90
120	95 a A	95 a A	95 a A	97 a A	98 a A	67 b B	91
240	98 a A	98 a A	97 a A	98 a A	99 a A	95 a A	97
480	97 a A	97 a A	98 a A	98 a A	98 a A	91 a A	97
Média	97	95	97	97	93	71	
2ª aplicação							
20	76	49	64	76	60	27	59 C
40	77	67	56	83	69	15	61 C
60	73	66	72	64	68	37	63 C
120	82	79	79	81	72	45	73 B
240	79	75	74	90	76	46	73 B
480	88	85	84	86	88	58	81 A
Média	79 a	70 b	71 b	80 a	72 b	38 c	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula da linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. \*minutos sem chuva após tratamento. Fonte: Dados de pesquisa, 2021.

A Tabela 11 apresenta a análise de variância da redução da MSPA de *D. insularis* submetidas à aplicação de glufosinate - ammonium associado com diferentes classes de adjuvantes. Na primeira aplicação não houve interação entre os fatores adjuvantes e tempo sem chuva, porém ambos os fatores foram significativos.

**Tabela 11** - Análise de variância dos dados de redução da massa seca da parte aérea de *Digitaria insularis* submetidas a aplicação do herbicida glufosinate - ammonium associado com adjuvantes em diversos tempos sem chuva simulada

Causa da variação	GL	SQ	QM	F	P	Exp. 1		Exp. 2	
						SQ	QM	F	P
Adjuvante (A)	5	11396,7	2279,3	8,7	< 0,001	18855,4	3771,1	15,8	< 0,001
Chuva (C)	5	9049,8	1809,9	6,9	< 0,001	2457,1	491,4	2,1	0,08
A × C	25	7209,6	288,3	1,1	0,3664	3162,3	126,5	0,5	0,96
Resíduo	10	18892,7				17192,8	238,8		
	8								

Fonte: Dados de pesquisa, 2021.

Os dados de redução da MSPA de *D. insularis* submetidas à aplicação do herbicida glufosinate - ammonium associado com adjuvantes em diversos tempos sem chuva simulada são apresentados na Tabela 12. Na primeira aplicação observa-se maior valor de redução da MSPA de *D. insularis* quando a simulação de chuva foi realizada às 24 horas após aplicação diferindo dos demais tempos com redução de 88%. As menores porcentagens de redução da MSPA foram observadas quando a simulação de chuva ocorreu aos 20 minutos e 1 hora após aplicação. Observa-se aumento gradativo na porcentagem de redução da MSPA com o aumento do período sem chuva (Tabela 12).

Segundo Souza *et al.* (2011a), herbicidas pós-emergentes podem ter sua eficiência de controle reduzida quando submetidos a um período de chuva logo após sua aplicação, onde o intervalo de tempo sem chuva, intensidade, duração e condições meteorológicas são fatores que afetam diretamente a sua eficácia.

Comparando os valores médios da redução da MSPA dentre os adjuvantes observa-se que o tratamento com o adjuvante Ochima apresentou o menor valor (50%) diferenciando do tratamento controle. Os demais tratamentos com adjuvante não diferenciaram do controle (Tabela 12).

Todos os fatores ambientais influenciam a aplicação dos defensivos agrícolas. De acordo com o estudado por Cechin *et al.* (2018), as baixas temperaturas e radiação solar afetam os processos fisiológicos e realização de fotossíntese das plantas, onde as plantas apresentam seus estômatos fechados por um maior período, afetando diretamente a absorção e translocação dos herbicidas, da mesma forma, a espessura

e composição da cutícula da planta também são alteradas, diminuindo a fluidez da folha e reduzindo a quantidade de herbicida absorvido.

Para melhor absorção e eficiência do herbicida, considera-se que seja necessário um período mínimo sem chuvas. Em aplicação de glifosate para controle de *Eichornia crassipes* e *Pistia stratiotes*, observou-se uma maior eficiência de controle quando não houve precipitação duas horas após a aplicação (SOUZA *et al.*, 2011b). Ainda, segundo Monquero e Silva (2007), o controle de *Euphorbia heterophylla* e *Ipomoea purpúrea* foi afetado quando houve chuva após aplicação de glyphosate.

**Tabela 12** - Redução da massa seca da parte aérea de *Digitaria insularis* submetidas a aplicação do herbicida glufosinate - ammonium associado com adjuvantes em diversos tempos sem chuva simulada

Tratamento com chuva*	Fixade	Agral	Silwet	Nimbus	Ochima	Controle	Média
	Redução da massa seca da parte aérea (%)						
Exp. 1							
20 min	73	62	68	54	26	56	56 C
1 hora	68	81	60	57	49	44	60 C
2 horas	86	66	70	67	51	69	68 B
4 horas	71	82	80	89	40	75	73 B
8 horas	65	85	66	89	51	75	72 B
24 horas	86	91	87	89	84	92	88 A
Média	75 a	78 a	72 a	74 a	50 b	69 a	
Exp. 2							
20 min	60	60	61	70	67	65	64 C
1 hora	75	61	65	64	66	72	67 C
2 horas	94	72	64	80	65	80	76 C
4 horas	96	64	74	95	85	95	85 B
8 horas	99	96	88	98	97	98	96 A
24 horas	98	99	98	98	98	98	98 A
Média	87 a	75 a	75 a	84 a	80 a	85 a	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula da linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. \*tempo sem chuva após tratamento. Fonte: Dados de pesquisa, 2021.

## 5 CONCLUSÕES

Maiores valores de deposição foram encontrados quando a pulverização foi realizada na presença de adjuvante sendo Fixade o adjuvante que proporcionou os maiores incrementos de deposição.

Resultados foram inconclusivos em relação a uniformidade de deposição entre os tratamentos. Há uma tendência de melhor uniformidade distribuição nos tratamentos com os menores valores de deposição.

Todos os adjuvantes proporcionaram efetividade no controle visual e redução da massa seca da parte aérea de *E. heterophylla* com destaque para o herbicida Fixade comparados com o tratamento com apenas o herbicida.

As maiores reduções da massa seca da parte aérea das plantas daninhas foram observadas quando a simulação de chuva foi realiza nos maiores intervalos de tempo.

## REFERÊNCIAS

- ANTUNIASSI, U. R. *et al.* Influência de pontas de pulverização e adjuvantes no potencial de redução de deriva em túnel de vento. **Semina**, Londrina, v.34, n.1, p.37-46, 2013.
- BARROSO, A. L. L. *et al.* Eficácia de herbicidas inibidores da ACCase no controle de gramíneas em lavouras de soja. **Planta daninha**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 149-157, 2010.
- BECKIE, H. J. *et al.* Glyphosate-and acetolactate synthase inhibitor-resistant kochia (*Kochia scoparia*) in western Canada. **Weed science**, v.61, n.2, 310-318, 2013.
- BESPALHOK F. J. C.; GUERRA, E. P.; OLIVEIRA, R. Introdução ao Melhoramento de Plantas. *In*: BESPALHOK F. J. C.; GUERRA, E. P.; OLIVEIRA, R. **Melhoramento de Plantas**. 1999, p.11-17.
- CAIXETA, J. P. L. *et al.* Efeito de adjuvante associado a herbicidas no controle de *Digitaria insularis* L. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 18, n. 4. 2019.
- CAMPOS, H. B. N. Uso de adjuvantes na aplicação de defensivos agrícolas. **Cultivar**, edição 164, 2020.
- CARVALHO, L. B.; BIANCO, S.; GUZZO, C. D. Interferência de *Euphorbia heterophylla* no crescimento e acúmulo de macronutrientes da soja. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 33-39, 2010.
- CECHIN, J. *et al.* Efeitos da temperatura em herbicidas. **Cultivar**, edição 232, 2018.
- CHRISTOFFOLETI, P. J.; LÓPEZ-OVEJERO, R. Main aspects on weed herbicide resistance to glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n. 3, p. 507-515, 2003.
- COSTA, N. V. *et al.* Métodos de controle de plantas daninhas em sistemas orgânicos: breve revisão. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 17, n. 1, p. 25-44, 2018.
- MELHORANÇA, A. L. Tecnologia de dessecação de plantas daninhas no sistema plantio direto. **Circular Técnica/Embrapa Agropecuária Oeste**, Dourados, n. 10, p.1-6, nov. 2002.
- FARINHA, J. V. *et al.* Spray deposition on soybean varieties at R1 grow stage. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 6, p. 1738-1744, 2009.
- FELSOT, A.S. *et al.* Agrochemical spray drift; an assessment and mitigation – A review. **Journal of Environmental Science and Health, Part B - Pesticide Food Contaminants and Agricultural Wastes**, v.46, n.1, p.1-23, 2010.
- FORTE, C. T. *et al.* Habilidade competitiva de cultivares de soja transgênica convivendo com plantas daninhas. **Agrária**, Recife, v. 12, n. 2, p. 185-193, 2017.
- FRITZ, B. K.; HOFFMANN, W. C.; BAGLEY, W. E. Effects of formulated glyphosate and adjuvant tank mixes on atomization from aerial application flat fan nozzles.

**Pesticide Formulation and Delivery Systems: Innovating Legacy Products for New Uses**, Texas, v. 32, p. 80-95, 2012.

GOMES, A. H. M. **Adjuvantes e pontas de pulverização na aplicação de produtos fitossanitários na cultura da soja**. 2021. 21 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, 2021.

GUTHS, G. **Uso de adjuvante siliconado em substituição total ou parcial do óleo mineral na aplicação de fungicidas em soja e milho**. 2013. 152 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, 2013.

FEDOROFF, N. V.; BROWN, N. M. *Mendel in the Kitchen: a scientist's view of genetically modified foods*. Washington: Joseph Henry Press, 1992, p. 384.

JAKELAITIS, A. *et al.* Controle de *Digitaria horizontalis* pelos herbicidas glyphosate, sulfosate e glifosate potássico submetidos a diferentes intervalos de chuva após a aplicação. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 19, n. 2, p. 279-285, 2001.

JANKU, J. Density and surface tension of aqueous solutions of adjuvants used for tank-mixes with pesticides. **Plant Soil Environ**, v. 58, n. 12, p. 568-572, 2012.

KOGER, C. H.; DODDS, D. M.; REYNOLDS, D. B. Effect of adjuvants and urea ammonium nitrate on bispyribac efficacy, absorption, and translocation in barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*). I. Efficacy, rainfastness, and soil moisture. **Weed Science**, v. 55, n. 5, p. 399-405, 2007.

LAN Y. *et al.* Drift reduction with drift control adjuvants. **ASABE Annual International Meeting**, St. Joseph, p. 14, 2007.

LI, J. *et al.* Comparative effects of different types of tank-mixed adjuvants on the efficacy, absorption and translocation of cyhalofop-butyl in barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli* [L.] Beauv.). **Weed Biology and Management**, v. 16, p. 80-89, 2016.

MARTINS, D. **Deposição de calda de pulverização em cultivares de batata**. 2004. 249 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

MELO, M. S. C. *et al.* Chemical control alternatives for glyphosate-resistant sourgrass using herbicides indicated for corn and cotton crop. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 16, n. 3, p. 206-215, 2017.

MELO, S. C. M. *et al.* Alternativas para o controle de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) resistente ao glyphosate. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 11, n. 2, p. 195-203, 2012.

MOHASSEL, M. H. R.; ALIVERDI, A.; RAHIMI, S. Optimizing dosage of sethoxydim and fenoxaprop-p-ethyl with adjuvants to control wild oat. **Industrial Crops and Products**, v. 34, n. 3, p. 1583-1587, 2011.

MONQUERO, P. A.; SILVA, A.C. Efeito do período de chuva no controle de *Euphorbia heterophylla* e *Ipomoea purpurea* pelos herbicidas glyphosate e sulfosate. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 399-404, 2007.

MONTÓRIO, G. A. **Eficiência dos surfatantes de uso agrícola na redução da tensão superficial**. 2001. 72 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, 2001.

MOREIRA JUNIOR, O.; ANTUNIASSI, U.R. Construção e validação de um túnel de vento para ensaios da estimativa da deriva em pulverizações agrícolas. **Energia na Agricultura**, v.25, n.3, p.118-136, 2010.

OLIVEIRA JUNIOR, R. S. Introdução ao Controle Químico e Mecanismos de Ação de Herbicidas. *In*: OLIVEIRA JUNIOR, R. S. *et al.* **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Ompipax, 2011. p. 125-191.

OLIVEIRA, M. F.; WENDLING, I. J.; SILVEIRA, M. C. T. **Uso e manejo de herbicidas em pastagens**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2019. 15 p.

OLIVEIRA, M. G. S. S., SANTOS, J. C. S. **Uso de herbicida no controle de plantas daninhas em pastagem**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Faculdade de Ciências Sociais Aplicadas do Vale do São Lourenço - EDUVALE, Jaciara, 2021.

PICANÇO, M. V. *et al.* Controle químico de pragas. *In*: ZAMBOLIM, L.; SILVA, A. A. da; PICANÇO, M. C. (Org.). **O que os engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários**. 4 ed. Viçosa, MG: Os editores, 2014.

PITELLI, R. A.; DURIGAN, J. C. Ecologia das plantas daninhas no sistema de plantio direto. **Journal article**, p. 202-210, 2008.

PITELLI, RA. O termo planta-daninha. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 33, n. 3, p. 622–623, 2015.

PRADO, E. P. *et al.* Effects of silicone surfactant and application rates on spray deposition and soybean rust control. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 35, n. 3, p. 514-527, 2015.

QUADROS, A. S. *et al.* Herbicides associations for burndown prior soybean sowing. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 19, n. 2, p. 1-9, 2020.

RAMOS, H. H. *et al.* Adjuvantes da pulverização e a urgência da regulamentação desses produtos. **Cultivar**, Pelotas, 2017.

RAMSDALE, B. K.; MESSERSMITH, C. G. Nozzle, spray volume, and adjuvant effects on carfentrazone and imazamox efficacy. **Weed Technology**, v. 15, n. 3, p. 485-491, 2017.

RITZ, C.; STREIBIG, J. C. Dose response curves and other nonlinear curves in Weed Science and Ecotoxicology with the add-on package drc in R. [S. l.]: [S. n.], 2012.

ROMAN, E. S. *et al.* **Como funcionam os herbicidas: da biologia à aplicação.** Passo Fundo: Berthier, 2007. 158p.

SALVALAGGIO, A. C. *et al.* Espalhamento e tensão superficial de gotas de soluções com herbicidas e adjuvantes em folhas de *Digitaria insularis*. **Journal of Neotropical Agriculture**, Cassilândia, v. 5, n. 3, p. 60-64, 2018.

SANTIAGO, H.; GUAZZELLI, T. M. Simulação de perda por evaporação com diferentes caldas e adjuvantes agrícolas. **Centro Científico Conhecer**, Jandaia, v. 8, n. 16, p. 71, 2021.

SEEFELDT, S. S.; JENSEN, J. E.; FUERST, E. P. Log-Logistic analysis of herbicide dose-response relationships. **Weed Technology**, v. 9, p. 218-227, 1995.

SILVA, W. T. *et al.* Alternativas de controle químico para capim-amargoso (*Digitaria insularis*) na cultura do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 16, n. 3, p. 578-586, 2017.

SILVEIRA, H. M. *et al.* Glyphosate efficacy on sourgrass biotypes with suspected resistance collected on GR-crop fields. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 40, n. 1, p. 69-74, 2018.

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

SOUZA, G. S. F. *et al.* Ação da chuva sobre a eficiência de glyphosate no controle de *Eichhornia crassipes* e *Pistia stratiotes*. **Planta Daninha**, Viçosa, v.29, n.1, p.59-64, 2011b.

SOUZA, G. S. F. *et al.* Influence of rainfall on diquat efficiency in controlling *Salvinia auriculata*, *Pistia stratiotes* and *Eichhornia crassipes*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 923-928, 2011a.

VIDAL, R. A. *et al.* Fatores ambientais que afetam a eficácia de glifosato: Síntese do conhecimento. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 24, p. 43-52, 201. 4.