

**UFRRJ**  
**INSTITUTO DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM**  
**ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL**

**DISSERTAÇÃO**

**Interferência do Inibidor de Enzimas do Complexo  
Citocromo P450 na Eficácia de Misturas de  
Herbicidas no Controle de *Digitaria insularis***

**Gledson Soares de Carvalho**

**2020**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO**  
**INSTITUTO DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**  
**E AMBIENTAL**

**INTERFERÊNCIA DO INIBIDOR DE ENZIMAS DO COMPLEXO**  
**CITOCROMO P450 NA EFICÁCIA DE MISTURAS DE HERBICIDAS**  
**NO CONTROLE DE *Digitaria insularis***

**GLEDSON SOARES DE CARVALHO**

*Sob a Orientação da Professora*  
**Camila Ferreira de Pinho**

*e Coorientação da Pesquisadora*  
**Ana Claudia Langaro**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Agrícola e Ambiental**, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental, Área de Concentração em Sistemas Agrícolas.

Seropédica, RJ  
Fevereiro de 2020

É permitida a cópia parcial ou total desta Dissertação, desde que seja citada a fonte.

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Biblioteca Central / Central de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

C331i Carvalho, Gledson Soares de, 1991-  
Interferência do inibidor de enzimas do complexo citocromo P450 na eficácia de misturas de herbicidas no controle de *Digitaria insularis* / Gledson Soares de Carvalho. - São Paulo, 2020.  
76 f.

Orientadora: Camila Ferreira Pinho.  
Coorientadora: Ana Claudia Langaro.  
Dissertação(Mestrado). -- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental (PGEAAmb), 2020.

1. Interação de Herbicidas. 2. Metabolização. 3. Malation. 4. 2,4-D. 5. Graminídeas. I. Pinho, Camila Ferreira, 1986-, orient. II. Langaro, Ana Claudia, 1989-, coorient. III Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental (PGEAAmb). IV. Título.

**GLEDSON SOARES DE CARVALHO**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Agrícola e Ambiental**, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental, área de Concentração em Sistemas Agrícolas.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 28/02/2020

---

Camila Ferreira de Pinho. Dr<sup>a</sup>. UFRRJ  
(Orientadora)

---

Aroldo Ferreira Lopes Machado. Dr. UFRRJ

---

Cristina Moll Huther. Dr<sup>a</sup>. UFF



*Emitido em 29/07/2020*

**HOMOLOGAÇÃO DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 4/2020 - IT (12.28.01.27)**

**(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)**

*(Assinado digitalmente em 30/07/2020 05:34 )*

**AROLDO FERREIRA LOPES MACHADO**

*PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR*

*DeptFITO (12.28.01.00.00.00.32)*

*Matrícula: 1905333*

*(Assinado digitalmente em 29/07/2020 17:05 )*

**CAMILA FERREIRA DE PINHO**

*PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR*

*DeptFITO (12.28.01.00.00.00.32)*

*Matrícula: 2466219*

*(Assinado digitalmente em 29/07/2020 20:59 )*

**CRISTINA MOLL HÜTHER**

*ASSINANTE EXTERNO*

*CPF: 004.184.560-97*

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sipac.ufrj.br/documentos/> informando seu número: **4**, ano: **2020**, tipo: **HOMOLOGAÇÃO DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**, data de emissão: **29/07/2020** e o código de verificação: **fd5f546431**

## DEDICÁTORIA

*Dedico este trabalho aos meus pais Zélia e Jonas, a minha irmã Adriana e especialmente a minha vó Julia, que nos deixou a pouco tempo, mas sempre estará em nossos corações.*

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

Gostaria de agradecer a todos que fizeram parte desta caminhada, a qual é apenas o início de muitas outras que virão.

Agradeço primeiramente a Deus, o meu alicerce. Sou grato por tudo, pois sem Ele, nada seria possível na minha vida e tudo seria muito mais difícil e pesado.

A minha família, em especial meus pais Zélia e Jonas, minha irmã Adriana, minha tia Maria e minha tia adotiva Laíres, pelos ensinamentos da vida, me dando forças para lutar. Sem seus esforços não estaria onde estou e tenho orgulho de dizer que o mundo que eu levar, terá sempre o carinho e a mão de vocês.

A Fabiana Stager pela parceria, companheirismo e cumplicidade. Você foi uma das pessoas essenciais para a realização deste trabalho, me dando força, escutando meus desabafos e momentos de euforia, enfim me ajudando em todos os quesitos. Conte comigo para tudo e por tudo.

A todos os meus amigos, estando estes perto ou longe, em momentos de alegria ou tristeza, mas sempre comigo, me ajudando e me incentivando a continuar lutando, alimentando sonhos loucos e sóbrios. Agradeço especialmente ao meu amigo de longa data Vinicius Gimenez pela parceria de sempre. Amanda, Jéssica, Layzza, Sho, Kaouê, Felipe, Ricardo, Jocarstea, Thayane, Israel, Neto, Ney, Felipe, Juninho, Zezão, Rubia, Gabi, Ana, Junior, os quais me proporcionaram inúmeras histórias que levarei por toda a minha vida. Sem cada um de vocês, está caminhada seria muito mais pesada, obrigado por dividirem o peso comigo, e saibam também que cada um, de alguma forma, me fez crescer como pessoa.

Aos integrantes e ex-integrantes do grupo PDPA, os quais possuo grande admiração. Só tenho a agradecer por cada momento com vocês, seja montando um experimento debaixo de sol ou chuva, realizando avaliações em uma manhã bem cedo de frio, tendo momentos divertidos e momentos de desespero. Tudo foi muito intenso e não vejo a realização destes dois anos de mestrado sem vocês. Todos me ajudaram muito a ser um profissional cada vez melhor e me fazendo abrir os olhos para uma infinidade de aprendizados. Sem a ajuda de vocês este trabalho não seria possível. Saibam que serei eternamente grato por tudo e por todos.

Aos funcionários do setor de Grandes Culturas, os quais sempre paravam seus respectivos trabalhos para auxiliar em qualquer atividade. Sempre se mostraram disponíveis e demonstraram muita alegria no rosto para trabalhar e ajudar. Vocês servem de inspiração a todos os alunos da universidade.

Agradeço especialmente aos professores coordenadores do PDPA Aroldo e Camila. Saibam que sinto admiração por vocês e que cada um teve sua parcela na minha formação como pessoa e cada ensinamento, cada sermão, será carregado na bagagem da vida. Muito obrigado professora Camila por ter reaberto as portas do PDPA, por acreditar no meu trabalho e por me orientar por todos esses anos que excedem os dois anos do mestrado.

Para finalizar, quero dizer a todos que fizeram parte desta caminhada, que nunca serão esquecidos, estarão sempre marcados na minha memória. Mais uma vez, “MUITO OBRIGADO!”.

## RESUMO

CARVALHO, Gledson Soares de. **Interferência do inibidor de enzimas do complexo citocromo P450 na eficácia de misturas de herbicidas no controle de *Digitaria insularis***. 2020. p Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola e Ambiental). Instituto de Tecnologia, Departamento de Engenharia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

Objetivou-se nesse trabalho investigar o efeito do inibidor de enzimas do complexo citocromo P450 na eficácia de herbicidas para controle de *Digitaria insularis*. Foi realizado um experimento com replicata em casa de vegetação, localizada no campus da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, usando plantas de *D. insularis* em estágio de florescimento. Os tratamentos foram arrançados em esquema fatorial 16x2+3 casualizados em blocos. O fator A, foi constituído pela testemunha, os herbicidas 2,4-D (1005 g ea.ha<sup>-1</sup>); cletodim (192 g ia.ha<sup>-1</sup>) e haloxifope (62,4 g i.a. ha<sup>-1</sup>), aplicados de forma isolada, em mistura ou em intervalos de 0, 3, 6 e 12 dias e o fator B a presença ou não de malation (1000 g ha<sup>-1</sup>), aplicado 2 horas antes dos herbicidas. Já os tratamentos adicionais representam a mistura de malation aos herbicidas na calda de pulverização. O teste de compatibilidade físico-química foi realizado para verificação do comportamento dos produtos quando misturados na calda de pulverização. Foram realizadas as análises de fluorescência transiente da clorofila *a* aos 7, 14 e 35 dias após aplicação (DAA), porcentagem de controle aos 7, 14, 21, 28 e 35 DAA e massa seca de parte aérea (MSPA) após coleta das plantas aos 35 dias. Os dados foram submetidos a análise de variância ANOVA ( $p \leq 0,05$ ) e sendo F significativo, as médias foram comparadas pelo teste Skott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. As médias de porcentagem de controle obtidas pelo teste estatístico foram agrupadas em faixas de controle. Com relação as misturas de malation na calda de pulverização, os dados de porcentagem de controle e MSPA foram submetidos separadamente dos herbicidas sem inibidor e das aplicações em intervalos de tempo ao teste Skott-Knott a 5% de probabilidade. De acordo com os resultados verificou-se redução de controle de *D. insularis* quando adicionado 2,4-D aos graminicidas, sendo obtido para a mistura entre 2,4-D e cletodim melhor desempenho quando comparado com a mistura entre 2,4-D e haloxifope. Ambas misturas apresentaram incompatibilidade físico-químico em calda de acordo com a NBR 13875:2014. A aplicação de malation não interferiu no controle das plantas de capim-amargoso. Nos tratamentos em que o inibidor do P450 (malation) foi adicionado a calda de pulverização, o controle observado foi menor ou igual quando comparados aos tratamentos misturados sem a adição do malation. Pelo teste de compatibilidade de calda, as misturas com malation possuem restrição quanto ao seu uso, sendo classificadas como homogêneas sob agitação. Conclui-se, portanto, que a aplicação de malation duas horas antes dos demais tratamentos ou em mistura com 2,4-D, haloxifope ou cletodim, não melhora o controle do capim-amargoso, demonstrando que as enzimas do complexo P450 inibidas pelo malation não estão envolvidas no processo que resulta em antagonismo entre o 2,4-D e os herbicidas graminicidas utilizados para o controle de *D. insularis*.

**Palavras-chaves:** interação de herbicidas, metabolização, malation, 2,4-D, graminicidas

## ABSTRACT

CARVALHO, Gledson Soares de **Interference of the inhibitor of the enzyme of the cytochrome P450 complex on the effectiveness of herbicide mixtures in the control of *Digitaria insularis***. 2020. p Dissertation (MSc in Agricultural and Environmental Engineering). Institute of Technology, Department of Engineering, Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

The objective of this study is to investigate the interference of the inhibitor of the enzyme of the cytochrome P450 complex on the effectiveness of herbicide mixtures in the control of *Digitaria insularis*. One experiment was performed with replicate in a greenhouse located in the Universidade Federal Rural o Rio de Janeiro using *D. insularis* in the flowering stage. The experimental outlining was randomized blocks design in a factorial scheme 16x2+3, being the A factor, the control and the herbicides 2,4-D (1005 g ea.ha<sup>-1</sup>); clethodim (192 g ia.ha<sup>-1</sup>) and haloxyfop (62,4 g i.a. ha<sup>-1</sup>), applied alone, in mixture or applied sequentially at 0, 3, 6 and 12 days intervals. The B factor with or without malathion (1000 g ha<sup>-1</sup>), which was applied two hours prior to the herbicides and the additional treatments that represent the addition of the malathion in the spray mix. A physicochemical compatibility test was performed to verify the behavior of the pesticides when the mixture in the tank. Fluorescence analysis was collected in 7, 14 and 35 days after applications, Visual assessments of control were performed in 7, 14, 21, 28 and 35 days and shoot dry mass after collection of the experiments at 35 days. The data collected were submitted to the variance test ANOVA ( $p \leq 0,05$ ), being F significant, the data were submitted to the Scott-Knott test 5% probability. The statistical average from visual assessments of control was combined in control ranges. In respect of the spray mixtures with malathion, the visual assessments of control and shoot dry mass were submitted separated from the sequential sprays and the herbicides without malathion to Scott-Knott test. The results demonstrate that there was a reduction of the control when the 2,4-D was added with graminicides in the spray mix. The mixture between 2,4-D and clethodim showed a better performance in comparison with 2,4-D and haloxyfop, however, both mixtures were incompatible in the physic-chemical compatibility test according to NBR 13875:2014. It was also observed that, the malathion sprayed did not interfere with the control of the *D. insularis*. The treatments that the inhibitor was added in the spray mix, provide a similar or lesser control in comparison with the treatments without the presence of malathion. By the compatibility test, the mixtures with malathion do not have use restrictions and were classified as homogeneous under agitation. It is concluded that the malathion applied two hours prior to herbicides isolated, in mixtures or sequential spraying does not improve the control of the sourgrass, proving that the engaged enzymes in the antagonistic process between 2,4-D and graminicides herbicides used to control of the *D. insularis*.

**Keywords:** herbicide interaction, metabolism, malathion, 2,4-D, graminicides.

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Esquema das aplicações dos tratamentos no capim – amargoso. Seropédica/RJ, 2019. .....	26
<b>Figura 2.</b> Sintoma visual e faixa de controle aos 7 e 14 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA) em plantas de capim-amargoso em florescimento nos experimentos EI (A e C) e EII (B e D). Seropédica/RJ, 2019.....	30
<b>Figura 3.</b> Escala de evolução dos sintomas dos herbicidas inibidores da ACCase entre os períodos de 7 a 21 dias após as aplicações (DAA). Seropédica/RJ, 2019.....	31
<b>Figura 4.</b> Fluorescência da clorofila a em plantas de <i>Digitaria insularis</i> em florescimento, aos 7 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA), submetidas aos herbicidas cletodim, haloxifope e 2,4-D sal dimetilamina aplicados isoladamente, em mistura ou em intervalos de 3, 6 e 12 dias em presença ou não do inibidor das enzimas do complexo P450 (malation) aplicado 2 horas antes nos experimentos ou em mistura em EI (A e B) e EII (C e D). ABS/RC - Medida do tamanho aparente do sistema antena; TR0/RC - Máxima taxa de capturação de um éxciton pelo RC, resultando em uma redução da plastoquinona (QA-); DI0/RC - Razão de dissipação total de energia de excitação não capturada do total; $\phi P0$ - Rendimento quântico máximo fotoquímico; $\phi E0$ - Rendimento quântico de transporte de elétrons de QA- para o intersistema de aceptores de elétrons; $\phi R0$ - Rendimento quântico de transporte de elétrons de QA- para o acceptor final de elétrons do FSI; PIabs – Índice de desempenho fotossintético; PItotal – Índice de desempenho fotossintético total. Seropédica/RJ, 2019.....	33
<b>Figura 5.</b> Fluorescência da clorofila a em plantas de <i>Digitaria insularis</i> em florescimento, aos 14 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA), submetidas aos herbicidas cletodim, haloxifope e 2,4-D sal dimetilamina aplicados isoladamente, em mistura ou em intervalos de 3, 6 e 12 dias em presença ou não do inibidor das enzimas do complexo P450 (malation) aplicado 2 horas antes nos experimentos ou em mistura em EI (A e B) e EII (C e D). ABS/RC - Medida do tamanho aparente do sistema antena; TR0/RC - Máxima taxa de capturação de um éxciton pelo RC, resultando em uma redução da plastoquinona (QA-); DI0/RC - Razão de dissipação total de energia de excitação não capturada do total; $\phi P0$ - Rendimento quântico máximo fotoquímico; $\phi E0$ - Rendimento quântico de transporte de elétrons de QA- para o intersistema de aceptores de elétrons; $\phi R0$ - Rendimento quântico de transporte de elétrons de QA- para o acceptor final de elétrons do FSI; PIabs – Índice de desempenho fotossintético; PItotal – Índice de desempenho fotossintético total. Seropédica/RJ, 2019.....	34
<b>Figura 6.</b> Sintoma visual aos 21 e 28 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA) em plantas de capim-amargoso em pleno florescimento, submetidas aos tratamentos nos experimentos EI (A e C) e EII (B e D). Seropédica/RJ, 2019. ....	38
<b>Figura 7.</b> Exemplo de rebrotes em fase inicial (A) e em fase mais avançada (B) de <i>Digitaria insularis</i> após tratamento de herbicidas gramínicas. Seropédica/RJ, 2019. ....	38
<b>Figura 8.</b> Sintoma visual aos 35 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA) e massa seca da parte aérea (MSPA) em gramas das plantas de capim-amargoso em pleno florescimento, submetidas aos tratamentos nos experimentos EI (A e C) e EII (B e D). Seropédica/RJ, 2019. .....	41
<b>Figura 9.</b> Fluorescência da clorofila a em plantas de <i>Digitaria insularis</i> em pleno florescimento, aos 35 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA), submetidas aos herbicidas cletodim, haloxifope e 2,4-D sal dimetilamina aplicados isoladamente, em mistura ou em intervalos de 3, 6 e 12 dias em presença ou não do inibidor das enzimas do complexo P450 (malation) aplicado	

2 horas antes nos experimentos ou em mistura em EI (A e B) e EII (C e D). ABS/RC - Medida do tamanho aparente do sistema antena; TR0/RC - Máxima taxa de capturação de um éxciton pelo RC, resultando em uma redução da plastoquinona (QA-); DI0/RC - Razão de dissipação total de energia de excitação não capturada do total;  $\phi P0$  - Rendimento quântico máximo fotoquímico;  $\phi E0$  - Rendimento quântico de transporte de elétrons de QA- para o intersistema de aceptores de elétrons;  $\phi R0$  - Rendimento quântico de transporte de elétrons de QA- para o acceptor final de elétrons do FSI; PIabs – Índice de desempenho fotossintético; PItotal – Índice de desempenho fotossintético total. Seropédica/RJ, 2019.....44

**Figura 10.** Sintoma visual aos 7, 21 e 35 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA) em plantas de capim-amargoso em pleno florescimento, submetidas aos tratamentos com misturas de malation na calda de pulverização nos experimentos EI (A, C e E) e EII (B, D e F). Seropédica/RJ, 2019..... 49

**Figura 11.** Massa seca de parte aérea (MSPA), em gramas, das plantas de capim-amargoso em pleno florescimento, submetidas aos tratamentos nos experimentos EI (A) e EII (B). Seropédica, 2019..... 50

**Figura 12.** Exemplo de formação de espuma pelo ensaio estático no teste de compatibilidade de calda. Seropédica/RJ, 2019.....51

**Figura 13.** Exemplo de formação de sedimentos pelo ensaio estático no teste de compatibilidade de calda. Seropédica/RJ, 2019..... 52

**Figura 14.** Exemplo de separação de óleo pelo ensaio estático (A) e dinâmico (B) no teste de compatibilidade de calda. Seropédica/RJ, 2019.....53

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Análise química de solo utilizado nos experimentos. Seropédica, RJ.....	23
<b>Tabela 2.</b> Fluxograma dos herbicidas aplicados e suas associações e suas respectivas siglas de identificação dos experimentos I (EI) e sua replicata (EII). Seropédica/RJ – 2019.....	24
<b>Tabela 3.</b> Descrição das condições climáticas no momento da aplicação dos herbicidas nos experimentos EI e EII, Seropédica/RJ, 2019.....	25
<b>Tabela 4.</b> Parâmetros do Teste JIP (STRASSER et al., 2004, adaptado de YUSUF et al., 2010). .....	27
<b>Tabela 5.</b> Desempenho fotossintético total ( $PI_{total}$ ) e dissipação total de energia na forma de calor (DI/RC) aos 7 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA) em plantas de capim-amargoso em pleno florescimento, submetidas aos tratamentos nos experimentos em EI e EII. Seropédica/RJ, 2019. ....	35
<b>Tabela 6.</b> Desempenho fotossintético total ( $PI_{total}$ ) e dissipação total de energia na forma de calor (DI/RC) aos 14 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA) em plantas de capim-amargoso em pleno florescimento, submetidas aos tratamentos nos experimentos EI e EII. Seropédica/RJ, 2019. ....	36
<b>Tabela 7.</b> Desempenho fotossintético total ( $PI_{total}$ ) e dissipação total de energia na forma de calor (DI/RC) aos 35 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA) em plantas de capim-amargoso em pleno florescimento, submetidas aos tratamentos nos experimentos EI e EII. Seropédica/RJ, 2019. ....	46
<b>Tabela 8.</b> Avaliação dos parâmetros homogeneidade da calda, sedimentação, formação de espuma e separação de fase e óleo nos tempos de 0, 2, 6 e 24 horas de repouso (rep) e na redispersão (red) pelo ensaio estático e avaliação após 2 horas de agitação (agit) e repouso de 10 minutos (rep) pelo ensaio dinâmico. Seropédica/RJ, 2019. ....	50
<b>Tabela 9.</b> Resultados obtidos após avaliação dos testes de compatibilidade de calda entre os herbicidas, adjuvante e o malation. Seropédica/RJ, 2019. ....	54

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	15
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	23
3.1 Experimento em casa de vegetação .....	23
3.1.1. Variáveis Respostas .....	26
3.1.1.1. Avaliação visual .....	26
3.1.1.2. Fluorescência transiente da clorofila <i>a</i> .....	26
3.1.1.3. Análise de massa seca.....	27
3.1.1.4. Análise estatística .....	28
3.2. Teste de compatibilidade de calda.....	28
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	30
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	55
<b>6 BIBLIOGRAFIA</b> .....	57
<b>7 APÊNDICE</b> .....	67
7.1. Apêndice A: Tabelas de análise estatística das avaliações aos 7, 14, 21, 28 e 35 DAA. ..	67
7.1. Apêndice B: Imagens do experimento aos 35 dias após aplicações dos herbicidas.....	69

## INTRODUÇÃO

Para suprimir o crescimento das plantas daninhas, foram desenvolvidos e aprimorados métodos de controle, tendo destaque o controle químico através do uso de herbicidas que apresenta grande eficácia e praticidade quando comparado aos demais métodos disponíveis no mercado. Entretanto, novos problemas surgiram em relação ao uso incorreto do controle químico, gerando uma pressão de seleção de biótipos de plantas daninhas resistentes a herbicidas. O principal exemplo é o número expressivo de espécies com biótipos resistentes ao glifosato, o qual é um dos principais herbicidas utilizados na agricultura, acarretando a necessidade de utilizar herbicidas de diferentes mecanismos de ação.

Para o controle de espécies monocotiledôneas e eudicotiledôneas, resistentes ao herbicida glifosato, presentes em conjunto na mesma área de cultivo, se torna necessário o uso de herbicidas de diferentes mecanismos de ação com destaque para a utilização de herbicidas conhecidos como latifolicidas e graminicidas. Entre estes o 2,4-D (latifolicida) e os inibidores da acetil coenzima A carboxilase (ACCase – graminicidas) são os mais utilizados, pois são eficazes no manejo de espécies resistentes ao glifosato, como a buva (*Conyza spp*) e capim-amargoso (*Digitaria insularis*), respectivamente. Contudo, estudos já realizados mostram que a utilização de ambos os herbicidas de forma conjunta possui problemas como o antagonismo, dependendo da espécie alvo, como por exemplo, o capim-amargoso.

Estudos realizados em plantas de azevém (*Lolium rigidum*) mostram que o 2,4-D pode influenciar no aumento da metabolização de outros herbicidas pela ação do complexo citocromo P450, o qual é um complexo enzimático que promove a desintoxicação de agentes xenobióticos nos vegetais, realizando a inserção de um átomo de oxigênio, um radical hidroxila, modificando a estrutura da molécula de herbicidas os quais passam a não ser mais tóxicos as plantas. Isto sugere que o 2,4-D possa atuar como um "protetor", ou seja, diminuindo indiretamente a sensibilidade de espécies vegetais a certos herbicidas através do aumento da atividade dessas enzimas.

Com base no exposto, objetiva-se nesse trabalho investigar o efeito de inibidores de enzimas do complexo citocromo P450 no controle de plantas de *D. insularis* sob ação de misturas de herbicidas inibidores da ACCase e 2,4-D.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O Brasil está entre os países de maior produção agrícola e as estimativas para a safra de grãos 2019/20 apontam um crescimento na agricultura brasileira de 1,5% na área plantada em relação à safra anterior, atingindo 64,2 milhões de hectares (CONAB, 2020). Em relação a produção, há indicativos que mostram um incremento de 2,5% em relação à safra anterior de grãos (6,1 milhões de toneladas), totalizando aproximadamente 248 milhões de toneladas (CONAB, 2020). As culturas da soja e milho são as mais expressivas, apresentando tendências de crescimento de até 2,6% para a cultura da soja e 0,2% para a cultura do milho, sendo o milho de segunda safra responsável por 70% da produção total de milho no Brasil (CONAB, 2020).

Apesar da produção nacional apresentar estimativas positivas com relação a produção de grãos, há fatores que podem interferir neste panorama, e entre estes estão as plantas daninhas, que competem com a cultura de interesse por recursos como água, nutrientes e luz, podendo ainda ser hospedeiras de pragas e patógenos (CARDOSO et al, 2016). A presença de plantas daninhas pode resultar em redução da produtividade e causar sérios danos econômicos nas culturas (MAHAJAN et al, 2015).

A presença de plantas daninhas interfere negativamente na produção agrícola e o grau de interferência está relacionado a espécie infestante e sua distribuição (FIALHO, 2016). Somado a isto, estas plantas apresentam características agressivas como sementes com alta capacidade de germinação, desenvolvimento e reprodução mesmo em condições adversas como déficit hídrico, estresse térmico, salinidade, solos ácidos ou básicos (VASCONCELOS et al., 2012), podendo ter um crescimento rápido e melhor aproveitamento dos recursos naturais quando comparadas as espécies cultivadas.

As perdas causadas por plantas daninhas podem ser quantitativas e/ou qualitativas e isso depende da espécie e do nível de infestação destas plantas na área de cultivo, assim como do período de competição, clima, práticas agrícolas e padrão de emergência destas (YADAV e MALIK, 2005).

O aumento da densidade de plantas daninhas é proporcional as perdas de produção da cultura da soja (GAZZIEIRO et al, 2019). Estudos demonstram redução de rendimento da produção de soja de até 50% quando em competição com plantas de *Amaranthus palmeri* com densidade de 1-8 plantas/m<sup>2</sup> e de *Digitaria sanguinalis*, 1 a 16 plantas/m<sup>2</sup> (BASINGER et al, 2019).

Gazziero et al. (2012) mostram que a presença de 4 a 6 plantas/m<sup>2</sup> de capim-amargoso em áreas de soja podem reduzir a produtividade da cultura em até 44%. Segundo Silva et al. (2009), as perdas por plantas daninhas diminuíram a produtividade da cultura da soja em 73% quando em baixa infestação de plantas daninhas como *Brachiaria plantaginea*, *Ipomoea nil*, *Euphorbia heterophylla*, *Digitaria horizontalis* e *Cyperus rotundus*, podendo as perdas chegarem a 92% quando em alta infestação destas espécies.

A fim de evitar perdas e minimizar os problemas causados por plantas daninhas nas lavouras, foram desenvolvidos diversos métodos de controle, com destaque para o controle químico, através do uso de herbicidas. Estas moléculas, entre outras vantagens, representam um método prático, rápido e eficiente no controle de plantas daninhas (FOLONI, 2016), constituindo em um método de fácil aplicação e que demanda um menor gasto de mão de obra (DAN et al., 2010; RODRIGUES et al., 2012). Porém, devido a utilização intensiva e muitas vezes, de forma inadequada do método químico, problemas relacionados a resistência de plantas daninhas podem surgir no cenário agrícola.

A resistência de plantas daninhas é definida como a habilidade herdável de biótipos dentro de uma população de sobreviverem e reproduzirem após tratamento com herbicidas em doses comerciais que seriam letais a indivíduos suscetíveis da mesma espécie (CHRISTOFFOLETI E OVEJERO, 2008; CHRISTOFFOLETI et al., 2016). É um fenômeno natural onde o herbicida atua como agente selecionador de biótipos resistentes que já existiam, porém em frequência inicial menor (CHRISTOFFOLETI E OVEJERO, 2008; CHRISTOFFOLETI et al., 2016).

Os casos de resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil têm aumentado nos últimos anos. Existem 51 casos confirmados, incluindo 30 espécies, com resistência do tipo simples, cruzada e/ou múltipla até o momento (HEAP, 2020). Entre os casos registrados, predominam as plantas daninhas resistentes aos inibidores da acetolactato sintase (ALS) e 5-enolpiruvilshikimate-3-fosfato sintase (EPSPs), o qual é o quarto colocado a nível mundial.

A adoção de culturas transgênicas resistentes ao glifosato, foi um grande passo para o aumento da frequência de utilização deste herbicida nas áreas de produção de soja e milho (YUAN et al., 2006). O glifosato é um herbicida inibidor da enzima EPSPs, considerado não seletivo, sendo utilizado em larga escala mundial (MESNAGE, 2015).

Entre as espécies que apresentam resistência ao glifosato no Brasil, o capim-amargoso (*Digitaria insularis*) merece destaque pelas suas características de agressividade, possuindo elevada habilidade competitiva (GAZOLA, 2016). Duas plantas de capim-amargoso por metro

quadrado geram perdas de até 375 kg/ha, enquanto seis plantas por metro quadrado podem gerar perdas entre 600 a 1300 Kg/ha de grãos de soja (GAZZIEIRO et al, 2019). O capim-amargoso é uma gramínea que possui ciclo perene crescimento ereto, colmos estriados e entrenós longos, podendo alcançar 150 cm de altura, com folhas de bainhas longas e pilosas (KISSMANN E GROTH, 1997; LORENZI, 2000, MACHADO, 2008). Suas panículas são bastante distintas, com alta produção de sementes as quais são pilosas com alto poder de disseminação pelo vento. As sementes possuem alta taxa de germinação, a qual é considerada ligeiramente alta em relação a outras espécies do gênero (MONDO et al., 2010; MENDONÇA, 2014).

Plantas de capim-amargoso originárias de sementes e em fase inicial, são facilmente controladas pelo herbicida glifosato (MACHADO et al, 2006). Entretanto, em estádios tardios de desenvolvimento após surgimento de rizomas estabelecidos, aumenta a complexidade de controle da espécie (GEMELLI et al., 2012). Machado et al. (2008), observaram que plantas provenientes de rizomas quando comparadas com plantas provenientes de sementes, apresentaram folhas com maior índice estomático, densidade estomática na face abaxial da epiderme foliar e lâmina foliar mais espessa, o que pode ser um impedimento a entrada de herbicidas para controle.

Além destes fatores fisiológicos, casos de resistência do capim-amargoso ao glifosato vem aumentando no Brasil. De acordo com Heap (2020), o primeiro caso de resistência ao herbicida glifosato foi datado em 2005 no Paraguai, se espalhando posteriormente para a Argentina e Brasil, tendo o primeiro caso registrado no estado do Paraná em 2008.

Estudos realizados por Lopez Ovejero et al., (2017) apontam para os avanços de populações de *D. insularis* no território brasileiro, por consequência de fatores como movimentação de equipamentos e dispersão de sementes pelo vento. Pesquisas realizadas com biótipos de capim-amargoso no estado do Paraná, São Paulo e Paraguai mostram a possibilidade de biótipos resistentes de capim-amargoso encontrados no Paraná compartilharem do mesmo fluxo genético de plantas encontradas no Paraguai. Já no estado de São Paulo, as populações resistentes provavelmente foram selecionadas independentemente (TAKANO et al, 2018).

A absorção lenta e translocação reduzida do herbicida glifosato são mecanismos que podem explicar a resistência de capim-amargoso a este herbicida (MACHADO et al., 2008, ZOBIOLE et al., 2016). Além disso, herbicidas de contato aplicado em plantas bem estabelecidas e com touceiras densas, não exercem controle eficiente, favorecendo o rebrote (MELO et al., 2010). Sendo assim, em casos de plantas de capim-amargoso resistentes ao herbicida glifosato, há poucas opções de herbicidas no mercado para o controle da espécie.

neste sentido, herbicidas inibidores da acetil co-enzima A carboxilase (ACCCase), conhecidos como graminicidas, são a principal opção no mercado para o manejo de capim-amargoso (BARROSO et al., 2014).

Os inibidores da ACCCase são herbicidas sistêmicos, divididos em três grupos químicos: ariloxifenoxipropionatos (FOPs), cicloexanodionas (DIMs) e fenilpirazolina (DEN). Apesar de possuírem o mesmo mecanismo de ação, há diferenças marcantes entre os grupos químicos (LÓPEZ-OVEJERO et al., 2006; BARROSO et al, 2010), principalmente em relação a translocação, onde os “FOPs” translocam via simplasto para os meristemas e os “DIMs” podem, além desta, seguir pela via apoplástica (DYER, 2018). Nos cloroplastos das células vegetais, a enzima acetil-CoA carboxilase (ACCCase) catalisa a carboxilação do acetil-CoA em malonil-CoA pela adição de uma molécula de CO<sub>2</sub> (HESS, 1997).

A inibição da acetil-CoA carboxilase, portanto, resulta em bloqueio da síntese de ácidos graxos (lipídeos) (VIDAL, 1997; NETO, 2012), sendo estes componentes essenciais das membranas da célula e organelas. A inibição destes constituintes compromete a integridade das membranas, alterando sua permeabilidade (HESS, 1997; AGOSTINETTO et al, 2002), resultando na morte das plantas sensíveis.

A translocação e a ação destes herbicidas ocorrem de forma lenta, fazendo com que os sintomas não apareçam de forma imediata. Quando surgem, observa-se que o crescimento dos meristemas apicais da parte aérea e da raiz são suprimidos, além de ocorrer pontuações cloróticas nas folhas seguida de necrose total da planta (ALMEIDA e RODRIGUES, 1985, ROMAN, 2007, OLIVEIRA JR et al., 2011; PERTENELLA et al, 2014).

Os inibidores da ACCCase são herbicidas seletivos para espécies eudicotiledôneas, pois estas espécies possuem a enzima ACCCase nas formas homodímeras e heterodímeras no cloroplasto, sendo esta última insensível aos herbicidas inibidores da ACCCase. As espécies monocotiledôneas só possuem a forma homodímera nos plastídeos sendo estas as únicas que são inibidas por este grupo de herbicidas (YU et al., 2013), o que as torna sensíveis a ação destes herbicidas.

Por outro lado, há a presença de plantas daninhas eudicotiledôneas na mesma área de ocorrência de espécies monocotiledôneas, podendo estas apresentarem resistência ou tolerância a herbicidas, sendo necessário utilizar diferentes mecanismos de ação para controlá-las. Um grande exemplo é a buva (*Conyza* spp.), a qual, além de possuir casos de resistência somente ao glifosato, apresenta casos de resistência múltipla a até cinco mecanismos de ação de herbicidas, tornando complexo o seu controle. Em 2017 a área infestada com ambas as espécies

(buva e capim-amargoso) apresentando resistência ao glifosato foi de aproximadamente 2,7 milhões de hectares, fato que eleva os custos de controle (VARGAS et al., 2017). Desta forma, devido a diversidade de espécies, muitas vezes faz-se necessário a utilização de herbicidas com diferentes mecanismos de ação, sendo o 2,4-D um dos mais utilizados para o controle das folhas largas.

O ácido 2,4-diclorofenoxiacético ou 2,4-D foi o primeiro herbicida do grupo dos mimetizadores de auxina a ser desenvolvido e comercializado a nível mundial, em 1945 (SCHULZ e SEGOBYE, 2016; TORRA, 2017). É um herbicida seletivo, utilizado em pós-emergência no controle de espécies de folhas largas, que atuam de forma semelhante as auxinas naturais nas plantas, como o ácido indolacético (AIA) (GEORGE, 1963; CHRISTOFFOLETTI et al., 2015).

O AIA liga-se às proteínas ABP1 que irão interagir diretamente com as ATPases, estimulando o bombeamento de prótons para o apoplasto (THIEL et al., 1993; SAUER e KLEINE-VEHN, 2011). A partir deste ponto, as proteínas expansinas são ativadas, realizando a quebra das ligações de celulose e hemicelulose das células vegetais, favorecendo o aumento da absorção de solutos osmóticos, ocorrendo assim o alongamento celular (COSGROVE, 2000; MAESHIMA, 2001; TROMAS et al., 2010; CHRISTOFFOLETTI et al., 2015).

Os herbicidas mimetizadores de auxina atuam na divisão, alongamento e diferenciação celular, ocasionando em anormalidades fisiológicas e morfológicas, seguindo de hipertrofia, epinastia severa e abscisão prematura de folhas (STIRLING e HALL, 1997; GROSSMAN, 2007 e 2010). São herbicidas sistêmicos, podendo ser translocados via xilema e floema nas plantas (FOLONI, 2016).

Neste contexto, o manejo de monocotiledôneas e dicotiledôneas em uma mesma área ganham uma nova perspectiva: a mistura em tanque ou aplicações sequenciais de herbicidas. A mistura em tanque é compreendida como a associação de agrotóxicos e aditivos em um tanque acoplado a um aplicador, imediatamente antes da pulverização. Esta técnica possui a vantagem de aumentar o espectro e eficiência contra os organismos alvo, diminuindo custos de campo (GAZZIERO e al, 2014). Vale destacar que a mistura em tanque foi autorizada em 11 de outubro de 2018 pela instrução normativa nº 40 do MAPA, a qual autoriza o engenheiro agrônomo a receitar a mistura de defensivos agrícolas em tanque.

Já a aplicação sequencial de herbicidas é outra estratégia que pode ser utilizada para o controle de plantas daninhas de difícil controle, onde os herbicidas de diferentes mecanismos de ação podem ser aplicados de forma seriada. Esta tática pode causar a morte das plantas ou

diminuir a interferência destas por um longo período (SAIRAMESH et al, 2015; SPERRY et al, 2017).

Entre as vantagens de utilizar ambas as técnicas está a associação/rotação de diferentes mecanismos de ação herbicida, diminuindo a pressão de seleção causada por apenas uma molécula, sendo uma ótima alternativa para evitar a seleção de espécies resistentes, além de permitir um amplo espectro de controle sobre as plantas daninhas.

Entretanto, estas associações de herbicidas normalmente são realizadas sem o conhecimento do efeito desta mistura/sequência sobre a calda e as principais plantas alvo da aplicação (MATZEMBACHER et al., 2015), que podem resultar em diferentes interações entre os herbicidas. Quando a resposta da mistura de herbicidas é maior que a esperada, a mistura é considerada sinérgica; quando é menor que a esperada, é antagônica e quando é igual, aditiva (COLBY, 1967).

Takano et al., (2013) observou que a mistura de 2,4-D com glifosato apresentou interação aditiva em plantas de *Conyza* spp em estágios fenológicos iniciais (2 a 4 e 4 a 6 folhas), já em plantas com mais de 10 folhas, observou-se sinergismo entre os herbicidas. Outros exemplos de sinergismo observados são entre a mistura de glifosato com carfentrazone e saflufenacil para o controle de *Ipomea hederifolia* (AGOSTINETTO et al., 2015), glifosato com saflufenacil para controle de *Conyza sp* resistente ao glifosato (DALAZEN et al., 2015).

O antagonismo ocorre quando são misturados ou aplicados em sequência, dois herbicidas de mecanismos de ação diferentes, onde um pode anular ou reduzir a ação do outro (HATZIOS e PENNER, 1985; ZHANG et al., 2015; MATZENBACHER et al., 2015), sendo este dependente da espécie vegetal. É necessário o conhecimento do efeito da interação entre diferentes herbicidas previamente a mistura ou aplicações sequenciais, pois se ocorrer antagonismo o controle será ineficiente, acarretando problemas no manejo de plantas daninhas.

A utilização de latifolicidas em mistura com a aplicação de graminicidas é um exemplo de interações antagônicas. Há estudos que mostram antagonismo entre os herbicidas do grupo das imidozalinonas (imazethapyr, imazapic e imazapyr) misturados com os herbicidas cyhalofop e profoxydim para o controle de capim-arroz (MATZENBACHER et al, 2015). Também foi observado antagonismo entre inibidores da enzima 2,4-D e clodinafop, para a espécie *L. multiflorum* (TREZZI et al., 2007). Leal et al. (2020) em experimentos aplicando 2,4-D com haloxifop em mistura ou em intervalos de 3, 6 e 12 dias entre os herbicidas, concluíram que há antagonismo entre 2,4-D e haloxifop para o controle de plantas de *D. insularis*.

Alguns estudos sugerem que a ação negativa causada pelo 2,4-D sobre os inibidores da acetil co-enzima A carboxilase (ACCCase) ocorre pelo fato deste atuar de forma semelhante a um “safener” ou protetor na planta daninha (HAN et al., 2013; YU et al., 2014)). Os protetores são produtos que atuam diminuindo a sensibilidade de espécies vegetais a certos herbicidas, pois interferem no metabolismo através do aumento de enzimas envolvidas na metabolização das moléculas dos herbicidas (DUHOUX et al., 2017).

Entre enzimas que atuam na proteção de plantas está o complexo citocromo P450 (P450) que é um complexo de heme proteínas localizadas no retículo endoplasmático rugoso nas células vegetais (REICHHART et al., 2000), sua função é na metabolização de agentes químicos exógenos, incluindo os herbicidas (YU et al., 2014; CHEN et al., 2017). O complexo citocromo P450 atua inibindo a ação de herbicidas devido oxidação, hidroxilação ou desealquilação em moléculas hidrofóbicas, transformando-as hidrossolúveis e facilitando a degradação destas nas plantas (REICHHART et al., 2000). O complexo citocromo P450 possui várias espécies de enzimas como por exemplo as monooxigenases, esterases, amidases, arilacilamidases e nitrilases (KREUZ et al., 1996; COLEMAN et al., 1997; VAN EERD et al., 2003; OGLIARI et al., 2014). O complexo citocromo P450 apresenta uma grande quantidade de isoformas. O número e o tipo destas isoformas irão variar de acordo com a espécie vegetal estudada (WERCK-REICHHART et al., 2000).

O complexo P450 não atua sozinho no processo de degradação de moléculas tóxicas, tendo ainda a ação da enzima glutatona S-sintetase (GST), glicosiltransferases, dos transportadores ABC e de enzimas presentes no vacúolo das células vegetais (YUAN et al., 2006). Após a oxidação das moléculas tóxicas por enzimas do complexo citocromo P450 (fase I do processo de metabolização), as enzimas GT e GST podem catalisar a conjugação de sacarose (GT) e glutatona ou homoglutationa (GST) sendo esta etapa a fase II (YU e POWLES, 2014). Após a ação destas enzimas, os transportadores ABC transportarão a molécula após processo de conjugação para o vacúolo ou para os espaços intercelulares (fase III), onde serão facilmente degradadas (fase IV) (DALAZEN et al., 2016).

Pesquisas relatam a atividade do complexo citocromo P450 na metabolização do herbicida fluazifop-p-butil em *Digitaria sanguinalis* (HIDAYAT e PRESTON, 2001), diclofop em *Lolium rigidum* (BRAVIN et al., 2001; YU et al., 2013) e dos herbicidas diclofop e fluazifop também para *L. rigidum* (COCKER et al., 2001). Em *Alopecurus myosuroides* há suspeita de que o complexo citocromo P450 tenha atuado na detoxificação de moléculas de haloxifope e

clodinafop (LETOUZÉ et al, 2003) e metabolização da molécula de fenoxaprop-*P*-ethyl em *Alopecurus japonicus* (CHEN et al., 2018).

A base dos estudos relatados acima é a utilização de inibidores enzimáticos como o aminobenzotriazole (ABT) e os inseticidas organofosforados butóxido de piperonila (PBO) e malation, sendo este último o mais utilizado (YU et al, 2014). O malation atua na inibição de algumas enzimas do complexo citocromo P450. Quando este inseticida é oxigenado por enzimas do complexo, liberam um átomo de enxofre, o qual é um dos constituintes das moléculas dos organofosforados, que irá ligar-se na estrutura química da proteína, ocasionando em uma mudança de conformação levando a sua inativação ou até mesmo a sua destruição, caso haja o tratamento simultâneo com um herbicida (REICHHART et al., 2000; YASOUR et al., 2006; DALAZEN et al., 2018).

As associações entre herbicidas em mistura ou em aplicações sequenciais podem causar a ativação de enzimas protetoras devido a ação de um dos herbicidas. De acordo com Han et al., (2013), observaram o aumento da atividade de enzimas detoxificadoras pela influência do 2,4-D aplicado com diclofop sobre plantas de *L. rigidum*. A ação de enzimas no processo de detoxificação é um processo que ocorre naturalmente em diferentes espécies, como observado na cultura do trigo (*Triticum aestivum*) a qual é tolerante ao herbicida diclofop por rápida metabolização do herbicida (SHIMABUKURO et al., 1987; HAN et al., 2013).

O estudo do metabolismo de pesticidas nas plantas é necessário para o desenvolvimento destes produtos, tanto para a segurança como para o seu uso eficiente (VAN EER et al., 2003). Somado a estas informações, ainda não foram registrados estudos referentes a metabolização de ACCase em detrimento da utilização de 2,4-D em capim-amargoso.

Os herbicidas inibidores da ACCase controlam o capim-amargoso (GEMELLI et al., 2012; GEMELLI et al., 2013), porém quando associados ao herbicida 2,4-D, perdem eficiência (GEMELLI et al., 2013; ZOBIOLE et al., 2016). Neste caso, há a suspeita de que este fenômeno ocorra pelo aumento das enzimas constituintes do complexo P450 em função da ação do herbicida 2,4-D nas plantas que são naturalmente tolerantes a este herbicida, fazendo com que haja metabolização do herbicida ACCase.

Diante do exposto, objetiva-se nesse trabalho investigar o efeito de inibidores de enzimas do complexo citocromo P450 no controle de plantas de *D. insularis* sob ação de misturas de herbicidas inibidores da ACCase e 2,4-D.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Experimento em casa de vegetação

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação localizada na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – Seropédica, RJ (-22°45'39''S, -43°42'00''N), no período compreendido entre janeiro de 2019 a dezembro de 2019.

Foi realizado um experimento (EI) com replicata (experimento II - EII) em que as sementes de capim-amargoso foram adquiridas pela empresa Agro Cosmos, localizada em Engenheiro Coelho, São Paulo. Em testes realizados pelo grupo de Pesquisa e Plantas Daninhas no Ambiente (PDPA), foi observado que as sementes apresentavam uma população mista, havendo sementes de plantas provenientes de população suscetível e de biótipos resistentes ao herbicida glifosato.

No experimento I (EI) a semeadura ocorreu no dia 17 de janeiro de 2019 e no experimento II, em 27 de setembro de 2019.

Foram utilizados vasos com capacidade de 1000 cm<sup>3</sup>, sendo preenchidos com uma mistura de solo argiloso e arenoso na proporção 1:1 (Tabela 1). A mistura entre os tipos de solos e suas proporções foram definidos a partir de testes anteriores, sendo possível observar que a combinação utilizada apresentou os melhores resultados.

**Tabela 1.** Análise química de solo utilizado nos experimentos. Seropédica, RJ.

Prof (cm)	Na	Ca	Mg	K	H+Al	Al	S	T	V	m	n	pHágua	Corg	P	K
	Cmolc / dm <sup>3</sup>								%		1:2,5	%	mg/L		
0-40	0,046	2,9	1,4	0,12	3,9	0	4,466	8,366	53	0	0,549844609	5,7	0,78	42	46

As plantas de capim-amargoso foram adubadas semanalmente com adubo NPK 5-20-20 e ureia para suprir as necessidades nutricionais das plantas de capim-amargoso. As irrigações foram realizadas diariamente mantendo o solo próximo a capacidade de campo.

Quando as plantas atingiram o estágio de 2-4 folhas (aproximadamente 15 dias após a emergência no experimento I e 8 dias após a emergência em EII), foram realizados os desbastes para selecionar as plantas de maior vigor, mantendo uma planta por vaso as quais foram conduzidas até o florescimento.

No experimento I (EI), as plantas de capim-amargoso alcançaram o florescimento com 51 dias após a emergência. Já na replicata (EII), as plantas atingiram o florescimento em aproximadamente 33 dias após emergência.

Após as plantas de capim-amargoso atingirem o florescimento, iniciaram-se as aplicações dos herbicidas no dia 15 de abril de 2019 (EI) e 18 de novembro de 2019 (EII). O malation foi aplicado duas horas antes da aplicação dos herbicidas, de acordo com trabalhos de DALAZEN et al. (2016) e DALAZEN et al. (2018).

O delineamento experimental adotado nos dois ensaios foi de casualização por blocos (DBC) com quatro repetições em esquema fatorial 14x2+5, sendo o fator A constituído pela testemunha e os herbicidas 2,4-D (DMA sal-dimetilaminda 1005 g e a. ha<sup>-1</sup>), cletodim (Select<sup>®</sup> 108 g ia. ha<sup>-1</sup>) e haloxifope-p-metílico (Verdict R<sup>®</sup> 62,4 g i.a. ha<sup>-1</sup>), aplicados de forma isolada, em mistura ou em intervalos de 3, 6 e 12 dias antes da aplicação de 2,4-D e a aplicação de 2,4-D 3 dias após a aplicação dos gramínicos (cletodim e haloxifope). O fator B constituído pela presença ou ausência de malation (1000 g ia. ha<sup>-1</sup>) e os tratamentos adicionais, constituídos pelas misturas de 2,4-D, cletodim ou haloxifope com malation, e a mistura tripla de 2,4-D, malation, cletodim ou haloxifope (Tabela 2). Foi adicionado óleo mineral 0,5% nos tratamentos em que havia a presença de inibidores da ACCase.

**Tabela 2.** Fluxograma dos herbicidas aplicados e suas associações e suas respectivas siglas de identificação dos experimentos I (EI) e sua replicata (EII). Seropédica/RJ – 2019.

EI / EII			
Tratamento		S/ Inib	C/ Inib
1	Testemunha	T	Tm
2	2,4-D	D	Dm
3	Haloxifope	H	Hm
4	2,4-D + Haloxifope	DH	DHm
5	2,4-D seguido de Haloxifope	DsH	DsHm
6	2,4-D - Intervalo de 3 dias - Haloxifope	D3H	D3Hm
7	Haloxifope – Intervalo de 3 dias – 2,4-D	H3D	H3Dm
8	2,4-D - Intervalo de 6 dias - Haloxifope	D6H	D6Hm
9	2,4-D - Intervalo de 12 dias - Haloxifope	D12H	D12Hm
10	Cletodim	C	Cm
11	2,4-D + Cletodim	DC	DCm
12	2,4-D seguido de Cletodim	DsC	DsCm
13	2,4-D - Intervalo de 3 dias - Cletodim	D3C	D3Cm
14	Cletodim – Intervalo de 3 dias – 2,4-D	C3D	C3Dm

<b>15</b>	<b>2,4-D - Intervalo de 6 dias - Cletodim</b>	D6C	D6Cm
<b>16</b>	<b>2,4-D - Intervalo de 12 dias - Cletodim</b>	D12C	D12Cm
<b>17</b>	<b>2,4-D + Malation</b>	DM	
<b>18</b>	<b>2,4-D + Cletodim + Malation</b>	DCM	
<b>19</b>	<b>Cletodim + Malation</b>	CM	
<b>20</b>	<b>2,4-D + Haloxifope + Malation</b>	DHM	
<b>21</b>	<b>Haloxifope + Malation</b>	HM	

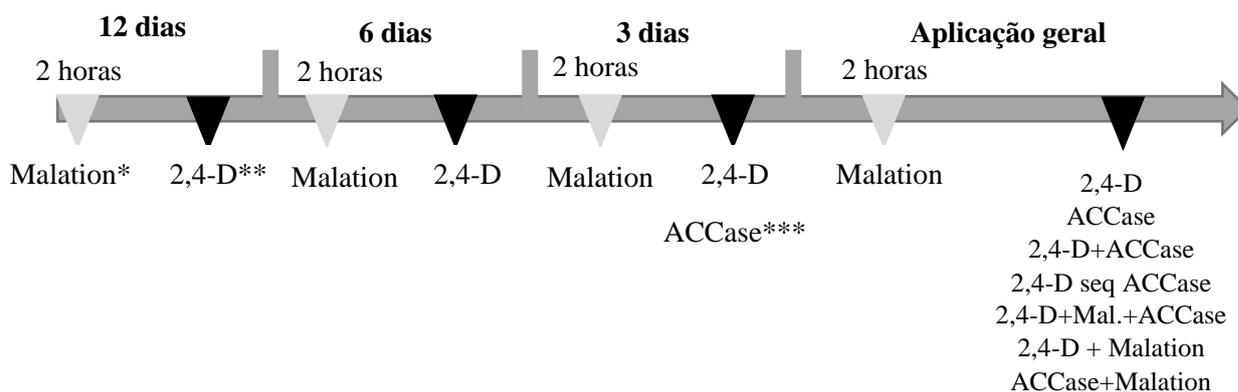
Os intervalos adotados foram pré-estabelecidos de acordo com resultados obtidos por LEAL et al., (2018), em que foi observado que nos intervalos de até 12 dias entre as aplicações de 2,4-D e haloxifope e a aplicação de 2,4-D três dias após a aplicação de haloxifope, resultaram em antagonismo.

A dose de malation utilizada (1000 g ia. ha<sup>-1</sup>) é a dose recomendada por bula do inseticida, além de ter apresentado eficiência com relação a inibição de enzimas do complexo citocromo P450 como observado em estudo realizado por Dalazen et al., (2016) em plantas de *E. crus-galli* resistentes ao herbicida imazethapyr.

Todas as aplicações foram realizadas no período da manhã com pulverizador costal pressurizado por CO<sub>2</sub>, equipado com uma barra contendo quatro pontas do tipo TT 110.02, operando na pressão de 40 psi, aplicando volume de calda de 150L ha<sup>-1</sup>, nas condições descritas na tabela 3.

**Tabela 3.** Descrição das condições climáticas no momento da aplicação dos herbicidas nos experimentos EI e EII, Seropédica/RJ, 2019.

<b>EI</b>				
<b>Variáveis</b>	<b>Dias de aplicação</b>			
	12	6	3	0
Temperatura (°C)	24,8	28,3	31,0	29,4
UR (%)	53,9	69,9	81	62,5
Vento (Km.h <sup>-1</sup> )	1,3	1,8	1,2	2,2
<b>EII</b>				
Temperatura (°C)	24,2	25,7	23,4	22,6
UR (%)	67,5	70,9	89,7	89,4
Vento (Km.h <sup>-1</sup> )	2,9	1,6	3,1	2,5



\*Inibidor Malation (1000 g ha<sup>-1</sup>); \*\* DMA sal dimetilamina (1005g ea. ha<sup>-1</sup>); \*\*\*foram utilizados dois herbicidas do grupo ACCase: FOP (Verdict®- 62,4 g i.a. ha<sup>-1</sup>); DIM (Select® 108 g ia. ha<sup>-1</sup>) acrescidos de adjuvante de óleo mineral a 0,5%.

**Figura 1.** Esquema das aplicações dos tratamentos no capim – amargoso. Seropédica/RJ, 2019.

De acordo com o levantamento climático através dos dados cedidos pelo INMET, durante toda a condução do experimento I (fevereiro a junho), as temperaturas mínimas e máximas apresentaram uma média de 23,8 e 24,7 graus celsius respectivamente. A umidade relativa mínima e máxima foi de 76,2% e 80,2%, respectivamente. Durante o experimento II (setembro a dezembro), as médias das temperaturas mínimas e máximas foram de 23,4 e 24,4 graus celsius respectivamente, com médias em relação a umidade relativa mínima e máxima de 71,4% e 76,5%, respectivamente.

### 3.1.1. Variáveis-resposta

#### 3.1.1.1. Avaliação visual

As avaliações de porcentagem de controle do capim-amargoso após aplicações dos herbicidas foram realizadas através de escala visual de injúria das plantas, que varia de 0 a 100%, aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA), onde 0% representa a ausência de sintomas e 100% a morte da planta (FRANS, 1986).

As médias dos dados obtidos após as avaliações foram agrupados em faixas de controle pré-definidos em que foram classificadas da seguinte forma: 1 – Nenhum controle (0 a 10%); 2 – controle baixo (11 a 20%); 3 – controle regular (21 a 40%); 4 – controle mediano (41 a 60%); 5 – controle bom (61 a 80%); 6 – controle muito bom (81 a 90%); 7 – controle alto (91 a 100%).

### 3.1.1.2. Fluorescência transiente da clorofila *a*

A fluorescência transiente da clorofila *a* foi medida utilizando-se um fluorômetro portátil (HandyPEA, Hanstech, King's Lynn, Norfolk, UK) aos 7, 14 e 35 dias após a aplicação dos tratamentos. Os cliques utilizados para estas medições foram colocados no terço médio de folhas jovens completamente expandidas, no período da manhã, e as medições foram realizadas 20 minutos após a adaptação das folhas ao escuro. A emissão de fluorescência foi induzida em uma área de 4 mm de diâmetro da folha pela exposição da amostra a um pulso de luz saturante numa intensidade de  $3.000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . A partir da curva de emissão de fluorescência transiente obtida após o primeiro pulso, as intensidades determinadas a 50  $\mu\text{s}$  (fluorescência inicial - F0), 100, 300 $\mu\text{s}$ , 2 (FJ) e 30 (FI) ms e FM (fluorescência máxima), foram utilizadas para o cálculo dos parâmetros (Tabela 5) estabelecidos pelo Teste JIP (STRASSER e STRASSER, 1995; YUSUF et al., 2010).

**Tabela 4.** Parâmetros do Teste JIP (STRASSER et al., 2004, adaptado de YUSUF et al., 2010).

<b>Atividade específica por centro de reação (RC)</b>	
$\text{ABS/RC} = M_0 (1/V_j) (1/\phi P_0)$	Medida do tamanho aparente do sistema antena ou o fluxo de absorção por RC
$\text{TR}_0/\text{RC} = M_0 (1/V_j)$	Máxima taxa pela qual um éxciton é capturado pelo RC resultando em uma redução da plastoquinona ( $Q_A^-$ )
$\text{DI}_0/\text{RC} = (\text{ABS/RC}) - (\text{TR}_0/\text{RC})$	Razão de dissipação total de energia de excitação não capturada do total de RC, sendo a dissipação neste caso à perda de energia na forma de calor
<b>Rendimentos energéticos ou taxas de fluxo</b>	
$\phi P_0 = \text{TR}_0/\text{ABS} = F_v/F_M$	Rendimento quântico máximo fotoquímico
$\phi E_0 = \text{ET}_0/\text{ABS}$	Rendimento quântico de transporte de elétrons de $Q_A^-$ para o intersistema de aceptores de elétrons
$\phi R_0 = \text{RE}_0/\text{ABS}$	Rendimento quântico de transporte de elétrons de $Q_A^-$ para oceptor final de elétrons do FSI
<b>Índices de desempenho</b>	
$\text{PI}_{\text{ABS}} = \frac{\text{RC}}{\text{ABS}} B \left( \frac{\phi P_0}{10S\phi P_0} \right) 0 \text{Si} \left( \frac{\Psi_0}{10\Psi_0} \right) = \frac{\text{RC}}{\text{ABS}} B \frac{\text{TR}_0}{\text{DI}_0} \times \frac{\text{ET}_0}{1\text{TSET}_0}$	Índice de desempenho fotossintético (conservação de energia a partir do éxciton para a redução dos aceptores de elétrons do intersistema)
$\text{PI}_{\text{total}} = \text{PI}_{\text{ABS}} B S \left( \frac{\delta_0}{1B\delta_0} \right)$	Índice de desempenho fotossintético total (conservação de energia a partir do éxciton para a redução de aceptores finais do FSI)

### **3.1.1.3. Análise de Massa Seca**

Aos 35 DAA, foram realizadas as coletas das plantas, para análise de massa seca da parte aérea (MSPA). As amostras de plantas coletadas foram colocadas separadamente em sacos de papel e transferidas para uma estufa de circulação forçada de ar em temperatura de  $65 \pm 5$  °C até atingirem massa constante, e posterior mensuração da massa seca da parte aérea (MSPA) em balança analítica.

### **3.1.1.4. Análise estatística**

Os dados de porcentagem de controle, fluorescência transiente da clorofila *a* e de massa seca da parte aérea foram submetidos a análise de variância ANOVA ( $p \leq 0,05$ ), sendo *F* significativo, foram submetidos ao teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. Para os dados referentes a fluorescência transiente da clorofila *a*, foram calculados os parâmetros estabelecidos pelo Teste JIP (Tabela 5) (STRASSER e STRASSER, 1995; YUSUF et al., 2010).

Os dados referentes a adição de malation na calda de pulverização, por não se enquadrarem no fatorial, foram rodados separadamente com os dados dos herbicidas aplicados de forma isolada ou em mistura com malation 2 horas antes das demais aplicações, sendo submetidos ao teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

## **3.2. Teste de compatibilidade de calda**

Para a realização dos ensaios, foram adotadas as metodologias propostas pela norma NBR 13875:2014 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) a qual especifica o protocolo para a avaliação de compatibilidade físico-química de agrotóxicos e afins, através de um ensaio estático e um dinâmico.

Os tratamentos utilizados foram os mesmos utilizados nos experimentos em casa de vegetação, utilizando os herbicidas 2,4-D (DMA sal-dimetilaminda 1005 g ea. ha<sup>-1</sup>); cletodim (Select® 108 g ia. ha<sup>-1</sup>); haloxifope-p-metílico (Verdict® 62,4 g i.a. ha<sup>-1</sup>); malation (1000 g ia. ha<sup>-1</sup>); adjuvante de óleo mineral a 0,5%; 2,4-D + haloxifope, 2,4-D + cletodim; 2,4-D + malation; haloxifope + malation; cletodim + malation; 2,4-D + haloxifope + malation e 2,4-D + cletodim + malation. Os tratamentos contendo os graminicidas, foram adicionados o adjuvante de óleo mineral na calda.

Para a realização do ensaio estático, foram utilizadas provetas graduadas com capacidade de 250 mL. Em cada proveta, foram adicionados 150 mL de água pH (6,51), logo após, foram adicionados os demais componentes da calda de acordo com a ordem estabelecida de mistura dos produtos, sendo adicionado primeiro o malation, seguido dos graminicidas e por último, o adjuvante. Ao adicionar cada produto na calda, foi realizado agitação, invertendo a proveta vedada com tampa 10 vezes em 180° a cada 2 segundos para garantir uma correta homogeneização. Após a adição dos produtos, foi completado com água o restante do volume com água.

As avaliações foram feitas imediatamente após o preparo das caldas, além de 2, 6 e 24 horas de repouso após cada agitação, mantendo-se as provetas livres de vibrações e incidência direta de raios solares. Após cada período de repouso, foram realizadas as análises do aspecto da mistura. Em seguida uma nova agitação era realizada, conforme descrito anteriormente, deixando em repouso por 10 minutos para estabilização, permitindo a re-avaliação.

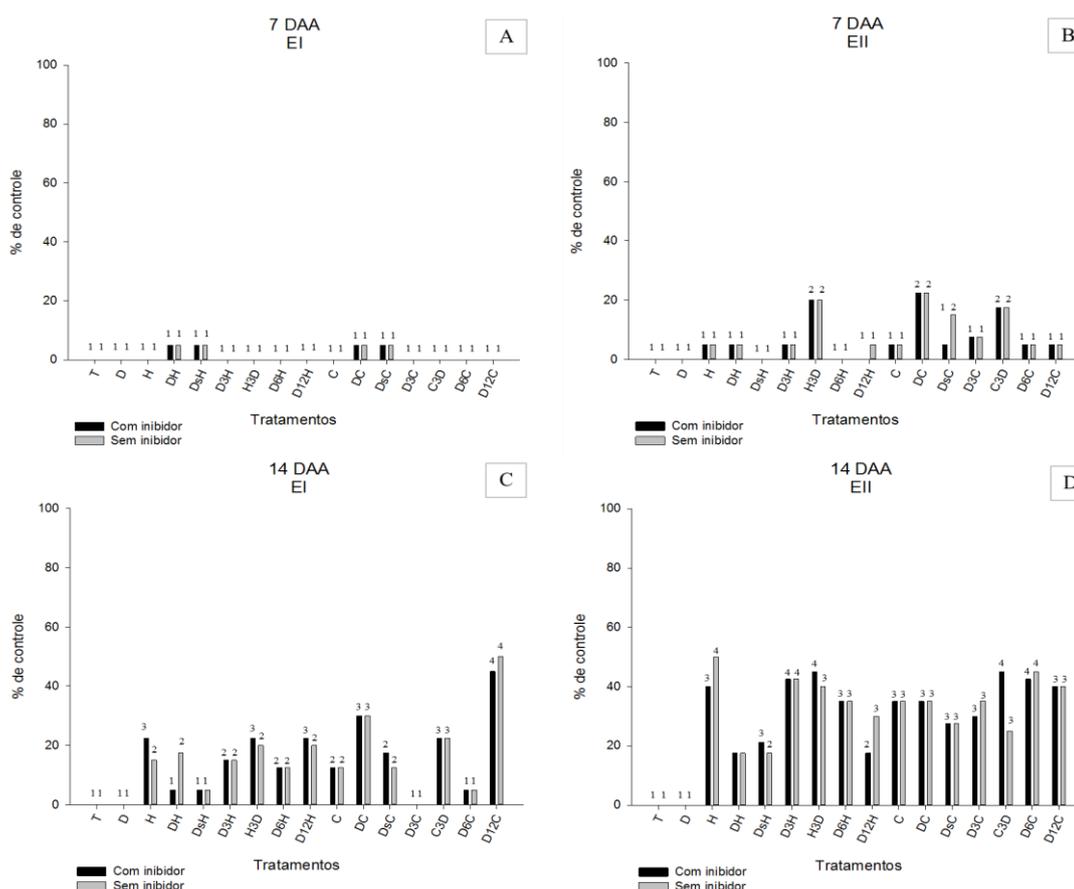
Os parâmetros avaliados na mistura foram: presença (+) ou ausência (-) de homogeneidade/heterogeneidade da calda; formação de flóculos; sedimentos; espuma; creme; cristais; grumos; separação de fases e de óleo. Em cada avaliação, as caldas eram despejadas em peneiras com malha de 149 mesh para avaliar a formação de grumos.

Para o ensaio dinâmico, foram utilizados Beckers com capacidade de 400 mL, seguindo o mesmo protocolo do ensaio estático. Após preparação das caldas, os beakers foram alocados em uma mesa agitadora a 102 rpm por 2 horas. Após este período, as caldas repousaram por 10 minutos para avaliação do aspecto da mistura.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação entre o experimento I (EI) e sua replicata (EII). A respeito dos tratamentos, houve diferença estatística entre os tratamentos nas avaliações de controle visual (exceto aos 7 DAA no EI), massa seca da parte aérea e fluorescência transiente da clorofila *a*. Houve interação estatística em todas as avaliações realizadas (exceto os resultados de % de controle aos 7 DAA no EI) entre inibidor e os herbicidas em EI e EII.

Verificou-se, para porcentagem de controle do capim-amargoso, aos 7 dias após as aplicações no experimento EI (Figura 2A), que não houve diferença entre os tratamentos, estando todos na mesma faixa de controle (0-10%). Em EII (Figura 2B), apenas os tratamentos C3D, H3D e DC apresentaram faixas de controles superiores aos demais tratamentos, sendo o último com faixa de controle superior a 21%.



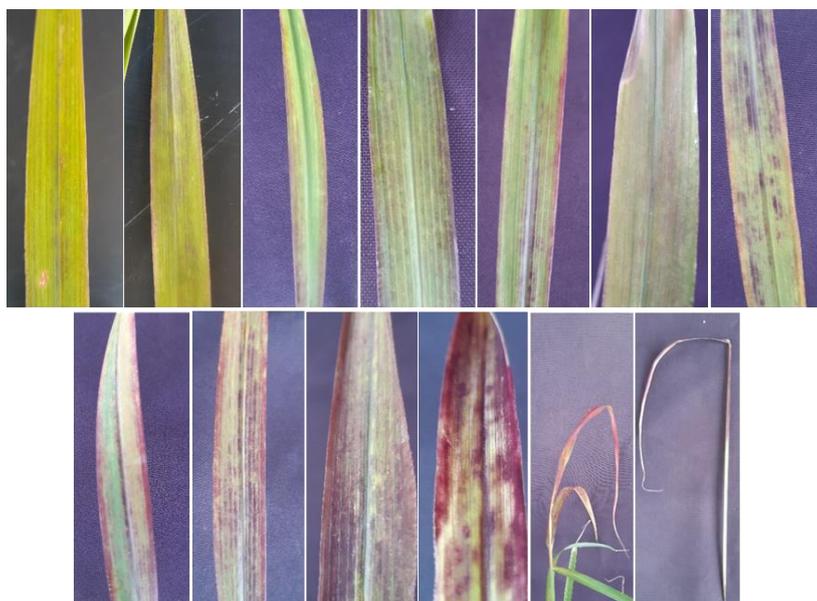
Médias obtidas pelo teste SK a 5% de probabilidade, agrupadas em faixas de controle: 1 – Nenhum controle; 2 – controle baixo; 3 – controle regular; 4 – controle mediano; 5 – controle bom; 6 – controle muito bom; 7 – controle alto. D – 2,4-D; s – aplicação seguida; 3, 6 e 12 – intervalo entre aplicações; C – cletodim.

**Figura 2.** Sintoma visual e faixa de controle aos 7 e 14 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA) em plantas de capim-amargoso em florescimento nos experimentos EI (A e C) e EII (B e D). Seropédica/RJ, 2019.

Verificou-se sintomas iniciais graminicidas em folhas do capim-amargoso, caracterizados por leve amarelecimento das folhas e pequenos traços de arroxamento. Os sintomas iniciais em plantas submetidas aos inibidores da ACCase são cloroses seguidas de arroxamentos das folhas mais novas. A ocorrência destes sintomas ocorre entre 7 e 10 dias (BÖGER et al, 2002).

Aos 14 DAA (Figura 2), verificou-se evolução nos sintomas apresentados pelas plantas de capim-amargoso, com controle superior a 10%. Em EI (Figura 2C), o maior controle foi observado em plantas submetidas ao tratamento D12C (controle superior a 41%). Na replicata aos 14 DAA (Figura 2D), os tratamentos H, D3H, H3D, C3D e D6C também apresentaram superioridade no controle do capim-amargoso, com uma faixa variando de 41 a 60% de controle.

A partir dos 14 DAA foi possível observar em algumas plantas a morte do meristema apical (Figura 3), o qual é um sintoma característico dos herbicidas inibidores da enzima ACCase em gramíneas (DEFELICE et al., 1989; BARROSO et al., 2010).



**Figura 3.** Escala de evolução dos sintomas dos herbicidas inibidores da ACCase entre os períodos de 7 a 21 dias após as aplicações (DAA). Seropédica/RJ, 2019.

Os sintomas de arroxamento e morte do meristema apical ocorre pelo fato da inibição das enzimas ACCase, não havendo formação de malonil-CoA, o qual é um composto intermediário para a formação de lipídeos, os quais são essenciais nas estruturas de membranas e paredes celulares (ALMEIDA e RODRIGUES, 1985; KUKORELLI et al, 2013). Logo, com

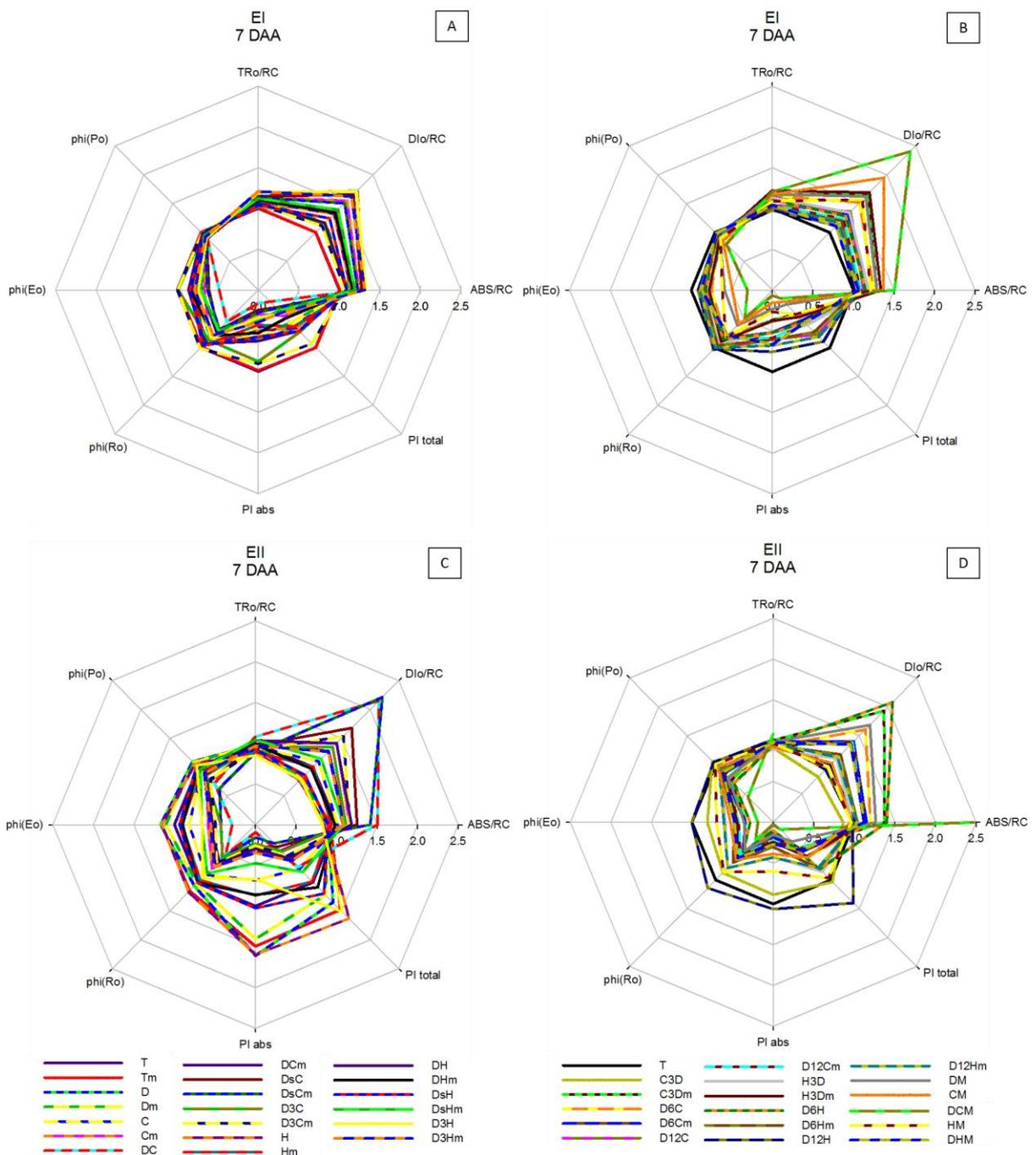
a redução de lipídeos para a constituição dos tecidos, as regiões meristemáticas são as mais afetadas, pois são locais de crescimento e desenvolvimento celular.

A observação da morte do meristema apical das plantas de capim amargoso elevou as notas de porcentagem de controle, corroborando com estudos já realizados, os quais utilizaram herbicidas inibidores da ACCase como cletodim e haloxifope em *D. insularis* (BARROSO et al., 2010; MELO et al., 2012; ZOBIOLE et al., 2016; GILO et al., 2016).

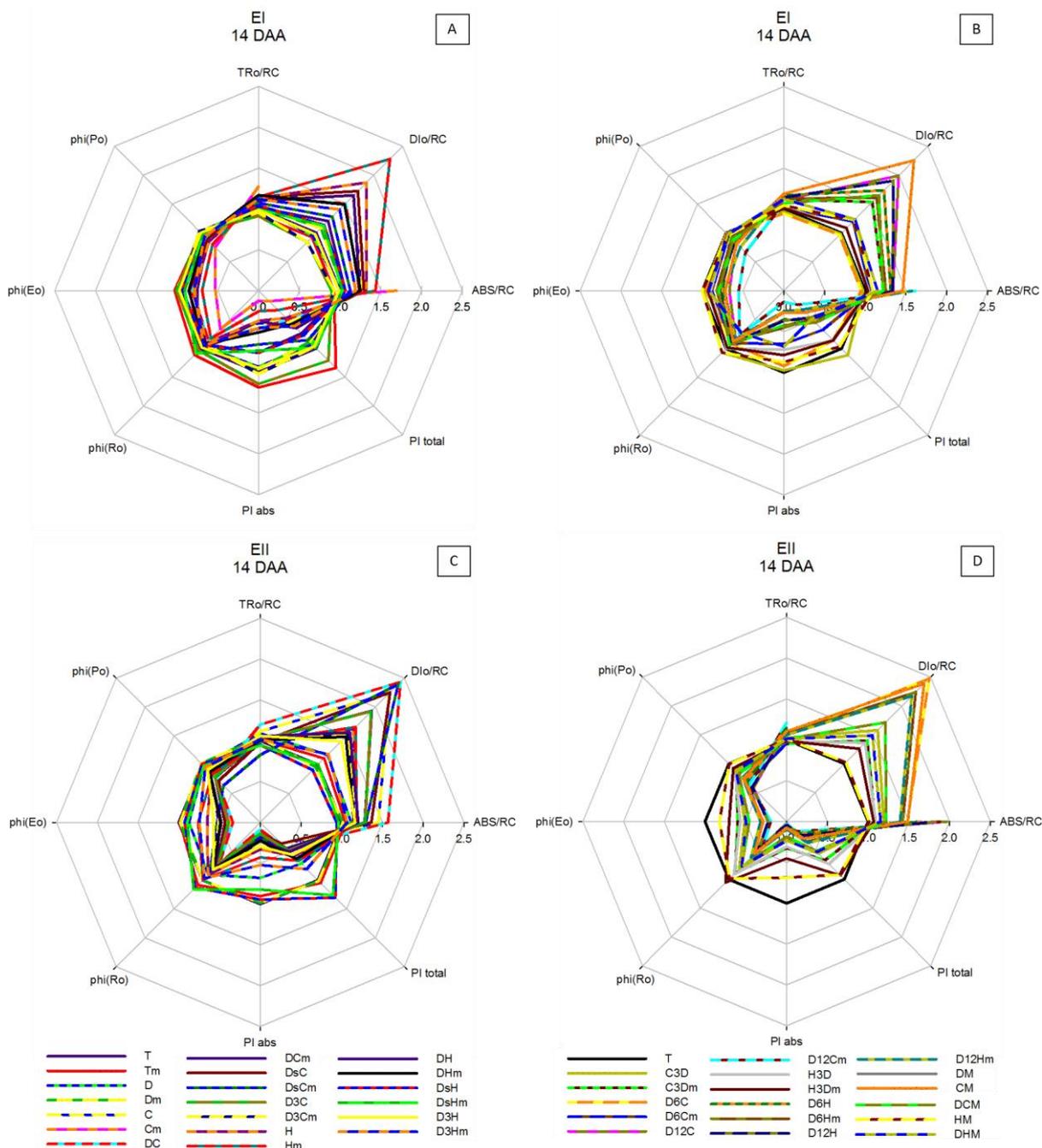
Os sintomas mais avançados e característicos dos herbicidas inibidores da ACCase demoraram a aparecer possivelmente devido ao estágio fenológico avançado das plantas de capim-amargoso, as quais apresentam rizomas que podem diminuir a translocação de herbicidas (MACHADO et al., 2008).

Em ambos os experimentos, apesar das plantas não apresentarem, em alguns tratamentos os sintomas visuais, é possível observar a ação dos herbicidas e do inibidor aplicados aos 7 DAA através da análise de fluorescência transiente da clorofila *a* (Figura 4 e Tabela 5). Houve alteração do desempenho fotossintético ( $PI_{total}$ ), da medida do complexo antena (ABS/RC) e das taxas de dissipação total de energia na forma de calor (DI/RC) das plantas de capim-amargoso submetidas aos herbicidas.

Vale ressaltar que a energia absorvida pelas clorofilas pode ser utilizada para a etapa fotoquímica da fotossíntese e o excesso de energia pode ser dissipado na forma de calor ou pode ser re-emitida na forma de fluorescência. Estes três processos competem entre si, e as respostas são inversamente proporcionais, ou seja, um aumento de uma rota, pode significar na diminuição de outra (MAXWELL e JOHNSON, 2000).



**Figura 4.** Fluorescência da clorofila *a* em plantas de *Digitaria insularis* em florescimento, aos 7 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA), submetidas aos herbicidas cletodim, haloxifope e 2,4-D sal dimetilamina aplicados isoladamente, em mistura ou em intervalos de 3, 6 e 12 dias em presença ou não do inibidor das enzimas do citocromo P450 (malation) aplicado 2 horas antes nos experimentos ou em mistura em EI (A e B) e EII (C e D). ABS/RC - Medida do tamanho aparente do sistema antena;  $TR_0/RC$  - Máxima taxa de capturação de um éxciton pelo RC, resultando em uma redução da plastoquinona ( $Q_A^-$ );  $DI_0/RC$  - Razão de dissipação total de energia de excitação não capturada do total;  $\phi_{P_0}$  - Rendimento quântico máximo fotoquímico;  $\phi_{E_0}$  - Rendimento quântico de transporte de elétrons de  $Q_A^-$  para o intersistema de aceptores de elétrons;  $\phi_{R_0}$  - Rendimento quântico de transporte de elétrons de  $Q_A^-$  para o acceptor final de elétrons do FSI;  $PI_{abs}$  - Índice de desempenho fotossintético;  $PI_{total}$  - Índice de desempenho fotossintético total. Seropédica/RJ, 2019.



**Figura 5.** Fluorescência da clorofila *a* em plantas de *Digitaria insularis* em florescimento, aos 14 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA), submetidas aos herbicidas cletodim, haloxifope e 2,4-D sal dimetilamina aplicados isoladamente, em mistura ou em intervalos de 3, 6 e 12 dias em presença ou não do inibidor das enzimas do citocromo P450 (malation) aplicado 2 horas antes nos experimentos ou em mistura em EI (A e B) e EII (C e D).  $ABS/RC$  - Medida do tamanho aparente do sistema antena;  $TR_0/RC$  - Máxima taxa de capturação de um éxciton pelo RC, resultando em uma redução da plastoquinona ( $Q_A^-$ );  $D_{10}/RC$  - Razão de dissipação total de energia de excitação não capturada do total;  $\phi P_0$  - Rendimento quântico máximo fotoquímico;  $\phi E_0$  - Rendimento quântico de transporte de elétrons de  $Q_A^-$  para o intersistema de aceptores de elétrons;  $\phi R_0$  - Rendimento quântico de transporte de elétrons de  $Q_A^-$  para o acceptor final de elétrons do FSI;  $PI_{abs}$  - Índice de desempenho fotossintético;  $PI_{total}$  - Índice de desempenho fotossintético total. Seropédica/RJ, 2019.

**Tabela 5.** Desempenho fotossintético total ( $PI_{total}$ ) e dissipação total de energia na forma de calor (DI/RC) aos 7 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA) em plantas de capim-amargoso em pleno florescimento, submetidas aos tratamentos nos experimentos em EI e EII. Seropédica/RJ, 2019.

ID	7 DAA – EI				7 DAA - EII			
	$PI_{total}$		DI/RC		$PI_{total}$		DI/RC	
	C/ inib	S/ inib	C/ inib	S/ inib	C/ inib	S/ inib	C/ inib	S/ inib
<b>T</b>	0,90 Aa	0,87 Aa	0,69 Ae	0,67 Ad	0,31 Ab	0,21 Bb	1,55 Ad	1,72 Ad
<b>D</b>	0,70 Ab	0,56 Ab	0,80 Ad	0,84 Ac	0,27 Ac	0,27 Aa	1,48 Ad	1,45 Ad
<b>H</b>	0,51 Ac	0,54 Ab	1,00 Ac	0,95 Ab	0,23 Bc	0,33 Aa	1,84 Ad	1,40 Ad
<b>DH</b>	0,39 Bc	0,60 Ab	0,96 Ac	0,84 Ac	0,23 Ac	0,20 Ab	1,68 Ad	2,28 Ad
<b>DsH</b>	0,29 Bc	0,57 Ab	1,00 Ac	0,90 Ab	0,15 Bd	0,22 Ab	2,27 Ac	1,68 Ad
<b>D3H</b>	0,32 Ac	0,33 Ad	1,18 Ab	1,24 Aa	0,25 Ac	0,19 Ab	1,62 Ad	1,63 Ad
<b>H3D</b>	0,38 Ac	0,49 Ac	1,22 Ab	0,97 Bb	0,39 Aa	0,08 Bd	1,43 Bd	2,89 Ac
<b>D6H</b>	0,56 Ab	0,45 Ac	0,87 Ad	0,93 Ab	0,14 Ad	0,14 Ac	2,48 Ac	2,46 Ac
<b>D12H</b>	0,65 Ab	0,72 Aa	0,84 Ad	0,81 Ac	0,00 Bf	0,20 Ab	4,55 Aa	2,00 Bd
<b>C</b>	0,39 Ac	0,53 Ab	1,08 Ac	1,00 Ab	0,17 Ad	0,19 Ab	2,40 Ac	1,89 Ad
<b>DC</b>	0,31 Ac	0,20 Ad	1,02 Ac	1,13 Aa	0,10 Ad	0,14 Ac	2,26 Bc	3,59 Ab
<b>DsC</b>	0,30 Ac	0,27 Ad	1,05 Ac	1,19 Aa	0,07 Ae	0,07 Ad	4,77 Aa	2,74 Bc
<b>D3C</b>	0,77 Aa	0,70 Aa	0,82 Ad	0,87 Ab	0,07 Ae	0,03 Ad	2,93 Bb	7,63 Aa
<b>C3D</b>	0,22 Ac	0,38 Ac	1,54 Aa	1,19 Ba	0,23 Ac	0,13 Bc	1,45 Ad	1,78 Ad
<b>D6C</b>	0,43 Ac	0,37 Ac	1,03 Bc	1,23 Aa	0,11 Ad	0,08 Ad	2,32 Bc	3,17 Ab
<b>D12C</b>	0,65 Bb	0,82 Aa	0,64 Ae	0,72 Ad	0,20 Ac	0,10 Bd	3,03 Ab	2,46 Ac
<b>CV</b>	23,7		9,84		23,25		19,55	

Médias com letras iguais na coluna (minúsculas) ou na linha (maiúsculas) não diferem entre si pelo teste de SK a 5% de probabilidade. D – 2,4-D; s – aplicação seguida; 3, 6 e 12 – intervalo entre aplicações; C- cletodim.

**Tabela 6.** Desempenho fotossintético total ( $PI_{total}$ ) e dissipação total de energia na forma de calor (DI/RC) aos 14 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA) em plantas de capim-amargoso em pleno florescimento, submetidas aos tratamentos nos experimentos EI e EII. Seropédica/RJ, 2019.

ID	14 DAA – EI				14 DAA - EII			
	PI <sub>total</sub>		DI/RC		PI <sub>total</sub>		DI/RC	
	C/ inib	S/ inib	C/ inib	S/ inib	C/ inib	S/ inib	C/ inib	S/ inib
<b>T</b>	1,19 Aa	0,83 Bb	0,70 Ae	0,74 Ac	0,33 Ac	0,37 Ab	1,23 Ae	1,02 Ag
<b>D</b>	0,70 Ab	0,70 Ac	0,84 Ad	0,70 Ac	0,39 Ab	0,29 Bc	0,97 Be	1,30 Af
<b>H</b>	0,3 Ad	0,44 Ad	1,65 Ab	1,28 Bb	0,22 Ad	0,18 Ae	1,72 Ad	1,72 Ae
<b>DH</b>	0,41 Bc	0,74 Ac	1,14 Ac	0,82 Bc	0,23 Ad	0,18 Ae	1,56 Ad	1,63 Ae
<b>DsH</b>	0,72 Ab	0,68 Ac	0,78 Ae	0,77 Ac	0,50 Aa	0,45 Ba	1,05 Ae	0,95 Ag
<b>D3H</b>	0,46 Bc	0,87 Ab	0,95 Ad	0,71 Bc	0,29 Ac	0,21 Bd	1,24 Be	1,51 Ag
<b>H3D</b>	0,77 Ab	0,68 Ac	0,74 Ae	0,77 Ac	0,27 Bc	0,35 Ab	1,43 Ad	1,32 Af
<b>D6H</b>	0,57 Ac	0,38 Bd	1,35 Ac	1,43 Ab	0,11 Af	0,07 Ag	2,35 Bc	2,97 Ab
<b>D12H</b>	0,27 Bd	0,46 Ad	2,04 Aa	1,76 Aa	0,17 Ae	0,11 Bf	2,28 Bc	3,72 Aa
<b>C</b>	0,20 Bd	0,52 Ad	1,87 Aa	1,22 Bb	0,16 Ae	0,14 Ae	2,05 Bc	2,53 Ac
<b>DC</b>	0,60 Ab	0,35 Bd	1,31 Ac	1,29 Ab	0,14 Bf	0,23 Ad	2,23 Ac	2,37 Ac
<b>DsC</b>	0,67 Ab	0,41 Bd	0,83 Bd	1,39 Ab	0,17 Ae	0,13 Af	2,70 Ab	2,38 Bc
<b>D3C</b>	0,80 Bb	1,06 Aa	0,59 Be	0,64 Ac	0,22 Ad	0,15 Be	1,53 Bd	1,93 Ad
<b>C3D</b>	0,43 Bc	0,87 Ab	1,12 Ac	0,70 Bc	0,25 Ad	0,18 Be	1,42 Ad	1,61 Ae
<b>D6C</b>	0,49 Bc	0,74 Ac	0,97 Ad	0,67 Bc	0,09 Af	0,08 Ag	2,51 Ab	2,41 Ac
<b>D12C</b>	0,35 Ad	0,34 Ad	1,85 Aa	1,40 Bb	0,05 Ag	0,05 Ag	3,48 Ba	3,87 Aa
<b>CV</b>	18,73		14,94		16,32		9,66	

Médias com letras iguais na coluna (minúsculas) ou na linha (maiúsculas) não diferem entre si pelo teste de SK a 5% de probabilidade. D – 2,4-D; s – aplicação seguida; 3, 6 e 12 – intervalo entre aplicações; C- cletodim.

Os resultados de fluorescência obtidos nas avaliações de 7 DAA em ambos os experimentos (EI e EII) corroboram com estudos realizados por Wang et al., (2016), os quais relataram a redução de Fv/Fm em plantas de *Alopecurus myosuroides* tratadas por clodinafop aos três dias após as aplicações.

Aos 14 DAA (Figura 5 e Tabela 6), há um aumento mais acentuado na dissipação de calor e diminuição da atividade fotoquímica em relação aos 7 DAA (Figura 4). As alterações no metabolismo das podem ser explicadas pelo fato dos herbicidas inibidores da ACCase serem sistêmicos, o que garante um avanço no quadro sintomatológico na planta como um todo, logo, uma maior alteração no metabolismo das plantas, o que reforça os aumentos dos sintomas visuais ocasionados pelos herbicidas nas plantas de capim-amargoso (Figuras 2 e 3).

De modo geral, o aumento em DI/RC, pode estar relacionado a uma resposta das plantas para evitar que o excesso de energia acumulada no centro de reação não cause a formação de

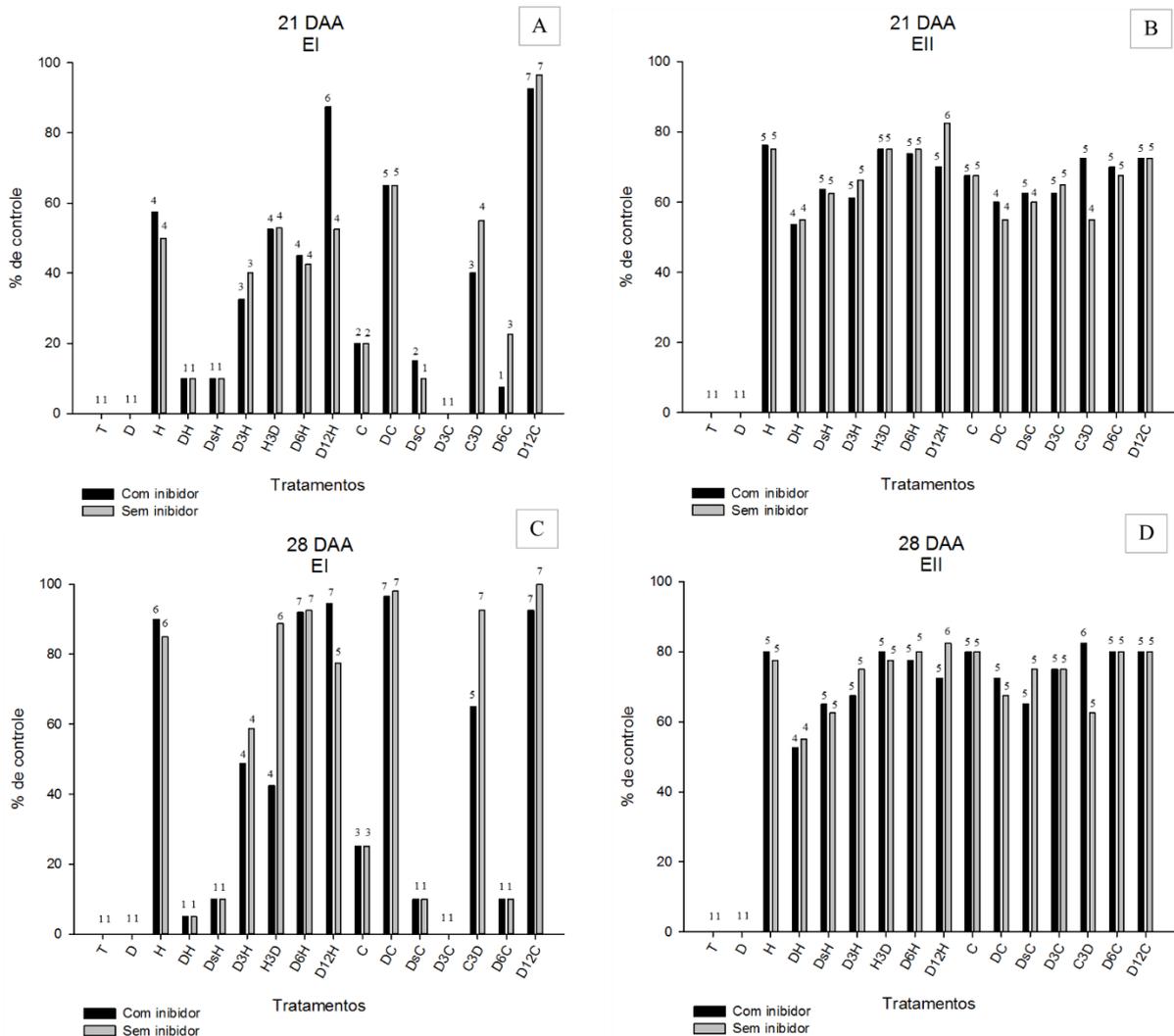
espécies reativas de oxigênio (SZABÓ et al., 2005). O aumento de  $DI/RC$  pode estar atrelado ao aumento no tamanho aparente do complexo antena ( $ABS/RC$ ) e do fluxo de energia capturada ( $TR_0/RC$ ), o que indica elevação de energia capturada pelo centro de reação ( $RC$ ) (CASTRO et al., 2011). Lu et al., (2001) sugere em seus estudos que a deficiência de nitrogênio em plantas de milho e trigo pode ocasionar na inativação de pelo menos uma fração dos centros de reação, tendo como consequência, um aumento de  $ABS/RC$  e  $TR_0/RC$ .

De acordo com Christen et al., (2007), as plantas aumentam o tamanho do seu complexo antena para compensar as perdas de energia na forma de calor. Porém, com o aumento do tamanho aparente do complexo antena de  $ABS/RC$ , maior quantidade de energia proveniente da luz solar é captada pela planta ( $TR_0/RC$ ), havendo um excesso de energia nos centros de reação (CASTRO et al., 2011).

Naturalmente, as folhas absorvem os fótons durante o dia, captando uma quantidade maior do que é necessário para a etapa fotoquímica. Sob condições de estresse, com as condições para o uso dessa energia pode ser ainda mais limitada, sendo necessário dissipar essa energia forma de calor (ADAMS et al., 1995; DEMMING-ADAMS et al., 1996).

De acordo com Kalaji et al., (2017), herbicidas inibidores da síntese de lipídeos causam efeitos indiretos na fotossíntese através de seus efeitos no metabolismo do carbono ou na estabilidade das membranas dos tilacóides, afetando conseqüentemente a atividade fotoquímica.

Sendo evidentes os sintomas visuais e fisiológicos do capim-amargoso após aplicações dos herbicidas inibidores da ACCase aos 7 e 14 DAA, aos 21 dias após as aplicações (Figura 6), observa-se um avanço das injúrias nas plantas, com exceção dos tratamentos DH e DsH em EI (Figura 6A) e da aplicação isolada de malation e 2,4-D em ambos os experimentos, o quais não causaram nenhuma injúria visual nas plantas, sendo um resultado previamente esperado.



Médias obtidas pelo teste SK a 5% de probabilidade, agrupadas em faixas de controle: 1 – Nenhum controle; 2 – controle baixo; 3 – controle regular; 4 – controle mediano; 5 – controle bom; 6 – controle muito bom; 7 – controle alto. D – 2,4-D; s – aplicação seguida; 3, 6 e 12 – intervalo entre aplicações; C- cletodim.

**Figura 6.** Sintoma visual aos 21 e 28 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA) em plantas de capim-amargoso em pleno florescimento, submetidas aos tratamentos nos experimentos EI (A e C) e EII (B e D). Seropédica/RJ, 2019.

Peterson (2015) relata a respeito de pesquisas realizadas a respeito da tolerância de monocotiledôneas aos herbicidas auxínicos (2,4-D) a qual pode ser dada através de vários fatores como translocação reduzida por conta da anatomia vascular, reações de hidroxilação da molécula, levando a uma rápida degradação da mesma pela planta. Já o malation de forma isolada, não tem nenhum efeito sobre as plantas, pois trata-se de um inseticida, ou seja, sua atuação irá afetar somente insetos alvos.

Aos 21 DAA, algumas plantas apresentaram rebrotes (Figura 7), como observado em DH e DC, o que diminuiu o controle das plantas quando comparados com as notas obtidas aos 14 DAA, em que não havia rebrotes nas plantas.



**Figura 7.** Exemplo de rebrotes em fase inicial (A) e em fase mais avançada (B) de *Digitaria insularis* após tratamento de herbicidas graminicidas. Seropédica/RJ, 2019.

Os rizomas são ricos em amido, apresentando muitas gemas, o que permite que as plantas, após sofrerem um estresse, rebrotem, como observado por MACHADO et al., (2008), os quais constataram rápida rebrota das plantas de capim-amargoso após roçada. A partir do momento que a planta cresce e rebrota, ocorre redução no controle de aproximadamente 50%, o que dificulta a morte de plantas em estágios mais avançados (PROCÓPIO et al., 2006; GAZOLA et al., 2016).

Ainda no experimento I (Figura 6A), o tratamento D12C foi o único que apresentou controle considerado elevado sobre o capim-amargoso, alcançando uma porcentagem acima de 92%. Para os demais tratamentos avaliados, a faixa média de controle foi inferior a 65%, considerado um controle intermediário das plantas (não satisfatório).

Já na replicata (Figura 6B), a faixa média de controle ficou entre 61 a 80% (controle bom), com exceção das misturas entre 2,4-D e os inibidores da ACCase (cletodim e haloxyfop), os quais apresentaram uma faixa de controle inferior (41 a 60%).

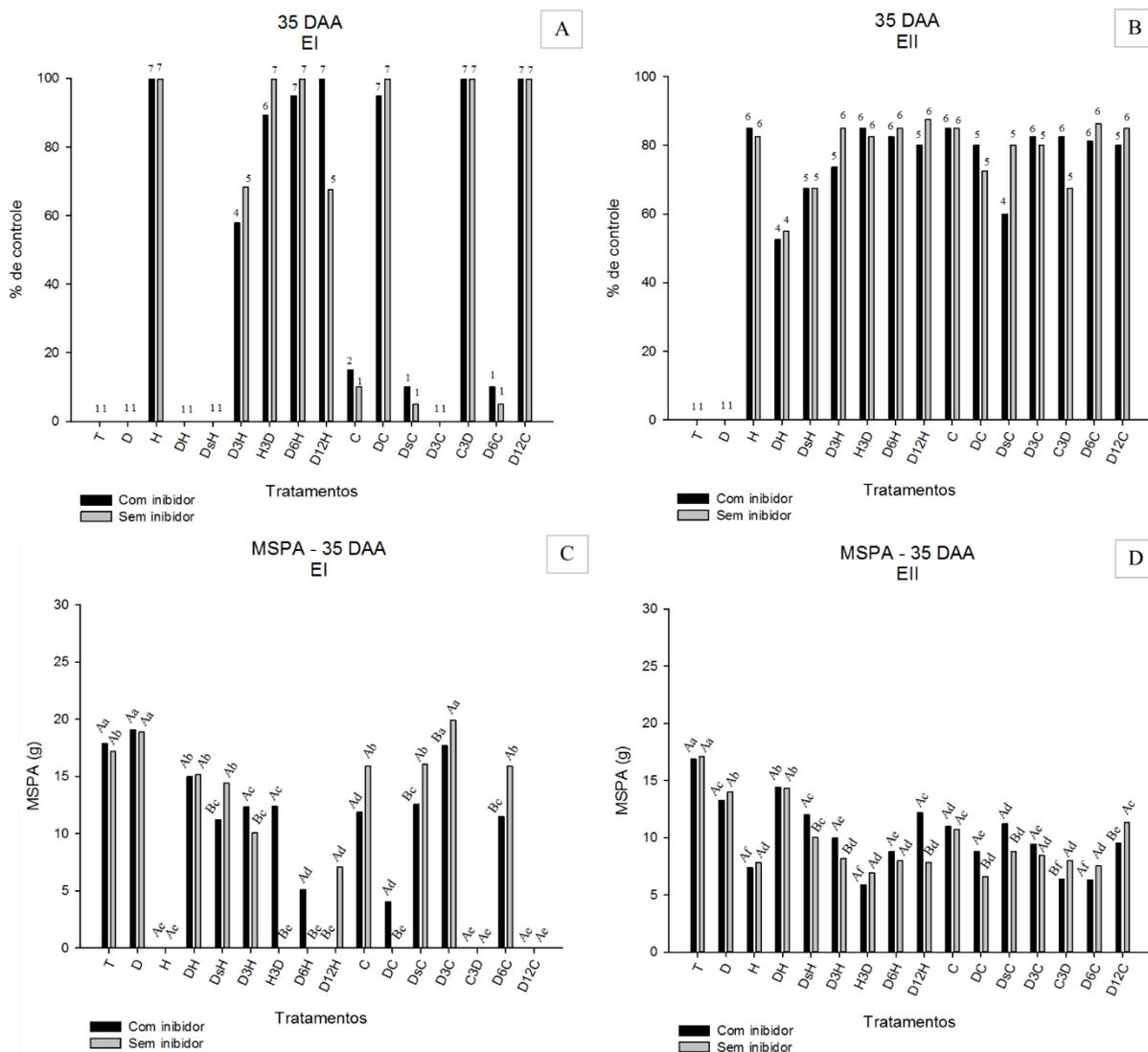
Vale ressaltar que aos 21 dias após as aplicações, é um período considerado curto para as plantas de capim-amargoso apresentarem sintomas mais avançados dos herbicidas, não permitindo maiores constatações em relação a efetividade entre os tratamentos utilizados.

Aos 28 DAA (Figura 6), é possível observar tratamentos os quais conseguiram atingir um alto controle do capim amargoso, sendo as aplicações de H, DC, D6H e D12C, os quais

apresentaram um controle igual ou superior a 90%. Em EII, os tratamentos obtiveram uma faixa média de controle entre 61 a 80%.

Tratamentos como DH, DsH, DsC, D3C e D6C em EI (Figura 6C) apresentaram nenhum controle do capim-amargoso. Estes comportamentos foram contrários quando comparados com os dados obtidos em EII (Figura 6D), em que os mesmos tratamentos apresentaram controle maior que 50%. Apesar de já se conhecer o comportamento antagônico entre 2,4-D e os graminicidas, estudos mostram um controle maior dos que foram observados neste experimento. Leal et al., (2020), por exemplo, observaram controle de *D. insularis* proporcionado pela mistura de 2,4-D com haloxifope em 20% aos 35 dias.

Nas avaliações aos 35 dias após as aplicações no experimento I (Figura 8A), observa-se que a aplicação isolada de haloxifope (H) controlou 100% das plantas de capim-amargoso e as aplicações de 2,4-D em mistura com cletodim (DC), a aplicação de 2,4-D três dias após as aplicações de cletodim (C3D) e a aplicação de cletodim doze dias após a aplicação de 2,4-D apresentaram um controle alto do capim-amargoso, ou seja, apresentaram uma faixa de controle maior que 90%.



Médias com letras iguais na coluna (minúsculas) ou na linha (maiúsculas) não diferem entre si pelo teste de SK a 5% de probabilidade. Faixas de controle: Nenhum controle; 2 – controle baixo; 3 – controle regular; 4 – controle mediano; 5 – controle bom; 6 – controle muito bom; 7 – controle alto. D – 2,4-D; s – aplicação seguida; 3, 6 e 12 – intervalo entre aplicações; C – cletodim.

**Figura 8.** Sintoma visual aos 35 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA) e massa seca da parte aérea (MSPA) em gramas das plantas de capim-amargoso em pleno florescimento, submetidas aos tratamentos nos experimentos EI (A e C) e EII (B e D). Seropédica/RJ, 2019.

Já na replicata (Figura 8B), os tratamentos apresentaram uma faixa de controle variando entre bom e muito bom (61 a 80 e 81 a 90%, respectivamente, pela escala ALAM),

Em EI, aplicação isolada de cletodim, apresentou um controle muito baixo do capim-amargoso, diferentemente do comportamento observado em EII, em que as plantas submetidas a este mesmo tratamento obtiveram controle de 85%. Os dados referentes a aplicação isolada de cletodim em EI, entram em conformidade com Melo et al., (2012), os quais observaram um controle de 12,5% aos 35 DAA após aplicação isolada de cletodim em plantas de capim-

amargoso com 4 a 5 perfilhos, ou seja, uma fase fenológica inferior ao florescimento, em que esperava-se controle superior das plantas.

Já com relação ao experimento II (EII), os dados (Figura 8B) corroboram com estudos de Gilo et al., (2016), que verificaram um controle de 80% do capim-amargoso aos 35 dias após as aplicações de cletodim. Este controle, apesar de apresentar um bom controle, não é considerado efetivo, pois as plantas ainda apresentavam massa verde. Segundo Gemelli et al. (2012) enfatizam para evitar a aplicações em estágios reprodutivos do capim-amargoso, pois nesta fase, os tecidos estão mais lignificados, o que diminui a sensibilidade das plantas aos herbicidas.

Em tratamentos com a aplicação de 2,4-D e malation isoladamente, observa-se um incremento da massa seca das plantas em EI (Figuras 8C e D). Estes resultados podem ter ligação com o aumento do metabolismo como forma de reduzir os efeitos causados pelo herbicida. Esse aumento no metabolismo vegetal pode ser responsável pelo maior crescimento e desenvolvimento das plantas, resultando em maior estatura e acúmulo de massa seca (CEDERGREEN et al., 2007; CALABRESE e BLAIN, 2009).

O herbicida haloxifope, quando aplicado de forma isolada, apresentou eficiência no controle do capim amargoso. Pesquisas realizadas por Barroso (2010) mostram que houve eficiência na aplicação de haloxifope ( $60 \text{ g ha}^{-1}$ ) em diferentes alvos como *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria plantaginea*, *Digitaria ciliares*, *Eleusine indica* e *Cenchrus echinatus*. Aplicações de haloxifope sobre *D. insularis* apresentaram 100% de controle com redução de 97% de massa fresca (BARROSO et al., 2014).

Porém, foi possível observar em ambos os experimentos (EI e EII) que o herbicida haloxifope quando associado ao 2,4-D, teve sua performance reduzida em até 40%. Apresentando maiores números e rebrote e atividade fotossintética tendendo a recuperação.

Leal et al., (2020) avaliaram o controle de *Digitaria insularis* sob a aplicação de 2,4-D com haloxifope em doses comerciais, e observaram um controle inferior (40%) em relação a aplicação isolada de haloxifope, com incremento de aproximadamente cinco gramas na massa seca. Os autores concluíram que a aplicação do graminicida deve ser feita doze dias após ou seis dias antes das aplicações de 2,4-D. O maior controle constatado foi quando as plantas estavam com até quatro perfilhos.

Todd et al., (1981), elucidaram o antagonismo entre 2,4-D e diclofop-metil em *Avena fátua*. Os estudos além de consolidarem os dados deste experimento, também trazem uma possível explicação para a interação antagônica entre o 2,4-D e os graminicidas do grupo dos

“FOP’s”. Os autores constataram que o 2,4-D reduziu a toxicidade do diclofop sobre as plantas, diminuindo o movimento de diclofop nas raízes e nos ápices de brotação. Como não houve níveis suficientes do ingrediente ativo para causar danos aos meristemas, as plantas foram capazes de recuperarem da ação fitotóxica causada pelo herbicida.

Já em relação ao 2,4-D associado ao cletodim, apresentou eficiência quando aplicado em mistura ou ao mesmo tempo, apresentando controle máximo de 87,5% a qual foi a média retirada entre o experimento e sua replicata.

Estes dados entram em conformidade com Barnes et al., (2004) os quais realizaram misturas entre cloransulam e graminicidas (FOP’s e DIM’s) para o controle de gramíneas anuais como *sorghum halepense*, *Eleusine indica*, *Digitaria sanguinalis*, *Setaria glauca*, *Echinochloa crus-galli*, sendo constatado que a mistura entre cloransulam com fluazifop ou quizalofop possui antagonismo, ao passo que cloransulam em associação ao sethoxidim, ou cletodim, tiveram um maior desempenho.

Apesar de estudos apontarem que não há diferença entre cletodim, haloxifope quando misturados com 2,4-D (LOURENÇÃO et al., 2017), mostraram que as médias obtidas pela mistura entre 2,4-D e cletodim apresentaram maior eficácia no controle do capim-amargoso quando comparados com a mistura entre 2,4-D e haloxifope.

Este aumento do controle pode estar atrelado a formulação do herbicida cletodim utilizado, podendo ter causado maiores efeitos no controle das plantas. Lourenção et al., (2017), observaram diferença de mais de 10% de controle entre herbicidas do mesmo grupo químico (ciclohexanodionas).

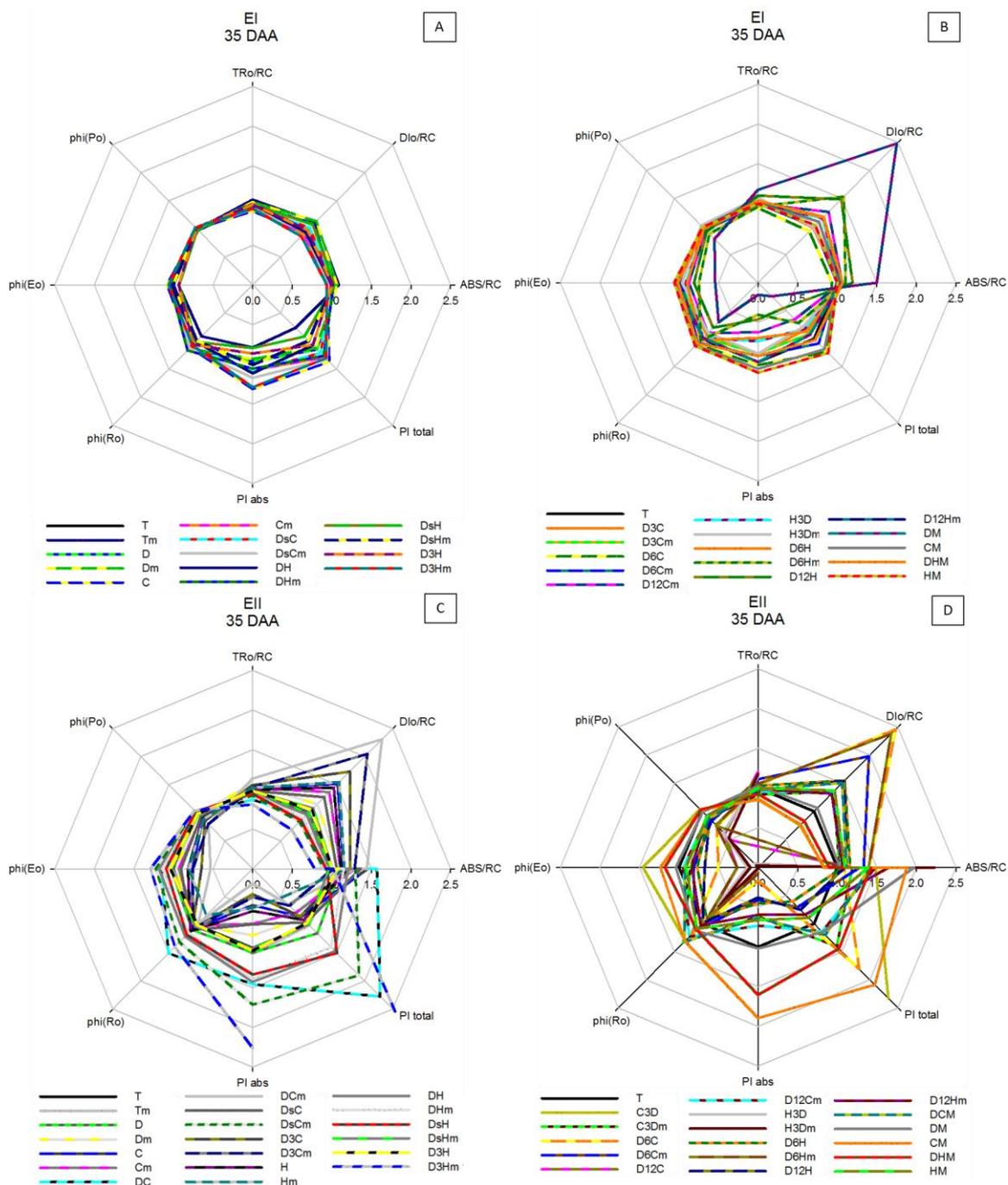
Apesar dos herbicidas apresentarem uma boa média no percentual de controle observados neste trabalho, não foram totalmente efetivos no controle do capim-amargoso como também observado por Gazziero et al., (2011) e Gazola et al., (2016) os quais afirmam também que plantas de *D. insularis* em estádios avançados de desenvolvimento, o controle é reduzido por fatores como formação de rizomas com alto potencial de rebrote.

Contudo, neste trabalho observou-se que, apesar de alguns tratamentos alcançarem um controle acima de 80% (Tabela 10) em apenas uma aplicação dos herbicidas, as plantas apresentaram massa verde, tendo novos fluxos de rebrotes. Neste contexto, a aplicação única de graminicidas não é o suficiente.

Zobiole et al., (2016) mostram que o controle de *Digitaria insularis* perenizadas em florescimento não foi efetivo quando realizados aplicações isoladas de haloxyfop-methyl,

clethodim, quizalofop e fluazifop associados ao glyphosate. Porém, a aplicação sequencial de graminicidas com glyphosate promoveram redução da massa seca das plantas.

Corroborando com os dados de porcentagem de injúrias e massa seca de parte aérea. pelo teste JIP aos 35 DAA no experimento I (Figura 9A e B e Tabela 7), é possível observar recuperação do aparato fotossintético de todas as plantas de capim-amargoso em todos os tratamentos, mostrando tendência de estabilização da atividade fotossintética e diminuindo a dissipação de energia na forma de calor, com exceção aos tratamentos D12H com inibidor, H, D6H, DC, C3D e D12C com e sem inibidor, os quais apresentaram sintomas visuais acima de 95% (Figura 8).



**Figura 9.** Fluorescência da clorofila *a* em plantas de *Digitaria insularis* em pleno florescimento, aos 35 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA), submetidas aos herbicidas cletodim, haloxifope e 2,4-D sal dimetilamina aplicados isoladamente, em mistura ou em intervalos de 3, 6 e 12 dias em presença ou não do inibidor das enzimas do citocromo P450 (malation) aplicado 2 horas antes nos experimentos ou em mistura em EI (A e B) e EII (C e D). ABS/RC - Medida do tamanho aparente do sistema antena;  $TR_0/RC$  - Máxima taxa de capturação de um éxciton pelo RC, resultando em uma redução da plastoquinona ( $Q_A^-$ );  $DI_0/RC$  - Razão de dissipação total de energia de excitação não capturada do total;  $\phi P_0$  - Rendimento quântico máximo fotoquímico;  $\phi E_0$  - Rendimento quântico de transporte de elétrons de  $Q_A^-$  para o intersistema de aceptores de elétrons;  $\phi R_0$  - Rendimento quântico de transporte de elétrons de  $Q_A^-$  para o aceptor final de elétrons do FSI;  $PI_{abs}$  - Índice de desempenho fotossintético;  $PI_{total}$  - Índice de desempenho fotossintético total. Seropédica/RJ, 2019.

**Tabela 7.** Desempenho fotossintético total ( $PI_{total}$ ) e dissipação total de energia na forma de calor (DI/RC) aos 35 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA) em plantas de capim-amargoso em pleno florescimento, submetidas aos tratamentos nos experimentos EI e EII. Seropédica/RJ, 2019.

ID	35 DAA - EI				35 DAA - EII			
	PI <sub>total</sub>		DI/RC		PI <sub>total</sub>		DI/RC	
	C/ inib	S/ inib	C/ inib	S/ inib	C/ inib	S/ inib	C/ inib	S/ inib
<b>T</b>	0,77 Bd	1,00 Ac	0,77 Ac	0,72 Ab	0,35 Ac	0,35 Ad	0,80 Ad	0,85 Ad
<b>D</b>	1,18 Ab	1,24 Ab	0,82 Ac	0,70 Ab	0,32 Ac	0,45 Ac	0,98 Ad	0,84 Ad
<b>H</b>	-	-	-	-	0,15 Bc	0,34 Ad	1,45 Ac	1,15 Ac
<b>DH</b>	1,32 Aa	1,12 Bc	0,77 Ac	0,66 Ab	0,48 Ab	0,52 Ac	0,76 Ad	0,8 Ad
<b>DsH</b>	0,90 Ac	0,90 Ac	0,70 Ac	0,71 Ab	0,35 Ac	0,52 Ac	0,88 Ad	0,68 Ad
<b>D3H</b>	1,43 Aa	1,15 Bc	0,58 Ac	0,69 Ab	1,10 Aa	0,33 Bd	0,53 Ad	0,8 Ad
<b>H3D</b>	0,71 Ad	-	0,68 Ac	-	0 Ad	0 Ae	3,96 Aa	2,65 Bb
<b>D6H</b>	0,65 Bd	-	1,16 Ab	-	0 Bd	0,21 Ad	2,09 Ab	1,18 Bc
<b>D12H</b>	-	0,44 Ae	-	1,00 Ba	0,41 Ac	0,27 Ad	1,15 Ad	1,27 Ac
<b>C</b>	1,37 Aa	1,49 Aa	0,63 Ac	0,65 Ab	0,31 Ac	0,28 Ad	1,03 Ad	1,17 Ac
<b>DC</b>	-	-	-	-	0,23 Bc	1,05 Aa	1,97 Ab	0,65 Bd
<b>DsC</b>	1,34 Aa	1,02 Bc	0,61 Ac	0,70 Ab	0,62 Ab	0,40 Ac	0,70 Ad	0,99 Ad
<b>D3C</b>	0,91 Ac	0,75 Ad	0,73 Ac	0,68 Ab	0,30 Ac	0,31 Ad	1,59 Ac	1,55 Ac
<b>C3D</b>	1,30 Aa	1,10 Bc	0,63 Ac	0,70 Ab	0,56 Bb	0,79 Ab	1,19 Ad	0,63 Bd
<b>D6C</b>	1,03 Ab	1,02 Ac	0,66 Ac	0,65 Ab	0,25 Bc	0,65 Ab	1,64 Bc	2,29 Ab
<b>D12C</b>	-	-	-	-	0,38 Ac	0,34 Ad	1,15 Bd	3,23 Aa
<b>CV</b>	13,71		16,38		30,92		26,43	

Médias com letras iguais na coluna (minúsculas) ou na linha (maiúsculas) não diferem entre si pelo teste de SK a 5% de probabilidade. D – 2,4-D; s – aplicação seguida; 3, 6 e 12 – intervalo entre aplicações; C- cletodim.

Os dados estatísticos de  $PI_{total}$  e DI/RC (Tabela 7) no experimento I (EI), observa-se que houve diferença estatística entre as plantas submetidas as aplicações dos herbicidas, com exceção aos tratamentos H3D e D6H, em relação a a testemunha em relação a  $PI_{total}$  e  $PI_{abs}$ , aumentando a atividade fotossintética, com exceção aos tratamentos H3D e D6H Para a variável DI/RC, não houve diferença estatística entre os tratamentos e a testemunha, exceto D6H.

Em EII (Figura 9 B e C), as plantas de capim-amargoso também mostram uma tendência de recuperação do metabolismo em que apesar da discrepância de  $PI_{total}$ , é possível observar diminuição na dissipação de calor (DI/RC).

Estas informações a respeito do aparato fotossintético das plantas corroboram com os dados de porcentagem de controle aos 28 (Figuras 6 C e D) e 35 DAA (Figuras A e B), em que as plantas que não foram 100% controladas apresentaram rebrotes com metabolismo ativo, o

que comprova o porquê de não haver avanços na sintomatologia das plantas submetidas aos tratamentos que mantiveram controle abaixo de 95% em EI e EII.

Tropaldi (2015) analisando a fluorescência de plantas do gênero *Digitaria* tratadas por herbicidas inibidores do fotossistema II, pode notar que o aparato fotossintético é afetado por estes herbicidas em 24 horas após a aplicação. O mesmo autor observou recuperação na taxa de transporte de elétrons (ETR) em plantas de *D. nuda*, o que corrobora com os dados obtidos neste experimento.

Os resultados obtidos em EI e EII entram em conformidade com estudos realizados por Leal et al., (2020), os quais observaram que plantas de *D. insularis* em pleno florescimento, aos 35 DAA, indicavam diminuição da fluorescência variável relativa, um aumento no desempenho fotossintético e uma redução do processo de transferência de elétrons, sugerindo que o metabolismo em estádios fenológicos avançados seja menor quando comparado em estádios menores.

Com relação a aplicação de malation como inibidor, aos 21, 28 (Tabela 9) e 35 DAA (Tabela 10), apesar de apresentarem algumas diferenças entre as plantas com malation e sem o malation, os resultados foram inconclusivos, pois não apresentaram uma tendência entre os experimentos EI e EII.

O malation, como dito anteriormente, age no processo de sinergismo com alguns herbicidas, inibindo o processo de metabolização das moléculas, permitindo que os herbicidas atinjam o sítio de ação alvo. A inibição de enzimas do complexo P450 ocorre com o processo de oxigenação da enzima sobre as moléculas do inseticida, neste caso, o malation, liberando enxofre atômico o qual irá ligar-se a apoproteína, levando a sua inativação (WERCK-REICHHART et al., 2000).

A partir destas informações, esperava-se um aumento no controle de plantas de capim-amargoso ao serem tratadas pelos graminicidas mesmo em associação ao 2,4-D em detrimento do uso de malation. Provavelmente as enzimas do complexo citocromo P450 que são inibidas pelo malation, não estão envolvidas no processo que resulta no antagonismo, ou seja, as enzimas que são expressas para detoxificação do 2,4-D no capim amargoso, não foram inibidas pelo malation.

Estes resultados, apesar de serem inesperados, já foram observados em estudos realizados anteriormente, sendo evidenciado que a ação do malation pode não apresentar efetividade na inibição das enzimas do complexo citocromo P450, estando em conformidade com Han et al., (2013), em que o 2,4-D promoveu a proteção de plantas de *Lolium rigidum*

contra a ação dos herbicidas chlorsulfuron e diclofop. O malation, neste caso, conseguiu reverter a proteção gerada pelo 2,4-D em relação ao chlorsulfuron, porém, foi observado que o inseticida não teve esta mesma ação quando aplicado o diclofop, possuindo a mesma resposta em relação aos resultados obtidos neste trabalho.

O suporte para uma possível explicação deste cenário se dá pelo fato do complexo citocromo P450 ser um conjunto de enzimas de uma mesma família que irá atuar na metabolização dos agentes xenobióticos (NELSON, 2006). A inibição de uma ou algumas dessas enzimas pode não ter sido suficiente para apresentar a ação esperada do malation sobre as plantas de capim-amargoso. As enzimas do complexo possuem diferenças nos pares de genes entre si, apresentando diferentes famílias (NIELSEN e MØLLER, 2005).

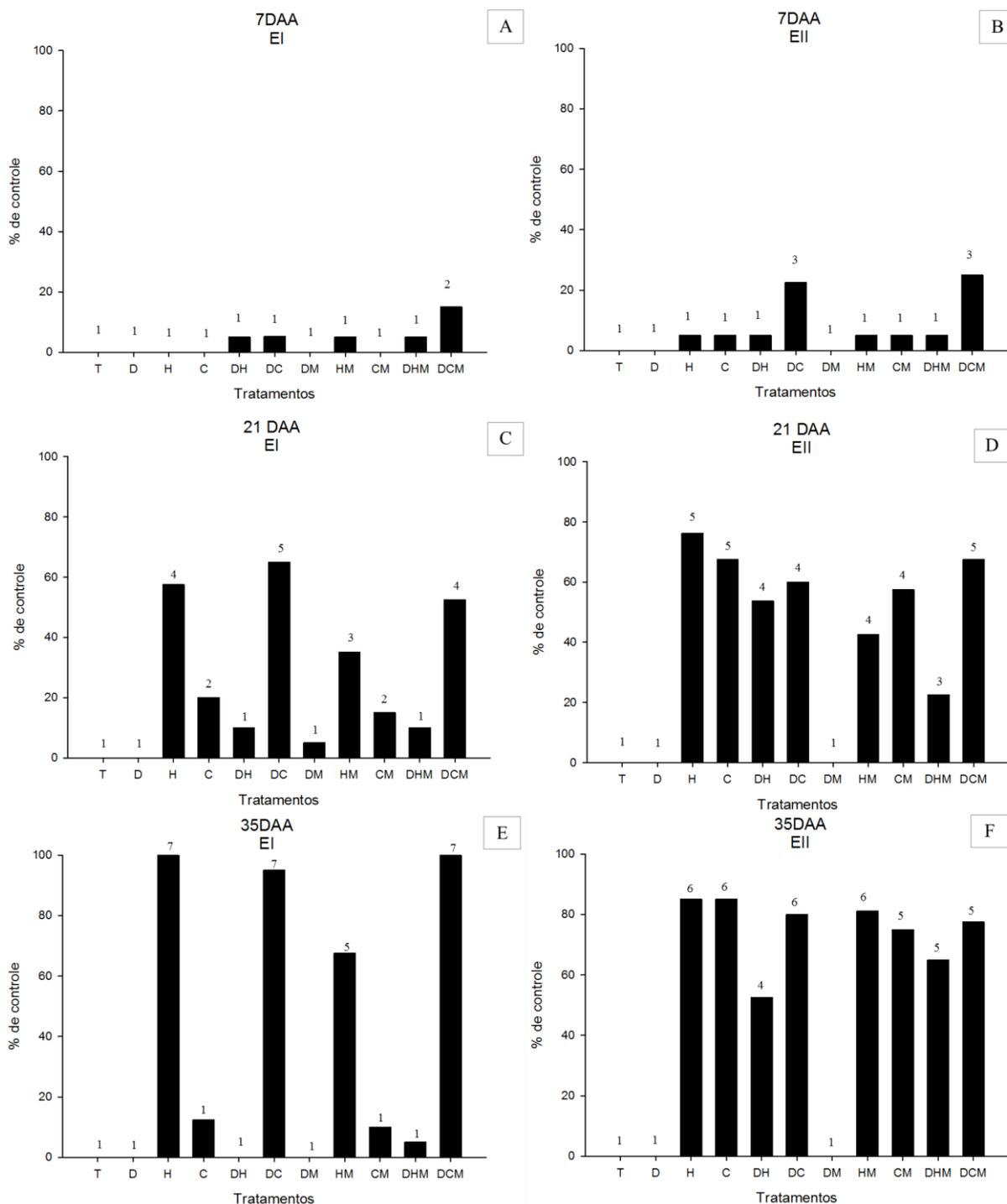
Pesquisas realizadas por WERCK-REICHHART et al., (2000) apontam para uma quantidade de 417 combinações de genes do complexo citocromo P450 de plantas. Corroborando com estes fatos, há vários estudos a respeito dos inibidores de enzimas do complexo P450. Hidayat et al., (2001) constataram que em plantas de *Digitaria sanguinalis*, as enzimas responsáveis pela detoxificação de fluazifop são diferentes das enzimas que detoxificam o imazethapyr. De acordo com Mougin et al., (1991), sugerem após estudos *in vitro* que pelo menos duas espécies de P450 monooxigenases ou outras espécies de enzimas estão envolvidas no metabolismo de chlorotoluron em trigo.

Ensaio *in vivo* realizados por Preston et al., (1996) em plantas de *L. rigidum* com resistência múltipla, mostram que a aplicação dos inibidores aminobenzotriazole (ABT), butóxido de piperonila (PBO) e tetciclacis inibiram a metabolização do herbicidas simazina e chlorotuluron ao passo que ABT inibiu a metabolização de diclofop e o malation teve ação somente no herbicida chlorsulfuron, indicando que há pelo menos a ação de quatro enzimas na metabolização desses dos herbicidas.

Além do complexo citocromo P450, outros grupos enzimáticos conduzem a metabolização dos herbicidas, como a glicosil-transferases (GT) e a glutationa-S-transferases (GST) as quais irão conjugar as moléculas xenobióticas e que podem estar agindo no processo (YU et al., 2014; DALAZEN et al., 2016). Estas enzimas possuem inibidores específicos, ou seja, o malation não possui nenhum efeito inibitório sobre estas.

Ao analisarmos os dados referentes as misturas com malation na calda de pulverização (Figura 10), observa-se que a adição do inibidor na calda, apesar de apresentarem incremento conforme os avanços das avaliações, não melhorou o controle do capim-amargoso, tendo uma performance igual ou inferior quando comparados com as misturas sem o malation. A misturas

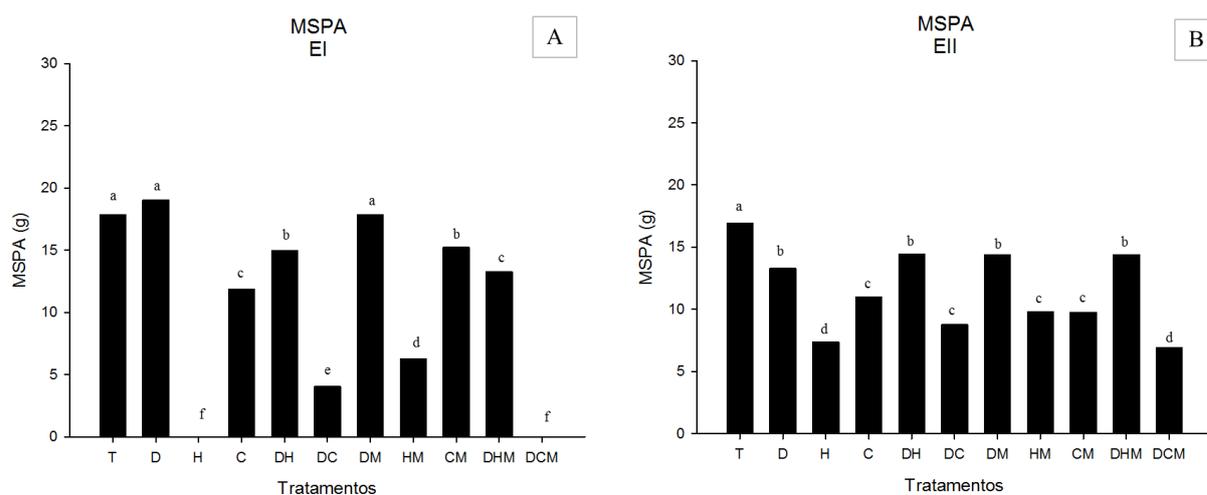
entre 2,4-D com haloxifope e malation (DHM) foram menos efetivas em comparação com as misturas DCM.



Médias obtidas pelo teste SK a 5% de probabilidade, agrupadas em faixas de controle: 1 – Nenhum controle; 2 – controle baixo; 3 – controle regular; 4 – controle mediano; 5 – controle bom; 6 – controle muito bom; 7 – controle alto. D – 2,4-D; s – aplicação seguida; 3, 6 e 12 – intervalo entre aplicações; C- cletodim.

**Figura 10.** Sintoma visual aos 7, 21 e 35 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA) em plantas de capim-amargoso em pleno florescimento, submetidas aos tratamentos com misturas de malation na calda de pulverização nos experimentos EI (A, C e E) e EII (B, D e F). Seropédica/RJ, 2019.

Observando os dados de massa seca da parte aérea (Figura 11), a mistura tripla DHM, apesar da redução de massa em EI (Figura 11A), em EII (Figura 11B) não houve diferença significativa quando comparado com a mistura DH. Houve redução de massa seca de plantas tratadas com DCM, chegando a uma diferença de 4,04 gramas em relação a DC no experimento I, apesar de possuírem a mesma faixa de controle.



Médias com letras iguais na coluna (minúsculas) ou na linha (maiúsculas) não diferem entre si pelo teste de SK a 5% de probabilidade. D – 2,4-D; s – aplicação seguida; 3, 6 e 12 – intervalo entre aplicações; C- cletodim.

**Figura 11.** Massa seca de parte aérea (MSPA), em gramas, das plantas de capim-amargoso em pleno florescimento, submetidas aos tratamentos nos experimentos EI (A) e EII (B). Seropédica, 2019.

De acordo com os testes de compatibilidade em calda (Tabela 8), não houve formações de grumos, flóculos, cristais e creme em ambos os ensaios (estático e dinâmico).

**Tabela 8.** Avaliação dos parâmetros homogeneidade da calda, sedimentação, formação de espuma e separação de fase e óleo nos tempos de 0, 2, 6 e 24 horas de repouso (rep) e na redispersão (red) pelo ensaio estático e avaliação após 2 horas de agitação (agit) e repouso de 10 minutos (rep) pelo ensaio dinâmico. Seropédica/RJ, 2019.

Parâmetros	Trat.	0 h		2 h		6 h		24 h		Din.	
		rep	red	rep	red	rep	red	agit	rep		
Homogeneidade	Adjuvante (A)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Halox. (H)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Clet. (C)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	2,4-D (D)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Malat. (M)	+	-	+	-	+	-	+	+	+	+
	D+H	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-

	D+C	+	+	+	-	+	-	+	-	-
	D+H+M	+	+	+	-	+	-	+	+	+
	D+C+M	+	-	+	-	+	-	+	+	+
	D+M	+	-	+	-	+	-	+	+	+
	H+M	+	-	+	-	+	-	+	+	+
	C+M	+	-	+	-	+	-	+	+	+
<b>Sedimentação</b>	Adjuvante (A)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Halox. (H)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Clet. (C)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2,4-D (D)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Malat. (M)	-	+	-	+	-	+	-	-	-
	D+H	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	D+C	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	D+H+M	-	-	-	+	-	+	-	-	-
	D+C+M	-	+	-	+	-	+	-	-	-
	D+M	-	+	-	+	-	+	-	-	-
	H+M	-	+	-	+	-	+	-	-	-
	C+M	-	+	-	+	-	+	-	-	-
	<b>Formação de espuma</b>	Adjuvante (A)	+	-	+	+	+	+	+	-
Halox. (H)		+	+	+	+	+	+	+	-	-
Clet. (C)		+	-	+	+	+	+	+	-	-
2,4-D (D)		+	+	+	-	+	-	+	-	-
Malat. (M)		+	+	+	+	+	-	+	-	-
D+H		+	+	+	+	+	-	+	-	-
D+C		+	-	+	-	+	-	+	-	-
D+H+M		+	+	+	-	+	-	-	-	-
D+C+M		+	+	+	+	+	-	-	-	-
D+M		+	+	+	+	+	+	+	-	-
H+M		+	+	+	+	+	+	+	-	-
C+M		+	+	+	+	+	+	-	-	-
<b>Separação de fase</b>		Adjuvante (A)	-	-	-	-	-	-	-	-
	Halox. (H)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Clet. (C)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2,4-D (D)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Malat. (M)	-	+	-	-	-	-	-	-	-
	D+H	-	-	-	-	-	+	-	+	+
	D+C	-	-	-	+	-	+	-	+	+
	D+H+M	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	D+C+M	-	+	-	-	-	-	-	-	-
	D+M	-	+	-	-	-	-	-	-	-
	H+M	-	+	-	-	-	-	-	-	-
	C+M	-	+	-	-	-	-	-	-	-
	<b>Separação de óleo</b>	Adjuvante (A)	-	-	-	-	-	-	-	-
Halox. (H)		-	-	-	-	-	-	-	-	-

Clet. (C)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,4-D (D)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Malat. (M)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D+H	-	-	-	-	-	+	-	+	+
D+C	-	-	-	+	-	+	-	+	+
D+H+M	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D+C+M	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D+M	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H+M	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C+M	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Sinal positivo (+) – presença do fator; Sinal negativo (-) – ausência do fator; D – 2,4-D; H – haloxifope; C – cletodim; A – adjuvante; M - malation.

Logo após o preparo das caldas no ensaio estático, houve apenas a formação de espuma (Figura 12) em todos os tratamentos, não ocorrendo separação de fases (sedimentos e/ou separação de óleo).



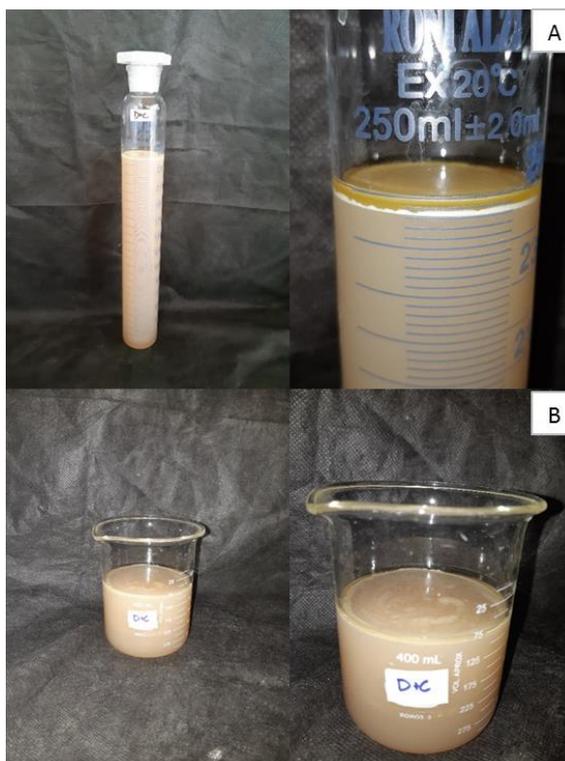
**Figura 12.** Exemplo de formação de espuma pelo ensaio estático no teste de compatibilidade de calda. Seropédica/RJ, 2019.

Na avaliação após duas horas de repouso, não foi possível observar formação de espuma nas provetas contendo o herbicida cletodim e adjuvante (C) e na mistura entre 2,4-D e cletodim (D+C). Houve também a formação de sedimentos nos tratamentos contendo malation, exceto a mistura de 2,4-D com haloxifope e malation (D+H+M) (Figura 13). Ao realizar a redispersão das caldas, todos os tratamentos apresentaram formação de espuma e não houve formação de sedimentos.



**Figura 13.** Exemplo de formação de sedimentos pelo ensaio estático no teste de compatibilidade de calda. Seropédica/RJ, 2019.

Depois de seis horas em repouso, todos os tratamentos contendo malation na calda, apresentaram sedimentação (Figura 13). D, D+C e D+H+M não apresentaram espuma e a mistura D+C apresentou separação de óleo na calda (Figura 14). Após agitação, houve formação de espuma em todos os tratamentos, não havendo sedimentos. Em D+C não foi observado separação de fase.



**Figura 14.** Exemplo de separação de óleo pelo ensaio estático (A) e dinâmico (B) no teste de compatibilidade de calda. Seropédica/RJ, 2019.

Passados vinte e quatro horas de repouso, apenas as caldas contendo o adjuvante (A), haloxifope (H), cletodim (C) e as misturas 2,4-D, haloxifope e cletodim com malation (DM, HM e CM respectivamente) apresentaram espuma. A sedimentação observada na avaliação anterior foi mantida e houve separação de óleo nas misturas D+H e D+C. Logo após a redispersão, todos os tratamentos, exceto D+H+M, D+C+M e C+M, apresentaram espuma, não sendo visualizado nenhum sedimento.

Pelo ensaio dinâmico, após as duas horas de agitação constante não foram constatadas sedimentações em todas as caldas contendo malation. Com relação a D+C e D+H, houve separação de óleo (Figura 14).

Após avaliação de todos os comportamentos observados em todas as avaliações, os tratamentos foram classificados de acordo com a norma NBR 13875:2014 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), sendo os resultados observados na tabela 9.

**Tabela 9.** Resultados obtidos após avaliação dos testes de compatibilidade de calda entre os herbicidas, adjuvante e o malation. (Continua). Seropédica/RJ, 2019.

<b>Tratamento</b>	<b>Classificação</b>
Adjuvante (A)	Homogêneo
Halox. (H)	Homogêneo
Clet. (C)	Homogêneo
2,4-D (D)	Homogêneo
Malat. (M)	Homogêneo sob agitação
D+H	Heterogêneo
D+C	Heterogêneo
D+H+M	Homogêneo sob agitação
D+C+M	Homogêneo sob agitação
D+M	Homogêneo sob agitação
H+M	Homogêneo sob agitação
C+M	Homogêneo sob agitação

Apenas as caldas com haloxifope, cletodim, adjuvante e 2,4-D isolados, apresentaram homogeneidade na calda em todas as avaliações, sendo compatíveis. Os demais tratamentos foram classificados como homogêneos sob agitação. As misturas de haloxifope e cletodim com 2,4-D (D+H e D+C, respectivamente) foram heterogêneos.

Conforme observado, as caldas de pulverização contendo malation possuem a necessidade de serem agitadas antes das aplicações para não haver complicações e perdas de eficiência dos produtos aplicados.

Não há na literatura informações a respeito da mistura de malation na calda de pulverização com herbicidas para avaliação de sua ação sobre enzimas do citocromo P450. Na grande maioria dos estudos, o malation é aplicado antes ou após as aplicações dos herbicidas de interesse de estudo.

São exemplos os estudos realizados por Fischer et al., (2000) que realizaram aplicação de forma sequencial entre malation e bispiribac-sódio. Nesse trabalho foi possível verificar sinergismo entre as aplicações.

Hidayat et al., (2001) avaliaram o efeito da aplicação de malation (1 kg.ha<sup>-1</sup>) em associação ao fluazifop em plantas de *D. sanguinalis*, aplicando 24, 16, 8, 4 horas antes, ao mesmo tempo, 4 e 8 horas após a aplicação do graminicida, observando que em todos os tempos

citados, houve ação inibitória do complexo citocromo P450. Já Viecelli et al., (2019) em um experimento sob condições em nível de campo, misturou 2,4-D (1,005 g a.e. ha<sup>-1</sup>) com o inseticida organofosforado chlorpyrifos (720 g a.i. ha<sup>-1</sup>) e observou que houve redução no rendimento de grãos quando aplicados na cultura do trigo.

Já em relação as misturas de 2,4-D com cletodim ou haloxifope, foram classificadas como heterogêneas, o que pode estar atrelado a diminuição da eficiência das misturas 2,4-D + gramínicas, uma vez que as misturas entre os gramínicos somente com o adjuvante não sofreram alteração físico-química, apresentando homogeneidade nas caldas.

Apesar das misturas de 2,4-D com os gramínicos apresentarem homogeneidade até duas horas em repouso, ao apresentarem separação de fase (separação de óleo) após seis horas de repouso e sob agitação constante por duas horas, são consideradas incompatíveis.

Não há estudos registrados em relação a compatibilidade na calda de pulverização entre o 2,4-D, gramínicos e adjuvantes, os quais apresentam grande dinâmica e variações entre as marcas e produtos presentes no mercado e podem estar atrelados a eficiência dos herbicidas.

De acordo com Dan et al., (2010) os adjuvantes são substâncias que são adicionadas à calda de pulverização para melhorar a absorção e translocação dos produtos fitossanitários, modificando determinadas propriedades físico-químicas dos produtos na mistura (DAN et al., 2010), podendo interferir nas interações entre as misturas de herbicida (SORENSEN et al., 1987).

Kammler et al., (2010) observou que a aplicação de halosulfuron com sethoxidim ou cletodim quando misturados com surfactante não-iônico (0,25% v/v) e óleo vegetal concentrado (1% v/v) foram antagônicos no controle de *D. sanguinalis*, porém, não houve antagonismo quando acrescentado óleo de semente metilado (1% v/v), mostrando que há diferença entre os diferentes adjuvantes em uma mistura entre herbicidas, sendo necessário maiores estudos a respeito do comportamento destes adjuvantes no antagonismo entre herbicidas.

## 5. CONCLUSÕES

Diante do exposto, os resultados apresentados mostram que as aplicações de malation duas horas antes da aplicação dos demais tratamentos ou quando misturado na calda de pulverização com o 2,4-D e haloxifope ou cletodim, não melhoraram o controle do capim-amargoso, ou seja, demonstrando que provavelmente as enzimas do complexo citocromo P450 inibidas pelo malation não estão envolvidas no processo que resulta em antagonismo entre o 2,4-D e os herbicidas gramínicos utilizados para o controle de *D. insularis* em florescimento.

Com relação a mistura de 2,4-D com haloxifope apresentou menor eficiência de controle do capim-amargoso quando comparado com a mistura entre 2,4-D e cletodim. Ainda, houve heterogeneidade nas misturas em calda, sendo necessário novos estudos para definir o comportamento entre a associação dos herbicidas 2,4-D com os graminicidas e adjuvantes.

## 6. BIBLIOGRAFIA

ADAMS III, W. W.; DEMMIG-ADAMS, B. The xanthophyll cycle and sustained thermal energy dissipation activity in *Vinca minor* and *Euonymus kiautschovicus* in winter. **Plant, Cell and Environment**, v. 18, n. 2, p. 117-127, 1995.

ALMEIDA, F.S.; RODRIGUES, B.N. Guia de herbicidas – contribuição para o uso adequado em plantio direto e convencional. Londrina: Ed. **Instituto Agrônomo do Paraná**, 468p. 1985.

ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE MALEZAS – ALAM. Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación en ensayos de control de malezas. **ALAM**, v. 1, n. 1, p. 35-38, 1974.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. **NBR 13875:2014**. Agrotóxicos e afins - Avaliação de compatibilidade físico-química. Rio de Janeiro. 12 p. 2014.

BARNES, J. W.; OLIVER, L. R. Cloransulam antagonizes annual grass control with aryloxyphenoxypropionate graminicides but not cyclohexanediones. **Weed Technology**, v. 18, n. 3, p. 763-772, 2004.

BARROSO, A. L. L.; DAN, H. A.; PROCÓPIO, S. O.; TOLEDO, R. E. B.; SANDANIEL, C. R.; BRAZ, G. B. P.; & CRUVINEL, K. L. Eficácia de herbicidas inibidores da ACCase no controle de gramíneas em lavouras de soja. **Planta Daninha**, v. 28, n. 1, p. 149-157, 2010.

BARROSO, A. A. M.; ALBRECHT, A. J. P.; REIS, F. C. Interação entre herbicidas inibidores da accase e diferentes formulações de glyphosate no controle de capim-amargoso. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 619-627, September. 2014.

BASINGER, N. T.; JENNINGS, K. M.; MONKS, D. W.; JORDAN, D. L.; EVERMAN, W. J.; HESTIR, E. L. Large crabgrass (*Digitaria sanguinalis*) and Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) intraspecific and interspecific interference in soybean. **Weed Science**, v. 67, n. 6, p. 649-656, 2019.

BLACKSHAW, R. E.; HARKER, K. N.; CLAYTON, G. E.; O'DONOVAN, J. T. Broadleaf herbicide effects on clethodim and quizalofop-p efficacy on volunteer wheat (*Triticum aestivum*). **Weed Technology**. V.20, p. 221–226, 2006.

BÖGER, P.; WAKABAYASHI, K.; HIRAI, K. (Ed.). **Herbicide classes in development: mode of action, targets, genetic engineering, chemistry**. Springer Science & Business Media, 2012.

BRAVIN, F.; ZANIN, G.; PRESTON, C. Resistance to diclofop-methyl in two *Lolium spp.* populations from Italy: studies on the mechanism of resistance. **Weed Research**, v. 41, n. 5, p. 461-473, 2001.

BURKE, Ian C.; WILCUT, John W. Physiological basis for antagonism of clethodim by imazapic on goosegrass (*Eleusine indica* (L.) Gaertn.). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 76, n. 2, p. 37-45, 2003.

CALABRESE, E. J.; BLAIN, R. B. **Hormesis and plant biology**. *Environmental Pollution*, v. 157, n. 1, p. 42-48, 2009.

CAMPOS, S. X.; VIEIRA, E. M. Estudo da degradação do herbicida ácido 2, 4-diclorofenoxiacético (2, 4-D) por meio da radiação gama do cobalto-60 em solução aquosa contendo ácido húmico. **Química Nova**, v. 25, n. 4, p. 529-532, 2002.

CARDOSO, I. S.; SOARES, M. P.; ARAUJO, V. T.; CABRAL, P. H. R.; JAKELAITIS, A.; MADALAO, J. C. BANK OF WEED SEEDS IN AGROSYSTEMS IN THE BRAZILIAN CERRADO. **Planta Daninha**, v. 34, n. 3, p. 443-451, 2016.

CARPEJANI, M. S.; OLIVEIRA JÚNIOR, R.S. Manejo químico de capim-amargoso resistente a glyphosate na pré-semeadura da soja. **Campo Digital**, v. 8, n. 1, p. 26-33, 2013.

CASTRO, F. A.; CAMPOSTRINI, E.; TORRES NETTO, A.; VIANA, L. H. Relationship between photochemical efficiency (JIP-Test Parameters) and portable chlorophyll meter readings in papaya plants. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 23, n. 4, p. 295-304, 2011.

CEDERGREEN, N.; STREIBIG, J. C.; KUDSK, P.; MATHIASSEN, S. K.; DUKE, S. O. **The occurrence of hormesis in plants and algae**. *Dose Response*, v. 5, n. 2, p. 150-162, 2007.

CHEN, G.; XU, H.; ZHANG, T.; BAI, C.; DONG, L. Fenoxaprop-P-ethyl resistance conferred by cytochrome P450s and target site mutation in *Alopecurus japonicus*. **Pest Management Science**, 2018.

CHEN, Z.; WANG, J.; CHEN, H.; WEN, Y.; LIU, W. Enantioselective Phytotoxicity of Dichlorprop to *Arabidopsis thaliana*: The Effect of Cytochrome P450 Enzymes and the Role of Fe. **Environmental Science and Technology**, v. 51, n. 20, p. 12007-12015, 2017.

CHRISTEN, D.; SCHÖNMANN, S.; JERMINI, M.; STRASSER, R. J.; DÉFAGO, G. Characterization and early detection of grapevine (*Vitis vinifera*) stress responses to esca disease by in situ chlorophyll fluorescence and comparison with drought stress. **Environmental and Experimental Botany**, v. 60, n. 3, p. 504-514, 2007.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F. Resistência de plantas daninhas a herbicidas: definições, bases e situação no Brasil e no mundo. In: CHRISTOFFOLETI, P.J. (Coord.). Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas. 3.ed. Piracicaba: **HRAC-BR**, p. 3-30, 2008.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; FIGUEIREDO, M. R. A. D.; PERES, L. E. P.; NISSEN, S.; GAINES, T. Auxinic herbicides, mechanisms of action, and weed resistance: A look into recent plant science advances. **Scientia Agricola**, v. 72, n. 4, p. 356-362, 2015.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; NICOLAI, M. **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 4.ed. Piracicaba: ESALQ, 262 p., 2016.

COCKER, K. M.; NORTHCROFT, D. S.; COLEMAN, J. O. D.; MOSS, S. R. Resistance to ACCase-inhibiting herbicides and isoproturon in UK populations of *Lolium multiflorum*: mechanisms of resistance and implications for control. **Pest Management Science**, v. 57, n. 7, p. 587-597, 2001.

- COLBY, S. R. Calculating synergistic and antagonistic responses of herbicide combinations. **Weeds**, v. 15, n. 1, p. 20-22, 1967.
- COLEMAN, J.; BLAKE-KALFF, M.; DAVIES, E. Detoxification of xenobiotics by plants: chemical modification and vacuolar compartmentation. **Trends in Plant Science**, v. 2, n. 4, p. 144-151, 1997.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos, v7 – Safra 2019/20. Sexto levantamento, Brasília, p.1-114, março 2020.
- COSGROVE, Daniel J. Loosening of plant cell walls by expansins. **Nature**, v. 407, n. 6802, p. 321, 2000.
- DALAZEN, G.; KRUSE, N. D.; MACHADO, S. L. D. O. Herbicidas de uso potencial no controle de buva e sua seletividade sobre aveia e azevém. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 4, p. 792-799, 2015a.
- DALAZEN, G.; KRUSE, N. D.; MACHADO, S. L. D. O.; BALBINOT, A. Sinergismo na combinação de glifosato e saflufenacil para o controle de buva. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 2, p. 249-256, 2015b.
- DALAZEN, G., MARKUS, C., KASPARY, T. E., PISONI, A., GALLON, M., DE QUEIROZ, A. R. S., JÚNIOR, A. M. Occurrence and importance of herbicide resistance caused by degradation enhancement for weed management1. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 15, n. 1, p. 26-38, 2016.
- DALAZEN, G., PISONI, A., RAFAELI, R. S., MEROTTO JR, A. Degradation Enhancement as the Mechanism of Resistance to Imazethapyr in Barnyardgrass. **Planta Daninha**, v. 36, 2018.
- DAN, H. D. A., BARROSO, A. L. D. L., DAN, L. G. D. M., FINOTTI, T. R., FELDKIRCHER, C., SANTOS, V. S. Controle de plantas daninhas na cultura do milho por meio de herbicidas aplicados em pré-emergência. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 4, p. 388-393, 2010a.
- DAN, H. A.; DAN, L. G. M.; BARROSO, A. L. L.; PROCÓPIO, S. O.; OLIVEIRA, J. R., SILVA; A. G.; FELDKIRCHER, C. Residual activity of herbicides used in soybean agriculture on grain sorghum crop succession. **Planta Daninha**, v. 28, n. SPE, p. 1087-1095, 2010b.
- DEFELICE, M. S., BROWN, W. B., ALDRICH, R. J., SIMS, B. D., JUDY, D. T., GUETHLE, D. R. Weed control in soybeans (*Glycine max*) with reduced rates of postemergence herbicides. **Weed Science**, v. 37, n. 3, p. 365-374, 1989.
- DEMMIG-ADAMS, B., ADAMS III, W. W., BARKER, D. H., LOGAN, B. A., BOWLING, D. R., VERHOEVEN, A. S. Using chlorophyll fluorescence to assess the fraction of absorbed light allocated to thermal dissipation of excess excitation. **Physiologia Plantarum**, v. 98, n. 2, p. 253-264, 1996.
- DUHOUX, A., PERNIN, F., DESSERRE, D., DÉLYE, C. Herbicide Safeners Decrease Sensitivity to Herbicides Inhibiting Acetolactate-Synthase and Likely Activate Non-Target-Site-Based Resistance Pathways in the Major Grass Weed *Lolium sp.* (Rye-Grass). **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 1310, 2017.

DYER, W.E. (2018). Inhibitors of Fatty Acid Synthesis and Elongation. Disponível em: <<http://passel.unl.edu>>. Acessado em: 23 de maio de 2018

FIALHO, C. M. T., SILVA, G. S. D., FAUSTINO, L. A., CARVALHO, F. P. D., COSTA, M. D., SILVA, A. A. D. Mycorrhizal association in soybean and weeds in competition. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 38, n. 2, p. 171-178, 2016.

FISCHER, A. J., BAYER, D. E., CARRIERE, M. D., ATEH, C. M., YIM, K. O. Mechanisms of resistance to bispyribac-sodium in an *Echinochloa phyllopogon* accession. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 68, n. 3, p. 156-165, 2000.

FOLONI, L. L. O Herbicida 2,4D | uma visão geral. Ribeirão Preto: **Labcom**. Total, 252 p, 2016.

FRANS, R.; CROWLEY, H. Experimental design and techniques for measuring and analyzing plant responses to weed control practices. In: Southern Weed Science Society. **Research Methods in Weed Science**. 3.ed. Clemson: p. 29-45, 1986.

GAZOLA, T., BELAPART, D., DE CASTRO, E. B., CIPOLA FILHO, M. L., DIAS, M. F. Características biológicas de *Digitaria insularis* que conferem sua resistência à herbicidas e opções de manejo. **Científica**, v. 44, n. 4, p. 557-567, 2016.

GAZZIERO, D., ADEGAS, F., VARGAS, L., VOLL, E., FORNAROLLI, D. Capim-amargoso: outro caso de resistência ao glyphosate. **A Granja, Ed**, v. 752, 2011.

GAZZIERO, D.L.P.; VOLL, E.; FORNAROLLI, D.; VARGAS, L.; ADEGAS, F.S. Efeitos da convivência do capim-amargoso na produtividade da soja. In: **Embrapa Soja-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: **Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas**, 28., 2012, Campo Grande. A ciência das plantas daninhas na era da biotecnologia: anais. Campo Grande: SBCPD, 2012. 6 p. Trab. 733., 2012a.

GAZZIERO, D. L. P. Misturas de agrotóxicos em tanque nas propriedades agrícolas do Brasil. Embrapa Soja-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2015.

GAZZIERO, D. L. P., ADEGAS, F. S., SILVA, A. F., CONCENÇO, G. Estimating yield losses in soybean due to sourgrass interference. **Planta Daninha**, v. 37, 2019.

GEMELLI, A., DE OLIVEIRA JUNIOR, R. S., CONSTANTIN, J., BRAZ, G. B. P., DE CAMPOS JUMES, T. M., DE OLIVEIRA NETO, A. M. Aspectos da biologia de *Digitaria insularis* resistente ao glyphosate e implicações para o seu controle. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 11, n. 2, p. 231-240, 2012.

GEMELLI, A., DE OLIVEIRA JUNIOR, R. S., CONSTANTIN, J., BRAZ, G. B. P., DE CAMPOS JUMES, T. M., GHENO, E. A., ... ,FRANCHINI, L. H. M. Estratégias para o controle de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) resistente ao glyphosate na cultura milho safrinha. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 12, n. 2, p. 162-170, 2013.

GEORGE, E.F. 1963. **Plant Propagation by Tissue Culture**. 3ed. Springer, Berlin, Germany. p. 115–173

GILO, E. G., DE MENDONÇA, C. G., DO ESPÍRITO SANTO, T. L., TEODORO, P. E. Alternatives for chemical management of sourgrass. **Bioscience Journal**, v. 32, n. 4, 2016.

GROSSMANN, K. Auxin herbicide action: lifting the veil step by step. **Plant Signaling and Behavior**, v. 2, n. 5, p. 421-423, 2007.

GROSSMANN, K. Auxin herbicides: current status of mechanism and mode of action. **Pest Management Science**, v. 66, n. 2, p. 113-120, 2010.

HAN, H., YU, Q., CAWTHRAY, G. R., POWLES, S. B. Enhanced herbicide metabolism induced by 2, 4-D in herbicide susceptible *Lolium rigidum* provides protection against diclofop-methyl. **Pest Management Science**, v. 69, n. 9, p. 996-1000, 2013.

HATZIOS, K. K.; PENNER, D. Interactions of herbicides with other agrochemicals in higher plants. 1985.

HEAP, I. (2020) International Survey of Herbicide-Resistant Weeds. Disponível em: <<http://weedscience.org/>>. Acessado em: 11 de fevereiro de 2020.

HESS, ED. Mode of action of lipid biosynthesis inhibitors (graminicides - ACCase inhibitors). In: **Herbicide Action Course**, 1997. West Lafayette: Purdue University. p.209-309, 1997.

HIDAYAT, I.; PRESTON, C. Cross-resistance to imazethapyr in a fluazifop-P-butyl-resistant population of *Digitaria sanguinalis*. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 71, n. 3, p. 190-195, 2001.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. Consulta Dados da Estação Automática: Seropédica - Ecologia Agrícola (RJ). Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal>>. Acesso em 10 março de 2020.

JIANG, L., XU, X., LI, Z., DOOHAN, D. Grafting imparts glyphosate resistance in soybean. **Weed Technology**, v. 27, n. 2, p. 412-416, 2013.

JORDAN, D. L. Influence of adjuvants on the antagonism of graminicides by broadleaf herbicides. **Weed Technology**, v. 9, n. 4, p. 741-747, 1995.

KAMMLER, K. J.; WALTERS, S. A.; YOUNG, B. G. Effects of adjuvants, halosulfuron, and grass herbicides on Cucurbita spp. injury and grass control. **Weed Technology**, v. 24, n. 2, p. 147-152, 2010.

KALAJI, H. M., SCHANSKER, G., BRESTIC, M., BUSSOTTI, F., CALATAYUD, A., FERRONI, L., ... LOSCIALE, P. Frequently asked questions about chlorophyll fluorescence, the sequel. **Photosynthesis Research**, v. 132, n. 1, p. 13-66, 2017.

KISSMANN, K.G.; GROTH, D. 1997. **Plantas infestantes e nocivas**. São Paulo, BASF, tom II 978p.

KRAEHMER, H.; BAUR, P. **Weed Anatomy**. London: Wiley-Blackwell, 504 p, 2013.

KREUZ, K.; TOMMASINI, R.; MARTINOIA, E. Old enzymes for a new job (herbicide detoxification in plants). **Plant Physiology**, v. 111, n. 2, p. 349, 1996.

KUKORELLI, G.; REISINGER, P.; PINKE, G. ACCase inhibitor herbicides—selectivity, weed resistance and fitness cost: a review. **International journal of pest management**, v. 59, n. 3, p. 165-173, 2013.

LEAL, J. F. L. Interação entre herbicidas para manejo de *Digitaria insularis* e *Conyza spp.* em áreas de produção de soja. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola e Ambiental). Instituto de Tecnologia, Departamento de Engenharia, UFRRJ, Seropédica, RJ. 51p, 2018.

LEAL, J.F.L, SOUZA, A.S., RIBEIRO, S.R.S., et al. 2, 4-D and Haloxyfop-P-methyl interaction: Sequential and interval applications to effectively control sourgrass (*Digitaria insularis* L.) and fleabane (*Conyza spp.* L.). **Agronomy Journal**. 1-11, 2020.

LETOUZÉ, A.; GASQUEZ, J. Enhanced activity of several herbicide-degrading enzymes: a suggested mechanism responsible for multiple resistance in blackgrass (*Alopecurus myosuroides* Huds.). **Agronomie**, v. 23, n. 7, p. 601-608, 2003.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**. 3.ed. Nova Odessa: Plantarum, 608 p., 2000.

LÓPEZ-OVEJERO, R. F., CARVALHO, S. J. P., NICOLAI, M., CHRISTOFFOLETI, P. J. Suscetibilidade comparativa a herbicidas pós-emergentes de biótipos de *Digitaria ciliares* resistente e suscetível aos inibidores da ACCase. **Planta Daninha**, v. 24, n. 4, p. 789-796, 2006.

LOURENÇAO, A.L. F., GRIGOLLI, J. F. J., BEZERRA, A. R. G., GITTI, D. C., MELOTTO, A. L. **Tecnologia e produção: Safra 2016/2017**. Fundação MS, 209 p.: il, Curitiba, 2017.

LU, C.; ZHANG, J.; ZHANG, Q.; LI, L.; KUANG, T. Modification of photosystem II photochemistry in nitrogen deficient maize and wheat plants. **Journal of Plant Physiology**, v. 158, n. 11, p. 1423-1430, 2001.

OGLIARI, J.; FREITAS, S. P.; EVARISTO, J. A. E.; GOMES, S. A.; FAÇANHA, A. L. O.; RETAMAL, C. A.; FAÇANHA, A. R. Análise do perfil eletroforético de proteínas citoplasmáticas para verificação do processo de desintoxicação do herbicida mesotrione em plantas de *Zea mays*. **Planta Daninha**, v. 32, n. 1, p. 161-172, 2014.

OVEJERO, R. F. L., TAKANO, H. K., NICOLAI, M., FERREIRA, A., MELO, M. S., CAVENAGHI, A. L., ... OLIVEIRA, R. S. Frequency and dispersal of glyphosate-resistant sourgrass (*Digitaria insularis*) populations across Brazilian agricultural production areas. **Weed Science**, v. 65, n. 2, p. 285-294, 2017.

MACHADO, A. F. L., FERREIRA, L. R., FERREIRA, F. A., FIALHO, C. M. T., TUFFI SANTOS, L. D., MACHADO, M. S. Análise de crescimento de *Digitaria insularis*. **Planta Daninha**, v. 24, n. 4, p. 641-647, 2006a.

MACHADO, A. F. L., FERREIRA, L. R., FERREIRA, F. A., FIALHO, C. M. T., TUFFI SANTOS, L. D., MACHADO, M. S. Caracterização anatômica de folha, colmo e rizoma de *Digitaria insularis*. **Planta Daninha**, v. 26, n. 1, p. 1-8, 2008.

MAESHIMA, Masayoshi. Tonoplast transporters: organization and function. **Annual Review of Plant Biology**, v. 52, n. 1, p. 469-497, 2001.

MAHAJAN, G.; CHAUHAN, B. S. Weed control in dry direct-seeded rice using tank mixtures of herbicides in South Asia. **Crop Protection**, v. 72, p. 90-96, 2015.

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

MATZENBACHER, F. D. O., KALSING, A., DALAZEN, G., MARKUS, C., MEROTTO JR, A. Antagonism is the predominant effect of herbicide mixtures used for imidazolinone-resistant barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) control. **Planta Daninha**, v. 33, n. 3, p. 587-597, 2015.

MAXWELL, K.; JOHNSON, G. N. Chlorophyll fluorescence—a practical guide. **Journal of experimental botany**, v. 51, n. 345, p. 659-668, 2000.

MELO, M. S. C. et al. Avaliação do crescimento dos biótipos de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) resistente e suscetível ao glyphosate. In: **Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas**, 28., 2010, Ribeirão Preto. Anais... p. 1187-1190, 2010.

MELO, M. S. C., ROSA, L. E., BRUNHARO, C. A. D. C. G., NICOLAI, M., CHRISTOFFOLETI, P. J. Alternativas para o controle químico de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) resistente ao glyphosate. **Revista Brasileira de Herbicidas.**, v. 2, n. 11, p. 195-203, 2012

MENDONÇA, G. S. D., MARTINS, C. C., MARTINS, D., COSTA, N. V. D. Ecophysiology of seed germination in *Digitaria insularis* ((L.) Fedde). **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 4, p. 823-832, 2014.

MESNAGE, R., DEFARGE, N., DE VENDÔMOIS, J. S., SERALINI, G. E. Potential toxic effects of glyphosate and its commercial formulations below regulatory limits. **Food and Chemical Toxicology**, v. 84, p. 133-153, 2015.

MICHELET, B.; BOUTRY, M.. The plasma membrane H<sup>+</sup>-ATPase (A highly regulated enzyme with multiple physiological functions). **Plant Physiology**, v. 108, n. 1, p. 1, 1995.

MONDO, V. H. V., CARVALHO, S. J. P. D., DIAS, A. C. R., MARCOS FILHO, J. Efeitos da luz e temperatura na germinação de sementes de quatro espécies de plantas daninhas do gênero *Digitaria*. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 1, p. 131-137, 2010.

MONSHAUSEN, G. B.; GILROY, S. Feeling green: mechanosensing in plants. **Trends in Cell Biology**, v. 19, n. 5, p. 228-235, 2009.

MOUGIN, C., POLGE, N., SCALLA, R., CABANNE, F. Interactions of various agrochemicals with cytochrome P-450-dependent monooxygenases of wheat cells. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 40, n. 1, p. 1-11, 1991.

MUELLER, T. C., BARRETT, M., WITT, William W. A basis for the antagonistic effect of 2, 4-D on haloxyfop-methyl toxicity to johnsongrass (*Sorghum halepense*). **Weed Science**, v. 38, n. 2, p. 103-107, 1990.

NELSON, D. R. Plant cytochrome P450s from moss to poplar. **Phytochemistry Reviews**, v. 5, n. 2-3, p. 193-204, 2006.

NIELSEN, K. A., MØLLER, B. L. Cytochrome P450s in plants. In: **Cytochrome P450**. Springer, p. 553-583, Boston, MA, 2005.

NETO, Edson Figueiredo de. Seletividade de herbicidas inibidores da enzima ACCase no controle de *Brachiaria sp.* no cultivo de eucalipto. 2012.

OLIVEIRA JR., R.S. Mecanismo de ação de herbicidas. In: OLIVEIRA JR., R.S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Ed. Omnipax, p. 141-192, 2011.

OSIPE, J., ADEGAS, F., OSIPE, R., ALVES, A., BENTO, D., ROSSI, E., SALLES JUNIOR, A. J. Controle de capim-amargoso com diferentes misturas. In: **Embrapa Soja-Artigo em Anais de Congresso (ALICE)**. In: **congresso brasileiro da ciência das plantas daninhas**, 29., 2014, Gramado. A ciência das plantas daninhas em clima de mudança: anais.Londrina: SBCPD, 2014., 2014.

PETERNELLA, A., DE OLIVEIRA NETO, A. M., GUERRA, N., DE OLIVEIRA, N. C., BOTTEGA, E. L., MACIEL, C. D. G. Eficiência de herbicidas na supressão de rebrote de touceiras de capim-amargoso. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 13, n. 1, p. 73-79, 2014.

PETERSON, M. A., MCMASTER, S. A., RIECHERS, D. E., SKELTON, J., STAHLMAN, P. W. 2, 4-D past, present, and future: a review. **Weed Technology**, v. 30, n. 2, p. 303-345, 2016.

POWLES, S. B.; YU, Q. Evolution in action: plants resistant to herbicides. **Annual Review of Plant Biology**, v. 61, p. 317-347, 2010.

PRESTON, C., TARDIF, F. J., CHRISTOPHER, J. T., POWLES, S. B. Multiple Resistance to Dissimilar Herbicide Chemistries in a Biotype of *Lolium rigidum* Due to Enhanced Activity of Several Herbicide Degrading Enzymes. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 54, n. 2, p. 123-134, 1996.

PROCÓPIO, S. O., PIRES, F. R., MENEZES, C. C. E., BARROSO, A. L. L., MORAES, R. V., SILVA, M. V. V., CARMO, M. L. Efeitos de dessecantes no controle de plantas daninhas na cultura da soja. **Planta Daninha**, v. 24, n. 1, p. 193-197, 2006.

RIZZARDI, M. A.; SILVA, L. Manejo de plantas daninhas eudicotiledôneas na cultura da soja RoundupReady (r). **Planta Daninha**, v. 32, n. 4, p. 683-697, 2014.

RODRIGUES, M. J., TUROZI, T. A., NETTO, A. P. C., TIMOSSI, P. C. Épocas da adubação nitrogenada relacionada à aplicação de nicosulfuron na cultura do milho. **Global Science and Technology**, v. 5, n. 1, p. 70-77, 2012.

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

SAIRAMESH, K. V., RAO, A. S., SUBBAIAH, G., RANI, P. P. Bio-efficacy of sequential application of herbicides on weed control, growth and yield of wet-seeded rice. **Indian Journal of Weed Science**, v. 47, n. 2, p. 201-202, 2015.

SAUER, M.; KLEINE-VEHN, J. Auxin binding protein1: the outsider. **The Plant Cell**, v. 23, n. 6, p. 2033-2043, 2011.

SCHULZ, B.; SEGOBYE, K. 2, 4-D transport and herbicide resistance in weeds. **Journal of Experimental Botany**, v. 67, n. 11, p. 3177-3179, 2016.

SHIMABUKURO, R. H.; WALSH, W. C.; JACOBSON, A. Aryl-O-glucoside of diclofop: a detoxication product in wheat shoots and wild oat cell suspension culture. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 35, n. 3, p. 393-397, 1987.

SILVA, A. F., CONCENÇO, G., ASPIAZÚ, I., FERREIRA, E. A., GALON, L., FREITAS, M. A. M., FERREIRA, F. A. Período anterior à interferência na cultura da soja-RR em condições de baixa, média e alta infestação. **Planta Daninha**, v. 27, n. 1, p. 57-66, 2009.

SINGH, S., BASHRI, G., SINGH, A., PRASAD, S. M. Regulation of Xenobiotics in Higher Plants: Signalling and Detoxification. In: *Plant Responses to Xenobiotics*. **Springer**, Singapore, 2016. p. 39-56.

SORENSEN, V. M.; MEGGITT, W. F.; PENNER, D. The interaction of acifluorfen and bentazon in herbicidal combinations. **Weed Science**, v. 35, n. 4, p. 449-456, 1987.

SPERRY, B. P., FERRELL, J. A., SMITH, H. C., FERNANDEZ, V. J., LEON, R. G., SMITH, C. A. Effect of sequential applications of protoporphyrinogen oxidase-inhibiting herbicides on palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) control and peanut response. **Weed Technology**, v. 31, n. 1, p. 46-52, 2017.

STRASSER, B.J.; STRASSER, R.J. Measuring fast fluorescence transients to address environmental question: the JIP test. In: MATHIS, P. (Ed.), *Photosynthesis: From Light to Biosphere*, vol. V. **Kluwer Academic Publisher**, The Netherlands, p. 977-980, 1995.

STERLING, T.M., HALL, J.C, ROE R.M. Mechanism of action of natural auxins and the auxinic herbicides. *Herbicide Activity: Toxicology*, **Biochemistry and Molecular Biology**. Amsterdam IOS Press 111 – 141, 1997.

SZABÓ, I.; BERGANTINO, E.; GIACOMETTI, G.M. Light and oxygenic photosynthesis: energy dissipation as a protection mechanism against photo-oxidation. **EMBO reports**, v. 6, n. 7, p. 629-634, 2005.

TAKANO, H. K.; JUNIOR, R. S. O.; CONSTANTIN, J.; BIFFE, D. F.; FRANCHINI, L. H. M.; BRAZ, G. B. P.; GEMELLI, A. Efeito da adição do 2, 4-D ao glyphosate para o controle de espécies de plantas daninhas de difícil controle. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 12, n. 1, p. 1-13, 2013.

TAKANO, H. K., DE OLIVEIRA JR, R. S., CONSTANTIN, J., MANGOLIM, C. A., MACHADO, M. D. F., BEVILAQUA, M. R. Spread of glyphosate-resistant sourgrass (*Digitaria insularis*): Independent selections or merely propagule dissemination. **Weed Biology and Management**, v. 18, n. 1, p. 50-59, 2018.

TARDIF, F. J.; POWLES, S. B. Effect of malathion on resistance to soil-applied herbicides in a population of rigid ryegrass (*Lolium rigidum*). **Weed Science**, v. 47, n. 3, p. 258-261, 1999.

THIEL, G., BLATT, M. R., FRICKER, M. D., WHITE, I. R., MILLNER, P. Modulation of K<sup>+</sup> channels in *Vicia* stomatal guard cells by peptide homologs to the auxin-binding protein C terminus. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 90, n. 24, p. 11493-11497, 1993.

TOLEDO, R. E. B.; PERIM, L., NEGRISOLI, E., CORRÊA, M. R., CARBONARI, C. A., ROSSI, C. V. S., VELINI, E. D. et al. Eficácia do herbicida amicarbazone aplicado sobre a palha ou no solo no controle de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, p. 319-326, 2009.

TREZZI, M. M., MATTEI, D., VIDAL, R. A., KRUSE, N. D., GUSTMAN, M. S., VIOLA, R., SILVA, H. L. (Antagonismo das associações de clodinafop-propargyl com metsulfuron-methyl e 2, 4-D no controle de azevém (*Lolium multiflorum*)). **Planta Daninha**, Viçosa. Vol. 25, n. 4 (out. /dez. 2007), p. 839-847, 2007.

TROMAS, A.; PAPONOV, I.; PERROT-RECHENMANN, C. AUXIN BINDING PROTEIN 1: functional and evolutionary aspects. **Trends in Plant Science**, v. 15, n. 8, p. 436-446, 2010.

TROPALDI, L.; VELINI, E. D., CARBONARI, C. A., ARALDI, R., CORNIANI, N., GIROTTO, M., SILVA, I. P. D. F.. Detecção da tolerância de diferentes espécies de capim-colchão a herbicidas inibidores do fotossistema II utilizando a técnica da fluorescência. **Ciência Rural**, v. 45, n. 5, p. 767-773, 2015.

TODD, B. G.; STOBBE, E. H. The basis of the antagonistic effect of 2, 4-D on diclofop-methyl toxicity to wild oat (*Avena fatua*). **Weed Science**, v. 28, n. 4, p. 371-377, 1980.

TORRA, J., ROJANO-DELGADO, A. M., REY-CABALLERO, J., ROYO-ESNAL, A., SALAS, M. L., DE PRADO, R. Enhanced 2, 4-D Metabolism in Two Resistant *Papaver rhoeas* Populations from Spain. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 1584, 2017.

VAN EERD, L. L., HOAGLAND, R. E., ZABLOTOWICZ, R. M., HALL, J. C. Pesticide metabolism in plants and microorganisms. **Weed Science**, v. 51, n. 4, p. 472-495, 2003.

VASCONCELOS, A. F. A., LIMA, R.S. Interferência de plantas daninhas sobre plantas cultivadas. **Agropecuária científica no semiárido**, v. 8, n. 1, p. 01-06, 2012.

VARGAS, L., SILVA, D. R. O., AGOSTINETTO, D., MATALLO, M. B., SANTOS, F. M., ALMEIDA, S. D. B., SILVA, D. F. P. Glyphosate influence on the physiological parameters of *Coryza bonariensis* biotypes. **Planta Daninha**, v. 32, n. 1, p. 151-159, 2014.

VIDAL, R. A. **Herbicidas: mecanismo de ação e resistência de plantas**. Porto Alegre: Palotti, 165 p., 1997.

VIDAL, R. A.; MEROTTO JR., A. Inibidores da ALS. In: VIDAL, R. A.; MEROTTO JR., A. **Herbicidologia**. Porto Alegre: Edição dos Autores, p. 15-24, 2001.

VIECELLI, M., PAGNONCELLI JR, F. B., TREZZI, M. M., CAVALHEIRO, B. M., GOBETTI, R. C. R. Response of Wheat Plants to Combinations of Herbicides with Insecticides and Fungicides. **Planta Daninha**, v. 37, 2019.

ZHANG, W., WEBSTER, E. P., BLOUIN, D. C., LEON, C. T. Fenoxaprop interactions for barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) control in rice. **Weed technology**, v. 19, n. 2, p. 293-297, 2005.

ZOBIOLE, L. H. S., KRENCHINSKI, F. H., ALBRECHT, A. J. P., PEREIRA, G., LUCIO, F. R., ROSSI, C., RUBIN, R. S. Controle de capim-amargoso perenizado em pleno florescimento. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 15, n. 2, p. 157-164, 2016.

- WANG, P., LI, H.; GEBHARDS, R. Chlorophyll fluorescence response to herbicide stress in *Alopecurus myosuroides*. **Julius-Kühn-Archiv**, n. 452, p. 57, 2016.
- WERCK-REICHHART, D.; HEHN, A.; DIDIERJEAN, L. Cytochromes P450 for engineering herbicide tolerance. **Trends in Plant Science**, v. 5, n. 3, p. 116-123, 2000.
- YADAV, A. AND MALIK, R. K. Herbicide Resistant *Phalaris minor* in Wheat—A Sustainability Issue. Resource Book. Department of Agronomy and Directorate of Extension Education, CCSHAU, Hisar, India pp. 152, 2005.
- YASUOR, H., OSUNA, M. D., ORTIZ, A., SALDAIN, N. E., ECKERT, J. W., FISCHER, A. J. Mechanism of resistance to penoxsulam in late watergrass [*Echinochloa phyllopogon* (Stapf) Koss.]. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 57, n. 9, p. 3653-3660, may, 2009.
- YU, Q., HAN, H., CAWTHRAY, G. R., WANG, S. F., POWLES, S. B. Enhanced rates of herbicide metabolism in low herbicide-dose selected resistant *Lolium rigidum*. **Plant, Cell and Environment**, v. 36, n. 4, p. 818-827, 2013.
- YU, Q., AHMAD-HAMDANI, M. S., HAN, H., CHRISTOFFERS, M. J., POWLES, S. B. Herbicide resistance-endowing ACCase gene mutations in hexaploid wild oat (*Avena fatua*): insights into resistance evolution in a hexaploid species. **Heredity**, v. 110, n. 3, p. 220, 2013.
- YU, Q., POWLES, S. Metabolism-based herbicide resistance and cross-resistance in crop weeds: a threat to herbicide sustainability and global crop production. **Plant Physiology**, v. 166, n. 3, p. 1106-1118, 2014.
- YUAN, J. S.; TRANEL, P. J.; STEWART JR, C. N. Non-target-site herbicide resistance: a family business. **Trends in Plant Science**, v. 12, n. 1, p. 6-13, 2007.
- YUSUF, M. A.; KUMAR, D.; RAJWANSHI, R.; STRASSER, R. J.; TSIMILLI-MICHAEL, M.; SARIN, N. B. Overexpression of  $\gamma$ -tocopherol methyl transferase gene in transgenic Brassica juncea plants alleviates abiotic stress: physiological and chlorophyll a fluorescence measurement. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Bioenergetics**, v. 1797, n. 8, p. 1428-1438, 2010.

## 7. APÊNDICE

### 7.1. Apêndice A: Tabelas de análise estatística das avaliações aos 7, 14, 21, 28 e 35 DAA.

**Tabela 1A.** Sintoma visual aos 7 e 14 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA) em plantas de capim-amargoso em florescimento nos experimentos EI-1 e EII-1. Seropédica/RJ, 2019.

ID	7 DAA EI		7 DAA EII		14 DAA EI		14 DAA EII	
	C/ inib.	S/ inib.	C/ inib.	S/ inib.	C/ inib.	S/ inib.	C/ inib.	S/ inib.
T	0 Ab	0 Ab	0 Af	0 Ag	0 Ag	0 Ag	0 Ae	0 Af
D	0 Ab	0 Ab	0 Af	0 Ag	0 Ag	0 Ag	0 Ae	0 Af
H	0 Ab	0 Ab	5 Ae	5 Af	22,5 Ac	15 Be	40 Ba	50 Aa
DH	5 Aa	5 Aa	5 Ae	5 Af	5 Bf	17,5 Ad	17,5 Ad	17,5 Ae
DsH	5 Aa	5 Aa	0 Af	0 Ag	5 Af	5 Af	21,2 Ad	17,5 Ae
D3H	0 Ab	0 Ab	5 Ae	5 Ag	15 Ae	15 Ae	42,5 Aa	42,5 Ab
H3D	0 Ab	0 Ab	20 Ab	20 Ab	22,5 Ac	20 Ac	45 Aa	40 Ab
D6H	0 Ab	0 Ab	0 Af	0 Ag	12,5 Ac	12,5 Ae	35 Ab	35 Ac
D12H	0 Ab	0 Ab	0 Af	5 Af	22,5 Ac	20 Ac	17,5 Bd	30 Ad
C	0 Ab	0 Ab	5 Af	5 Af	12,5 Ae	12,5 Ae	35 Ab	35 Ac
DC	5 Aa	5 Aa	22,5 Aa	22,5 Aa	30 Ab	30 Ab	35 Ab	35 Ac
DsC	5 Aa	5 Aa	5 Be	15 Ad	17,5 Ad	12,5 Be	27,5 Ac	27,5 Ad
D3C	0 Ab	0 Ab	7,5 Ad	7,5 Ae	0 Ag	0 Ag	30 Ac	35 Ac
C3D	0 Ab	0 Ab	17,5 Ac	17,5 Ac	22,5 Ac	22,5 Ac	45 Aa	25 Bd
D6C	0 Ab	0 Ab	5 Ae	5 Af	5 Af	5 Af	42,5 Aa	45 Aa
D12C	0 Ab	0 Ab	5 Ae	5 Af	45 Ba	50 Aa	40 Aa	40 Ab
CV	4,5		18,56		13,73		14,68	

Médias com letras iguais na coluna (minúsculas) ou na linha (maiúsculas) não diferem entre si pelo teste de SK a 5% de probabilidade. D – 2,4-D; s – aplicação seguida; 3, 6 e 12 – intervalo entre aplicações; C- cletodim.

**Tabela 2A.** Sintoma visual aos 7 e 14 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA) em plantas de capim-amargoso em florescimento nos experimentos EI-1 e EII-1. Seropédica/RJ, 2019.

ID	21 DAA EI		21 DAA EII		28 DAA EI		28 DAA EII	
	C/ inib.	S/ inib.	C/ inib.	S/ inib.	C/ inib.	S/ inib.	C/ inib.	S/ inib.
T	0 Ai	0 Ah	0 Ae	0 Ae	0 Ai	0 Ai	0 Ae	0 Af
D	0 Ai	0 Ah	0 Ae	0 Ae	0 Ai	0 Ai	0 Ae	0 Af
H	57,5 Ad	50 Bd	76,25 Aa	75 Ab	90 Ab	85 Bc	80 Aa	77,5 Ab
DH	10 Ak	10 Ag	53,7 Ad	55 Ad	5 Ah	5 Ah	52,5 Ad	55 Ae
DsH	10 Ak	10 Ag	63,7 Ac	62,5 Ac	10 Ag	10 Ag	65 Ac	62,5 Ad
D3H	32,5 Bh	40 Ae	61,2 Ac	66,3 Ac	48,75 Bd	58,75 Ae	67,5 Bc	75 Ab
H3D	52,5 Ae	53 Ac	75 Aa	75 Ab	42,5 Be	88,75 Ac	80 Aa	77,5 Ab
D6H	45 Af	42,5 Ae	73,7 Aa	75 Ab	92 Ab	92,5 Ab	77,5 Aa	80 Aa
D12H	87,5 Ab	52,5 Bc	70 Bb	82,5 Aa	94,5 Aa	77,5 Bd	72,5 Bb	82,5 Aa
C	20 Ai	20 Af	67,5 Ab	67,5 Ac	25 Af	25 Af	80 Aa	80 Aa

DC	65 Ac	65 Ab	60 Ac	55 Ad	96,5 Aa	98 Aa	72,5 Ab	67,5 Bc
DsC	15 Aj	10 Bg	62,5 Ac	60 Ad	10 Ag	10 Ag	65 Bc	75 Ab
D3C	0 Al	0 Ah	62,5 Ac	65 Ac	0 Ai	0 Ai	75 Ab	75 Ab
C3D	40 Bg	55 Ac	72,5 Aa	55 Bd	65 Bc	92,5 Ab	82,5 Aa	62,5 Bd
D6C	7,5 Bk	22,5 Af	70 Ab	67,5 Ac	10 Ag	10 Ag	80 Aa	80 Aa
D12C	92,5 Ba	96,5 Aa	72,5 Aa	72,5 Ab	92,5 Bb	100 Aa	80 Aa	80 Aa
CV	6,03		6,33		6,07		4,22	

Médias com letras iguais na coluna (minúsculas) ou na linha (maiúsculas) não diferem entre si pelo teste de SK a 5% de probabilidade. D – 2,4-D; s – aplicação seguida; 3, 6 e 12 – intervalo entre aplicações; C- cletodim.

**Tabela 3A.** Sintoma visual aos 35 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA) e massa seca de parte aérea (MSPA) de capim-amargoso em florescimento nos experimentos EI-1 e EII-1. Seropédica/RJ, 2019.

ID	35 DAA EI		35 DAA EII		MSPA (g) EI		MSPA (g) EII	
	C/ inib.	S/ inib.	C/ inib.	S/ inib.	C/ inib.	S/ inib.	C/ inib.	S/ inib.
T	0 Ag	0 Af	0 Af	0 Ae	17,85 Aa	17,18 Ab	16,90 Aa	17,08 Aa
D	0 Ag	0 Af	0 Af	0 Ae	19,05 Aa	18,88 Aa	13,28 Ac	14 Ab
H	100 Aa	100 Aa	85 Aa	82,5 Ab	0 Ae	0 Ae	7,36 Af	7,83 Ad
DH	0 Ag	0 Af	52,5 Ae	55 Ad	14,98 Ab	15,16 Ab	14,41 Ab	14,32 Ab
DsH	0 Ag	0 Af	67,5 Ac	67,5 Ac	11,22 Bc	14,4 Ab	12,02 Ac	10,05 Bc
D3H	57,91 Bd	68,3 Ac	73,7 Bb	85 Aa	12,33 Ac	10,08 Bc	9,98 Ae	8,17 Bd
H3D	89,3 Bc	100 Aa	85 Aa	82,5 Ab	12,36 Ac	0 Be	5,87 Af	6,92 Ad
D6H	95 Bb	100 Aa	82,5 Aa	85 Aa	5,11 Ad	0 Be	8,78 Ae	7,98 Ad
D12H	100 Aa	67,5 Bc	80 Ba	87,5 Aa	0 Be	7,05 Ad	12,17 Ac	7,85 Bd
C	15 Ae	10 Bd	85 Aa	85 Aa	11,87 Bc	15,89 Ab	10,97 Ad	10,70 Ac
DC	95 Bb	100 Aa	80 Aa	72,5 Bc	4,04 Ad	0 Be	8,77 Ae	6,60 Bd
DsC	10 Af	5 Bd	60 Bd	80 Ab	12,53 Bc	16,05 Ab	11,23 Ad	8,79 Bd
D3C	0 Ag	0 Af	82,5 Aa	80 Ab	17,70 Ba	19,88 Aa	9,42 Ae	8,43 Ad
C3D	96,5 Ab	95 Ab	82,5 Aa	67,5 Bc	0 Ae	0 Ae	6,36 Bf	8,01 Ad
D6C	10 Af	5 Be	81,2 Aa	86,2 Aa	11,46 Bc	15,87 Ab	6,28 Af	7,52 Ad
D12C	98,3 Aa	100 Aa	80 Ba	85 Aa	0 Ae	0 Ae	9,55 Be	11,33 Ac
CV	4,95		5,23		14,53		10,79	

Médias com letras iguais na coluna (minúsculas) ou na linha (maiúsculas) não diferem entre si pelo teste de SK a 5% de probabilidade. D – 2,4-D; s – aplicação seguida; 3, 6 e 12 – intervalo entre aplicações; C- cletodim.

**Tabela 4A.** Sintoma visual em plantas de capim-amargoso aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após aplicações dos herbicidas (DAA) em plantas de capim-amargoso em florescimento, submetidas aos tratamentos com misturas de malation na calda de pulverização nos experimentos EI e EII. Seropédica/RJ, 2019.

ID	7 DAA		14 DAA		21 DAA		28 DAA		35 DAA	
	EI	EII	EI	EII	EI	EII	EI	EII	EI	EII
T	0 d	0 d	0 h	0 c	0 i	0 g	0 g	0 d	0 e	0 f
D	0 d	0 d	0 h	0 c	0 i	0 g	0 g	0 d	0 e	0 f
H	0 d	5 c	22,5 b	40 a	57,5 b	76,2 a	90 b	80 a	100 a	85 a

C	0 d	5 c	12,5 d	35 a	20 e	67,5 b	25 d	80 a	12,5 c	85 a
DH	5 c	5 c	5 g	17,5 b	10 g	53,7 d	5 f	52,5 c	0 e	52,5 e
DC	5,2 b	22,5 b	30 a	35 a	65 a	60 c	96,5 a	72,5 b	95 a	80 c
DM	0 d	0 d	0 h	0 c	5 h	0 g	5 f	0 d	0 e	0 f
HM	5 c	5 c	10 e	20 b	35 d	42,5 e	60 c	72,5 b	67,5 b	81,2 b
CM	0 d	5 c	7,5 f	30 a	15 f	57,5 c	10 e	72,5 b	10 c	75 c
DHM	5 c	5 c	10 e	5 c	10 g	22,5 f	5 f	52,5 c	5 d	65 d
DCM	15 a	25 a	20 c	37,5 a	52,5 c	67,5 b	96,5 a	75 b	98 a	77,5 c
CV	2,87	12,34	14,1	28,83	8,68	6,24	7,2	5,15	7,8	4,71

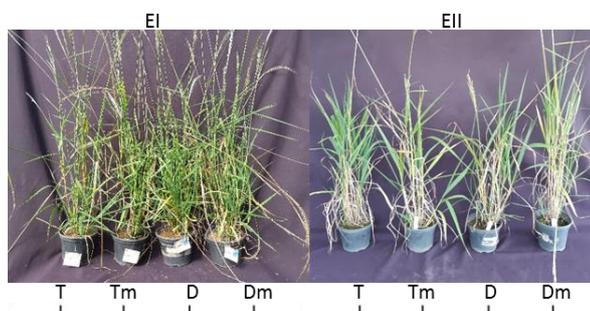
Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de SK a 5% de probabilidade. D – 2,4-D; s – aplicação seguida; 3, 6 e 12 – intervalo entre aplicações; C- cletodim.

**Tabela 5A.** Massa seca de parte aérea (MSPA), em gramas, das plantas de capim-amargoso em florescimento, submetidas aos herbicidas nos experimentos EI e EII. Seropédica, 2019.

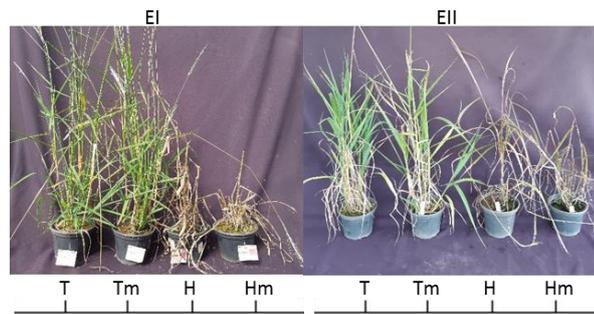
ID	MSPA (g) EI	MSPA (g) EII
T	17,85 a	16,9 a
D	19,05 a	13,28 b
H	0 f	7,36 d
C	11,87 c	10,97 c
DH	14,98 b	14,42 b
DC	4,04 e	8,77 c
DM	17,86 a	14,35 b
HM	6,28 d	9,81 c
CM	15,24 b	9,76 c
DHM	13,28 c	14,4 b
DCM	0 f	6,93 d
CV	13,94	9,24

Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de SK a 5% de probabilidade. D – 2,4-D; s – aplicação seguida; 3, 6 e 12 – intervalo entre aplicações; C- cletodim.

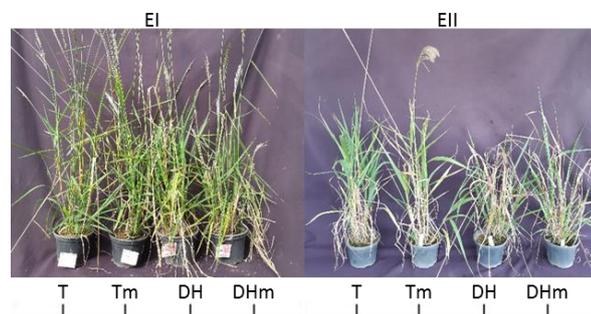
## 7.2. Apêndice B: Imagens do experimento aos 35 dias após aplicações (DAA) dos tratamentos.



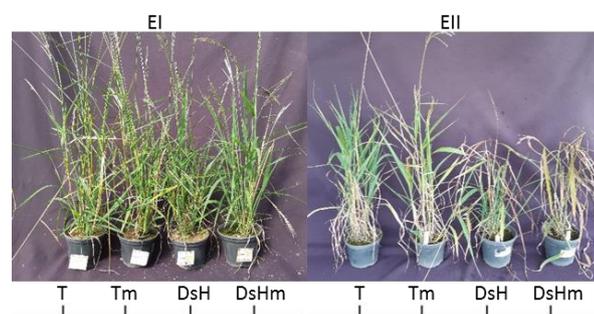
**Figura B1:** Plantas de *D. insularis* aos 35 DAA no experimento I (EI) e sua replicata (EII) dos tratamentos Testemunha (T), Malation (Tm), 2,4-D (D) e 2,4-D com malation (Dm). Seropédica/RJ, 2019.



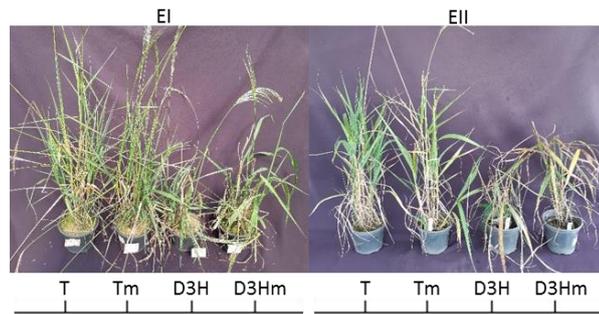
**Figura B2:** Plantas de *D. insularis* aos 35 DAA no experimento I (EI) e sua replicata (EII) dos tratamentos Testemunha (T), Malation (Tm), haloxifope (H) e haloxifope com malation (Hm). Seropédica/RJ, 2019.



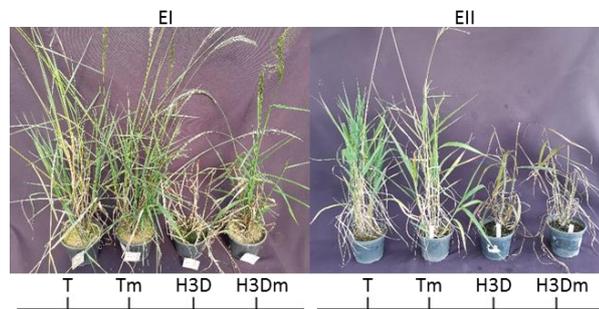
**Figura B3:** Plantas de *D. insularis* aos 35 DAA no experimento I (EI) e sua replicata (EII) dos tratamentos Testemunha (T), Malation (Tm), 2,4-D + haloxifope (DH) e 2,4-D + haloxifope com malation (DHm). Seropédica/RJ, 2019.



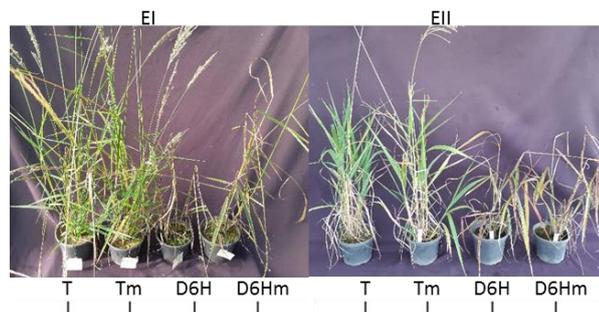
**Figura B4:** Plantas de *D. insularis* aos 35 DAA no experimento I (EI) e sua replicata (EII) dos tratamentos Testemunha (T), Malation (Tm), 2,4-D sequencial de haloxifope (DsH) e 2,4-D sequencial de haloxifope com malation (DsHm). Seropédica/RJ, 2019.



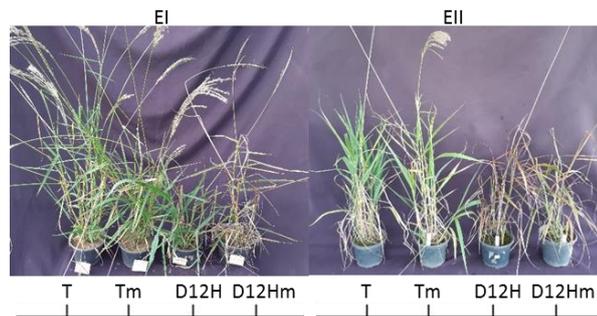
**Figura A5:** Plantas de *D. insularis* aos 35 DAA no experimento I (EI) e sua replicata (EII) dos tratamentos Testemunha (T), Malation (Tm), 2,4-D aplicado em intervalo de 3 dias antes do haloxifope (D3H) e 2,4-D aplicado em intervalo de 3 dias antes do haloxifope (D3Hm). Seropédica/RJ, 2019.



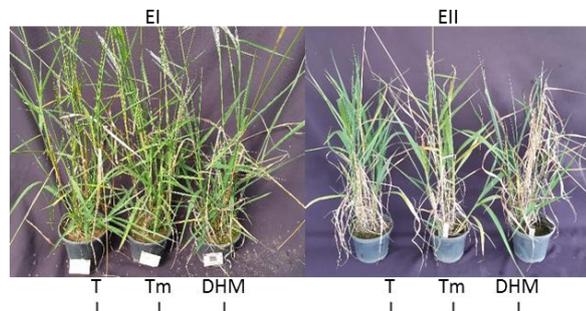
**Figura B6:** Plantas de *D. insularis* aos 35 DAA no experimento I (EI) e sua replicata (EII) dos tratamentos Testemunha (T), Malation (Tm), 2,4-D aplicado em intervalo de 3 dias depois do haloxifope (H3D) e 2,4-D aplicado em intervalo de 3 dias depois do haloxifope (H3Dm). Seropédica/RJ, 2019.



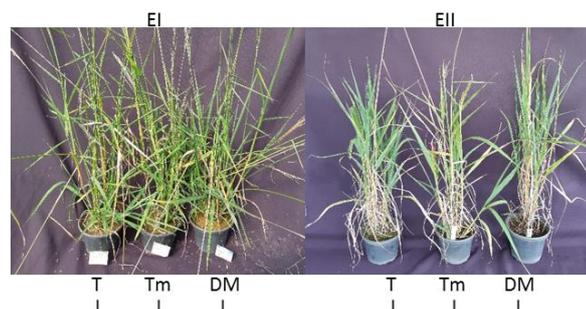
**Figura B7:** Plantas de *D. insularis* aos 35 DAA no experimento I (EI) e sua replicata (EII) dos tratamentos Testemunha (T), Malation (Tm), 2,4-D aplicado em intervalo de 6 dias antes do haloxifope (D6H) e 2,4-D aplicado em intervalo de 6 dias antes do haloxifope (D6Hm). Seropédica/RJ, 2019.



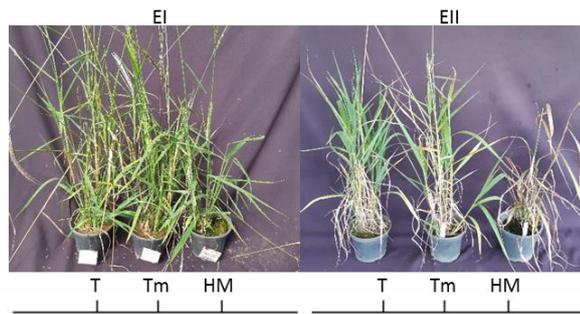
**Figura B8:** Plantas de *D. insularis* aos 35 DAA no experimento I (EI) e sua replicata (EII) dos tratamentos Testemunha (T), Malation (Tm), 2,4-D aplicado em intervalo de 12 dias antes do haloxifope (D12H) e 2,4-D aplicado em intervalo de 12 dias antes do haloxifope (D12Hm). Seropédica/RJ, 2019.



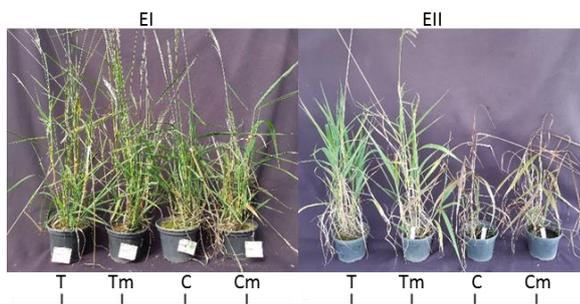
**Figura B9:** Plantas de *D. insularis* aos 35 DAA no experimento I (EI) e sua replicata (EII) dos tratamentos Testemunha (T), Malation (Tm), 2,4-D + haloxifope + malation (DHM). Seropédica/RJ, 2019.



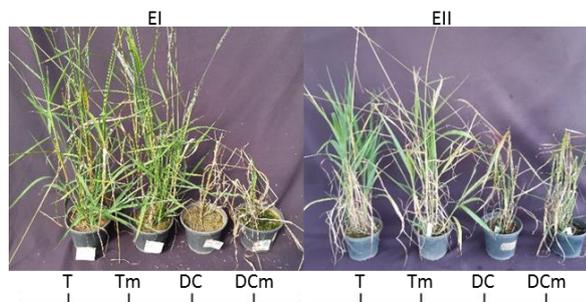
**Figura B10:** Plantas de *D. insularis* aos 35 DAA no experimento I (EI) e sua replicata (EII) dos tratamentos Testemunha (T), Malation (Tm), 2,4-D + malation (DM). Seropédica/RJ, 2019.



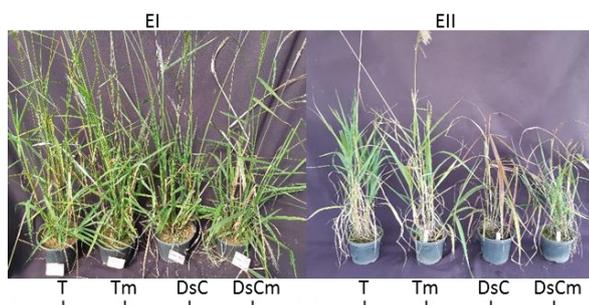
**Figura B11:** Plantas de *D. insularis* aos 35 DAA no experimento I (EI) e sua replicata (EII) dos tratamentos Testemunha (T), Malation (Tm), 2,4-D + haloxifope (HM). Seropédica/RJ, 2019.



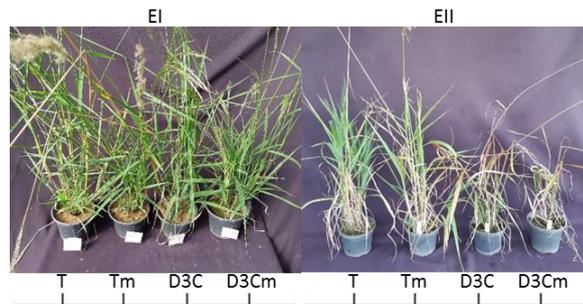
**Figura B12:** Plantas de *D. insularis* aos 35 DAA no experimento I (EI) e sua replicata (EII) dos tratamentos Testemunha (T), Malation (Tm), cletodim (C) e cletodim com malation (Cm). Seropédica/RJ, 2019.



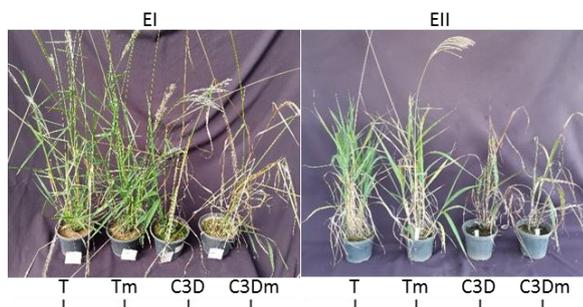
**Figura B13:** Plantas de *D. insularis* aos 35 DAA no experimento I (EI) e sua replicata (EII) dos tratamentos Testemunha (T), Malation (Tm), 2,4-D + cletodim (DC) e 2,4-D + cletodim com malation (DCm). Seropédica/RJ, 2019.



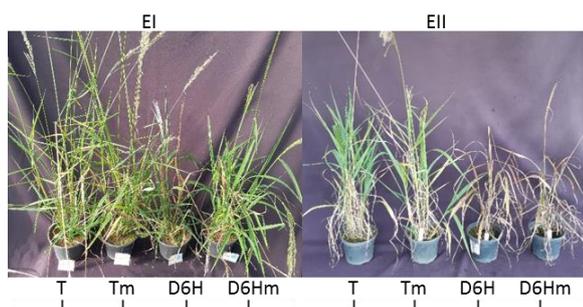
**Figura B14:** Plantas de *D. insularis* aos 35 DAA no experimento I (EI) e sua replicata (EII) dos tratamentos Testemunha (T), Malation (Tm), 2,4-D sequencial de cletodim (DsC) e 2,4-D sequencial de cletodim com malation (DsCm). Seropédica/RJ, 2019.



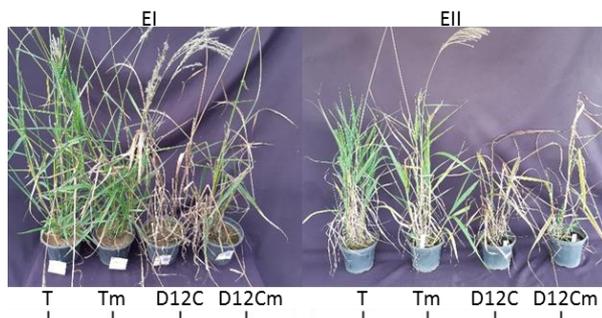
**Figura B15:** Plantas de *D. insularis* aos 35 DAA no experimento I (EI) e sua replicata (EII) dos tratamentos Testemunha (T), Malation (Tm), 2,4-D aplicado em intervalo de 3 dias antes do cletodim (D3C) e 2,4-D aplicado em intervalo de 3 dias antes do cletodim (D3Cm). Seropédica/RJ, 2019.



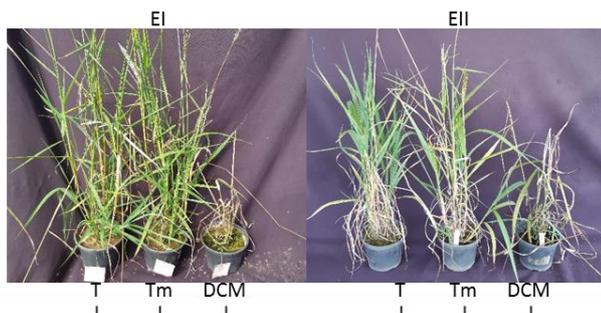
**Figura B16:** Plantas de *D. insularis* aos 35 DAA no experimento I (EI) e sua replicata (EII) dos tratamentos Testemunha (T), Malation (Tm), 2,4-D aplicado em intervalo de 3 dias depois do cletodim (C3D) e 2,4-D aplicado em intervalo de 3 dias depois do cletodim (C3Dm). Seropédica/RJ, 2019.



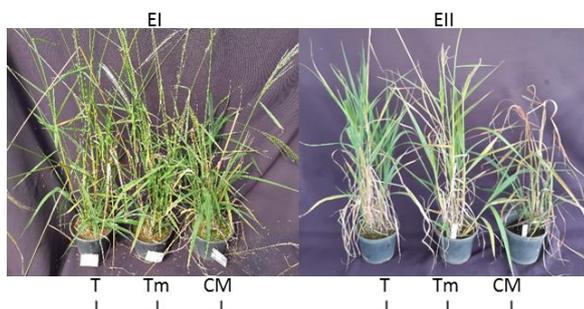
**Figura B17:** Plantas de *D. insularis* aos 35 DAA no experimento I (EI) e sua replicata (EII) dos tratamentos Testemunha (T), Malation (Tm), 2,4-D aplicado em intervalo de 6 dias antes do cletodim (D6C) e 2,4-D aplicado em intervalo de 6 dias antes do cletodim (D6Cm). Seropédica/RJ, 2019.



**Figura B18:** Plantas de *D. insularis* aos 35 DAA no experimento I (EI) e sua replicata (EII) dos tratamentos Testemunha (T), Malation (Tm), 2,4-D aplicado em intervalo de 12 dias antes do cletodim (D12C) e 2,4-D aplicado em intervalo de 12 dias antes do cletodim (D12Cm). Seropédica/RJ, 2019.



**Figura B19:** Plantas de *D. insularis* aos 35 DAA no experimento I (EI) e sua replicata (EII) dos tratamentos Testemunha (T), Malation (Tm), 2,4-D + cletodim + malation (DCM). Seropédica/RJ, 2019.



**Figura B20:** Plantas de *D. insularis* aos 35 DAA no experimento I (EI) e sua replicata (EII) dos tratamentos Testemunha (T), Malation (Tm), 2,4-D + cletodim (DC). Seropédica/RJ, 2019.