

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

DISSERTAÇÃO

Interações entre herbicidas no manejo de *Digitaria insularis* e *Conyza* spp. em áreas de produção de soja

Jéssica Ferreira Lourenço Leal

2018



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

**INTERAÇÕES ENTRE HERBICIDAS
NO MANEJO DE *Digitaria insularis* E *Conyza* spp. EM ÁREAS DE
PRODUÇÃO DE SOJA**

JÉSSICA FERREIRA LOURENÇO LEAL

Sob a Orientação da Professora
Camila Ferreira de Pinho

e Coorientação do Pesquisador
Junior Borella

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

Seropédica, RJ
Fevereiro de 2018

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

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

L433	LEAL, JÉSSICA FERREIRA LOURENÇO , 1991-
i	Interação entre herbicidas para manejo de <i>Digitaria insularis</i> e <i>Conyza</i> spp. em áreas de produção de soja / JÉSSICA FERREIRA LOURENÇO LEAL. - 1991. 51 f.
	Orientadora: Camila Ferreira de Pinho. Coorientador: Junior Borella. Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Engenharia Agrícola e Ambiental, 1991.
	1. Capim-amargoso. 2. Buva. 3. Antagonismo . 4. Sinergismo. 5. ACCase. I. Pinho, Camila Ferreira de , 1986-, orient. II. Borella, Junior, 1986-, coorient. III Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Engenharia Agrícola e Ambiental. IV. Título.

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

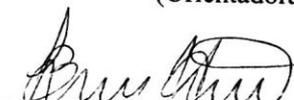
JÉSSICA FERREIRA LOURENÇO LEAL

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

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 20/02/2018



Camila Ferreira de Pinho. Dr^a. UFRRJ
(Orientadora)



Junior Borella Dr. UFRRJ
(Coorientador)



Aroldo Ferreira Lopes Machado Dr. UFRRJ



Caio Antonio Carbonari Dr. UNESP-Botucatu

DEDICÁTORIA

Ao Senhor meu Deus, que sempre me ajudou e diz: “Eu sou o Senhor, o Deus de vocês, Eu os seguro pela mão e lhes digo: Não fiquem com medo, pois Eu os ajudo.” (Isaías 41:13)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que sempre segurou minhas mãos quando precisei e me acalmava o coração quando o desespero parecia se aproximar. A Ele dou graças por tudo que tenho e sou. Me lembro do dia que orei, pelas coisas que tenho hoje!

Agradeço a minha família em especial minha mãe Maria Elenice e minha vó Maria de Lourdes pelas orações, incentivos, educação e todo amor. Ao meu tio Renato e meu irmão Rogério que desempenharam o papel de pai presente na minha vida me apoiando e educando. Agradeço a minha irmã Rayssa por ser a minha motivação, as minhas tias Sandra e Helena, meu afilhado João Pedro, meus primos Igor e Duda pelo carinho, força e confiança.

Agradeço ao Ramon, que muito me ajudou a iniciar essa jornada, me apoiando e incentivando.

Agradeço aos meus amigos de infância Janaina, Isabela, Iza, Livia, Lê, Jenifer, Ro, Gê, Dani, Lipi, Juninho, Josi, Delma, Paloma, Tiago, Andrézinho que mesmo longe sei que sempre posso contar.

Agradeço todos meus professores, em especial aos meus professores da Escola José Alves Ferreira onde minha caminhada se iniciou.

Agradeço a Deus por me dar amigos-irmãos, da Rural para vida: Amanda Souza, Bia Santos, Camila Costa, Camila Barros, Felipe Cipriano, Gabriella Borges, Jocarstea Aparecida, Mayara Rocha, Ramilton Ricardo, Samia Ribeiro, Stéfanny Aparecida, Vanessa Vital e Vivi. Vocês fazem meus dias mais alegres.

Agradeço também aos amigos de turma, cada um está seguindo seu caminho mais sei que fomos bons companheiros nessa jornada da vida acadêmica: Layzza Roberta, Aninha, Sarinha, Thay, Maranhão, Parazinho, Tonhão, Leandro, Otavio, Baiano, Bah e todos 2011-01.

Agradeço todo o grupo PDPA, em especial os que contribuíram em algum momento para realização dos estudos: André Simões, Caio, Eduarda, Eduardo, Felipe, Fernando, Gabriela, Gui, Joyce, Raysa, Luane, Marcelo, Romulo, Rubia, Monara, Sara, Thais, Hemili, Vanessa e Luane. “Juntos somos mais fortes”.

Agradeço também a Claudia Oliveira, ao meu Coorientador Junior Borella, e ao professor Aroldo Machado pelas correções, disponibilidade e boa vontade em nos ajudar. Agradeço a banca composta pelos professores Aroldo Machado e Caio Carbonari, obrigada pela disponibilidade e atenção.

A Evandro da fitotecnia e todos os funcionários, também aos funcionários da prefeitura por nos ajudar.

Agradeço a minha orientadora de longos anos Camila Pinho, agradeço por confiar em mim e me proporcionar altos voos, tenho a senhora como espelho profissional.

Agradeço também a minha linda Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental e a agência de fomento CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela bolsa e oportunidade de crescimento pessoal e profissional, por todo apoio e ajuda.

“Amigos e família, obrigada por acreditar que eu sou capaz de ser melhor, e por me amarem mesmo sabendo das minhas imperfeições.”

Agradeço aos demais que torceram por mim e tornaram esse sonho possível.

RESUMO

LEAL, Jéssica Ferreira Lourenço. **Interação entre herbicidas para manejo de *Digitaria insularis* e *Conyza* spp. em áreas de produção de soja.** 2018. 51p Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola e Ambiental). Instituto de Tecnologia, Departamento de Engenharia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2018.

Um dos grandes problemas da agricultura atual são as dificuldades de controle de plantas daninhas resistentes ao glifosato. No Brasil as espécies *Digitaria insularis* (capim-amargoso) e *Conyza* spp. (buva) vêm ocorrendo juntas e com grande agressividade nas propriedades com cultivo de soja RR. Por se tratar de uma monocotiledônea (*D. insularis*) e uma dicotiledônea (*Conyza* spp) o mecanismo de ação do herbicida empregados para controle devem ser específicos para cada espécie. A aplicação de graminicidas, inibidores da enzima acetil-CoA carboxilase), vem sendo opção de manejo do capim-amargoso resistente ao glifosato. Para buva, os herbicidas inibidores da acetolactato sintase (ALS) e os mimetizadores de auxina são eficazes. Porém, pouco se sabe sobre o uso de herbicidas com esses mecanismos de ação em aplicações sequenciais ou em misturas para controle dessas espécies. Mediante ao exposto objetivou-se nesse trabalho avaliar se há interação (aditivo, sinérgico ou antagônico) entre os herbicidas inibidores de ACCase, ALS e mimetizadores de auxinas que apresentam potencial para controle de *D. insularis* e *Conyza* spp. resistentes ao glifosato. Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação em vasos com solo na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica/RJ. Estes foram desenvolvidos em blocos casualizados com 4 repetições, divididos em 4 casos, sendo o caso I e II para o capim-amargoso em estágio de 3-4 perfilhos e florescimento e o caso III e IV para plantas de buva em estágio de 12-15 folhas. Os herbicidas utilizados foram: (H) haloxifope-p-metílico ($62,4 \text{ g ha}^{-1}$), (C) cloransulam-metílico (40 g ha^{-1}) e (2,4-D) 2,4-D sal dimetilamina (1005 g ha^{-1}) e o intervalo entre aplicação dos sequenciais foram 3, 6 e 12 dias (I_3 , I_6 I_{12}). As aplicações tiveram início quando as plantas chegaram no estágio fenológico proposto para cada espécie. Cada caso foi composto por 10 tratamentos, em replicata: para o caso I e III (testemunha; H; 2,4-D; e os sequencias H+2,4-D; H- I_3 -2,4D; H- I_6 -2,4D; H- I_{12} -2,4D; 2,4D- I_3 -H; 2,4D- I_6 -H; 2,4D- I_{12} -H) e o caso II e IV (testemunha; A; C e os sequencial H+C; H- I_3 -C; H- I_6 -C; H- I_{12} -C; C- I_3 -H; C- I_6 -H; C- I_{12} -H). Aos 7 e 35 dias (buva) e 14 e 35 dias (capim-amargoso) após a aplicação (DAA), foram realizadas análise visual de controle em ambas espécies e análise de fluorescência da clorofila *a* para o capim-amargoso. Aos 35 DAA procedeu a coleta das plantas e mensuração da massa seca de parte área e raiz. Os dados gerados nos experimentos foram submetidos a ANOVA ($p \leq 0,05$), se significativo os dados biométricos e análise visual de controle foram submetidos ao teste Tukey e os dados de fluorescência da clorofila *a* ao teste Duncan ao nível de 5% de probabilidade. Foi possível observar antagonismo entre os herbicidas avaliados no controle do capim-amargoso. O controle de 100% das plantas só foi observado em estágio de 3-4 perfilhos do capim-amargoso, quando o haloxifope foi aplicado antes do cloransulam ou 2,4-D num intervalo mínimo de 6 dias, onde foi observado interação aditiva entre os herbicidas. Em estágio de florescimento do capim-amargoso os maiores danos as plantas também foram observadas com o sequencial haloxifope /cloransulam ou 2,4-D. Para as plantas de buva houve interação aditiva em todos os tratamentos, onde foi observado 100% de controle das plantas. Portanto, em áreas infestadas com buva e capim-amargoso a recomendação é aplicar o graminicida (haloxifope) seis dias antes do latifolicida (cloransulam ou 2,4-D) para um controle efetivo das duas espécies.

Palavras-chave: Capim-amargoso, Buva, Antagonismo.

ABSTRACT

LEAL, Jéssica Ferreira Lourenço. **Interaction between herbicides and different mechanisms of action for the management of *Digitaria insularis* and *Conyza* spp in areas of soybean production.** 2018. 51p Dissertation (MSc in Agricultural and Environmental Engineering). Institute of Technology, Department of Engineering, Federal University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

One of the major problems of today's agriculture is how to control weeds that are resistant to glyphosate. Not Brazil as species *Digitaria insularis* (sourgrass) and *Conyza* spp. (fleabane) has been occurring together and with great aggression in soybean properties. Because it is a monocotyledon and a dicotyledone or mechanism of action of the herbicide used for control should be specific for each species. An application of graminicides, inhibitors of the enzyme ACCase, has been the management option of the sourgrass resistant to glyphosate. Already for fleabane the inhibitory herbicides of ALS and the auxin-mimicking are efficient. However, little is known about the use of the two mechanisms of action in sequential applications or in mixtures for species control. The objective of this study was to evaluate the interaction between synergism and antagonism between ACCase inhibitors, ALS and auxin mimics for control applications of *D. insularis* and *Conyza* spp. resistant to glyphosate. The experiments were conducted in pots with soil at the Federal University of Rio de Janeiro, Seropédica / RJ. These were developed in randomized blocks with 4 replicates, divided into 4 cases, case I and II for 3-4 field sourgrass and flowering stage, and case III and IV for construction plants in the 12-15 sheets. The herbicides used were: (A) haloxifop (62,4 g ha⁻¹), (B) chloransulam (40 g ha⁻¹) and (C) 2,4-D dimethylamine salt (1005 g ha⁻¹ sequential applications were 3, 6 and 12 days. As the applications evaluated when they are planned, there is no proposed phenological stage. Each case consisted of 10 treatments, in case I and III (control, A, C, A + C, sequential A + C and C + A with interval between applications of 3, 6 and 12 days) and the case II and IV (control A, B, A + B, sequential A + B and B + A with interval between applications of 3, 6 and 12 days). At 7 and 35 days and 14 and 35 days after application (DAA) for fleabane and sourgrass respectively, chlorophyll fluorescence and visual symptom analysis were performed and at 35 DAA the plants were collected with dry mass selection of part area and root. The data generated in the experiments were submitted to ANOVA ($p < 0.005$), if a biometric data and visual symptom data were required and submitted to the Tukey test and the chlorophyll fluorescence data to the Ducan test at the 5% probability level. It was possible to observe antagonism between herbicides administered without sourgrass control. The control of 100% of the plants was found in a stadium of 3-4 users of sourgrass, when haloxyfop was applied before chlorosulfan or 2,4-D in a minimum interval of 6 days. At flowering stage of sourgrass major damage as plants were also observed with sequential haloxifop / chloransulam or 2,4-D. On the other hand, the control herbicides without control, without control of construction plants, regardless of the range or order of application of the herbicides haloxifope and cloransulam or 2,4-D, was observed 100% control. Therefore, in areas infested with fleabane and bittergrass the recommendation is to apply the graminicide 6 days before the latifolicide for an effective control of both species.

Keywords: sourgrass. fleabane. antagonism

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Exemplo do esquema de aplicações: Primeira aplicação herbicida X e aos 3, 6 e 12 dias depois da primeira aplicação recebeu o segundo herbicida (herbicida Y), correspondente aos tratamentos 5, 6 e 7, respectivamente. Seropédica-RJ, 2017.....11
- Figura 2.** Vista frontal das plantas de capim-amargoso no estágio de 3-4 perfilhos aos 14 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA), submetidas aos herbicidas 2,4-D (A); haloxifope-p-metílico (B); sequencial aplicado no mesmo dia H+2,4D (C); sequenciais dos herbicida haloxifope-p-metílico seguido do 2,4-D (D) e 2,4-D seguido do H (E) com intervalos de 3, 6 e 12 dias entre aplicação (I3, I6 e I12). Seropédica-RJ, 2017.....17
- Figura 3.** Vista frontal das plantas de capim-amargoso no estágio de 3-4 perfilhos aos 35 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA), submetidas aos herbicidas 2,4-D (A); haloxifope-p-metílico (B); sequencial aplicado no mesmo dia H+2,4D (C); sequenciais dos herbicida haloxifope-p-metílico seguido do 2,4-D (D) e 2,4-D seguido do H (E) com intervalos de 3, 6 e 12 dias entre aplicação (I3, I6 e I12). Seropédica-RJ, 2017.....18
- Figura 4.** Intensidade de fluorescência da clorofila a obtida para a espécie *Digitaria insularis* em estágio de 3-4 perfilhos, aos 14 DAA EI-a (A) e EI-b (C) e 35 DAA EI-a (B) e EI-b (D). Parâmetros do Teste JIP obtidos após aplicação dos tratamentos 2,4D=2,4-D sal dimetilamina; H=haloxifope-p-metílico; em intervalos de aplicação de 3, 6 e 12 dias (I3, I6 e I12) entre o primeiro e segundo herbicida, expresso em relação aos valores do tratamento testemunha (valor transformado para 1). Seropédica-RJ, 2017.....21
- Figura 5.** Vista frontal das plantas de capim-amargoso no estágio de florescimento aos 14 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA), submetidas aos sequenciais dos herbicida H-haloxifope-p-metílico seguido do 2,4-D (A) e 2,4-D seguido do H (B) com intervalos de 3, 6 e 12 dias entre aplicação (I3, I6 e I12). Seropédica-RJ, 2017.24
- Figura 6.** Vista frontal das plantas de capim-amargoso no estágio de florescimento aos 35 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA), submetidas aos herbicidas 2,4-D (A); haloxifope-p-metílico (B); sequencial aplicado no mesmo dia H+2,4D (C); sequenciais dos herbicida haloxifope-p-metílico seguido do 2,4-D (D) e 2,4-D seguido do H (E) com intervalos de 3, 6 e 12 dias entre aplicação (I3, I6 e I12). Seropédica-RJ, 2017.....25
- Figura 7.** Intensidade de fluorescência da clorofila a obtida para a espécie *Digitaria insularis* em estágio de 3-4 perfilhos, aos 14 DAA EII-a (A) e EII-b (C) e 35 DAA EII-a (B) e EII-b (D). Parâmetros do Teste JIP obtidos após aplicação dos tratamentos 2,4D=2,4-D sal dimetilamina; H=haloxifope-p-metílico; em intervalos de aplicação de 3, 6 e 12 dias (I3, I6 e I12) entre o primeiro e segundo herbicida, expresso em relação aos valores do tratamento testemunha (valor transformado para 1). Seropédica-RJ, 2017.....26
- Figura 8.** Vista frontal das plantas de capim-amargoso no estágio de 3-4 perfilhos aos 14 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA), submetidas aos herbicidas H-haloxifope-p-metílico (A); C-cloransulam-metílico (B); sequencial aplicado no mesmo dia H+C (C); sequenciais dos herbicida haloxifope-p-metílico seguido do C (D) e C seguido do H (E) com intervalos de 3, 6 e 12 dias entre aplicação (I3, I6 e I12). Seropédica-RJ, 2017.....31
- Figura 9.** Vista frontal das plantas de capim-amargoso no estágio de 3-4 perfilhos aos 35 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA), submetidas aos herbicidas H-haloxifope-p-metílico (A); C-cloransulam-metílico (B); sequencial aplicado no mesmo dia H+C (C);

sequenciais dos herbicida haloxifope-p-metílico seguido do C (D) e C seguido do H (E) com intervalos de 3, 6 e 12 dias entre aplicação (I3, I6 e I12). Seropédica-RJ, 2017.....31

Figura 10. Intensidade de fluorescência da clorofila a obtida para a espécie *Digitaria insularis* em estágio de 3-4 perfilhos, aos 14 DAA EIII-a (A) e EIII-b (C) e 35 DAA EIII-a (B) e EIII-b (D). Parâmetros do Teste JIP obtidos após aplicação dos tratamentos C=Cloransulam-metílico; H=haloxifope-p-metílico; em intervalos de aplicação de 3, 6 e 12 dias (I3, I6 e I12) entre o primeiro e segundo herbicida, expresso em relação aos valores do tratamento testemunha (valor transformado para 1). Seropédica-RJ, 2017.32

Figura 11. Vista frontal das plantas de capim-amargoso no estágio de florescimento aos 14 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA), submetidas aos herbicidas aos sequenciais dos herbicida H-haloxifope-p-metílico seguido do C-clorasnsulam (A) e C seguido do H (B) com intervalos de 3, 6 e 12 dias entre aplicação (I3, I6 e I12). Seropédica-RJ, 2017.36

Figura 12. Vista frontal das plantas de capim-amargoso no estágio de florescimento aos 35 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA), submetidas aos herbicidas H-haloxifope-p-metílico (A); C-cloransulam-metílico (B); sequencial aplicado no mesmo dia H+C (C); sequenciais dos herbicida haloxifope-p-metílico seguido do C (D) e C seguido do H (E) com intervalos de 3, 6 e 12 dias entre aplicação (I3, I6 e I12). Seropédica-RJ, 2017.....36

Figura 13. Intensidade de fluorescência da clorofila a obtida para a espécie *Digitaria insularis* em estágio de 3-4 perfilhos, aos 35 DAA EIV -a (A) e EIV -b (C) e 35 DAA EIV -a (B) e EIV -b (D). Parâmetros do Teste JIP obtidos após aplicação dos tratamentos C=Cloransulam-metílico ; H=haloxifope-p-metílico; em intervalos de aplicação de 3, 6 e 12 dias (I3, I6 e I12) entre o primeiro e segundo herbicida, expresso em relação aos valores do tratamento testemunha (valor transformado para 1). Seropédica-RJ, 2017.38

Figura 14. Vista frontal das plantas de buva no estágio 12-15 folhas aos 14 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA), submetidas aos herbicidas 2,4-D (A); H-haloxifope-p-metílico (B); sequencial aplicado no mesmo dia H+2,4-D (C); sequenciais dos herbicida haloxifope-p-metílico seguido do 2,4-D (D) e 2,4-D seguido do H (E) com intervalos de 3, 6 e 12 dias entre aplicação (I3, I6 e I12). Seropédica-RJ, 2017.42

Figura 15. Vista frontal das plantas de buva no estágio 12-15 folhas aos 35 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA), submetidas aos herbicidas 2,4-D (A); H-haloxifope-p-metílico (B); sequencial aplicado no mesmo dia H+2,4-D (C); sequenciais dos herbicida haloxifope-p-metílico seguido do 2,4-D (D) e 2,4-D seguido do H (E) com intervalos de 3, 6 e 12 dias entre aplicação (I3, I6 e I12). Seropédica-RJ, 2017.43

Figura 16. Vista frontal das plantas de buva no estágio 12-15 folhas aos 14 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA), submetidas aos herbicidas C-cloransulam-metílico (A); H-haloxifope-p-metílico (B); sequencial aplicado no mesmo dia H+C (C); sequenciais dos herbicida haloxifope-p-metílico seguido do C (D) e C seguido do H (E) com intervalos de 3, 6 e 12 dias entre aplicação (I3, I6 e I12). Seropédica-RJ, 2017.46

Figura 17. Vista frontal das plantas de buva no estágio 12-15 folhas aos 35 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA), submetidas aos herbicidas C-cloransulam-metílico (A); H-haloxifope-p-metílico (B); sequencial aplicado no mesmo dia H+C (C); sequenciais dos herbicida haloxifope-p-metílico seguido do C (D) e C seguido do H (E) com intervalos de 3, 6 e 12 dias entre aplicação (I3, I6 e I12). Seropédica-RJ, 2017.47

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Descrição dos experimentos desenvolvidos, para as espécies capim-amargoso em estágio de 3-4 perfilhos ou florescimento e buva em estágio de 12-15 folhas, submetidas aos herbicidas 2,4-D e H (haloxifope-p-metílico) ou C (cloransulam-metílico) e H. Seropédica-RJ, 2017.....	9
Tabela 2. Tratamentos herbicidas utilizados com aplicações de 2,4D e haloxifope-p-metílico, sendo os dias após a aplicação (DAPA) de 3, 6 ou 12 dias entre a aplicação do primeiro e segundo herbicida. Casos I e III. Seropédica-RJ, 2017.	10
Tabela 3. Tratamentos herbicidas utilizados nos experimentos com haloxifope-p-metílico e cloransulam-metílico, sendo os dias após a aplicação (DAPA) de 3, 6 ou 12 dias entre a aplicação do primeiro e segundo herbicida. Casos II e IV Seropédica-RJ, 2017.....	10
Tabela 4. Descrição das condições climáticas no momento da aplicação do caso I e II-capim-amargoso com 3-4 perfilhos. Seropédica-RJ, 2017.....	11
Tabela 5. Descrição das condições climáticas no momento da aplicação do caso I e II-capim-margoso em pleno florescimento. Seropédica-RJ, 2017.	11
Tabela 6. Descrição das condições climáticas no momento da aplicação do caso III e IV-buva em estágio de 12-15 folhas. Seropédica-RJ, 2017.	12
Tabela 7. Principais parâmetros do Teste JIP (STRASSER et al., 2004 e adaptado de YUSUF et al., 2010). Seropédica-RJ, 2017.....	13
Tabela 8. Porcentagem de controle aos 14 e 35 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA), massa seca de parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR) de plantas de capim-amargoso no estágio de 3-4 perfilhos, submetidas aos sequenciais dos herbicidas haloxifope-p-metílico e 2,4-D sal dimetilamina; 2,4-D sal dimetilamina e haloxifope-p-metílico com intervalos de 3, 6 e 12 dias entre aplicação- Experimento I. Seropédica-RJ, 2017.	16
Tabela 9. Avaliação da interação entre os herbicidas haloxifope-p-metílico (H) e 2,4-D sal dimetilamina aplicados em diferentes intervalos de aplicação, no controle de plantas de capim-amargoso no estágio de 3-4 perfilhos. Experimento I. Seropédica-RJ, 2017.....	16
Tabela 10. Fluorescência da clorofila <i>a</i> aos 14 e 35 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA) em plantas de capim-amargoso no estágio de 3-4 perfilhos, submetidas aos sequenciais dos herbicidas haloxifope-p-metílico e cloransulam-metílico; cloransulam-metílico e haloxifope-p-metílico com intervalos de 3, 6 e 12 dias entre aplicação- Experimento I. Seropédica-RJ, 2017.	22
Tabela 11. Porcentagem de controle aos 14 e 35 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA), massa seca de parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR) de plantas de capim-amargoso no estágio de pleno florescimento, submetidas aos sequenciais dos herbicidas haloxifope-p-metílico e 2,4-D sal dimetilamina; 2,4-D e haloxifope com intervalos de 3, 6 e 12 dias entre aplicação – Experimento II. Seropédica-RJ, 2017.	23
Tabela 12. Avaliação da interação entre os herbicidas haloxifope-p-metílico (H) e 2,4-D sal dimetilamina aplicados em diferentes intervalos de aplicação, no controle de plantas de capim-amargoso no estágio de florescimento. Experimento II. Seropédica-RJ, 2017....	24
Tabela 13. Fluorescência da clorofila <i>a</i> aos 14 e 35 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA) em plantas de capim-amargoso no estágio de florescimento, submetidas aos sequenciais dos herbicidas haloxifope-p-metílico e cloransulam-metílico; cloransulam-	

metílico e haloxifope-p-metílico com intervalos de 3, 6 e 12 dias entre aplicação- Experimento II. Seropédica-RJ, 2017.....	27
Tabela 14. Porcentagem de controle aos 14 e 35 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA), massa seca de parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR) de plantas de capim-amargoso no estágio de 3-4 perfilhos, submetidas aos sequenciais dos herbicidas haloxifope-p-metílico e cloransulam-metílico; cloransulam-metílico e haloxifope-p-metílico com intervalos de 3, 6 e 12 dias entre aplicação- Experimento III.	29
Tabela 15. Avaliação da interação entre os herbicidas haloxifope-p-metílico (H) e cloransulam-metílico (C) aplicados em diferentes intervalos de aplicação, no controle de plantas de capim-amargoso no estágio de 3-4 perfilhos. Experimento III. Seropédica-RJ, 2017.	30
Tabela 16. Fluorescência da clorofila a aos 14 e 35 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA) em plantas de capim-amargoso no estágio de 3-4 perfilhos, submetidas aos sequenciais dos herbicidas haloxifope-p-metílico e cloransulam-metílico; cloransulam-metílico e haloxifope-p-metílico com intervalos de 3, 6 e 12 dias entre aplicação- Experimento III.....	33
Tabela 17. Porcentagem de controle aos 14 e 35 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA), massa seca de parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR) de plantas de capim-amargoso no estágio de pleno florescimento, submetidas aos sequenciais dos herbicidas haloxifope-p-metílico e cloransulam-metílico; cloransulam-metílico e haloxifope-p-metílico com intervalos de 3, 6 e 12 dias entre aplicação- Experimento EIV.....	35
Tabela 18. Avaliação da interação entre os herbicidas haloxifope-p-metílico (H) e cloransulam-metílico (C) aplicados em diferentes intervalos de aplicação, no controle de plantas de capim-amargoso no estágio de florescimento. Experimento IV. Seropédica-RJ, 2017.	35
Tabela 19. Fluorescência da clorofila a aos 14 e 35 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA) em plantas de capim-amargoso no estágio de florescimento, submetidas aos sequenciais dos herbicidas haloxifope-p-metílico e cloransulam-metílico; cloransulam-metílico e haloxifope-p-metílico com intervalos de 3, 6 e 12 dias entre aplicação- Experimento IV.	39
Tabela 20. Porcentagem de controle aos 7 e 35 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA), massa seca de parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR) de plantas de buva no estágio de 12-15 folhas, submetidas aos sequenciais dos herbicidas haloxifope-p-metílico e 2,4-D; 2,4-D-metílico e haloxifope-p-metílico com intervalos de 3, 6 e 12 dias entre aplicação- Experimento V.	41
Tabela 21. Avaliação da interação entre os herbicidas haloxifope-p-metílico (H) e 2,4-D aplicados em diferentes intervalos de aplicação, no controle de plantas de buva no estágio de 12-15 folhas. Experimento V. Seropédica-RJ, 2017.	41
Tabela 22. Porcentagem de controle aos 7 e 35 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA), massa seca de parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR) de plantas de buva em estágio de 12-15 folhas, submetidas aos sequenciais dos herbicidas haloxifope-p-metílico e cloransulam-metílico; cloransulam-metílico e haloxifope-p-metílico com intervalos de 3, 6 e 12 dias entre aplicação- Experimento VI.	45
Tabela 23. Avaliação da interação entre os herbicidas haloxifope-p-metílico (H) e cloransulam-metílico (C) aplicados em diferentes intervalos de aplicação, no controle de plantas de buva no estágio de 12-15 folhas. Experimento VI. Seropédica-RJ, 2017.....	45

Tabela 24: Estimativa em reais dos custos dos herbicidas haloxifope-p-metílico, cloransulam-metílico e 2,4-D sal dimetilamina utilizados no controle de plantas de capim-margoso e buva. Seropédica, 2017.	48
Tabela 25. Estimativa em reais dos custos das misturas ou sequenciais dos herbicidas haloxifope-p-metílico, cloransulam-metílico e 2,4-D sal dimetilamina utilizados no controle de plantas de buva e capim-amargoso. Seropédica, 2017.	48

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	2
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	9
3.1 Material vegetal e condições de cultivo.....	9
3.2 Análise visual e de fluorescência da clorofila <i>a</i>	12
3.3 Massa seca de plantas.....	14
3.4 Delineamento e análise estatística.....	14
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	15
4.1 CASO I: Interação entre os herbicidas haloxifope-p-metílico e 2,4-D para controle de capim-amargoso em estágio fenológico de 3-4 perfilhos (EI-a e EI-b) e florescimento (EII-a e EII-b).....	15
4.2 CASO II: Interação entre os herbicidas haloxifope-p-metílico e cloransulam-metílico para controle de capim-amargoso em estágio fenológico de 3-4 perfilhos (EIII-a e EIII-b) e florescimento (EIV-a e EIV-b).....	28
4.3 CASO III: Interação entre os herbicidas haloxifope-p-metílico e 2,4-D para controle de buva em estágio fenológico de 12-15 folhas (EV-a e EV-b).....	40
4.4 CASO IV: Interação entre os herbicidas haloxifope-p-metílico e cloransulam-metílico para controle de buva em estágio fenológico de 12-15 folhas (EVI-a e EVI-b).....	44
5 ESTIMATIVA DE CUSTOS.....	48
6 CONCLUSÃO.....	50
7 REFERÊNCIAS.....	51

1 INTRODUÇÃO

A soja é uma cultura de grande importância econômica para o Brasil. Porém, atualmente plantas daninhas de difícil controle vêm ocasionando grandes problemas no sistema de produção, dentre essas merecem destaque o capim-amargoso (*Digitaria insularis*) e a buva (*Conyza* spp.).

O método mais utilizado para controle de plantas daninhas na soja é o método químico. A partir da introdução da soja transgênica resistente ao glifosato (inibidor da enzima enol-piruvilshiquimato-3-fosfato sintase – EPSPs), esse método foi ainda mais intensificado. O uso de um mesmo mecanismo de ação em pré e pós-plantio da cultura, a utilização intensiva do glifosato em sistemas conservacionistas de solo, e seu amplo espectro de uso, foram fatores que levaram a pressão de seleção de biótipos resistentes a esta molécula.

No Brasil estão registrados oito casos de plantas daninhas resistentes ao glifosato, merecendo destaque as espécies buva e capim-amargoso (HEAP, 2018). Essas duas espécies são um dos grandes problemas relatados por agricultores no país, pois vêm sendo observado dificuldade no manejo das espécies isoladas, fato que é agravado quando ambas as espécies estão presentes na mesma área. Por se tratar de uma monocotiledônea e uma dicotiledônea o controle químico deve ser específico para cada espécie.

Enquanto que para o capim-amargoso resistente ao glifosato o controle baseia-se principalmente nos herbicidas inibidores da enzima ACCase (acetil-coenzima A carboxilase), para a buva resistente bons resultados de controle são observados através do uso de herbicidas inibidores da enzima ALS (acetolactato sintase) e o 2,4-D (mimetizador de auxina). Porém, pouco se sabe sobre o resultado de aplicações sequenciais ou em misturas destes herbicidas para controle dessas espécies quando presentes na mesma área.

A associação ou mistura de herbicidas, baseia-se na utilização simultânea ou sequencial de dois ou mais herbicidas aplicados sobre a mesma área ou cultura. Essa associação produz uma interação dos herbicidas, que pode gerar efeito sinérgico, aditivo ou antagônico em relação ao efeito de cada herbicida utilizado isoladamente. Diante do exposto, alguns estudos relatam efeitos antagônicos quando herbicidas para controle de monocotiledôneas são aplicados juntamente ou após os herbicidas para controle de dicotiledôneas. Entretanto, o efeito resultante pode ser maximizado ou minimizado conforme o intervalo entre as aplicações dos herbicidas adotados no sistema.

Com base no exposto, o objetivou-se no presente trabalho diferentes intervalos de aplicação entre os herbicidas haloxifope-p-metílico e cloransulam-metílico ; e haloxifope-p-metílico e 2,4-D, em dois diferentes estádios fenológicos da espécie *Digitaria insularis* e um estádio de *Conyza* spp, de modo a determinar a ordem de aplicação dos herbicidas e o melhor intervalo entre aplicações, para obter controle satisfatório das plantas daninhas em áreas com diagnóstico ou suspeita de resistência ao glifosato.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nas últimas décadas, a introdução de novas tecnologias na agricultura levou a um aumento na produção mundial de grãos de soja (*Glycine max* L. Merrill). Dentre essas novas tecnologias que auxiliaram a expansão da soja destacam-se o uso do plantio direto e de cultivares transgênicas.

O Brasil é o maior exportador e o segundo maior produtor mundial de soja, atrás apenas dos Estados Unidos. Segundo a CONAB (2017), a área plantada da oleaginosa na safra de 2017, cresceu 2%, saindo de 33.251,9 milhões de hectares na safra 2015/16, para 33.914,9 milhões em 2016/2017, e a produção avançou de 95.434,6 milhões para 114.095,8 milhões de toneladas, respectivamente.

O crescimento, desenvolvimento e a produtividade da soja são influenciados por diversos fatores, sendo um deles a interferência causada pelas plantas daninhas. O conceito de planta daninha engloba toda e qualquer planta que ocorre onde não é desejada (PITELLI et al., 1987) interferindo nas atividades do homem, e que quando presentes em agroecossistemas interferem com as culturas ocasionando danos econômicos. As plantas daninhas são dotadas de características que lhe são peculiares e que interferem na estratégia de seu manejo. A presença dessas plantas reduz a eficiência agrícola, aumenta os custos de produção e diminui a qualidade do produto final, reduzindo seu valor comercial e ainda dificulta ou até impede a colheita (VASCONCELOS et al., 2012).

Os métodos normalmente utilizados para controlar as plantas daninhas são o mecânico, o físico, o químico e o cultural, sendo o químico o mais empregado. Isso se dá devido à economia, rendimento operacional elevado e controle rápido das plantas daninhas (BUENO et al., 2013).

A introdução da tecnologia da soja transgênica (Roundup Ready®- RR), que foi liberada no Brasil em 2005, é baseada na inserção do gene CP4 da *Agrobacterium* sp. na planta conferindo insensibilidade a enzima 5-enol-piruvilshiquimato-3-fosfato sintase (EPSPs) e tornando a planta tolerante ao glifosato.

O glifosato (N-fosfometil glicina) é um herbicida não seletivo, possui amplo espectro de ação, é pós-emergente, sistêmico e translocado pelo floema e xilema, sendo essa última característica uma das mais importantes para o manejo de plantas de difícil controle. Atua inibindo a enzima EPSPs, na rota de síntese dos aminoácidos aromáticos essenciais, como a fenilalanina, tirosina e triptofano, precursores de outros produtos, como lignina, alcaloides, flavonoides, promotores e inibidores de crescimento, entre outros (DUKE e POWLES, 2008; LIU e CAO, 2015).

A transgenia permitiu o uso do glifosato em pós-emergência da soja sem afetar a cultura. Isso significou para os produtores a oportunidade de controlar as plantas daninhas de forma fácil, eficiente e relativamente a baixo custo. Entretanto, o uso de herbicidas de forma intensiva e indiscriminada, é um dos fatores que levam a pressão de seleção de biótipos resistentes. Considera-se biótipo, como um grupo de indivíduos com carga genética semelhante, porém pouco diferenciado da maioria dos indivíduos da população (KISSMANN, 1996). No caso de plantas daninhas resistentes a herbicidas essa diferenciação é importante pois não é possível generalizar a resistência para todos indivíduos da espécie.

A resistência de plantas daninhas aos herbicidas é um tópico de crescente preocupação na agricultura. A Weed Science Society of America (1998), define resistência como a ocorrência natural da habilidade hereditária de alguns biótipos, dentro de uma população, sobreviver e se reproduzir após o tratamento com um herbicida que seria letal aos demais indivíduos desta população. No mundo estão registradas 253 espécies de plantas daninhas resistentes. Estas desenvolveram resistência a 23 dos 26 sítios de ação conhecidos

totalizando 163 diferentes herbicidas (HEAP, 2018). No Brasil, são relatadas 49 plantas daninhas resistentes a herbicidas. Destas, oito são resistentes ao glifosato: *Conyza bonariensis*, *Conyza canadensis*, *Conyza sumatrensis*, *Digitaria insularis*, *Chloris elata*, *Lolium perenne* e os últimos casos registrados foram *Amaranthus palmeri* e *Eleusine indica* em 2015 e 2016, respectivamente (HEAP, 2018).

Algumas práticas favorecem o surgimento de biótipos resistentes: ciclo de vida curto das plantas daninhas, elevada produção de sementes, baixa dormência de sementes, várias gerações reprodutivas por ano, extrema susceptibilidade a um determinado herbicida e grande diversidade genética; e mecanismo de ação e residual no solo, a não rotação de culturas, não rotação de mecanismos de ação, utilização de sub-doses e aplicações malsucedida (SWANTON et al., 2015).

Em média, 15 % da produção mundial de grãos é perdida devido à existência de plantas daninha nas lavouras, pois essas espécies competem com a cultura por água, luz e nutrientes (UNIVERSO AGRO, 2018). Estudos realizados em 2017, nas principais regiões produtoras do Brasil, avaliaram que os custos de produção em lavouras de soja com plantas daninhas resistentes ao glifosato podem subir, em média, de 42% a 222%, principalmente pelo aumento de gastos com herbicidas e pela perda de produtividade da soja. Em áreas com infestações isoladas de buva e de azevém os valores sobem, em média, entre 42% e 48% respectivamente, e até 165% se houver capim-amargoso resistente (ADEGAS et al., 2017). O cenário é ainda pior em casos de infestações de buva e capim-amargoso na mesma área de produção com aumento médio de 222%.

O capim-amargoso (*Digitaria insularis*) pertence à família Poaceae e, é uma espécie nativa de regiões tropicais e subtropicais da América, uma planta perene, herbácea, entouceirada, ereta, rizomatosa, de colmos estriados, com 50 a 100 cm de altura e com metabolismo fotossintético C₄ (KISSMANN E GROTH, 1997; LORENZI, 2000). Se reproduz tanto por rizomas quanto por sementes, além de apresentar alto índice de dispersão de sementes pelo vento, o que atribui sua rápida disseminação (MACHADO et al., 2006). Esta espécie apresenta crescimento inicial lento até aproximadamente 45 dias após a emergência (DAE) e dos 45 aos 105 DAE o seu crescimento é acelerado, apresentando aumento exponencial de matéria seca (MACHADO et al., 2006). Esse incremento de massa, principalmente no que condiz a raízes se dá, em parte, devido a formação do seu órgão de reserva (GEMELLI et al., 2012), que possibilita a planta a rebrotar e formar touceiras. A emissão de inflorescências ocorre entre os 63 e 70 DAE (MACHADO et al., 2006).

Brotações de *D. insularis* originadas de rizomas são mais difíceis de serem controladas com o glifosato, isso se dá provavelmente devido a elevadas quantidades de amido encontradas na planta do capim-amargoso, ocasionando uma menor translocação do herbicida no interior da planta o que a torna uma espécie de difícil controle (TUFFI SANTOS et al. 2004; MACHADO et al., 2008). Além disso, o capim-amargoso possui alto potencial de germinação em uma faixa grande de fotoperíodo, ou mesmo na ausência de luz, podendo então apresentar altas taxas de germinação em diversos períodos do ano. Isso é um dos fatores que também explica a sua ampla distribuição geográfica (MARTINS et al., 2013).

Trata-se de uma planta de grande potencial infestante, devido ao seu desenvolvimento rápido e agressivo, seu tipo de reprodução e sua capacidade de formar touceiras.

Atualmente já foi registrado resistência de *D. insularis* ao herbicida glifosato na Argentina, Paraguai e Brasil. No Brasil, os primeiros relatos de seleção de populações de *D. insularis* resistentes ao glifosato foram observados no Paraná em 2008. Em 2016 foi também relatado o primeiro caso de resistência cruzada do capim-amargoso aos herbicidas fenoxaprop e haloxyfop-p-metilico, ambos pertencentes ao mecanismo de ação ACCase (HEAP, 2018).

O controle químico de *D. insularis* em pré-emergência apresenta alta eficiência (GEMELLI et al., 2012; PALARO et al., 2013). Existem vários herbicidas com diferentes

mecanismos de ação que apresentam eficácia durante essa fase inicial, sendo eles os inibidores de divisão celular, inibidores do fotossistema II, inibidores da síntese de carotenoides, inibidores da enzima ALS e inibidores da protoporfirinogênio IX oxidase (PROTOX) (GEMELLI et al., 2012).

Atualmente, existem poucos herbicidas para aplicações em pós-emergência, se restringindo aos inibidores de síntese de carotenoides, inibidores de ACCase, EPSPs e Fotossistema I, sendo os três primeiros de caráter sistêmico e o último de contato (GEMELLI et al., 2012). Dentre estes mecanismos de ação apenas os inibidores da EPSPs e os da ACCase apresentam capacidade de translocar até os rizomas (GEMELLI et al., 2012; PALARO et al., 2013). Portanto a alternativa mais eficaz para controle de *D. insularis* resistente ao glifosato é a utilização de inibidores da enzima ACCase.

Para Melo et al., (2012) e Carpejani et al., (2013) o controle eficaz de capim-amargoso, se dá pela aplicação de glifosato combinado com os herbicidas inibidores da enzima ACCase (cletodim, fluazifope, fenoxaprope, tepraloxidim, cletodim+fenoxaprope e haloxifope-p-metílico).

Assim como o capim-amargoso, outra planta daninha que vem causando grandes problemas no sistema de produção agrícola de soja do Brasil e que se adaptou bem ao sistema de plantio direto é a buva (*Conyza* spp). Dentre o gênero *Conyza* as espécies que vêm sendo mais estudadas devido ao seu caráter invasivo são *Conyza canadensis*, *C. bonariensis* e *C. sumatrensis*. Basicamente as espécies podem ser diferenciadas morfológicamente pela inserção das inflorescências e a margem das folhas, existindo outras características que também contribuem para a diferenciação (KISSMANN & GROTH, 1997).

A buva é uma planta daninha de folha larga com ciclo anual, pertence à família *Asteraceae* e encontra-se disseminada globalmente em climas temperados e zonas subtropicais (THEBAUD e ABBOTT, 1995). No Brasil é considerada uma das principais plantas daninhas em lavouras de soja, fato que se dá principalmente devido a sua boa adaptabilidade nos sistemas conservacionistas do solo, capacidade de autopolinização e grande produção de sementes que são facilmente dispersas pelo vento e pela água.

As espécies de *Conyza* spp. possuem reprodução autógama e a propagação se dá unicamente através de semente. São plantas muito prolíficas, com produções de sementes maiores que 375.000 por planta em *Conyza bonariensis*, 200.000 em *C. canadensis* e mais de 60.000 em *C. sumatrensis* (GREEN, 2010). As sementes não têm dormência e germinam prontamente quando em condições favoráveis de temperatura, luz e umidade. A habilidade de autopolinização da espécie aliada à grande produção de sementes facilmente dispersáveis são fatores que podem contribuir para a boa adaptabilidade ecológica, para a sobrevivência de biótipos resistentes de buva e para as altas infestações nos sistemas conservacionistas de solo (MOREIRA et al., 2007). A emergência dessa planta daninha concentra-se no período do final do outono e início primavera, que coincide com o período de pousio ou plantio de inverno (TOZZI et al., 2014) o que favorece o estabelecimento dessa planta em áreas produtivas quando não há manejo ortogonal.

A buva pode reduzir a produtividade da soja em até 48% dependendo da densidade por metro quadrado (GAZZIERO et al., 2010; BLAINSKI et al., 2015). Para Trezzi e Vidal (2015) plantas de *Conyza bonariensis* podem reduzir o rendimento de soja em 36%, 12% e 1,0%, quando estabelecidas em 81, 38 e 0 dias antes da semeadura da soja, respectivamente.

Em vários países foi relatada a resistência de biótipos de *Conyza* para diversos herbicidas, entre eles mencionam-se: glifosato, paraquat, diquat, atrazina, simazina, clorimuron, clorsulfuron, cloransulam-metílico, imazapir, metribuzim, piritiobaque, sulfometurom, diurom, saflufenacil, iodossulfurom e metsulfurom (HEAP, 2018).

No Brasil, o primeiro relato de *Conyza* spp resistente ao glifosato foi no Rio Grande do Sul em 2005 (LAMEGO e VIDAL, 2008). Após a resistência de buva ao glifosato, o uso de

herbicidas inibidores da ALS passou a ser empregados amplamente para controle dessa espécie em soja. Como resultado da alta pressão de seleção exercida pelos herbicidas inibidores da ALS, em 2011, foram identificados biótipos de buva com resistência múltipla ao glifosato e aos inibidores da ALS (SANTOS et al., 2014). O caso se agravou em 2016 e 2017, onde foi registrado resistência da buva ao herbicida paraquat e saflufenacil e resistência múltipla aos herbicidas clorimurrom, glifosato e paraquat (HEAP, 2018).

Atualmente, as recomendações de manejo de áreas infestadas com buva resistente ao glifosato visam o rápido controle, de modo que os biótipos não cheguem à produção de sementes. Com isso, o ideal é o controle dessa planta daninha em estágio fenológico inicial quando há mais opções de manejo. Santos et al., (2015) obtiveram bons resultados para controle de buva resistente a EPSPs, em estágio fenológico de sete a oito folhas, com os herbicidas paraquat + diurom; amônio-glufosinato; 2,4-D; tembotriona e tembotriona + atrazina. Também vem se notando bons resultados no controle de buva resistente utilizando as misturas do glifosato com os herbicidas 2,4-D (MOREIRA et al., 2007; SANTOS et al., 2015), metsulfurom (ALS) ou metribuzim (Fotossistema II) (MOREIRA et al., 2007), e associação glifosato+2,4-D seguido do tratamento diurom+paraquat (LAMEGO et al., 2013).

Os herbicidas 2,4-D+glifosato são muito utilizados em dessecação de áreas, principalmente quando há espécies de difícil controle como erva-quente (*Spermacoce latifolia*), trapoeraba (*Commelina benghalensis*), poaia (*Richardia brasiliensis*), leiteiro (*Euphorbia heterophylla*), corda-de-viola (*Ipomea grandifolia*) e buva (*Conyza* spp.) (TAKANO et al., 2013). Já em pós-emergência da soja, tem sido recomendado o herbicida clorimurrom (VARGAS et al., 2009; BRESSANIN et al., 2014) e o cloransulam-metílico (VARGAS et al., 2009; BLAINSKI et al. 2015) para controle da buva resistente ao glifosato, ambos inibidores da enzima ALS.

Atualmente em uma área infestada por buva e o capim-amargoso, resistentes ao herbicida glifosato, deve-se utilizar a mistura ou sequencial de um herbicida gramínico e um latifoliar.

Os herbicidas inibidores da ACCase são utilizados para o controle de plantas daninhas gramíneas (família Poaceae), perenes e anuais, em condição de pós-emergência. Os inibidores de ACCase são comumente seletivos para dicotiledôneas. Estes herbicidas agem de forma reversível e não-competitiva sobre a enzima ACCase reduzindo a capacidade das plantas em produzir malonil-coenzima A, o que resulta no impedimento da formação de ácidos graxos e, por consequência, de lipídeos. Os lipídeos são constituintes essenciais das membranas plasmáticas das células e organelas, de forma que sua carência provoca transtornos sobre a permeabilidade celular e, posteriormente, o rompimento da estrutura das membranas (LOPEZ-OVEJERO, 2016). Para Marca et al., (2015), os herbicidas inibidores da ACCase têm como vantagens o fato de serem seletivos a cultura da soja, e de também auxiliarem no controle de biótipos de capim-amargoso resistentes ao herbicida glifosato.

Os inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS), podem ser utilizados em pré e pós-emergência com vias de absorção radicular e foliar, já que há ingredientes ativos com translocação tanto pelo xilema como pelo floema. Trata-se de uma enzima chave na biossíntese de aminoácidos essenciais de cadeia ramificada: valina, leucina e isoleucina. A paralisação da síntese desses aminoácidos, levam a uma interrupção na divisão celular e consequente paralisação do crescimento da planta (VARGAS et al., 2016).

Já os herbicidas auxínicos, tal como o ácido 2,4-diclorofenoxyacético, são amplamente utilizados para controlar plantas daninhas dicotiledôneas (MITHILA et al., 2011) e são conhecidos como reguladores de crescimento. É um herbicida de ação em pós-emergência das plantas daninhas, podendo ser aplicado em pré-plantio para dessecação. O 2,4-D em baixas concentrações, promove efeitos fisiológicos e bioquímicos similares aos do ácido indol-3-acético (AIA), principal hormônio natural presente nas plantas. Quando aplicado como

herbicida, as auxinas sintéticas causam os efeitos de deformação e de inibição de crescimento (CHRISTOFFOLETI et al., 2015; RODRIGUES e ALMEIDA, 2011).

A utilização simultânea ou sequencial de dois ou mais herbicidas com diferentes mecanismos de ação vem sendo cada vez mais empregada na agricultura e representa um avanço nas estratégias de controle das plantas daninhas, é uma prática útil que é amplamente utilizada de modo a aumentar o espectro de controle, melhorar a eficácia dos herbicidas combinados, retardar o desenvolvimento de resistência das plantas, além de reduzir o custo de controle das plantas daninhas (DAMALAS et al., 2004).

GAZZIERO (2015) diagnosticou que a mistura de agrotóxicos no tanque do pulverizador, embora ainda restrita, é uma prática usual e vem sendo empregada nos mais diversos sistemas de produção agrícola do Brasil, representado 97% dos casos analisados. No entendimento da AENDA (Associação Brasileira dos Defensivos Genéricos) (2011) a mistura em tanque não é proibida e pode ser praticada pelo agricultor, sob sua responsabilidade. Em 28 de dezembro de 2017 foi publicada uma portaria de número 148 Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) que visa a liberação da mistura de tanque de agrotóxicos, a portaria está sob Consulta Pública por 60 dias (AGROLINK, 2018).

A resposta da mistura ou sequencial de herbicidas, pode ter efeito antagônico, sinérgico ou aditivo. Quando o efeito da mistura/sequencial é maior que a esperada quando estes herbicidas são utilizados separadamente, a mistura é sinérgica; quando é menor que a esperada é antagônica; já os efeitos aditivos ocorrem quando o efeito dos herbicidas em mistura é igual à soma dos seus efeitos quando aplicados separados (COLBY, 1967). Interações nas misturas de herbicidas podem ocorrer antes, durante ou após a aplicação. Isto significa que os herbicidas podem interagir fisicamente ou quimicamente na solução de pulverização ou biologicamente na planta (ZHANG et al., 1995). As interações negativas entre herbicidas em misturas ou sequencial pode ser atribuído a mudanças na quantidade de um herbicida que atinge seu sítio de ação através de mudanças na absorção, translocação ou metabolismo causada pela presença do outro herbicida; a interação entre os herbicidas pode vir a afetar a ligação de um ou outro herbicida no seu local de ação; interação entre herbicidas que podem vir a levar compostos inativos ou um aumento da taxa e metabolismo (MUELLER et al., 1990; BARNES & OLIVER, 2004; MATZENBACHER et al., 2015). Cerca de 80% das interações antagônicas ocorrem em espécies da família Poaceae (gramíneas) (ZHANG et al., 1995; DAMALAS et al., 2004).

Quando há efeito sinérgico na mistura de herbicidas, geralmente as taxas de aplicação podem ser reduzidas. Porém a diminuição da dose dos herbicidas em mistura pode ocasionar uma pressão de seleção de outras plantas daninhas resistentes (RICHTER et al., 2016). No caso do antagonismo, onde a atividade da mistura é reduzida, maiores taxas de aplicação do herbicida afetado são necessárias, o que nem sempre resulta no controle eficiente das plantas daninhas (COSTA et al. 2014; UNDERWOOD et al., 2016).

A interação ideal entre herbicidas seria aquela que exibe atividade aprimorada em espécies alvo de plantas daninhas e seletividade para culturas de interesse. No entanto, isso é difícil de prever uma vez que o comportamento de cada herbicida na mistura é muitas vezes influenciado pela presença de outro herbicida, além do que a atividade da mistura também pode variar consideravelmente dependendo da espécie de plantas, estágio fenológico e condições ambientais (DAMALAS et al., 2004).

Interações antagônicas entre herbicidas frequentemente causam ineficiência no controle de plantas daninhas. Em contrapartida interações sinérgicas podem auxiliar o manejo de plantas daninhas aumentando o espectro de controle e reduzindo custos. A associação entre diferentes herbicidas em mistura ou em sequencial, é dependente das doses utilizadas, das espécies vegetais, da época de aplicação, do estágio de desenvolvimento da planta e da compatibilidade bioquímica entre os mecanismos de ação dos herbicidas. Com isso, tornam-se indispensáveis

pesquisas sobre as prováveis interações entre herbicidas e sua eficácia de controle (VIEIRA JUNIOR et al. 2015).

Sabendo que o controle de capim-amargoso e buva, resistentes ao glifosato, na mesma área de produção só é possível mediante o uso de dois ou mais mecanismos de ação (ACCase + ALS ou 2,4-D), é crucial o entendimento sobre a interação dos herbicidas desses mecanismos de ação.

Foi observado existência de antagonismo entre os herbicidas clodinafope e 2,4-D para controle de *Lolium multiflorum* (TREZZI et al., 2007); 2,4-D e diclofop no controle de *L. rigidum* (HAN et al., 2013) e cletodim e dicamba no controle de milho voluntário (UNDERWOOD et al., 2016). Há poucos casos de sinergismo entre os herbicidas do mecanismo de ação mimetizador de auxina e ACCase em gramíneas. A mistura de 2,4-D e haloxifope-p-metílico ou cletodim e dicamba são sinérgicas no controle de milho voluntário (estádio V5) quando o graminicida é aplicado na maior dose de bula (MACIEL et al., 2013; COSTA et al., 2014). No entanto, Abit et al., (2011) observou efeito antagônico entre os herbicidas quizalofope e 2,4-D no controle de *Digitaria sanguinalis* e efeito sinérgico no controle de *Amaranthus palmeri*. As aplicações de 2,4-D, podem aumentar o metabolismo de monocotiledôneas (PETERSON et al., 2016; HAN et al., 2013), que podem vir a degradar herbicidas inibidores da ACCase; ou o mesmo pode reduzir a absorção e translocação de herbicidas do mecanismo de ação ACCase em monocotiledôneas (MUELLER et al., 1990).

Efeitos antagônicos também são comuns entre os herbicidas inibidores da ACCase e ALS. Segundo Matzenbacher et al., (2015), em 50 associações entre herbicidas do mecanismo de ação ACCase + ALS, 18, 18 e 64% apresentaram efeito aditivo, sinérgico e antagônico. Foram observados efeitos antagônicos em *Eleusine indica* para a mistura de cletodim + imazapic (BURKE et al., 2003), entre os herbicidas fenoxaprop e imazapir+imazapic, fenoxaprop e imazapir + imazapic e fenoxaprop e bispiribaque-sodico para controle de *Echinochloa crus-galli* (BLOUIN et al., 2010; MATZENBACHER et al., 2015) e clodinafope e metsulfurom-metílico para controle de *Lolium multiflorum* (TREZZI et al., 2007).

Barnes & Oliver, (2004) observaram antagonismo quando o cloransulam-metílico é aplicado junto a herbicidas do grupo ariloxifenoxipropionato (fluzifope, quizalofope e fluazifope + fenaxaprop), no entanto quando o cloransulam-metílico é misturado com herbicidas do grupo químico ciclohexandiones (cletodim e setoxidim) não foi observado antagonismo na espécie de *Poa annua*. Segundo os autores o antagonismo pode ser em parte devido a translocação reduzida do fluazifope devido a mistura com cloransulam-metílico. Porém foi observado que o aumento da dose de fluazifope diminui o efeito negativo da interação com cloransulam-metílico para controlar *Setaria glauca* (BARNES & OLIVER, 2004). Em contraste, a mistura de tanque entre fenaxaprop e ethoxysulfuron apresentou efeito sinérgico no controle de *E. colona* e *E. crus-galli* (BHULLAR et al., 2016).

O efeito antagônico ou sinérgico dependerá da espécie vegetal e dos herbicidas utilizados. A baixa eficiência de misturas entre herbicidas inibidores da enzima ALS e ACCase foi relacionada com absorção reduzida (BARNWELL & COBB, 1994) ou, na maioria dos casos, a redução da translocação do inibidor da enzima ACCase (CROON et al., 1989; FERREIRA et al. 1995). Ferreira et al., (1995) observou que a associação com DPX-PE 350, um inibidor da enzima ALS, diminuiu a translocação de fluazifope em *Digitaria sanguinalis*. Burke et al., (2003) sugeriu que o antagonismo entre cletodim e imazapic em *Eleusine indica* foi dado pela redução da taxa fotossintética da planta.

A combinação de produtos de diferentes mecanismos de ação pode solucionar os problemas com as espécies resistentes ao glifosato, como *Conyza* spp., *Digitaria insularis* e *Lolium multiflorum* (VARGAS et al., 2013). Contudo, a carência de informações técnicas sobre misturas e sequenciais de herbicidas podem prejudicar o controle das plantas daninhas e a

seletividade de culturas. Segundo Gazzieiro (2014), 72% dos profissionais da cadeia produtiva agrícola indicaram que informações técnicas não são suficientes ou que as desconhecem.

Sabendo que a aplicação de herbicidas inibidores da enzima ACCase e os inibidores da ALS ou os mimetizadores de auxina (2,4-D) são as melhores alternativas de controle de capim-amargoso e buva quando presentes na mesma área de produção, é necessário o conhecimento de como esses mecanismos de ação interagem entre si e qual seria o melhor intervalo de aplicação entre estes herbicidas na mesma área de produção.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material vegetal e condições de cultivo

Os experimentos foram conduzidos em casa vegetação na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, localizada em Seropédica, Estado do Rio de Janeiro, Brasil (-22°45'39''S, -43°42'00''N, a 25 metros de altitude), utilizando-se plantas de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) e buva (*Conyza* spp.).

As plantas foram obtidas a partir de sementes coletadas em Mogi Mirim-SP. As sementes foram semeadas em vasos plásticos com capacidade de 1 L, contendo solo franco-arenoso (18 % de argila, 05 % de silte e 77 % de areia). O solo foi corrigido com 1,5 t ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT=80%), e adubado com 120 Kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 60 Kg ha⁻¹ de K₂O. Após correção o solo apresentou as seguintes características químicas: pH (água) = 5,8; matéria orgânica = 0,25 dag kg⁻¹; P e K, 37,2 e 77,0 mg dm⁻³ respectivamente; Ca⁺², Mg⁺², Al⁺³, H⁺⁺ Al⁺³, Soma de Bases e CTC, 2,33; 0,65; 0,0; 1,80; 3,18 e 3,18 cmolc dm⁻³, respectivamente. O solo foi adubado semanalmente com NPK e procedeu-se a irrigação diariamente de modo a manter o solo na capacidade de campo.

Ao atingirem os estádios específicos (Tabela 1), foram desenvolvidos 12 experimentos, em replicata para comprovar a confiabilidade dos dados (experimento a; experimento b) e estes foram discutidos em IV casos (ver item 4 – resultados e discussão). Os casos I e II foram compostos por plantas de capim-amargoso com 3-4 perfilhos e florescimento (Tabela 1), sendo o caso I para plantas submetidas aos herbicidas 2,4-D e H (haloxifope-p-metílico) (Tabela 2) e o caso II para C (cloransulam-metílico) e H (Tabela 3); o caso III e IV para plantas de buva em estágio de 12-15 folhas (Tabela 1), sendo o caso III para as plantas submetidas aos herbicidas 2,4-D e H (Tabela 2) e o caso IV para os herbicidas C e H (Tabela 3).

Tabela 1. Descrição dos experimentos desenvolvidos, para as espécies capim-amargoso em estágio de 3-4 perfilhos ou florescimento e buva em estágio de 12-15 folhas, submetidas aos herbicidas 2,4-D e H (haloxifope-p-metílico) ou C (cloransulam-metílico) e H. Seropédica-RJ, 2017.

Caso	Espécie	Estádio fenológico	Sequencial	Replicata
I	Capim-amargoso	3-4 Perfilhos	2.4D e H	EI-a
	Capim-amargoso	3-4 Perfilhos	2.4D e H	EI-b
	Capim-amargoso	Florescimento	2.4D e H	EII-a
	Capim-amargoso	Florescimento	2.4D e H	EII-b
II	Capim-amargoso	3-4 Perfilhos	C e H	EIII-a
	Capim-amargoso	3-4 Perfilhos	C e H	EIII-b
	Capim-amargoso	Florescimento	C e H	EIV-a
	Capim-amargoso	Florescimento	C e H	EIV-b
III	Buva	12-15 Folhas	2.4D e H	EV-a
	Buva	12-15 Folhas	2.4D e H	EV-b
IV	Buva	12-15 Folhas	C e H	EVI-a
	Buva	12-15 Folhas	C e H	EVI-b

*Os experimentos foram conduzidos em replicata (a; b).

Tabela 2. Tratamentos herbicidas utilizados com aplicações de 2,4D e haloxifope-p-metílico, sendo os dias após a aplicação (DAPA) de 3, 6 ou 12 dias entre a aplicação do primeiro e segundo herbicida. Casos I e III. Seropédica-RJ, 2017.

Tratamento	1º Aplicação	2º Aplicação	Sequencial (DAPA)
Testemunha	Testemunha	-	-
2,4D	2,4-D sal dimetilamina	-	-
H	Haloxifope-p-metílico	-	-
H+2,4D	Haloxifope + 2,4-D	-	-
2,4D-I ₃ -H	2,4-D	Haloxifope	3
2,4D-I ₆ -H	2,4-D	Haloxifope	6
2,4D-I ₁₂ -H	2,4-D	Haloxifope	12
H-I ₃ -2,4D	Haloxifope	2,4-D	3
H-I ₆ -2,4D	Haloxifope	2,4-D	6
H-I ₁₂ -2,4D	Haloxifope	2,4-D	12

DAPA- Dias Após Primeira Aplicação. H- haloxifope-p-metílico; I intervalo entre primeira e segunda aplicação (3, 6 ou 12 dias); 2,4-D; H+2,4-D aplicados sequencialmente no mesmo dia.

Tabela 3. Tratamentos herbicidas utilizados nos experimentos com haloxifope-p-metílico e cloransulam-metílico, sendo os dias após a aplicação (DAPA) de 3, 6 ou 12 dias entre a aplicação do primeiro e segundo herbicida. Casos II e IV Seropédica-RJ, 2017.

Tratamento	1º Aplicação	2º Aplicação	Sequencial (DAPA)
Testem	Testemunha	-	-
C	Cloransulam-metílico	-	-
H	Haloxifope-p-metílico	-	-
H+C	Haloxifope + cloransulam	-	-
C-I ₃ -H	Cloransulam	Haloxifope	3
C-I ₆ -H	Cloransulam	Haloxifope	6
C-I ₁₂ -H	Cloransulam	Haloxifope	12
H-I ₃ -C	Haloxifope	Cloransulam	3
H-I ₆ -C	Haloxifope	Cloransulam	6
H-I ₁₂ -C	Haloxifope	Cloransulam	12

DAPA- Dias Após Primeira Aplicação. H- haloxifope-p-metílico; I intervalo entre primeira e segunda aplicação (3, 6 ou 12 dias); C- cloransulam-metílico; H+C aplicados sequencialmente no mesmo dia.

A aplicação dos tratamentos foi composta pela ordem de aplicação dos herbicidas haloxifope-p-metílico (Verdict- 62,4 g ia. ha⁻¹) e 2,4-D sal dimetilamina (DMA- 1005g ia. ha⁻¹) (Tabela 2) ou haloxifope-p-metílico (62,4 g ia. ha⁻¹) e cloransulam-metílico (Pacto- 40 g ia. ha⁻¹) (Tabela 3) e os intervalos do sequencial de 3, 6 e 12 dias (Figura 1), mais tratamentos adicionais, totalizando 10 tratamentos por experimento.

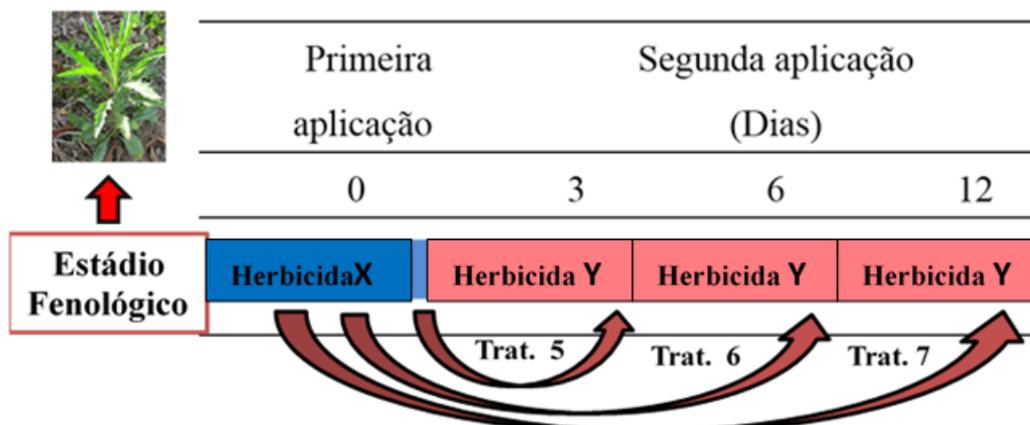


Figura 1. Exemplo do esquema de aplicações: Primeira aplicação herbicida X e aos 3, 6 e 12 dias depois da primeira aplicação recebeu o segundo herbicida (herbicida Y), correspondente aos tratamentos 5, 6 e 7, respectivamente. Seropédica-RJ, 2017.

A sequência de aplicações dos herbicidas teve início quando as plantas chegaram no estágio fenológico proposto nos estudos (Tabela 1). Utilizando-se um pulverizador costal pressurizado a CO₂, a uma pressão de 2.8 bar, equipado com quatro pontas XR 110.015, espaçados entre si a 0,5 m, com consumo de calda de 150 L ha⁻¹. As condições no momento da aplicação encontram-se descritas a seguir (Tabela 4, 5 e 6).

Tabela 4. Descrição das condições climáticas no momento da aplicação do caso I e II- capim-amargoso com 3-4 perfilhos. Seropédica-RJ, 2017.

Variáveis	1° aplicação	2° aplicação		
		Tempo entre aplicação (Dias)		
		3	6	12
Temperatura (°C)	25	29	26	29
UR (%)	60	64	84	65
Vento (Km.h ⁻¹)	2,4	2,4	2,0	2,0

Tabela 5. Descrição das condições climáticas no momento da aplicação do caso I e II- capim-amargoso em pleno florescimento. Seropédica-RJ, 2017.

Variáveis	1° aplicação	2° aplicação		
		Tempo entre aplicação (Dias)		
		3	6	12
Temperatura (°C)	27	31	30	27
UR (%)	98	80	75	81
Vento (Km.h ⁻¹)	1,9	1,6	1,6	2,4

Tabela 6. Descrição das condições climáticas no momento da aplicação do caso III e IV- buva em estádio de 12-15 folhas. Seropédica-RJ, 2017.

Variáveis	1° aplicação	2° aplicação		
		Tempo entre aplicação (Dias)		
		3	6	12
Temperatura (°C)	22	22,5	19	21,3
UR (%)	71	70	81	85
Vento (Km.h ⁻¹)	2,0	1,6	2,4	2,0

3.2 Análise visual e de fluorescência da clorofila *a*

Aos 14 e 35 dias e 7 e 35 dias após a última aplicação do herbicida (DAA), para capim-amargoso e buva, respectivamente, foram realizadas avaliações de sintoma visual. Para o capim-amargoso também se procedeu a análise de fluorescência transiente da clorofila *a*. A análise visual de controle se deu através de notas atribuídas ao dano (injurias) das plantas que variam de 0 a 100%, onde 0% representa a ausência de sintomas e 100% a morte da planta (FRANS, 1986).

A avaliação de cinética de fluorescência transiente da clorofila *a* foi realizada utilizando-se um fluorômetro portátil (HandyPEA, Hanstech, King's Lynn, Norkfolk, UK). 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 min 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 pulso, as intensidades determinadas a 50 μs (fluorescência inicial - F0), 100, 300 μs , 2 (FJ) e 30 (FI) ms e FM (fluorescência máxima), foram utilizadas para o cálculo dos parâmetros estabelecidos pelo Teste JIP (STRASSER e STRASSER, 1995) (Tabela 7).

Tabela 7. Principais parâmetros do Teste JIP (STRASSER et al., 2004 e adaptado de YUSUF et al., 2010). Seropédica-RJ, 2017

<i>Parâmetros de fluorescência calculados a partir dos dados primários obtidos</i>	
$F_V = F_M - F_0$	Fluorescência variável
F_V/F_M	Rendimento quântico máximo do FSII
V_t	Fluorescência variável relativa em um tempo “t”
V_j	Fluorescência variável relativa em relação ao nível J
V_i	Fluorescência variável relativa em relação ao nível I
$M_0 = 4(F_{300\mu s} - F_0)/(F_M - F_0)$	Declive inicial aproximado (em ms^{-1}) da fluorescência transiente $V = f(t)$
$S_s = V_j/M_0$	Área total normalizada complementar correspondente apenas a fase OJ (reflete um único volume de eventos de redução de Q_A)
$S_m = (Area)/(F_M - F_0)$	Área total normalizada complementar acima da curva OJIP (reflete múltiplos eventos de redução Q_A)
$N = S_m/S_s$	Número total de elétrons transferidos para a cadeia de transporte de elétrons entre o tempo 0 et (necessário para atingir F_M)
<i>Atividade específica por centro de reação (RC)</i>	
$ABS/RC = M_0 (1/V_j)$ ($1/\phi P_0$)	Medida do tamanho aparente do sistema antena ou o fluxo de absorção por RC
$TR_0/RC = M_0 (1/V_j)$	Máxima taxa pela qual um éxciton é capturado pelo RC resultando em uma redução da plastoquinona (Q_A^-)
$ET_0/RC = M_0 (1/V_j) \Psi_0$	Reoxidação da Q_A^- via transporte de elétrons em um RC ativo
$DI_0/RC = (ABS/RC) - (TR_0/RC)$	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
RE_0/RC	Redução do acceptor final de elétrons no lado do acceptor de elétrons do FSI por RC
<i>Rendimentos energéticos ou taxas de fluxo</i>	
$\phi P_0 = TR_0/ABS = F_V/F_M$	Rendimento quântico máximo fotoquímico
$\phi E_0 = ET_0/ABS$	Rendimento quântico de transporte de elétrons de Q_A^- para o intersistema de aceptores de elétrons
$\phi D_0 = 1 - \phi P_0 = (F_0/F_M)$	Rendimento quântico para dissipação de energia
$\phi R_0 = RE_0/ABS$	Rendimento quântico de transporte de elétrons de Q_A^- para o acceptor final de elétrons do FSI
<i>Eficiências</i>	
$\psi E_0 = ET_0/TR_0$	Eficiência com que um éxciton capturado no RC pode mover um elétron de Q_A^- para o intersistema de aceptores de elétrons
$\psi R_0 = RE_0/TR_0$	Eficiência com que um éxciton capturado no RC pode mover um elétron dentro da cadeia de transporte de elétrons de Q_A^- para os aceptores finais de elétrons do FSI
$\delta R_0 = RE_0/ET_0$	Eficiência com que um elétron pode mover o intersistema de aceptores de elétrons reduzidos no intersistema para o acceptor final de elétrons do FSI
<i>Índices de desempenho</i>	
$PI_{ABS} = \frac{RC}{ABS} \times \left(\frac{\phi P_0}{1 - \phi P_0} \right) \times \left(\frac{\Psi_0}{1 - \Psi_0} \right)$ $= \frac{RC}{ABS} \times \frac{TR_0}{DI_0} \times \frac{ET_0}{1 - ET_0}$	Índice de desempenho fotossintético (conservação de energia a partir do éxciton para a redução dos aceptores de elétrons do intersistema)
$PI_{total} = PI_{ABS} \times \left(\frac{\delta_0}{1 - \delta_0} \right)$	Índice de desempenho fotossintético total (conservação de energia a partir do éxciton para a redução de aceptores finais do FSI)

3.3 Massa seca de plantas

Aos 35 DAA, em todos os ensaios, as plantas foram coletadas e separadas em parte área e raiz e acondicionadas separadamente em sacos de papel e transferidas para uma estufa de circulação forçada de ar em temperatura de 55 ± 5 °C até atingirem massa constante, para determinação da massa seca de parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR).

3.4 Delineamento e análise estatística

O delineamento experimental foi de blocos casualizado em duplicata. A unidade experimental foi constituída por um vaso contendo 2 plantas, sendo 4 repetições por tratamentos. Os dados gerados nos experimentos foram submetidos a análise de variância - ANOVA ($p \leq 0,05$), sendo F significativo, os dados biométricos foram submetidos ao teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para massa seca e análise visual. Para fluorescência da clorofila a , os parâmetros calculados foram estabelecidos pelo Teste JIP (STRASSER e STRASSER, 1995) e os valores foram submetidos ao teste Duncan ao nível de 5% de probabilidade, conforme indicado nas Tabelas.

Para avaliar a interação entre os herbicidas, os dados obtidos de sintoma visual (35DAA) e MS (massa seca), foram analisados pelo modelo proposto por Colby (1967). A equação utilizada para cálculo da resposta esperada na interação foi o seguinte:

$$E = (X + Y) - \frac{(Y * X)}{100}$$

Onde: E é o controle ou redução de crescimento esperado pela mistura/sequencial de herbicidas; e X e Y representam a porcentagem de controle ou redução do crescimento proporcionado pelos herbicidas aplicados isoladamente.

A redução de biomassa (Rd) das plantas daninhas foi calculada seguindo a equação:

$$Rd = 100 - \frac{\text{MS da planta tratada}}{\text{MS da testemunha}} \times 100$$

em que a biomassa da testemunha foi a média dos valores obtidos na ausência da aplicação de herbicidas. Os valores calculados (valor esperado) foram comparados com os valores observados por meio do teste T ($p \leq 0,05$). Quando houve diferença entre as médias dos tratamentos, a associação de herbicidas foi designada de antagônica se o valor de controle resultante da mistura/sequencial foi menor do que o valor esperado da soma das aplicações isoladas, e de sinérgica, se o valor da associação de produtos foi superior ao valor esperado da soma das aplicações isoladas. Quando não houve diferença significativa, a associação foi considerada aditiva.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 CASO I: Interação entre os herbicidas haloxifope-p-metilico e 2,4-D para controle de capim-amargoso em estágio fenológico de 3-4 perfilhos (EI-a e EI-b) e florescimento (EII-a e EII-b)

Foram observados efeitos dos tratamentos testados sobre as variáveis controle e os parâmetros fotossintéticos aos 14 e 35 (DAA), massa seca de parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR). As plantas que receberam os tratamentos H; H-I₆-2,4D e H-I₁₂-2,4D não diferiram entre si, porém estes diferiram dos demais tratamentos em todas as variáveis analisadas (Tabela 8). Tanto no EI-a quanto no EI-b, as maiores porcentagens de controle foram observadas para as plantas que receberam os tratamentos H; H-I₆-2,4D e H-I₁₂-2,4D, que proporcionaram 60-61% de injúrias aos 14 DAA (Tabela 8; Figura 2) e morte das plantas aos 35 DAA (Tabela 8; Figura 3), estes tratamentos demonstram efeito aditivo no controle das plantas pelo modelo proposto por Colby (Tabela 9). Nos dois experimentos os demais tratamentos, aos 35DAA, apresentaram porcentagens de controle entre 10 a 20%, quando comparado à testemunha (Tabela 8), fato que demonstra a ineficiência destes no controle do capim-amargoso, dado pelo efeito antagônico entre os herbicidas em sequencial como observado por Colby (Tabela 9).

Estudos demonstram que a adição de dicamba, mimetizador de auxina, a quizalofopep-etilo (24 g ha⁻¹) ou cletodim (30 g ha⁻¹) reduziu a atividade dos herbicidas inibidores de ACCase no controle do milho voluntário em 12% (UNDERWOOD et al., 2016) sendo considerado a interação entre esses herbicidas antagônicas. Em decorrência da seletividade de herbicidas auxínicos em monocotiledôneas que ocorre devido à translocação limitada e/ou degradação rápida de auxina exógena, anatomia vascular alterada das plantas ou percepção alterada de auxina (PETERSON et al., 2016), as plantas que receberam apenas o herbicida 2,4-D, não apresentaram injúrias aos 35DAA (Tabela 8; Figura 3).

Aos 14 DAA, em ambos experimentos, as plantas que receberam os tratamentos H+2,4D; 2,4D-I₃-H; 2,4D-I₆-H e 2,4D-I₁₂-H apresentaram injúrias mais expressivos do que na avaliação de 35 DAA, sugerindo uma recuperação das plantas após uma intoxicação inicial causada pelos herbicidas (Figura 2 e 3). Portanto, é nítida a existência de efeito antagônico quando o herbicida 2,4-D é aplicado antes do haloxifope-p-metilico, independente do intervalo entre aplicações; quando os herbicidas são aplicados no mesmo dia e quando o haloxifope-p-metilico é aplicado antes do 2,4-D com intervalo mínimo de 3 dias (Tabela 9). Geralmente, efeitos antagônicos ocorrem principalmente quando o graminicida é aplicado juntamente ou após os herbicidas latifolicidas (TREZZI et al., 2007). Podendo o efeito ser contornado por intervalos entre aplicações (MATZENBACHER et al., 2015), fato observado nesta pesquisa.

Estudos demonstraram que o controle efetivo do milho voluntário, por meio dos herbicidas 2,4-D e haloxifope-p-metilico em mistura só foi possível aumentando a dose do graminicida (MACIEL et al., 2013; COSTA et al., 2014). Entretanto o aumento da dose nem sempre anula o antagonismo, além do que usar doses acima do recomendado em bula pode exercer uma pressão de seleção de plantas daninhas resistentes a herbicidas. Além disso deve-se considerar o valor despendido com a elevação da dose do herbicida para superar o antagonismo e de outro lado avaliar os custos adicionais com as operações para uma segunda aplicação em sequencial.

Trezzi et al., (2007) evidenciam a existência de antagonismo em *Lolium multiflorum* entre clodinafope e os herbicidas metsulfuron-metil e 2,4-D. Os autores verificaram que para compensar o antagonismo haveria necessidade de elevação em 33, 84 e 151% da dose de clodinafop, para os dois níveis de metsulfuron (2 e 4 g ha⁻¹) e 2,4-D, respectivamente. Ao fazer

uma análise econômica, concluíram que é mais compensador executar uma segunda operação do que aumentar a dose dos herbicidas. Portanto diante das alternativas, encontrar o melhor intervalo que não se perca a eficiência dos produtos e que não precise aumentar a dose é a melhor solução.

Diante dos resultados apresentados, os herbicidas haloxifope-p-metílico e 2,4-D (nessa ordem) devem ser aplicados em sequencial com intervalo mínimo de 6 dias, para controle eficiente de capim-amargoso em estágio de 3-4 perfolhos.

Tabela 8. Porcentagem de controle aos 14 e 35 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA), massa seca de parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR) de plantas de capim-amargoso no estágio de 3-4 perfolhos, submetidas aos sequenciais dos herbicidas haloxifope-p-metílico e 2,4-D sal dimetilamina; 2,4-D sal dimetilamina e haloxifope-p-metílico com intervalos de 3, 6 e 12 dias entre aplicação- Experimento I. Seropédica-RJ, 2017.

Trat.	EI-a						EI-b									
	----Dano (%)----			----Massa (g)----			----Dano (%)----			----Massa (g)----						
	14DAA		35DAA	MSPA		MSR	14DAA		35DAA	MSPA		MSR				
Testem	0	e	0	d	4,1	a	1,1	ab	0	f	0	d	4,1	a	1,1	a
2,4D	0	e	0	d	3,3	bcd	1,2	a	0	f	0	d	3,3	b	1,2	a
H	61	a	100	a	0,0	f	0,0	e	61	a	100	a	0,0	d	0,0	d
H+2,4D	31	c	20	b	3,4	abc	1,0	abc	30	c	20	b	3,4	b	1,0	ab
2,4D-I ₃ -H	20	d	10	c	3,6	ab	0,9	bc	15	e	10	c	3,2	b	1,2	a
2,4D-I ₆ -H	20	d	10	c	2,8	cde	0,8	cd	15	e	10	c	2,9	b	0,7	bc
2,4D-I ₁₂ -H	30	c	20	b	2,2	e	0,6	d	20	d	11	c	1,9	c	0,7	bc
H-I ₃ -2,4D	51	b	20	b	2,5	de	0,8	cd	50	b	20	b	1,3	c	0,6	c
H-I ₆ -2,4D	61	a	100	a	0,0	f	0,0	e	60	a	100	a	0,0	d	0,0	d
H-I ₁₂ -2,4D	60	a	100	a	0,0	f	0,0	e	61	a	100	a	0,0	d	0,0	d
CV (%)	4		4	15		19	2		2	12		16				

Médias com letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Testem=Testemunha; 2,4D = 2,4-D sal dimetilamina; H= haloxifope-p-metílico; H+2,4D=Sequencial dos herbicidas H e 2,4-D aplicados no mesmo; I (intervalo entre a primeira e segunda aplicação): 3, 6 e 12 dias. DAA.

Tabela 9. Avaliação da interação entre os herbicidas haloxifope-p-metílico (H) e 2,4-D sal dimetilamina aplicados em diferentes intervalos de aplicação, no controle de plantas de capim-amargoso no estágio de 3-4 perfolhos. Experimento I. Seropédica-RJ, 2017.

Trat.	EI-a						EI-b					
	Dano 35DAA			Redução(MSPA)			Dano 35DAA			Redução(MSPA)		
	-----%-----			-----%-----			-----%-----			-----%-----		
	Obs	Esp	Int.	Obs	Esp	Int	Obs	Esp	Int	Obs	Esp	Int
Testem	0			0			0			0		
2,4D	0			15			0			19		
H	100			100			100			100		
H+2,4D	20	100	*	17	100	*	20	100	*	17	100	*
2,4D-I ₃ -H	10	100	*	13	100	*	10	100	*	22	100	*
2,4D-I ₆ -H	10	100	*	33	100	*	10	100	*	29	100	*
2,4D-I ₁₂ -H	20	100	*	47	100	*	11	100	*	53	100	*
H-I ₃ -2,4D	20	100	*	39	100	*	20	100	*	68	100	*
H-I ₆ -2,4D	100	100	-	100	100	-	100	100	-	100	100	-
H-I ₁₂ -2,4D	100	100	-	100	100	-	100	100	-	100	100	-

Sendo, Obs: Valor observado; Esp: Valor esperado obtido pelo modelo de Colby; Int: Interação obtida pelo teste T (p≤0,005) onde comparou-se o valor Obs com o valor Esp (* antagônico; - aditivo; ** sinérgico).

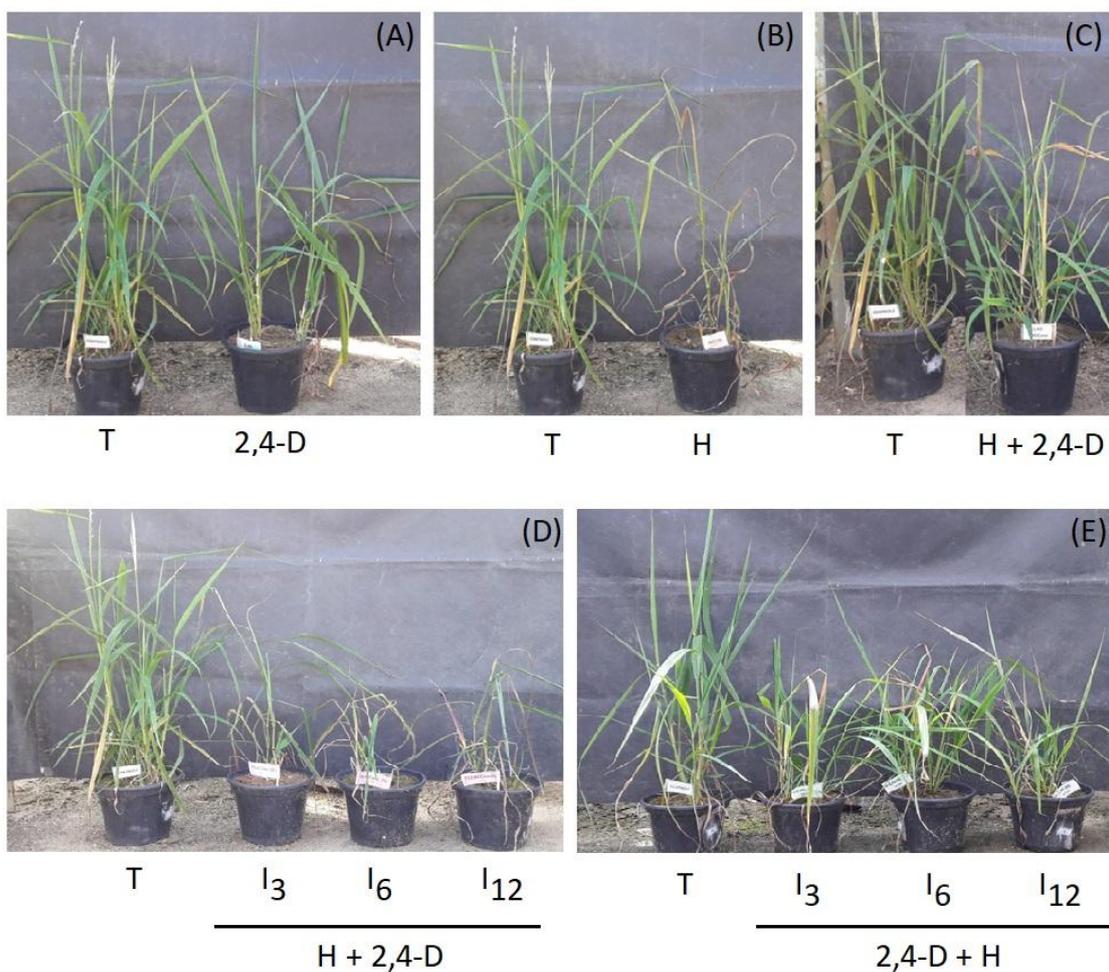


Figura 2. Vista frontal das plantas de capim-amargoso no estágio de 3-4 perfilhos aos 14 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA), submetidas aos herbicidas 2,4-D (A); haloxyfop-p-metílico (B); sequencial aplicado no mesmo dia H+2,4D (C); sequenciais dos herbicida haloxyfop-p-metílico seguido do 2,4-D (D) e 2,4-D seguido do H (E) com intervalos de 3, 6 e 12 dias entre aplicação (I3, I6 e I12). Seropédica-RJ, 2017.

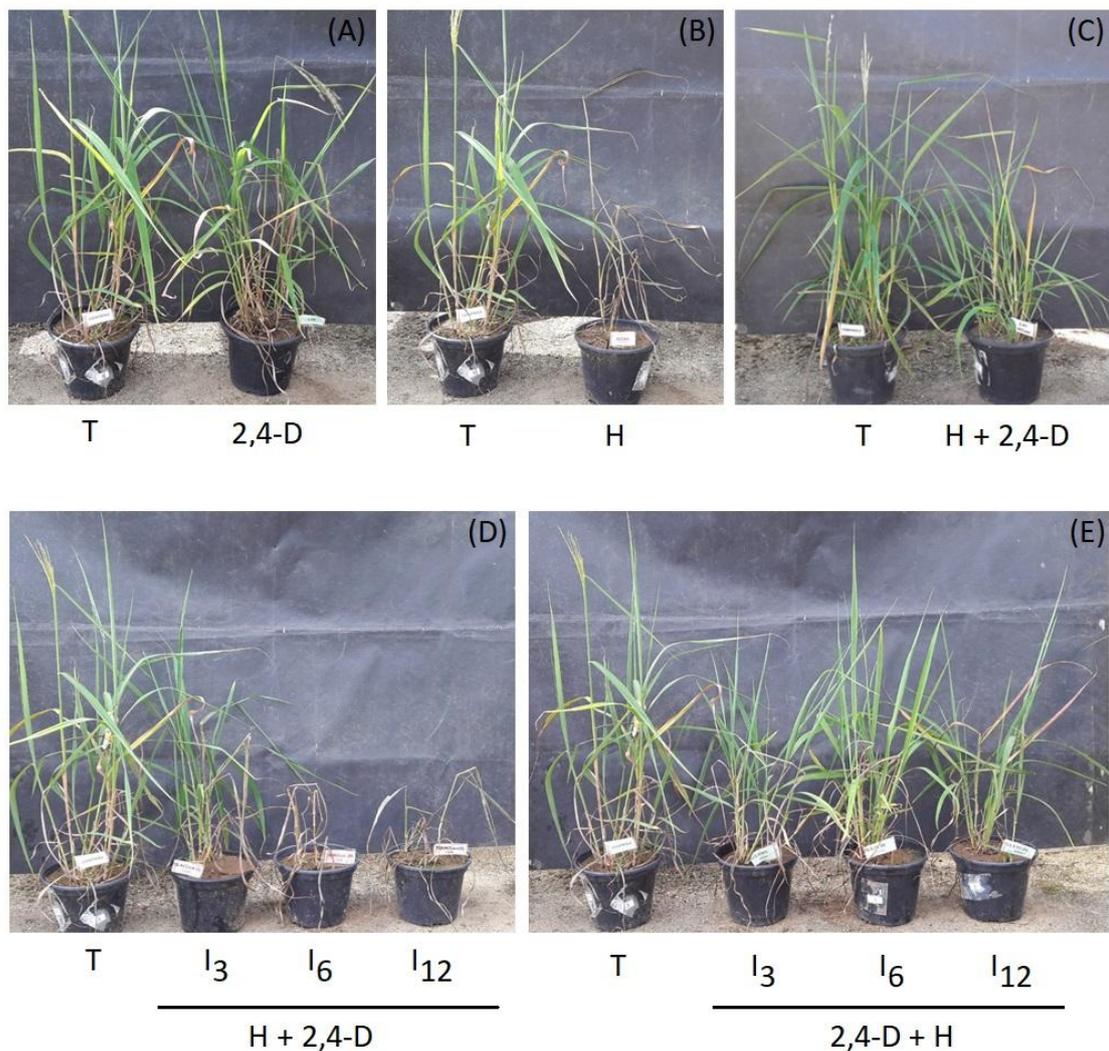


Figura 3. Vista frontal das plantas de capim-amargoso no estágio de 3-4 perfilhos aos 35 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA), submetidas aos herbicidas 2,4-D (A); haloxifoprop-metílico (B); sequencial aplicado no mesmo dia H+2,4D (C); sequenciais dos herbicida haloxifoprop-metílico seguido do 2,4-D (D) e 2,4-D seguido do H (E) com intervalos de 3, 6 e 12 dias entre aplicação (I3, I6 e I12). Seropédica-RJ, 2017.

Corroborando com os dados de controle, foi possível observar em ambos experimentos, para variável massa seca que as plantas que receberam os tratamentos H; H-I₆-2,4D e H-I₁₂-2,4D morreram, diferindo significativamente dos demais tratamentos (Tabela 8). Os tratamentos H-I₆-2,4D e H-I₁₂-2,4D apresentaram interação aditiva pelo modelo de Colby, visto que não foi observado diferença entre o valor observado e o valor esperado (Tabela 9). As plantas que receberam os tratamentos onde o 2,4-D foi aplicado antes do haloxifoprop-metílico, independente do intervalo entre aplicação, foi observado antagonismo (Tabela 9). Entretanto, foi notado em ambos experimentos, decréscimo de massa com o aumento do intervalo entre aplicação, onde no EI-a notou-se para as plantas submetidas aos tratamentos 2,4D-I₃-H; 2,4D-I₆-H e 2,4D-I₁₂-H, redução de MSPA de 13, 33 e 48% e de MSR de 22, 32 e 48%; e no EI-b redução de 22, 30 e 54 % de MSPA e de 0,0 (ausência de redução), 36, 36% de MSR, respectivamente quando comparados a testemunha (Tabela 8). No entanto, nem mesmo no intervalo máximo de 12 dias entre a aplicação do 2,4D e haloxifoprop-metílico os danos foram suficientes para considerá-los acima do mínimo agronomicamente aceito (>80%) de acordo

com os critérios da SBCPD (Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 1995), considerando dessa forma o controle não satisfatório e a interação entre os herbicidas antagonico (Tabela 9).

O controle também foi ineficiente quando o 2,4-D foi aplicado imediatamente após o haloxifope-p-metilico (H+2,4D) onde foi observado, em ambos experimentos, redução das plantas de apenas 17% de MSPA e 9% de MSR. Além disso, mesmo com o haloxifope-p-metilico aplicado antes do 2,4-D com um intervalo de três dias (H-I₃-2,4D) o controle não foi eficiente, sendo observadas reduções de 39% e 32% (MSPA e MSR), 67% e 45% (MSPA e MSR) para o EI-a e EI-b respectivamente, quando comparados a testemunha (Tabela 8).

O efeito antagonico entre herbicidas é predominante em gramíneas (ZHANG et al., 1995; MATZENBACHER et al., 2015), sendo o mesmo observado entre os herbicidas clodinafope e o 2,4-D para controle de *Lolium multiflorum* (TREZZI et al., 2007), quizalofope e 2,4-D em *Digitaria sanguinalis*, dentre outras gramíneas (ABIT et al., 2011), 2,4-D com haloxifope-metil em *Sorghum halepense* (MUELLER et al., 1990) e 2,4-D em mistura com quizalofope-p-etil ou cletodim em trigo voluntário (BLACKSHAW et al., 2006).

O efeito antagonico entre 2,4-D e herbicidas inibidores da ACCase, pode ser explicado pelo aumento de enzimas detoxificantes. Nas plantas, o herbicida 2,4-D é conhecido como um indutor da enzima citocromo P450 (ONKAWA E INUI, 2015) que são enzimas-chave na fase I do metabolismo dos xenobióticos e possuem um papel crucial na desintoxicação de herbicidas em plantas. As aplicações de 2,4-D, podem aumentar a atividade das enzimas P450 em gramíneas, levando ao metabolismo mais rápido de outros ingredientes ativos (PETERSON et al., 2016; HAN et al., 2013), tais como os herbicidas do mecanismo de ação ACCase. Essas enzimas são capazes de inativar os herbicidas antes que eles cheguem ao local de ação na célula e causem danos às plantas (POWLES; YU, 2010).

O aumento do metabolismo dado por enzimas P450, também está associado a resistência *non-target*, como observado em *Echinochloa oryzicola* e *Echinochloa crus-galli* resistentes aos herbicidas azimsulfuron, penoxsulam e bispiribac-sodium (SONG et al., 2017); a *Lolium perenne* ssp. *Multiflorum* resistente a fenoxaprop (ZHANG et al., 2017); a *Papaver rhoeas* resistente ao herbicida 2,4-D (TORRA et al., 2017), dentre outros. No caso de uma espécie de cultura, essa desintoxicação dada pelas enzimas P450 é desejável, pois a aplicação do 2,4-D pode proteger as plantas de lesões de herbicidas aplicados em mistura ou sequencialmente (RIECHERS et al., 2010). Por exemplo, o pré-tratamento com 2,4-D induziu a proteção cruzada para os herbicidas do grupo químico das sulfonilureia e ariloxifenoxipropionatos (PETERSON et al., 2016). No entanto, quando se trata de uma planta daninhas esse efeito não é desejado, requerendo cuidado quanto aos herbicidas utilizados em mistura de tanque ou em aplicação sequencial, de modo que os herbicidas possam induzir a expressão de genes metabólicos e, portanto, causar antagonismo, não devendo ser usados em conjunto com herbicidas potencialmente metabolizáveis (YU E POWLES, 2014).

As enzimas detoxificantes (P450 e GST) vem do metabolismo secundário das plantas, portanto um aumento da atividade dessas enzimas ocasiona um incremento na fotossíntese, metabolismo primário. A energia absorvida pela planta na fotossíntese tem três destinos que ocorrem em competição direta: fotoquímico (produção de energia e poder redutor); energia dissipada na forma de calor ou fluorescência (KRAUSE; WEIS, 1991) de maneira que qualquer aumento da eficiência de um irá causar um decréscimo no rendimento dos outros. A fração de radiação absorvida e dissipada varia de acordo com o estado metabólico, e fornece a base para o entendimento dos processos fotossintéticos. Diante disso a análise de fluorescência, é uma técnica que percebe estresses ocasionados por herbicidas, tais como o aumento do metabolismo primário, para suprir a necessidade do metabolismo secundário.

Corroborando com o exposto, é possível observar nesta pesquisa, que aos 14 DAA, tanto no EI-a quanto no EI-b (Figura 4; Tabela 10) o aumento do desempenho fotossintético das

plantas na presença do herbicida 2,4D, independente do intervalo e ordem de aplicação entre 2,4-D e haloxifope-p-metílico (com exceção do tratamento 2,4D-I₁₂-H). Esse aumento de metabolismo já foi observado em *Lolium rigidum*, onde o pré-tratamento com o herbicida 2,4-D aumentou o metabolismo da planta induzindo a atividade das enzimas P450, que metaboliza o herbicida diclofop-metil aplicado posteriormente, fornecendo assim um nível de proteção contra esse herbicida (HAN et al., 2013). Estatisticamente foi possível observar diferença significativa entre as plantas submetidas a testemunha e os tratamentos 2,4D; 2,4D-I₆-H; H-I₃-2,4D e H-I₁₂-2,4D no EI-a, e a testemunha e os tratamentos H, 2,4D-I₆-H; 2,4D-I₁₂-H; H-I₃-2,4D e H-I₆-2,4D no EI-b quanto ao parâmetro do desempenho fotossintético (PI_{total}) (Figura 4; Tabela 10).

Aos 14 DAA, foi observado diferença significativa entre os tratamentos haloxifope-p-metílico (tratamento H) e 2,4D-I₁₂-H dos demais tratamentos. O tratamento H e 2,4D-I₁₂-H apresentaram declínio do desempenho fotossintético das plantas (PI_{total}) de aproximadamente 40% e 37%; e 68% e 50% para EI-a e EI-b respectivamente e declínio do rendimento quântico máximo fotoquímico (ϕP_0) de 23%; 18%(EI-a) e 18%;13(EI-b) para as plantas submetidas aos tratamentos H e 2,4D-I₁₂-H, respectivamente. Em contraste, houve um aumento de dissipação de energia na forma de calor (DI₀/RC) acima de 100% no EI-a e acima de 73% no EI-b, e aumento do rendimento quântico para dissipação de energia acima de 30% (ΦD_0) em ambos experimentos, quando comparado a testemunha (Figura 4; Tabela 10). A diminuição nos índices de desempenho, indicam perda de eficiência fotoquímica pelas plantas (THACH et al., 2007), que é compensada pela perda de energia na forma de calor, visto que são dois processos que competem entre si na fase fotoquímica da fotossíntese e representam perda de eficiência fotossintética.

Foi observado que as plantas de capim-amargoso aos 35 DAA que receberam a aplicação do herbicida haloxifope-p-metílico isolado e haloxifope-p-metílico antes do 2,4-D em um intervalo de 6 ou 12 dias, não conseguiram se recuperar do estresse oferecido pelo herbicida e morreram. Está fato demonstra que o intervalo mínimo de 6 dias entre aplicações do graminicida e 2,4-D, nesta ordem, é suficiente para eliminar o antagonismo entre os herbicidas testados (Figura 4). O tratamento H+2,4D diferiu da testemunha quanto aos parâmetros DI₀/RC, ϕP_0 e ϕD_0 , no EI-a e os tratamentos H+2,4-D; 2,4D-I₆-H no EI-b, porém assim como os demais tratamentos não afetou a sobrevivência das plantas, uma vez que houve estabilização dos parâmetros fotossintéticos, e, portanto, recuperação das plantas frente ao estresse (Figura 4; Tabela 10).

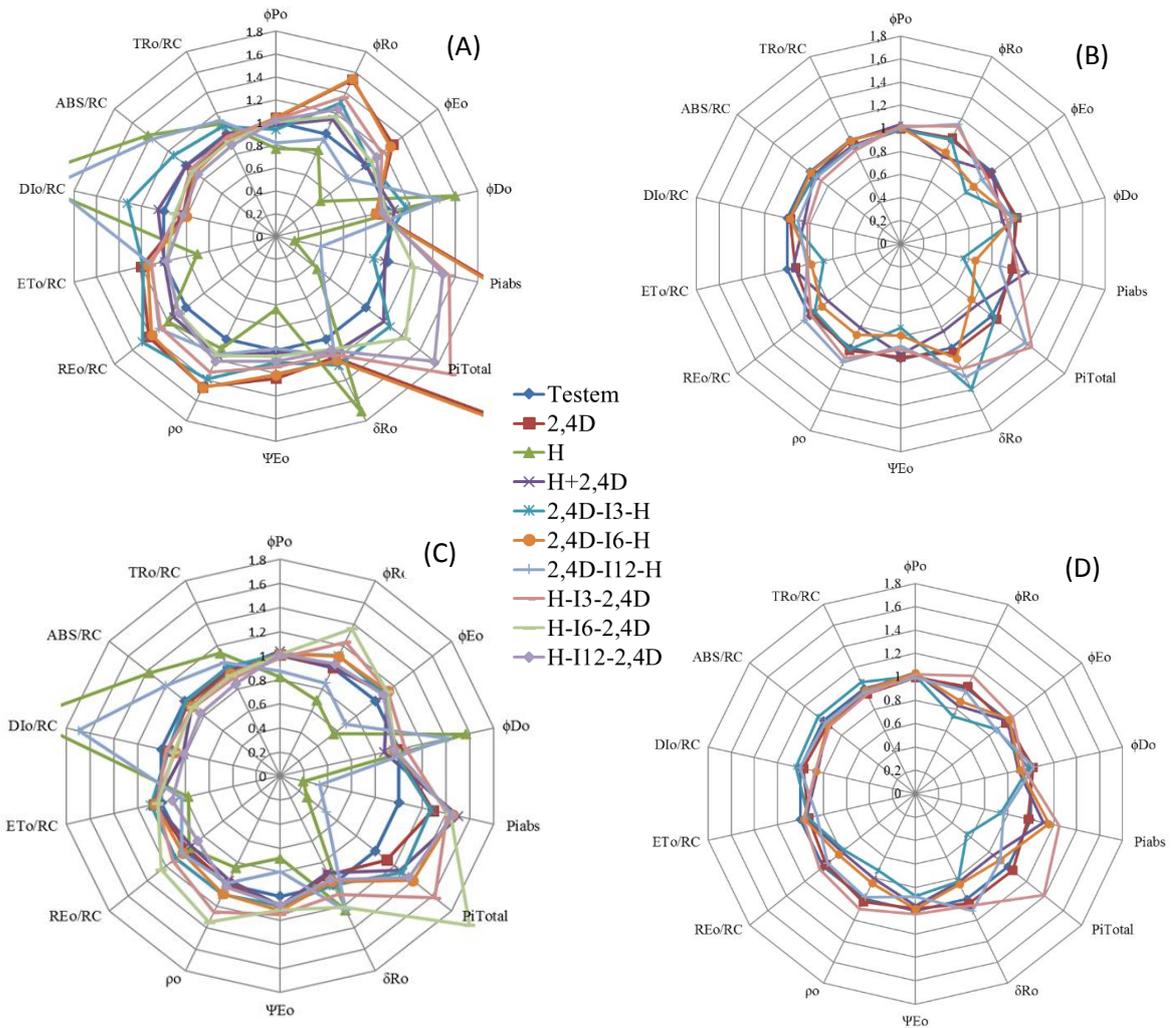


Figura 4. Intensidade de fluorescência da clorofila *a* obtida para a espécie *Digitaria insularis* em estágio de 3-4 perfílios, aos 14 DAA EI-a (A) e EI-b (C) e 35 DAA EI-a (B) e EI-b (D). Parâmetros do Teste JIP obtidos após aplicação dos tratamentos 2,4D=2,4-D sal dimetilamina; H=haloxifope-p-metilico; em intervalos de aplicação de 3, 6 e 12 dias (I3, I6 e I12) entre o primeiro e segundo herbicida, expresso em relação aos valores do tratamento testemunha (valor transformado para 1). Seropédica-RJ, 2017.

Tabela 10. Fluorescência da clorofila *a* aos 14 e 35 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA) em plantas de capim-amargoso no estágio de 3-4 perfilhos, submetidas aos sequenciais dos herbicidas haloxifope-p-metílico e cloransulam-metílico; cloransulam-metílico e haloxifope-p-metílico com intervalos de 3, 6 e 12 dias entre aplicação- Experimento I. Seropédica-RJ, 2017.

EI- 14 DAA									
Trat.	EI-a				EI-b				
	PI _{total}	DI ₀ -RC	ΦP ₀	φD ₀	PI _{total}	DI ₀ -RC	ΦP ₀	φD ₀	
Testem	0,417 cd	0,889 b	0,722 ab	0,278 bc	0,703 d	0,696 c	0,761 a	0,239 a	
2,4D	1,152 a	0,733 b	0,751 a	0,249 c	0,774 cd	0,668 c	0,761 a	0,239 a	
H	0,23 d	2,091 a	0,551 c	0,449 a	0,221 e	1,546 a	0,624 b	0,376 b	
H+2,4D	0,504 bcd	0,934 b	0,707 ab	0,293 bc	0,885 cd	0,570 c	0,789 a	0,211 a	
2,4D-I ₃ -H	0,535 bcd	1,184 b	0,677 b	0,323 b	0,910 cd	0,665 c	0,771 a	0,229 a	
2,4D-I ₆ -H	1,145 a	0,729 b	0,75 a	0,25 c	0,979 bc	0,620 c	0,771 a	0,229 a	
2,4D-I ₁₂ -H	0,264 d	1,787 a	0,598 c	0,402 a	0,352 e	1,206 b	0,662 b	0,338 b	
H-I ₃ -2,4D	0,812 b	0,784 b	0,741 a	0,259 c	1,201 ab	0,679 c	0,747 a	0,253 a	
H-I ₆ -2,4D	0,61 bc	0,811 b	0,725 ab	0,275 bc	1,415 a	0,620 c	0,768 a	0,232 a	
H-I ₁₂ -2,4D	0,738 b	0,727 b	0,737 ab	0,263 bc	0,951 bcd	0,563 c	0,769 a	0,231 a	
CV (%)	31	26	5	12	20	22	4	11	

EI- 35 DAA									
Trat.	EI-a				EI-b				
	PI _{total}	DI ₀ -RC	ΦP ₀	φD ₀	PI _{total}	DI ₀ -RC	ΦP ₀	φD ₀	
Testem	0,735 b	0,805 a	0,740 bc	0,260 ab	0,735 b	0,805 ab	0,740 bc	0,260 ab	
2,4D	0,777 b	0,777 ab	0,737 bc	0,263 a	0,777 b	0,777 abc	0,737 bc	0,263 ab	
H+2,4D	0,625 b	0,683 bc	0,768 a	0,232 c	0,625 b	0,683 c	0,768 a	0,232 c	
2,4D-I ₃ -H	0,766 b	0,784 a	0,732 c	0,268 a	0,414 c	0,833 a	0,745 bc	0,255 ab	
2,4D-I ₆ -H	0,565 b	0,782 ab	0,744 bc	0,256 ab	0,672 b	0,693 c	0,765 a	0,235 c	
2,4D-I ₁₂ -H	1,045 a	0,725 abc	0,746 bc	0,255 ab	0,670 b	0,807 ab	0,734 c	0,266 a	
H-I ₃ -2,4D	1,064 a	0,657 c	0,758 ab	0,242 bc	1,027 a	0,703 bc	0,755 ab	0,245 bc	
CV (%)	16	8	2	5	20	9	2	5	

Médias com letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Ducan a 5% de probabilidade. Testem=Testemunha; 2,4D = 2,4-D sal dimetilamina; H= haloxifope-p-metílico; H+2,4D=Sequencial dos herbicidas H e 2,4-D aplicados no mesmo; I (intervalo entre a primeira e segunda aplicação): 3, 6 e 12 dias. DAA.

Para o capim-amargoso em pleno florescimento, em ambos experimentos, não foi observado diferença entre a testemunha e as plantas submetidas ao tratamento 2,4D, porém estes diferiram dos demais tratamentos, na análise de controle, aos 14 e 35 DAA. Aos 14 DAA, em ambos experimentos, as maiores porcentagens de injurias foram observadas para os tratamentos H; H-I₆-2,4D e H-I₁₂-2,4D, que proporcionaram controle das plantas entre 40-50% (EII-a) e 20-30% (EII-b) diferindo significativamente dos demais tratamentos (Tabela 11; Figura 5). Já aos 35 DAA, foram observados injurias superiores a 60% (EII-a) e 40% (EII-b) para as plantas que receberam estes tratamentos, quando comparados a testemunha (Tabela 11; Figura 6). Esses mesmos tratamentos no estágio de 3-4 perfilhos do capim-amargoso foram os que proporcionaram os maiores controle, levando a morte das plantas aos 35 DAA. Entretanto para o capim-amargoso no estágio de florescimento apesar das injurias terem sido os mais severos em comparação aos demais tratamentos, não ocasionou a morte das plantas. Corroborando com outros autores que observaram que quando o capim-amargoso se desenvolve e forma rizomas, seu controle é dificultado (PALARO et al., 2013; MACHADO et al., 2008; GEMELLI et al., 2012) e o controle das plantas podem vir a diminuir de 30-50% (PROCÓPIO et al. 2006; BARROSO et al., 2014).

Em função do mecanismo de ação dos herbicidas inibidores da enzima ACCase plantas de capim-amargoso com 3-4 perfilhos acabam sendo mais suscetíveis do que em estádios mais

avançados. A enzima ACCase está localizada nos cloroplastos e tecidos meristemáticos ativos, os herbicidas necessitam atingir a bainha e base das folhas em crescimento para agir com eficiência. Sendo assim, plantas em estádios de rápido crescimento possuem maior demanda de constituintes da membrana celular, sendo nesses estádios de desenvolvimento que os herbicidas inibidores da ACCase são mais ativos e eficientes. No entanto, a eficiência é reduzida em aplicações sobre plantas em estádios avançados de desenvolvimento, devido à atividade meristemática ser menor (ROMAN et al., 2007).

Aos 35DAA, as plantas que receberam os demais tratamentos apresentaram danos entre 20-40 % (EII-a) e de 10% (EII-b) para os tratamentos H+2,4D; 2,4D-I₃-H; 2,4D-I₆-H e 2,4D-I₁₂-H quando comparados a testemunha, demonstrando o controle ineficiente dos herbicidas (Tabela 11) e efeito antagônico entre os sequenciais pelo modelo proposto por Colby (Tabela 12). O mesmo ocorreu nas plantas quando o 2,4-D é aplicado imediatamente após o haloxifope-p-metilico (H+2,4D), em ambos experimentos, apresentando 10% (14DAA) e 20% (35DAA) de dano, quando comparado a testemunha (Tabela 11, Figura 5 e 6). As plantas submetidas ao tratamento H apresentaram três vezes danos mais do que as submetidas ao tratamento H+2,4D. Abit et al., (2011), notou que a mistura de tanques com 2,4-D ou 2,4-D+ metsulfuron com quizalofop resultou em reduções no controle de *Digitaria sanguinalis*, em comparação com o quizalofop sozinho.

Os dados de massa confirmam os dados de sintoma visual, onde os melhores resultados foram obtidos por meio das plantas que receberam os tratamentos H; H-I₆-2,4D e H-I₁₂-2,4D, onde observou-se redução de MSPA de 46, 69 e 67% e de MSR de 25,48 e 58% para o EII-a e redução de 40, 45 e 47% de MSPA e 25, 35 e 34% de MSR para o EII-b, respectivamente quando comparado a testemunha (Tabela 11). Em ambos experimentos os tratamentos H-I₆-2,4D e H-I₁₂-2,4D apresentaram sinergismo pelo método de Colby, confirmando que estes foram os melhores tratamentos no controle de plantas de capim-amargoso (Tabela 12).

Tabela 11. Porcentagem de controle aos 14 e 35 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA), massa seca de parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR) de plantas de capim-amargoso no estágio de pleno florescimento, submetidas aos sequenciais dos herbicidas haloxifope-p-metilico e 2,4-D sal dimetilamina; 2,4-D e haloxifope com intervalos de 3, 6 e 12 dias entre aplicação – Experimento II. Seropédica-RJ, 2017.

Trat.	EII-a						EII-b					
	----Dano (%)----		----Massa (g)----				----Dano (%)----		----Massa (g)----			
	14DAA	35DAA	MSPA	MSR	14DAA	35DAA	MSPA	MSR				
Testem	0 d	0 g	6,8 b	2,5 bc	0 d	0 e	6,8	2,5 bc				
2,4D	0 d	0 g	7,3 ab	2,9 ab	0 d	0 e	7,3 b	2,9 b				
H	40 b	60 b	4,1 de	1,9 bcd	30 a	60 a	4,1 de	1,9 bc				
H+2,4D	10 c	20 f	9,6 a	4,3 a	10 c	20 d	9,6 a	4,3 a				
2,4D-I ₃ -H	10 c	30 e	5,2 bcd	2,9 ab	10 c	20 d	4,7 de	1,8 bc				
2,4D-I ₆ -H	10 c	40 d	4,3 cde	2,4 bcd	10 c	20 d	5,3 cde	1,7 c				
2,4D-I ₁₂ -H	10 c	40 d	6,6 bc	2,5 bc	10 c	30 c	5,7 bcd	2,5 bc				
H-I ₃ -2,4D	40 b	50 c	3,7 de	2,2 bcd	20 b	30 c	4,1 de	2,2 bc				
H-I ₆ -2,4D	50 a	65 a	2,1 e	1,3 cd	20 b	40 b	3,7 e	1,6 c				
H-I ₁₂ -2,4D	50 a	65 a	2,3 e	1,0 d	31 a	40 b	3,6 e	1,7 c				
CV (%)	2.2	1.6	19	24	6	3	13.5	22				

Médias com letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Testem=Testemunha; 2,4D = 2,4-D sal dimetilamina; H= haloxifope-p-metilico; H+2,4D=Sequencial dos herbicidas H e 2,4-D aplicados no mesmo; I (intervalo entre a primeira e segunda aplicação): 3, 6 e 12 dias. DAA.

Tabela 12. Avaliação da interação entre os herbicidas haloxifop-p-metilico (H) e 2,4-D sal dimetilamina aplicados em diferentes intervalos de aplicação, no controle de plantas de capim-amargoso no estágio de florescimento. Experimento II. Seropédica-RJ, 2017.

Tratamentos	EII-a						EII-b					
	Dano 35DAA			Redução(MSPA)			Dano 35DAA			Redução(MSPA)		
	-----%-----			-----%-----			-----%-----			-----%-----		
	Obs	Esp	Int.	Obs	Esp	Int	Obs	Esp	Int	Obs	Esp	Int
Testem	0			0			0			0		
2,4D	0			0			0			0		
H	60			40			60			40		
H+2,4D	20	60	*	0	40	*	20	60	*	0	40	*
2,4D-I ₃ -H	30	60	*	23	40	*	20	60	*	31	40	-
2,4D-I ₆ -H	40	60	*	37	40	-	20	60	*	22	40	*
2,4D-I ₁₂ -H	40	60	*	3	40	*	30	60	*	17	40	*
H-I ₃ -2,4D	50	60	*	46	40	-	30	60	*	40	40	-
H-I ₆ -2,4D	65	60	**	69	40	**	40	60	*	45	40	**
H-I ₁₂ -2,4D	65	60	**	66	40	**	40	60	*	47	40	**

Sendo, Obs: Valor observado; Esp: Valor esperado obtido pelo modelo de Colby; Int: Interação obtida pelo teste T ($p \leq 0,005$) onde comparou-se o valor Obs com o valor Esp (* antagônico; - aditivo; ** sinérgico).

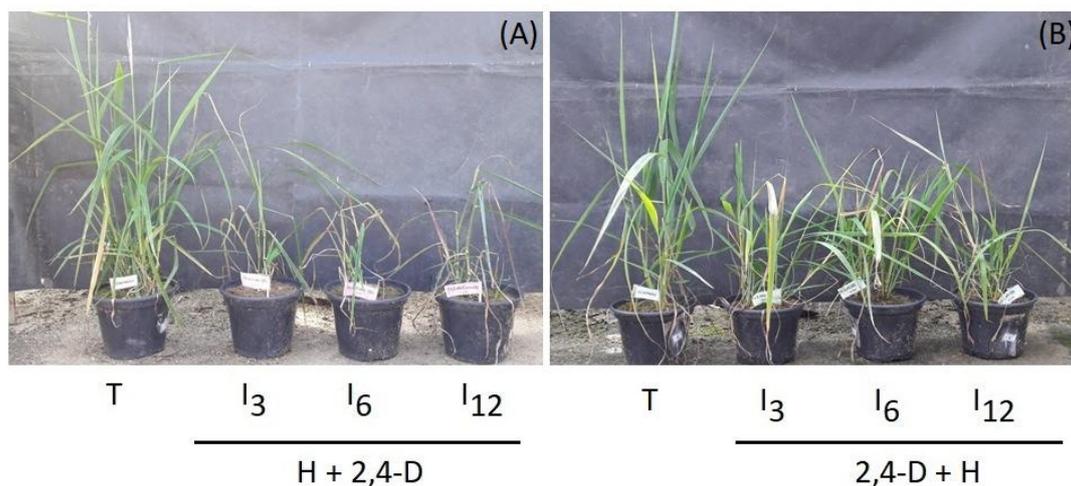


Figura 5. Vista frontal das plantas de capim-amargoso no estágio de florescimento aos 14 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA), submetidas aos sequenciais dos herbicidas H-haloxifop-p-metilico seguido do 2,4-D (A) e 2,4-D seguido do H (B) com intervalos de 3, 6 e 12 dias entre aplicação (I₃, I₆ e I₁₂). Seropédica-RJ, 2017.

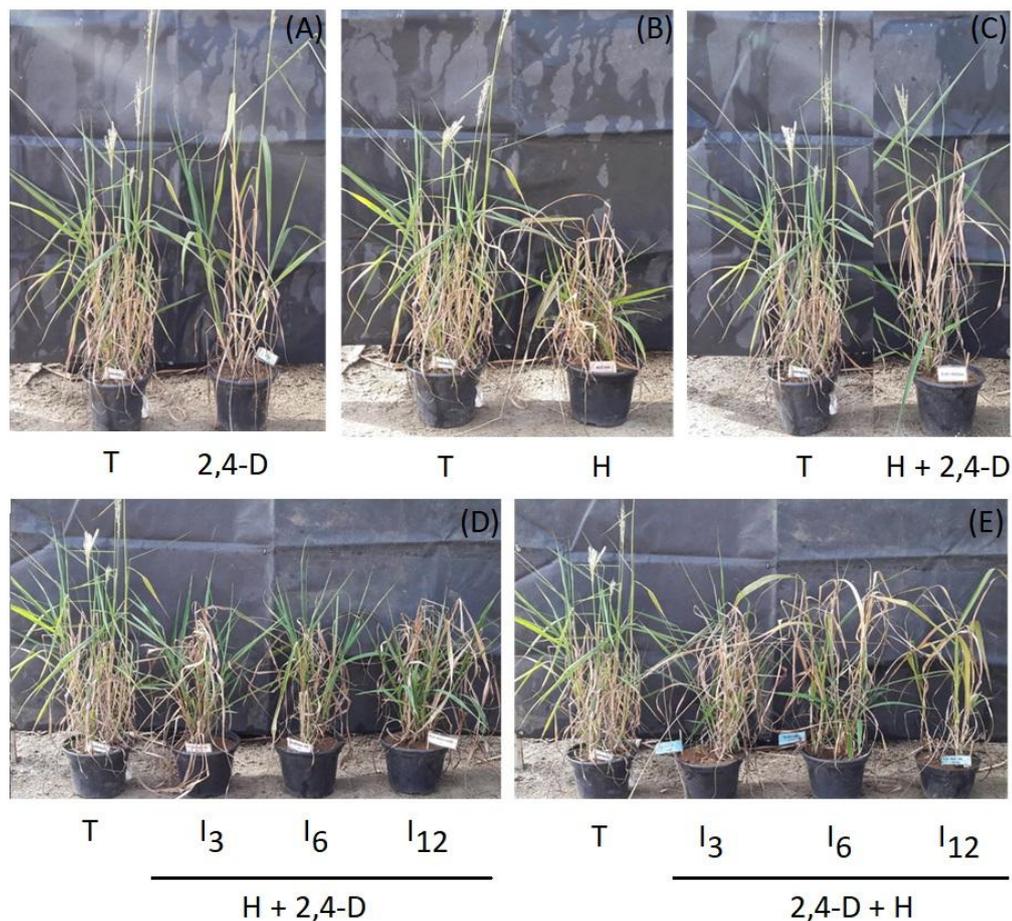


Figura 6. Vista frontal das plantas de capim-amargoso no estágio de florescimento aos 35 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA), submetidas aos herbicidas 2,4-D (A); haloxifop-p-metílico (B); sequencial aplicado no mesmo dia H+2,4D (C); sequenciais dos herbicida haloxifop-p-metílico seguido do 2,4-D (D) e 2,4-D seguido do H (E) com intervalos de 3, 6 e 12 dias entre aplicação (I3, I6 e I12). Seropédica-RJ, 2017.

Corroborando com o exposto, é possível observar aos 14 DAA, em ambos experimentos (Figura 7; Tabela 13) um declínio do desempenho fotossintético das plantas na maioria dos tratamentos, no entanto aos 35DAA todos os tratamentos, exceto o que recebeu apenas o haloxifop-p-metílico, apresentaram aumento do desempenho fotossintético (Figura 7; Tabela 13). Confirmando, que a aplicação do 2,4-D aumenta o metabolismo de gramíneas, o que pode levar a ineficiência do controle das plantas por meio de graminicidas aplicados em sequência. O mesmo resultado foi observado em plantas de *Sorghum halepense* onde houve aumento do metabolismo da planta e menor translocação de haloxifop-p-metílico quando há mistura com 2,4-D (MUELLER et al., 1990).

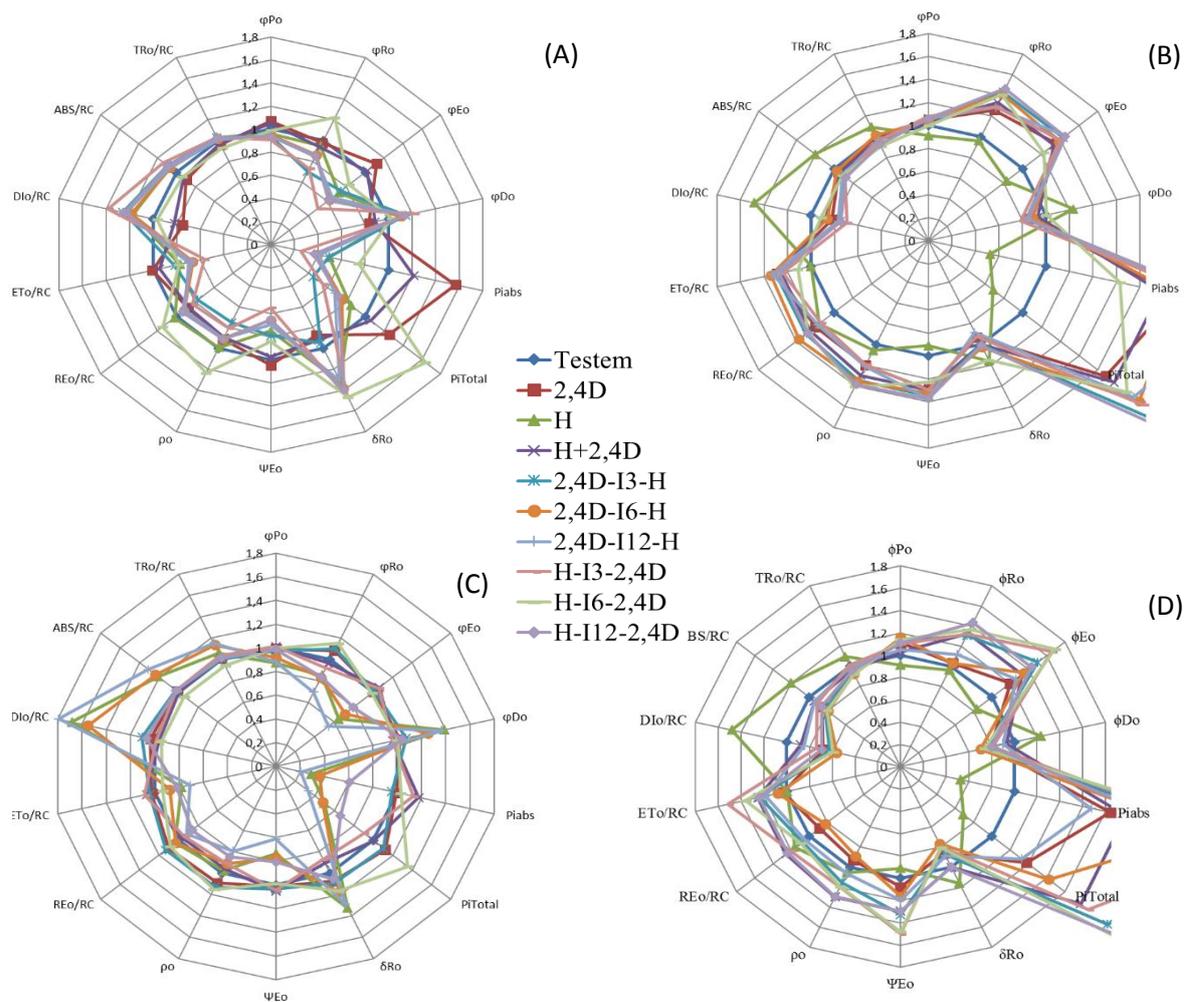


Figura 7. Intensidade de fluorescência da clorofila a obtida para a espécie *Digitaria insularis* em estágio de 3-4 perfilhos, aos 14 DAA EII-a (A) e EII-b (C) e 35 DAA EII-a (B) e EII-b (D). Parâmetros do Teste JIP obtidos após aplicação dos tratamentos 2,4D=2,4-D sal dimetilamina; H=haloxifope-p-metílico; em intervalos de aplicação de 3, 6 e 12 dias (I3, I6 e I12) entre o primeiro e segundo herbicida, expresso em relação aos valores do tratamento testemunha (valor transformado para 1). Seropédica-RJ, 2017.

Tabela 13. Fluorescência da clorofila a aos 14 e 35 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA) em plantas de capim-amargoso no estágio de florescimento, submetidas aos sequenciais dos herbicidas haloxifope-p-metílico e cloransulam-metílico; cloransulam-metílico e haloxifope-p-metílico com intervalos de 3, 6 e 12 dias entre aplicação- Experimento II. Seropédica-RJ, 2017.

EII- 14 DAA																
Trat.	EII-a				EII-b											
	PI _{total}		DI ₀ -RC		ΦP _o		φD _o		PI _{total}		DI ₀ -RC		ΦP _o		φD _o	
Testem	0,496	bcd	0,986	bcd	0,701	bc	0,299	bc	0,878	b	0,696	c	0,754	a	0,247	c
2,4D	0,605	b	0,737	d	0,750	a	0,250	d	0,983	b	0,720	c	0,749	a	0,251	c
H	0,413	bcde	1,150	abc	0,672	cd	0,328	ab	0,451	de	1,215	ab	0,653	c	0,347	a
H+2,4D	0,506	bc	0,812	d	0,733	ab	0,267	cd	0,914	b	0,667	c	0,762	a	0,238	c
2,4D-I ₃ -H	0,231	e	1,259	ab	0,656	cd	0,344	ab	0,972	b	0,772	c	0,735	a	0,265	c
2,4D-I ₆ -H	0,404	bcde	1,161	abc	0,668	cd	0,332	ab	0,468	de	1,082	b	0,692	b	0,308	b
2,4D-I ₁₂ -H	0,333	cde	1,207	abc	0,656	cd	0,344	ab	0,306	e	1,277	a	0,661	c	0,339	a
H-I ₃ -2,4D	0,290	de	1,419	a	0,628	d	0,372	a	0,801	bc	0,693	c	0,761	a	0,239	c
H-I ₆ -2,4D	0,888	a	0,951	cd	0,688	bc	0,312	bc	1,202	a	0,661	c	0,752	a	0,248	c
H-I ₁₂ -2,4D	0,349	cde	1,236	ab	0,655	cd	0,345	ab	0,631	cd	0,739	c	0,744	a	0,256	c
CV (%)	28		16		4		9		19		3		13		7	

EII- 35 DAA																
Trat.	EII-a				EII-b											
	PI _{total}		DI ₀ -RC		ΦP _o		φD _o		PI _{total}		DI ₀ -RC		ΦP _o		φD _o	
Testem	0,513	c	0,825	b	0,727	cd	0,273	bc	0,321	e	1,255	a	0,651	b	0,349	a
2,4D	0,945	b	0,679	bcd	0,764	abc	0,236	cde	0,450	de	0,858	c	0,724	a	0,277	b
H	0,353	c	1,226	a	0,665	e	0,335	a	0,353	e	1,215	a	0,665	b	0,335	a
H+2,4D	1,090	ab	0,723	bcd	0,746	bcd	0,254	bcd	1,090	a	0,723	c	0,746	a	0,254	b
2,4D-I ₃ -H	1,322	a	0,619	cd	0,773	ab	0,227	de	0,743	bc	0,778	c	0,737	a	0,263	b
2,4D-I ₆ -H	1,130	ab	0,712	bcd	0,758	abcd	0,242	bcde	0,515	cde	0,707	c	0,754	a	0,246	b
2,4D-I ₁₂ -H	1,098	ab	0,636	cd	0,770	ab	0,230	de	0,421	de	1,125	ab	0,678	b	0,322	a
H-I ₃ -2,4D	1,176	ab	0,575	d	0,786	a	0,214	e	0,692	bcd	0,927	bc	0,719	a	0,281	b
H-I ₆ -2,4D	1,109	ab	0,778	bc	0,721	d	0,279	b	0,857	ab	0,742	c	0,743	a	0,257	b
H-I ₁₂ -2,4D	1,432	a	0,620	Cd	0,767	ab	0,233	de	0,799	b	0,879	c	0,721	a	0,279	b
CV (%)	28		16		4		9		28		15		3		8	

Médias com letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade. Testem=Testemunha; 2,4D = 2,4-D sal dimetilamina; H= haloxifope-p-metílico; H+2,4D=Sequencial dos herbicidas H e 2,4-D aplicados no mesmo; I (intervalo entre a primeira e segunda aplicação): 3, 6 e 12 dias. DAA.

Diante do exposto é possível confirmar a dificuldade do controle de plantas de capim-amargoso em estágio de desenvolvimento mais avançado. Deve-se preconizar o controle em estádios fenológicos iniciais, seguindo a recomendação de aplicação do herbicida haloxifope-p-metílico 6 dias antes do 2,4-D.

4.2 CASO II: Interação entre os herbicidas haloxifope-p-metílico e cloransulam-metílico para controle de capim-amargoso em estágio fenológico de 3-4 perfilhos (EIII-a e EIII-b) e florescimento (EIV-a e EIV-b)

Para os quatro experimentos realizados não se verificou diferença significativa entre testemunha e o tratamento com cloransulam-metílico (C), porém estes diferiram dos demais tratamentos testados nas variáveis de controle (Tabela 14).

Nos experimentos III-a e III-b realizados com capim-amargoso com 3-4 perfilhos, as maiores porcentagens de injúria foram encontradas para as plantas que receberam apenas o haloxifope-p-metílico (H), assim como as que receberam o sequencial haloxifope-p-metílico /cloransulam-metílico com intervalo entre aplicações de 6 e 12 dias (H-I₆-C; H-I₁₂-C). Aos 14 DAA já foram observadas injúrias superiores a 60% nas plantas em ambos experimentos (Tabela 14; Figura 8) quando comparadas a testemunha. Já aos 35 DAA observou-se 100% de controle, ou seja a morte das plantas que receberam estes tratamentos (Tabela 14; Figura 9). Isso indica que o herbicida haloxifope-p-metílico aplicado antes do herbicida cloransulam-metílico com intervalo de 6 e 12 dias gera efeito aditivo no controle das plantas de capim-amargoso com 3-4 perfilhos, uma vez que esses tratamentos apresentaram injúrias iguais ao valor esperado pela equação de Colby (Tabela 15). No entanto, quando o herbicida cloransulam-metílico é aplicado antes do herbicida haloxifope-p-metílico, independentemente do intervalo entre aplicações, há efeitos antagônicos, já que são observadas injúrias inferiores ao valor esperado pelo modelo (Tabela 15).

No EIII-a, aos 35 DAA, as menores porcentagens de injúrias foram observadas para os tratamentos C-I₃-H; C-I₆-H e C-I₁₂-H, que não diferiram entre si, mas diferiram do tratamento H, apresentando sintomas de 40, 40 e 50% (EIII-a) e 30, 31 e 30% (EIII-b) de injúrias as plantas, respectivamente, quando comparados a testemunha (Tabela 14; Figura 8 e 9), mostrando efeito antagônico entre os herbicidas (Tabela 15). Em ambos experimentos, foi observado para o tratamento onde os herbicidas foram aplicados no mesmo dia em sequência (C+H) 70% e 40% de injúria no EIII-a e EIII-b respectivamente, quando comparado a testemunha, e o mesmo apresentou injúria as plantas 60% (EIII-a) e 30% (EIII-b) inferior ao tratamento H diferindo deste significativamente. E também o valor observado ou inferior ao esperado demonstrando, portanto, efeito antagônico (Tabela 14; 15).

Efeitos antagônicos entre os herbicidas inibidores de ACCase e ALS, também foram observados em outras espécies de plantas. Há antagonismo entre clodinafope e metsulfurometilico para controle de *Lolium multiflorum* (TREZZI et al., 2007), cletodim e imazapic em *Eleusine indica* (BURKE et al., 2003) e azinsulfurom e fenoxapropic em *Leptochloa chinensis* (BHULLAR et al., 2016). Em contrapartida, foi notado efeito sinérgico na mistura de tanque de fenoxapropic e etoxissulfurom aumentando a eficiência de controle de *Echinochloa crus-galli* e *E. colona* em comparação a fenoxapropic isolado (BHULLAR et al., 2016). Como visto o efeito antagônico ou sinérgico dependerá da espécie vegetal e dos herbicidas utilizados, tornando-se indispensáveis pesquisas sobre as prováveis interações entre herbicidas e sua eficácia de controle (VIEIRA JUNIOR et al. 2015).

Quanto aos dados de massa, foi observado em ambos experimentos diferença significativa entre os tratamentos H; H-I₆-C e H-I₁₂-C dos demais tratamentos. Quando o haloxifope-p-metílico é aplicado antes do cloransulam-metílico em um intervalo entre aplicações de 6 ou 12 dias, foi notada a morte das plantas (Tabela 14) e efeito de aditivo foi observado entre os herbicidas (Tabela 15) visto que o valor observado foi igual ao valor esperado pelo modelo proposto por Colby. No EIII-a as menores médias de massa foram observadas nos tratamentos C-I₃-H; C-I₆-H; C-I₁₂-H e H-I₃-C havendo redução de 52%, 36%, 60% e 36% de MSPA e 38%, 48%, 55% e 51% de MSR, respectivamente (Tabela 14) quando

comparado a testemunha. Corroborando com os resultados obtidos no EIII-a, observou-se no EIII-b antagonismo para os tratamentos C+H; C-I₆-H; C-I₁₂-H e H-I₃-C (Tabela 15), onde ocorreu redução de 70%, 58%, 48% e 60% de MSPA e 48%, 46%, 46% e 51% de MSR, respectivamente quando comparado à testemunha (Tabela 14).

No EIII-b, não foi verificada diferença estatística entre o tratamento C-I₃-H; C e a testemunha (Tabela 14) em MSPA e MSR. Em ambos experimentos foi observado antagonismo para os tratamentos C+H; C-I₃-H; C-I₆-H; C-I₁₂-H e H-I₃-C, visto que estes tratamentos apresentaram efeito inferior ao valor esperado pelo modelo de Colby (Tabela 15). O antagonismo é observado quando o efeito da mistura ou sequencial de herbicidas é menor do que o efeito observado quando o herbicida é aplicado isoladamente (COLBY, 1967).

A baixa eficiência de misturas ou sequenciais de herbicidas inibidores da enzima ALS e ACCase pode estar relacionada com absorção reduzida (BARNWELL & COBB, 1994) ou, na maioria dos casos, a redução da translocação do inibidor da enzima ACCase (CROON et al., 1989; FERREIRA et al. 1995; BARNES & OLIVER, 2004). O antagonismo ocorre principalmente quando herbicidas para controle de monocotiledôneas é aplicado juntamente ou após os herbicidas para controle de dicotiledôneas, porém esse efeito pode ser anulado com intervalo entre aplicações dos herbicidas. Como observado no EIII-a e EIII-b, onde o controle do capim-amargoso com 3-4 perfilhos foi eficiente quando o herbicida haloxifope-p-metílico é aplicado antes do cloransulam-metílico em um intervalo mínimo de 6 dias entre aplicações (Tabela 14).

Tabela 14. Porcentagem de controle aos 14 e 35 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA), massa seca de parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR) de plantas de capim-amargoso no estágio de 3-4 perfilhos, submetidas aos sequenciais dos herbicidas haloxifope-p-metílico e cloransulam-metílico; cloransulam-metílico e haloxifope-p-metílico com intervalos de 3, 6 e 12 dias entre aplicação- Experimento III.

Trat.	EIII-a				EIII-b			
	----Dano (%)----		----Massa (g)----		----Dano (%)----		----Massa (g)----	
	14DAA	35DAA	MSPA	MSR	14DAA	35DAA	MSPA	MSR
Testem	0,0 e	0,0 e	4,1 a	1,1 a	0,0 e	0,0 e	4,1 a	1,1 a
C	0,0 e	0,0 e	4,3 a	1,1 a	0,0 e	0,0 e	4,3 a	1,1 a
H	60 b	100 a	0,0 d	0,0 c	60 a	100 a	0,0 c	0,0 c
H+C	40 c	70 b	1,2 c	0,6 b	40 b	70 b	1,2 b	0,6 b
C-I ₃ -H	30 d	40 d	2,0 bc	0,7 b	10 d	30 d	4,0 a	1,3 a
C-I ₆ -H	30 d	40 d	2,6 b	0,6 b	20 c	31 d	1,7 b	0,6 b
C-I ₁₂ -H	30 d	50 d	1,6 bc	0,5 b	20 c	30 d	2,1 b	0,6 b
H-I ₃ -C	60 b	60 c	2,6 b	0,6 b	40 b	51 b	1,6 b	0,6 b
H-I ₆ -C	81 a	100 a	0,0 d	0,0 c	60 a	100 a	0,0 c	0,0 c
H-I ₁₂ -C	80 a	100 a	0,0 d	0,0 c	60 a	100 a	0,0 c	0,0 c
CV (%)	2	2	22	23	3	3	20	20

Médias com letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Testem=Testemunha; C = cloransulam-metílico; H= haloxifope-p-metílico; H+C=Sequencial dos herbicidas H e cloransulam-metílico aplicados no mesmo; I (intervalo entre a primeira e segunda aplicação): 3, 6 e 12 dias. DAA.

Tabela 15. Avaliação da interação entre os herbicidas haloxifope-p-metílico (H) e cloransulam-metílico (C) aplicados em diferentes intervalos de aplicação, no controle de plantas de capim-amargoso no estágio de 3-4 perfilhos. Experimento III. Seropédica-RJ, 2017.

Tratamento	EIII-a						EIII-b					
	Dano 35DAA			Redução(MSPA)			Dano 35DAA			Redução(MSPA)		
	-----%-----			-----%-----			-----%-----			-----%-----		
s	Obs	Esp	Int.	Obs	Esp	Int	Obs	Esp	Int	Obs	Esp	Int
Testem	0			0			0			0		
C	0			0			0			0		
H	100			100			100			100		
H+C	40	100	*	70	100	*	40	100	*	70	100	*
C-I ₃ -H	40	100	*	52	100	*	30	100	*	2	100	*
C-I ₆ -H	40	100	*	36	100	*	30	100	*	58	100	*
C-I ₁₂ -H	50	100	*	60	100	*	30	100	*	48	100	*
H-I ₃ -C	60	100	*	36	100	*	50	100	*	60	100	*
H-I ₆ -C	100	100	-	100	100	-	100	100	-	100	100	-
H-I ₁₂ -C	100	100	-	100	100	-	100	100	-	100	100	-

Sendo, Obs: Valor observado; Esp: Valor esperado obtido pelo modelo de Colby; Int: Interação obtida pelo teste T ($p \leq 0,005$) onde comparou-se o valor Obs com o valor Esp (* antagônico; - aditivo; ** sinérgico).

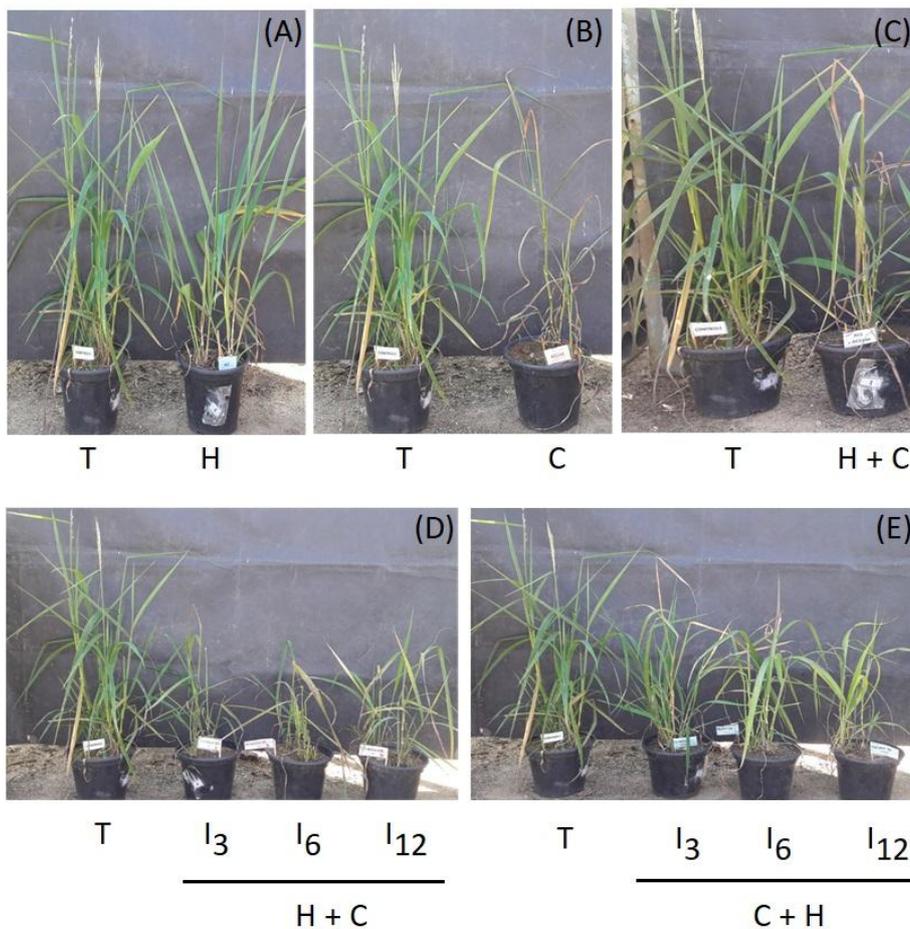


Figura 8. Vista frontal das plantas de capim-amargoso no estágio de 3-4 perfilhos aos 14 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA), submetidas aos herbicidas H-haloxifope-p-metílico (A); C-cloransulam-metílico (B); sequencial aplicado no mesmo dia H+C (C); sequenciais dos herbicida haloxifope-p-metílico seguido do C (D) e C seguido do H (E) com intervalos de 3, 6 e 12 dias entre aplicação (I3, I6 e I12). Seropédica-RJ, 2017.

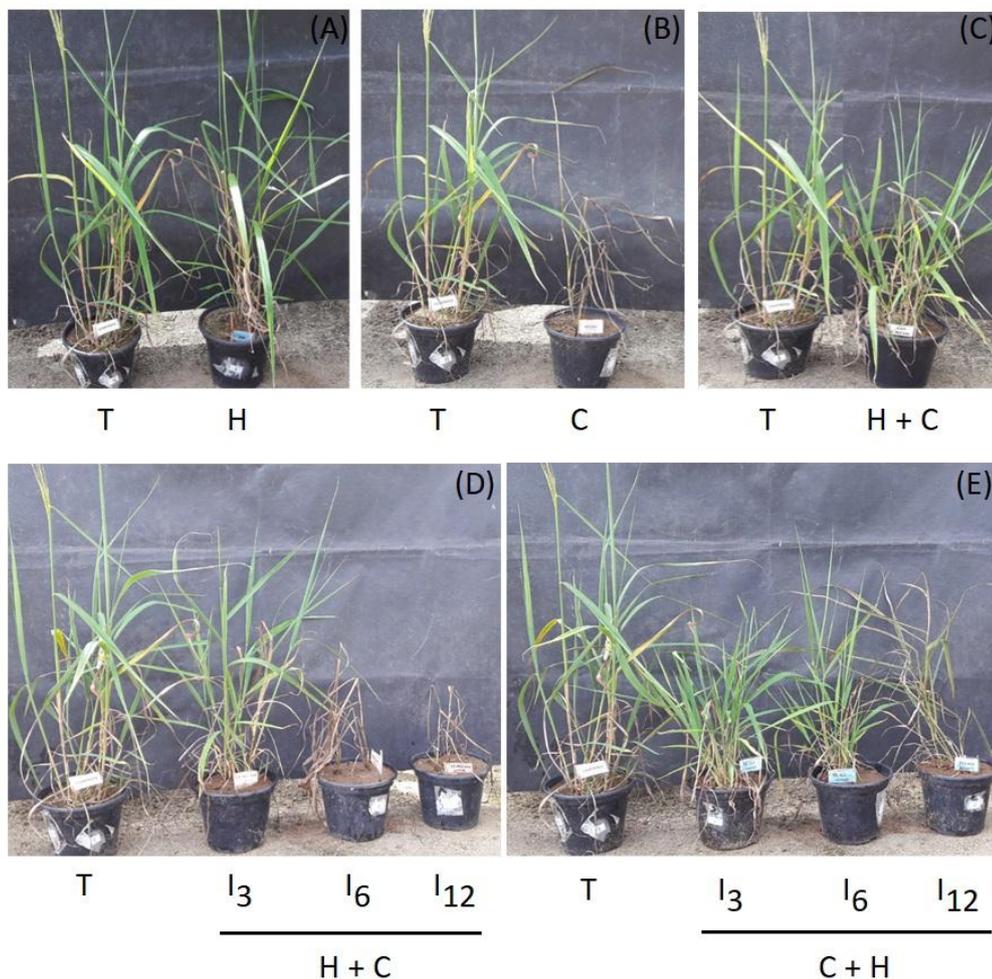


Figura 9. Vista frontal das plantas de capim-amargoso no estágio de 3-4 perfilhos aos 35 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA), submetidas aos herbicidas H-haloxifope-p-metílico (A); C-cloransulam-metílico (B); sequencial aplicado no mesmo dia H+C (C); sequenciais dos herbicida haloxifope-p-metílico seguido do C (D) e C seguido do H (E) com intervalos de 3, 6 e 12 dias entre aplicação (I3, I6 e I12). Seropédica-RJ, 2017.

Quanto aos dados de fluorescência da clorofila *a*, foi possível notar em ambos experimentos diferença significativa entre os tratamentos para os parâmetros PI_{TOTAL} (índice do desempenho fotossintético), DI_0/RC (dissipação de energia na forma de calor), ϕP_0 (rendimento quântico máximo fotoquímico) e ϕDo (rendimento quântico para dissipação de energia).

Aos 14 DAA, foi observado diferença significativa entre a testemunha e os tratamentos C-I₆-H e H-I₃-C no EIII-a; e a testemunha e os tratamentos H; H+C; C-I₃-H; C-I₆-H e H-I₁₂-C no EIII-b para o parâmetro PI_{TOTAL} . Quanto o ϕP_0 os tratamentos H; H+C; C-I₃-H e C-I₁₂-H no EIII-a e H; H+C; C-I₆-H e C-I₁₂-H no EIII-b apresentaram declínio quando comparado a testemunha, em contrapartida observou-se um aumento da dissipação de energia na forma de calor (DI_0/RC e ϕDo) (Figura 10; Tabela 16). O resultado era o esperado, uma vez que os

processos de emissão da fluorescência, dissipação de calor e produção fotoquímica ocorrem em competição direta, sendo assim o aumento do desempenho fotossintético das plantas leva a um declínio da dissipação de energia na forma de calor ou vice-versa. Os herbicidas inibidores ACCase ou ALS indiretamente afetam a fotossíntese como consequência da inibição da biossíntese de ácidos graxos ou de biossíntese de aminoácidos de cadeia ramificada, afetando a estabilidade do aparelho fotossintético, resultando em mudanças na indução de fluorescência de clorofila *a* (DAYAN & ZACCARO, 2012).

Aos 35 DAA, em ambos experimentos os tratamentos H; H-I₆-C e H-I₁₂-C não suportaram o estresse causado pelo herbicida e morreram, no entanto para os demais tratamentos foi observado estabilização dos parâmetros fotossintéticos, com exceção do tratamento H+C e C-I₆-H no EIII-a e o tratamento H+C no EIII-b que apresentaram diferença significativa da testemunha, observando aumento dos parâmetros DI₀/RC e ϕ Do e declínio do PI_{total} e ϕ P₀ quando comparado a testemunha, porém o aumento foi pouco expressivo sugerindo a recuperação das plantas frente aos tratamentos (Figura 10; Tabela 16).

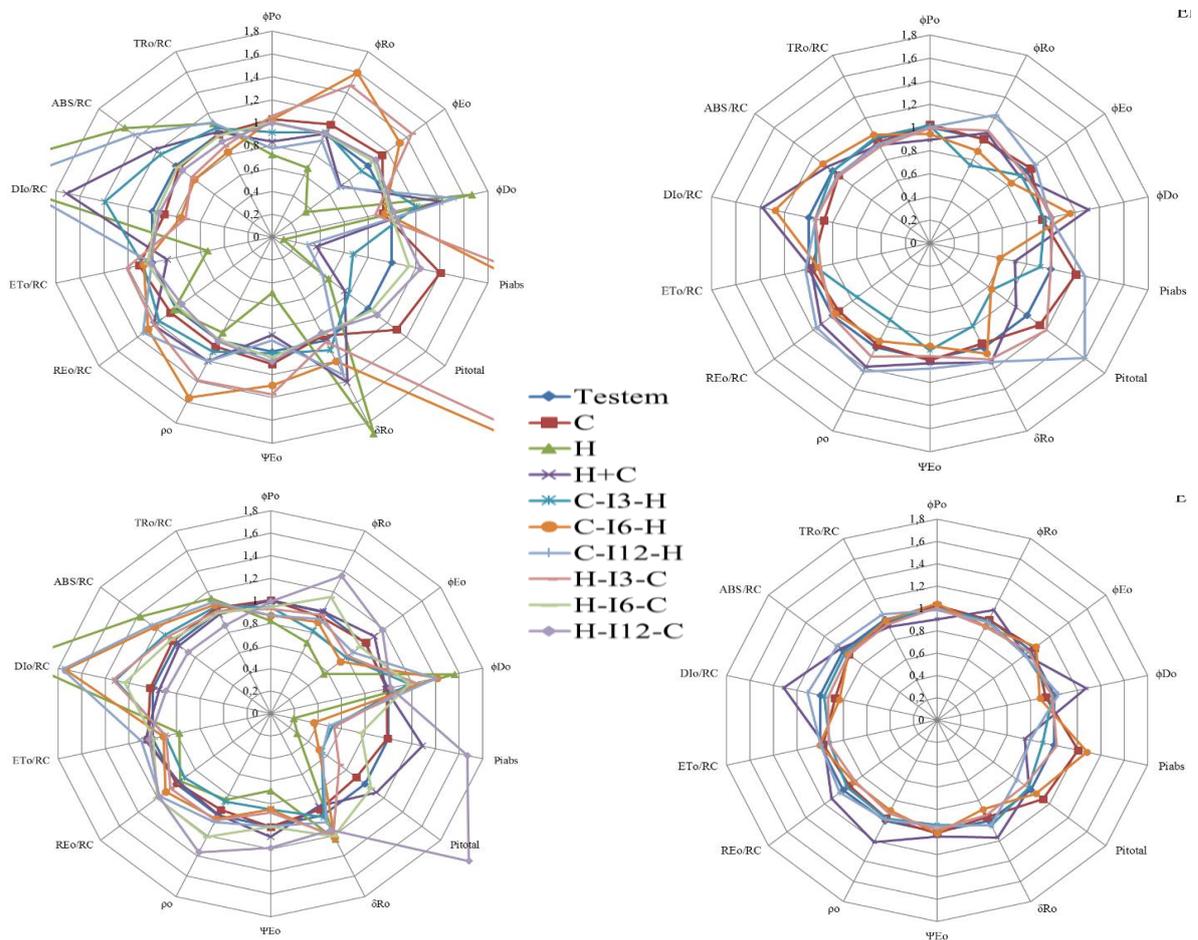


Figura 10. Intensidade de fluorescência da clorofila *a* obtida para a espécie *Digitaria insularis* em estágio de 3-4 perfílios, aos 14 DAA EIII-a (A) e EIII-b (C) e 35 DAA EIII-a (B) e EIII-b (D). Parâmetros do Teste JIP obtidos após aplicação dos tratamentos C=Cloransulam-metílico; H=haloxifope-p-metílico; em intervalos de aplicação de 3, 6 e 12 dias (I3, I6 e I12) entre o primeiro e segundo herbicida, expresso em relação aos valores do tratamento testemunha (valor transformado para 1). Seropédica-RJ, 2017.

Tabela 16. Fluorescência da clorofila a aos 14 e 35 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA) em plantas de capim-amargoso no estágio de 3-4 perfilhos, submetidas aos sequenciais dos herbicidas haloxifope-p-metílico e cloransulam-metílico; cloransulam-metílico e haloxifope-p-metílico com intervalos de 3, 6 e 12 dias entre aplicação- Experimento III

EIII- 14 DAA									
Trat.	EIII-a				EIII-b				
	PI _{total}	DI ₀ -RC	ΦP _o	φD _o	PI _{total}	DI ₀ -RC	ΦP _o	φD _o	
Testem	0,458 b	0,983 e	0,704 ab	0,296 ef	0,703 bc	0,696 c	0,761 a	0,239 c	
C	0,600 b	0,883 e	0,725 ab	0,275 ef	0,628 bcd	0,713 c	0,763 a	0,237 c	
H	0,662 b	2,499 a	0,505 f	0,495 a	0,221 f	1,546 a	0,624 c	0,376 a	
H+C	0,384 b	1,711 c	0,588 d	0,412 c	0,359 ef	1,248 ab	0,660 bc	0,340 ab	
C-I ₃ -H	0,361 b	1,373 d	0,644 c	0,356 d	0,383 def	0,941 bc	0,715 ab	0,285 bc	
C-I ₆ -H	1,804 a	0,712 e	0,719 ab	0,281 ef	0,368 def	1,247 ab	0,656 bc	0,344 ab	
C-I ₁₂ -H	0,237 b	2,167 b	0,547 e	0,453 b	0,472 cdef	1,227 ab	0,665 bc	0,335 ab	
H-I ₃ -C	1,369 a	0,714 e	0,743 a	0,257 f	0,517 bcde	0,930 bc	0,706 ab	0,294 bc	
H-I ₆ -C	0,508 b	0,981 e	0,705 ab	0,295 ef	0,753 b	0,862 bc	0,718 ab	0,282 bc	
H-I ₁₂ -C	0,513 b	0,931 e	0,700 b	0,300 e	1,493 a	0,619 c	0,756 a	0,244 c	
CV (%)	56	16	4	8	27	25	5	13	

EIII- 35 DAA									
Trat.	EIII-a				EIII-b				
	PI _{total}	DI ₀ -RC	ΦP _o	φD _o	PI _{total}	DI ₀ -RC	ΦP _o	φD _o	
Testem	0,735 bc	0,805 b	0,740 a	0,260 c	0,735 a	0,805 bc	0,740 bc	0,260 bc	
C	0,833 abc	0,700 b	0,759 a	0,241 c	0,836 a	0,701 c	0,759 ab	0,241 cd	
H+C	0,667 bc	1,102 a	0,662 c	0,338 a	0,666 a	1,102 a	0,686 d	0,337 a	
C-I ₃ -H	0,486 c	0,758 b	0,754 a	0,246 c	0,719 a	0,775 c	0,744 abc	0,256 bcd	
C-I ₆ -H	0,542 bc	1,025 a	0,698 b	0,302 b	0,836 a	0,704 c	0,772 a	0,236 d	
C-I ₁₂ -H	1,216 a	0,763 b	0,740 a	0,260 c	0,626 a	0,888 b	0,731 c	0,269 b	
H-I ₃ -C	0,928 ab	0,761 b	0,737 a	0,263 c	0,789 a	0,731 c	0,741 bc	0,259 bc	
CV (%)	33	14	3	7	23	8	2	5	

Médias com letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade. Testem=Testemunha; C = cloransulam-metílico; H= haloxifope-p-metílico; H+C=Sequencial dos herbicidas H e cloransulam-metílico aplicados no mesmo; I (intervalo entre a primeira e segunda aplicação): 3, 6 e 12 dias. DAA.

Para o capim-amargoso em pleno florescimento, observou-se no EIV-a e EIV-b, diferença significativa entre o tratamento testemunha e cloransulam-metílico, dos demais tratamentos, em todas épocas de avaliação de controle. No EIV-a, aos 14 DAA os tratamentos H; H-I₆-C e H-I₁₂-C apresentaram as maiores porcentagens de injúrias, sendo notado 40% de injúria (Tabela 17; Figura 11). Aos 35 DAA os tratamentos H-I₆-C e H-I₁₂-C apresentaram 75% de injúria, sendo essas as maiores porcentagens observadas, diferindo dos demais tratamentos, incluindo o tratamento que recebeu apenas o haloxifope-p-metílico (H) que apresentou 60% de injúria (Tabela 17; Figura 12), estes tratamentos apresentaram interação sinérgico pelo modelo proposto por Colby (Tabela 18).

A menor porcentagem de injúria foi notada nas plantas que receberam os herbicidas no mesmo dia (H+C) apresentando apenas 20% de sintoma, enquanto os demais tratamentos proporcionaram 40% de injúria, não diferindo entre si, aos 35 DAA (Tabela 17; Figura 12), o efeito observado entre esses tratamentos foi antagônico como observado na Tabela 18. Para o EIV-b, todos os tratamentos mostraram interação antagônica pelo modelo de Colby (Tabela 18). A maior porcentagem de injúrias foi observada aos 35 DAA para as plantas que receberam o tratamento H, onde houve 60% de injúria, este diferiu dos tratamentos H-I₆-C e H-I₁₂-C que proporcionaram 50% de sintoma nas plantas. As menores porcentagens de sintomas foram

observadas para os tratamentos H+C; C-I₃-H; C-I₆-H; C-I₁₂-H e H-I₃-C onde observou-se injúrias de 20, 30, 30, 40 e 30%, respectivamente (Tabela 17; Figura 12). Neste estágio fenológico das plantas, nenhum tratamento alcançou 100% de controle, ou seja, morte das plantas. Quando se trata de plantas em estágio avançado de desenvolvimento, o controle não é efetivo.

Conforme estudos, o herbicida mesotrione proporcionou injúrias no capim-amargoso próximo a 70% aos 30 dias após a aplicação; contudo, não impediu a formação de grande massa vegetal ao final do ciclo da cultura do milho (TIMOSSI, 2009). O resultado era esperado, já que quando o capim-amargoso se desenvolve e forma rizomas, seu controle é dificultado, principalmente devido o elevado acúmulo de amido e maior cerosidade nas folhas o que dificulta a translocação do herbicida nas plantas (GEMELLI et al. 2012; MACHADO et al., 2008; PALARO et al., 2013; TUFFI SANTOS et al. 2004).

Para os dados de massa, no EIV-a não foi notado diferença significativa entre os tratamentos H; C-I₆-H; C-I₁₂-H; H-I₃-C; H-I₆-C e H-I₁₂-C (Tabela 17), no entanto os tratamentos H-I₆-C; C-I₁₂-H e H-I₃-C apresentaram interação aditiva; enquanto que os tratamentos H-I₆-C e H-I₁₂-C apresentaram interação sinérgica pelo modelo de Colby (Tabela 18). Os tratamentos H-I₆-C e H-I₁₂-C foram os únicos que apresentaram redução significativa de massa em relação a testemunha, sendo esse decréscimo de MSPA e MSR de 70% e 57% para o tratamento H-I₆-C e 70% e 27% para o tratamento H-I₁₂-C, respectivamente.

No EIV-b foi observado redução de MSPA e MSR de aproximadamente 30% para os tratamentos H-I₆-C e H-I₁₂-C, quando comparado à testemunha (Tabela 17) e a interação entre os herbicidas foi considerada antagônica visto que os danos ocasionados pelo tratamento H superaram os do tratamento H-I₆-C e H-I₁₂-C (Tabela 18). No entanto, não foi observado diferença estatística entre os tratamentos H-I₆-C e H-I₁₂-C e os tratamentos H; C-I₆-H; C-I₁₂-H e H-I₃-C (Tabela 17), todos os sequenciais mostraram efeito antagônico no controle de plantas de capim amargoso em florescimento (tabela 18). Apesar dos melhores resultados, no EIV-a, serem observados quando o haloxifop-p-metilico é aplicado antes do cloransulam-metilico, em um intervalo mínimo de 6 dias, não foi possível observar o controle absoluto das plantas, outros estudos já demonstraram que plantas perenizadas têm seu controle reduzido em torno de 50% (PROCÓPIO et al., 2006), o que enfatiza a importância da observação do estágio fenológico das plantas daninhas para a obtenção de um controle eficiente.

Gazziero et al. (2013) verificaram que o uso de graminicidas como o cletodim é uma boa alternativa para pós-emergência, quando a planta do capim amargoso está com até 3 a 4 perfilhos. No entanto, a aplicação nas dosagens recomendadas em plantas entouceiradas proporciona rebrotas das plantas, necessitando de dosagens de 50% a 80% superiores, chegando muitas vezes ao dobro da dose, seguida de aplicação sequencial. Correia et al. (2015) conseguiram um controle eficiente somente em plantas adultas de capim-amargoso com aplicações sequenciais quinzenais de glifosato associado a quizalofop ou cletodim, com controle acima de 80% nestas plantas e no rebrote.

Tabela 17. Porcentagem de controle aos 14 e 35 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA), massa seca de parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR) de plantas de capim-amargoso no estágio de pleno florescimento, submetidas aos sequenciais dos herbicidas haloxifop-p-metílico e cloransulam-metílico; cloransulam-metílico e haloxifop-p-metílico com intervalos de 3, 6 e 12 dias entre aplicação- Experimento EIV.

Trat.	EIV-a						EIV-b									
	----Dano (%)----			----Massa (g)----			----Dano (%)----			---Massa (g)---						
	14DAA	35DAA		MSPA	MSR	14DAA	35DAA		MSPA	MSR						
Testem	0,0	d	0,0	f	6,4	bc	2,5	bc	0,0	f	0	f	6,4	b	2,5	bcd
C	0,0	d	0,0	f	5,8	bc	2,0	bcd	0,0	f	0	f	5,8	bc	2,0	cde
H	40	a	60	b	4,1	bcd	1,8	cde	40	a	60	a	4,1	cd	1,8	de
H+C	10	c	20	e	11	a	2,8	b	10	d	20	e	11	a	2,8	bc
C-I ₃ -H	10	c	30	d	6,8	b	3,7	a	05	e	30	d	10	a	3,8	a
C-I ₆ -H	10	c	40	c	4,0	bcd	1,9	cd	05	e	30	d	5,6	bc	3,0	ab
C-I ₁₂ -H	10	c	40	c	3,4	cd	1,5	de	05	e	40	c	6,1	bc	2,4	bcde
H-I ₃ -C	30	b	40	c	4,8	bcd	1,5	de	20	c	30	d	3,3	d	1,7	de
H-I ₆ -C	40	a	75	a	1,9	d	1,1	e	30	b	50	b	4,9	bcd	1,6	e
H-I ₁₂ -C	40	a	75	a	1,9	d	1,8	cde	30	b	50	b	4,6	bcd	1,7	de
CV(%)	6		3		26		16		5		4		15		14	

Médias com letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Testem=Testemunha; C = cloransulam-metílico ; H= haloxifop-p-metílico; H+C=Sequencial dos herbicidas H e cloransulam-metílico aplicados no mesmo; I (intervalo entre a primeira e segunda aplicação): 3, 6 e 12 dias. DAA.

Tabela 18. Avaliação da interação entre os herbicidas haloxifop-p-metílico (H) e cloransulam-metílico (C) aplicados em diferentes intervalos de aplicação, no controle de plantas de capim-amargoso no estágio de florescimento. Experimento IV. Seropédica-RJ, 2017.

Tratamento	EIV-a						EIV-b					
	Dano 35DAA			Redução(MSPA)			Dano 35DAA			Redução(MSPA)		
	-----%-----			-----%-----			-----%-----			-----%-----		
	Obs	Esp	Int.	Obs	Esp	Int	Obs	Esp	Int	Obs	Esp	Int
Testem	0			0			0			0		
C	0			9			0			9		
H	60			35			60			35		
H+C	20	60	*	0	41	*	20	60	*	0	41	*
C-I ₃ -H	30	60	*	0	41	*	30	60	*	0	41	*
C-I ₆ -H	40	60	*	37	41	-	30	60	*	13	41	*
C-I ₁₂ -H	40	60	*	47	41	-	40	60	*	5	41	*
H-I ₃ -C	40	60	*	25	41	-	30	60	*	48	41	-
H-I ₆ -C	75	60	**	70	41	**	50	60	*	23	41	*
H-I ₁₂ -C	75	60	**	70	41	**	50	60	*	28	41	*

Sendo, Obs: Valor observado; Esp: Valor esperado obtido pelo modelo de Colby; Int: Interação obtida pelo teste T ($p \leq 0,005$) onde comparou-se o valor Obs com o valor Esp (* antagônico; - aditivo; ** sinérgico).

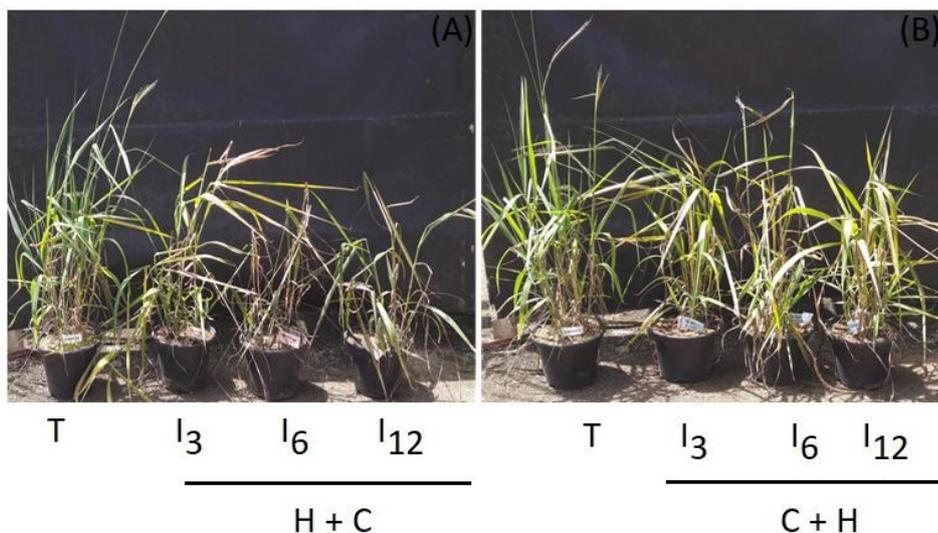


Figura 11. Vista frontal das plantas de capim-amargoso no estágio de florescimento aos 14 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA), submetidas aos herbicidas aos sequenciais dos herbicida H-haloxifope-p-metílico seguido do C-clorasnsulam (A) e C seguido do H (B) com intervalos de 3, 6 e 12 dias entre aplicação (I3, I6 e I12). Seropédica-RJ, 2017.

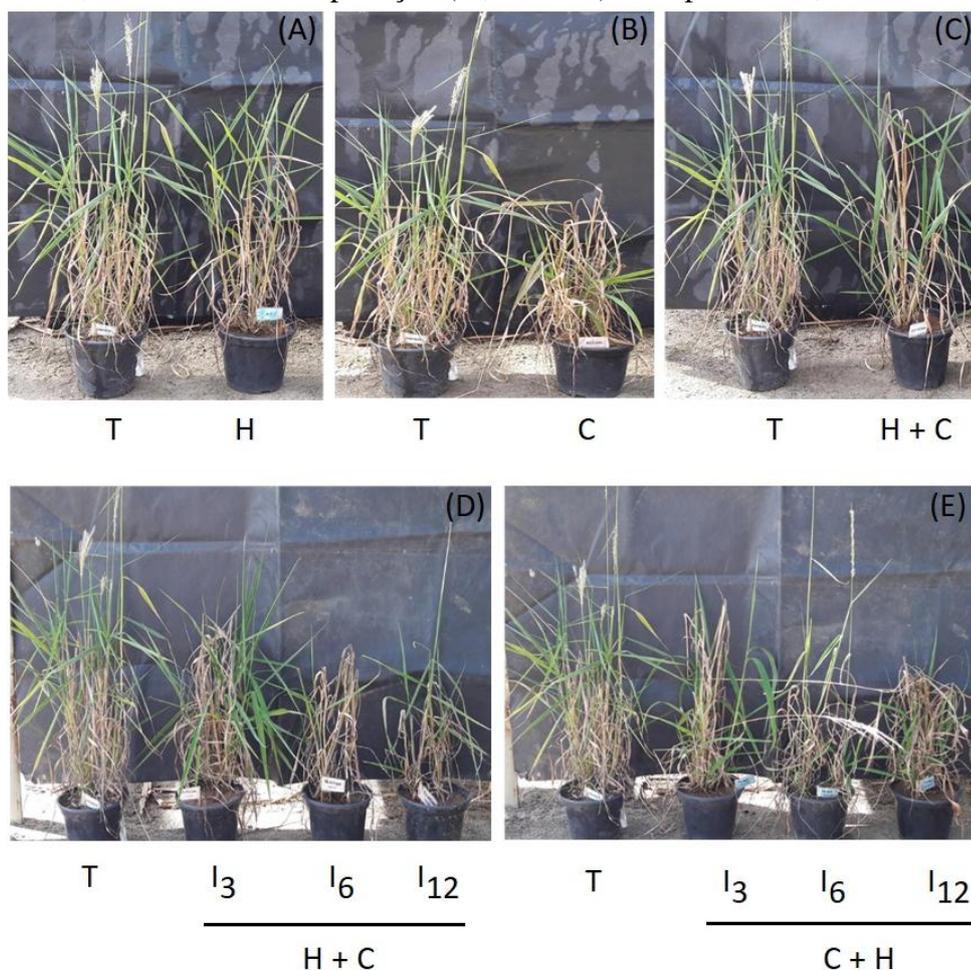


Figura 12. Vista frontal das plantas de capim-amargoso no estágio de florescimento aos 35 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA), submetidas aos herbicidas H-haloxifope-p-metílico (A); C-clorasnulam-metílico (B); sequencial aplicado no mesmo dia H+C (C); sequenciais dos

herbicida haloxifope-p-metílico seguido do C (D) e C seguido do H (E) com intervalos de 3, 6 e 12 dias entre aplicação (I3, I6 e I12). Seropédica-RJ, 2017.

A análise de fluorescência da clorofila *a*, indica de forma não destrutiva as condições fisiológicas do aparato fotossintético frente a algum estresse. Segundo Sousa et al., (2014) os parâmetros que melhor indicam a sensibilidade das plantas de arroz aos herbicidas do grupo químico de imidazolinona, mecanismo de ação ALS, são os índices de desempenho (PI_{ABS} e PI_{total}) e a dissipação de energia na forma de calor por centros de reação (DI_0 / RC).

No EIV-a, aos 14 DAA, foi observado declínio do desempenho fotossintético (ϕDo) nas plantas submetidas aos tratamentos H+C; C-I₃-H; C-I₁₂-H; H-I₃-C; H-I₆-Ce H-I₁₂-C quando comparado a testemunha. Em contrapartida houve um aumento da dissipação de energia na forma de calor, com exceção do tratamento C (Figura 13; Tabela 19). No EIV-b notou-se para todos os tratamentos, com exceção do tratamento C, declínio do desempenho fotossintético e aumento do DI_0/RC e ϕDo (Figura 13; Tabela 19). Os mesmos comportamentos foram observados em plantas de arroz cv. Puitá Inta CL aos 15DAA, submetidas aos herbicidas imazetapir+ imazapic na dose comercial, onde houve elevação dos parâmetros DI_0/RC e ϕDo , resultando em uma diminuição do desempenho fotossintético das plantas (SOUSA et al., 2014). Corroborando com os resultados, Burke et al., (2003) sugeriu que o antagonismo entre cletodim e imazapic em *Eleusine indica* foi dado pela redução da taxa fotossintética da planta.

De forma geral aos 14 DAA os tratamentos apresentaram declínio do desempenho fotossintético. Já aos 35 DAA as plantas elevaram a atividade fotossintética de modo a tentar se recuperar do estresse oferecido pelo herbicida (Figura 13; Tabela 19). O aumento do desempenho fotossintético pode estar associado ao complexo de enzimas P-450s, como ocorre em aplicações de alguns *Safeners* que induzem a atividade de enzimas detoxificantes (RIECHERS et al., 2010), que catalisam reações que levam a rápida desintoxicação metabólica de herbicidas cloroacetanilidas, ariloxifenoxipropionatos, sulfoniluréias, imidazolinonas, isoxazolidinonas e sulfonamidas, protegendo da ação fitotóxica para algumas plantas monocotiledôneas (RIECHERS et al., 2010; MOUGIN et al., 1991).

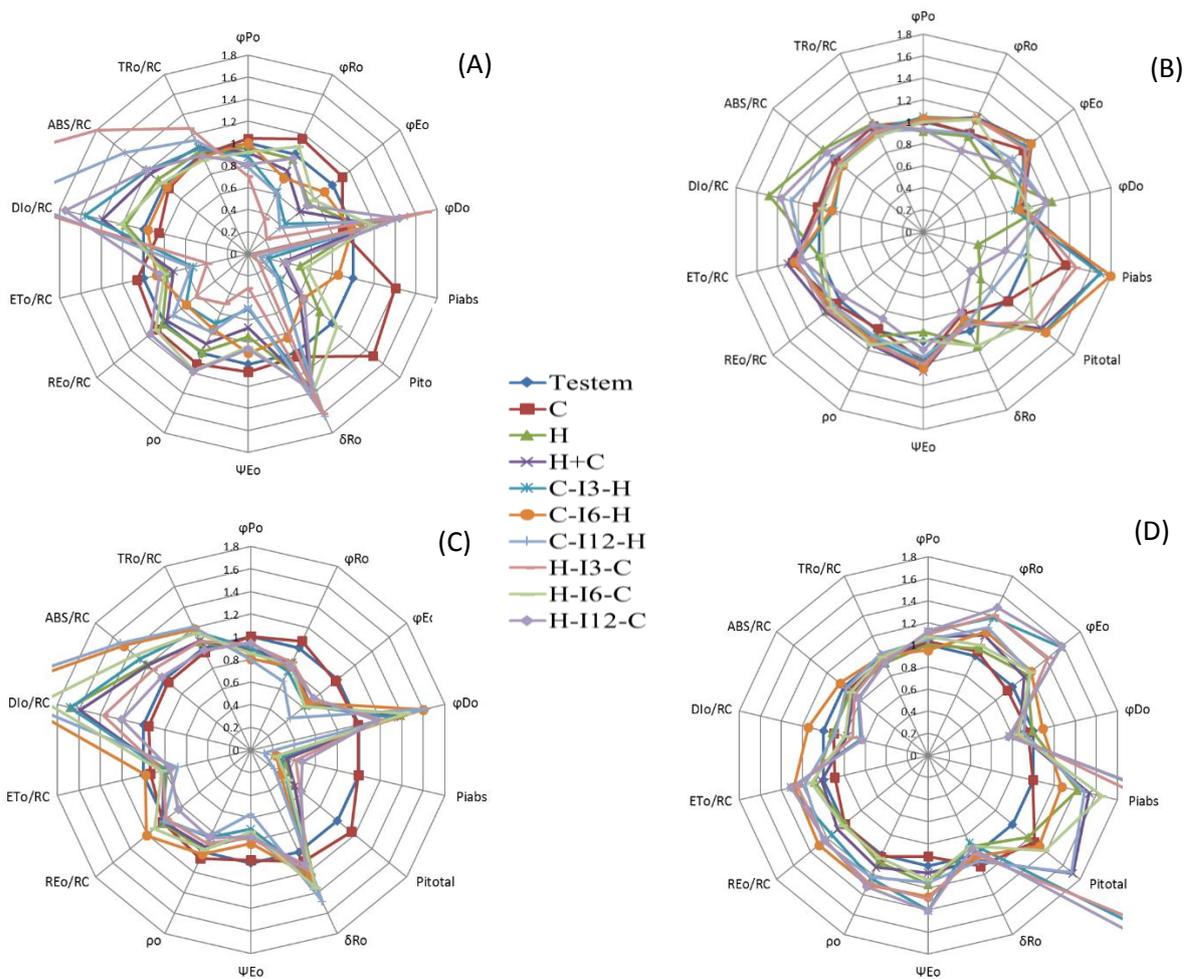


Figura 13. Intensidade de fluorescência da clorofila a obtida para a espécie *Digitaria insularis* em estágio de 3-4 perfilhos, aos 35 DAA EIV -a (A) e EIV -b (C) e 35 DAA EIV -a (B) e EIV -b (D). Parâmetros do Teste JIP obtidos após aplicação dos tratamentos C=Cloransulam-metílico ; H=haloxifope-p-metílico; em intervalos de aplicação de 3, 6 e 12 dias (I3, I6 e I12) entre o primeiro e segundo herbicida, expresso em relação aos valores do tratamento testemunha (valor transformado para 1). Seropédica-RJ, 2017.

Tabela 19. Fluorescência da clorofila *a* aos 14 e 35 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA) em plantas de capim-amargoso no estágio de florescimento, submetidas aos sequenciais dos herbicidas haloxifope-p-metílico e cloransulam-metílico; cloransulam-metílico e haloxifope-p-metílico com intervalos de 3, 6 e 12 dias entre aplicação- Experimento IV.

EIV- 14 DAA									
Trat.	EIV-a				EIV-b				
	PI _{total}	DI ₀ -RC	ΦP _o	φD _o	PI _{total}	DI ₀ -RC	ΦP _o	φD _o	
Testem	0,496 bc	0,986 ef	0,701 ab	0,299 ef	0,878 a	0,696 f	0,754 a	0,247 e	
C	0,711 a	0,838 f	0,730 a	0,270 f	1,020 a	0,662 f	0,756 a	0,244 e	
H	0,413 cd	1,150 def	0,672 bc	0,328 de	0,451 bcd	1,215 bc	0,653 d	0,347 b	
H+C	0,375 cd	1,386 de	0,641 cd	0,360 cd	0,455 bcd	1,102 cd	0,673 cd	0,327 bc	
C-I ₃ -H	0,189 e	1,528 cd	0,615 d	0,385 c	0,367 bcd	1,178 de	0,678 cd	0,322 bc	
C-I ₆ -H	0,323 d	0,947 ef	0,703 ab	0,297 ef	0,328 cd	1,648 a	0,605 e	0,395 a	
C-I ₁₂ -H	0,172 ef	2,198 b	0,545 e	0,455 b	0,249 d	1,720 a	0,600 e	0,400 a	
H-I ₃ -C	0,063 f	3,060 a	0,487 f	0,513 a	0,512 bc	0,949 de	0,705 bc	0,295 cd	
H-I ₆ -C	0,538 b	1,211 def	0,644 cd	0,356 cd	0,386 bcd	1,354 b	0,643 d	0,357 b	
H-I ₁₂ -C	0,381 cd	1,880 bc	0,557 e	0,443 b	0,585 b	0,824 ef	0,714 b	0,287 d	
CV (%)	21	18	6	10	26	14	4	7	

EIV- 14 DAA									
Trat.	EIV-a				EIV-b				
	PI _{total}	DI ₀ -RC	ΦP _o	φD _o	PI _{total}	DI ₀ -RC	ΦP _o	φD _o	
Testem	0,878 a	0,696 f	0,754 a	0,247 e	0,321 c	1,255 ab	0,651 de	0,349 ab	
C	1,020 a	0,662 f	0,756 a	0,244 e	0,405 bc	1,130 bcd	0,669 cd	0,331 bc	
H	0,451 bcd	1,215 bc	0,653 d	0,347 b	0,385 bc	1,185 bc	0,651 de	0,349 ab	
H+C	0,455 bcd	1,102 cd	0,673 cd	0,327 bc	0,564 b	0,975 cde	0,698 abc	0,302 cde	
C-I ₃ -H	0,367 bcd	1,178 de	0,678 cd	0,322 bc	0,783 a	0,844 e	0,724 ab	0,276 de	
C-I ₆ -H	0,328 cd	1,648 a	0,605 e	0,395 a	0,445 bc	1,460 a	0,619 e	0,381 a	
C-I ₁₂ -H	0,249 d	1,720 a	0,600 e	0,400 a	0,563 b	1,125 bcd	0,681 bcd	0,319 bcd	
H-I ₃ -C	0,512 bc	0,949 de	0,705 bc	0,295 cd	0,784 a	0,905 de	0,715 ab	0,285 de	
H-I ₆ -C	0,386 bcd	1,354 b	0,643 d	0,357 b	0,467 bc	1,001 bcde	0,699 abc	0,301 cde	
H-I ₁₂ -C	0,585 b	0,824 ef	0,714 b	0,287 d	0,935 b	0,803 e	0,732 a	0,268 e	
CV (%)	26	14	3.5	7	20	16	4	9	

Médias com letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade. Clorans = cloransulam-metílico; halox = haloxifope-p-metílico; ¹ Sequencial dos herbicidas halox+Clorans aplicados no mesmo dia; ² Dias entre primeira e segunda aplicação: 3, 6 e 12 dias. DAA- dias após a aplicação

A ordem e intervalo de aplicação dos herbicidas podem interferir negativamente no controle de plantas daninhas, sendo que em áreas infestadas com capim-amargoso e plantas dicotiledôneas resistentes ao glifosato, os melhores resultados de controle são obtidos quando o herbicida inibidor da enzima ACCase são aplicados antes dos herbicidas inibidores da ALS num intervalo mínimo de 6 dias entre aplicações.

Tanto no EIII-a quanto no EIII-b, foi possível observar controle de 100% das plantas de capim-amargoso com 3-4 perfis utilizando o herbicida haloxifope-p-metílico (H) ou o sequencial haloxifope-p-metílico seguido do cloransulam-metílico num intervalo de aplicação de 6 ou 12 dias (H-I₆-C e H-I₁₂-C). Para o capim-amargoso em pleno florescimento, foi notado no EIV-a e EIV-b que nenhum tratamento foi efetivo, porém, os melhores resultados de controle ainda foram observados para os tratamentos H; H-I₆-C e H-I₁₂-C. Contudo, fica evidente que a utilização pontual de herbicidas inibidores da ACCase em pós-emergência poderá não ser a solução para o problema em todos os estágios de desenvolvimento de *D. insularis* (CORREIA & DURIGAN, 2009; GAZOLA, 2016).

4.3 CASO III: Interação entre os herbicidas haloxifope-p-metílico e 2,4-D para controle de buva em estágio fenológico de 12-15 folhas (EV-a e EV-b)

Para os dois experimentos realizados não se verificou diferença significativa entre a testemunha e haloxifope-p-metílico (H), porém estes diferiram dos demais tratamentos em todas variáveis analisadas.

Aos 14 DAA, em ambos experimentos, notou-se que todos tratamentos que receberam o herbicida 2,4-D obtiveram níveis de injúrias acima do mínimo agronomicamente aceito (>80%) de acordo com os critérios da SBCPD (Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas -1995), com exceção do tratamento H-I₁₂-2,4D que apresentou 60% de sintomas, no EV-a (Tabela 20; Figura 14). No entanto, aos 35DAA em ambos experimentos, todos os tratamentos, com exceção da testemunha e do tratamento que recebeu apenas o haloxifope-p-metílico, obtiveram 100% de controle, ou seja, morte das plantas de buva (Tabela 20; Figura. 15) e interação aditiva entre os herbicidas testados (Tabela 21). O tratamento H, não causou danos nas plantas de buva, visto que plantas eudicotiledôneas como a buva, são naturalmente tolerantes a herbicidas do mecanismo de ação ACCase. O mecanismo de seletividade entre espécies eudicotiledôneas e gramíneas ocorre em nível de sítio de atuação (insensibilidade da enzima ACCase) (OLIVEIRA Jr, 2011).

O herbicida 2,4-D é altamente eficiente no controle de buva (MOREIRA et al., 2007; SANTOS et al., 2015), porém alguns autores citam efeitos antagônicos quando o herbicida 2,4-D é aplicado em mistura ou sequencial com herbicidas do mecanismo de ação ACCase no controle de gramíneas (TREZZI et al., 2007; ABIT et al., 2011; PETERSON et al., 2016) e eudicotiledôneas (LIU et al., 2017). Outros autores também não observaram efeito antagônico entre os herbicidas diclosulam + halauxifen em uma mistura de tanque com glifosato, ou diclosulam + 2,4-D amina + glifosato no controle de buva (BRAZ, et al., 2017).

Confirmando os dados de fitotoxicidade, foi possível observar em ambos experimentos, diferença significativa entre os tratamentos testemunha e haloxifope-p-metílico dos demais tratamentos quanto a MSPA e MSR. No EV-a, houve diferença significativa entre o tratamento H e a testemunha, notou-se aumento de MSPA e MSR de 22 e 33% respectivamente, entre os tratamentos H e a testemunha. Os demais tratamentos não suportaram o estresse oferecido pelos herbicidas e morreram, demonstrando que no caso da buva não há efeito antagônico entre os herbicidas 2,4-D e haloxifope-p-metílico, independentemente da ordem ou intervalo de aplicação (Tabela 20 e 21).

Estudos mostraram que o herbicida 2,4-D em mistura de tanque com fluazifop ou haloxifope-p-metílico, não ocasionou antagonismo no controle de *Amarantus hybridus* uma espécie de planta daninhas de folha larga amplamente difundida nas áreas de produção (GRICHAR & BOSWELL, 1987). Ausência de antagonismo também foi observado entre os herbicidas glifosato e saflufenacil para controle de buva (DALAZEN et al., 2015) e glifosato e 2,4-D no controle de *Abutilon theophrasti* e *Ambrosia trifida* (ROBINSON et al., 2012). Em contraste, Liu et al., (2017) observou que a espécie *Acanthospermum hispidum* que é uma espécie naturalmente tolerante ao herbicida do grupo ariloxifenoxipropionato (ACCCase) é suscetível ao herbicida fluazifop-P-butilo.

O mecanismo de ação do fluazifop-P-butilo em *Acanthospermum hispidum* se dá mediante peroxidação lipídica de membrana aumentando os níveis de espécies reativas de oxigênio (ROS) (SHANG et al., 2017). Porém o efeito do fluazifop é revertido sob presença do 2,4-D ou ácido indolil-3-acético (AIA), sugerindo efeito antagônico entre o herbicida 2,4-D e o fluazifop-P-butilo (LIU et al., 2017) no controle dessa espécie. Contudo, no presente experimento foi possível observar interação aditiva entre os herbicidas 2,4-D e haloxifope-p-metílico para controle de plantas de buva.

Tabela 20. Porcentagem de controle aos 7 e 35 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA), massa seca de parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR) de plantas de buva no estágio de 12-15 folhas, submetidas aos sequenciais dos herbicidas haloxifope-p-metílico e 2,4-D; 2,4-D-metílico e haloxifope-p-metílico com intervalos de 3, 6 e 12 dias entre aplicação-Experimento V.

Trat.	EV-a						EV-b									
	----Dano (%)----			----Massa (g)----			----Dano (%)----		---Massa (g)---							
	7DAA	35DAA		MSPA	MSR	7DAA	35DAA	MSPA	MSR							
Testem	0,0	f	0,0	b	1,45	a	2,15	b	0,00	c	0,0	b	1,78	a	3,75	a
2,4D	100	a	100	a	0,00	b	0,00	c	100	a	100	a	0,00	b	0,00	b
H	0,0	f	0,0	b	1,87	a	3,22	a	0,00	c	0,0	b	1,57	a	3,67	a
H+2,4D	100	a	100	a	0,00	b	0,00	c	100	a	100	a	0,00	b	0,00	b
2,4D-I ₃ -H	98	ab	100	a	0,00	b	0,00	c	95	a	100	a	0,00	b	0,00	b
2,4D-I ₆ -H	93	abc	100	a	0,00	b	0,00	c	95	a	100	a	0,00	b	0,00	b
2,4D-I ₁₂ -H	88	cd	100	a	0,00	b	0,00	c	85	b	100	a	0,00	b	0,00	b
H-I ₃ -2,4D	90	bcd	100	a	0,00	b	0,00	c	99	a	100	a	0,00	b	0,00	b
H-I ₆ -2,4D	84	d	100	a	0,00	b	0,00	c	99	a	100	a	0,00	b	0,00	b
H-I ₁₂ -2,4D	60	e	100	a	0,00	b	0,00	c	95	a	100	a	0,00	b	0,00	b
CV(%)	6		0		67		48		5		0		61		59	

Médias com letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Testem=Testemunha; 2,4D = 2,4-D sal dimetilamina; H= haloxifope-p-metílico ; H+2,4D=Sequencial dos herbicidas H e 2,4-D aplicados no mesmo; I (intervalo entre a primeira e segunda aplicação): 3, 6 e 12 dias. DAA.

Tabela 21. Avaliação da interação entre os herbicidas haloxifope-p-metílico (H) e 2,4-D aplicados em diferentes intervalos de aplicação, no controle de plantas de buva no estágio de 12-15 folhas. Experimento V. Seropédica-RJ, 2017.

Tratamento	EV-a						EV-b					
	Dano 35DAA			Redução(MSPA)			Dano 35DAA			Redução(MSPA)		
	-----%-----			-----%-----			-----%-----			-----%-----		
	Obs	Esp	Int.	Obs	Esp	Int	Obs	Esp	Int	Obs	Esp	Int
Testem	0			0			0			0		
2,4-D	100			100			100			100		
H	0			0			0			12		
H+2,4-D	100	100	-	100	100	-	100	100	-	100	100	-
2,4-D -I ₃ -H	100	100	-	100	100	-	100	100	-	100	100	-
2,4-D -I ₆ -H	100	100	-	100	100	-	100	100	-	100	100	-
2,4-D-I ₁₂ -H	100	100	-	100	100	-	100	100	-	100	100	-
H-I ₃ -2,4-D	100	100	-	100	100	-	100	100	-	100	100	-
H-I ₆ -2,4-D	100	100	-	100	100	-	100	100	-	100	100	-
H-I ₁₂ -2,4-D	100	100	-	100	100	-	100	100	-	100	100	-

Sendo, Obs: Valor observado; Esp: Valor esperado obtido pelo modelo de Colby; Int: Interação obtida pelo teste T (p<0,005) onde comparou-se o valor Obs com o valor Esp (* antagônico; - aditivo; ** sinérgico).

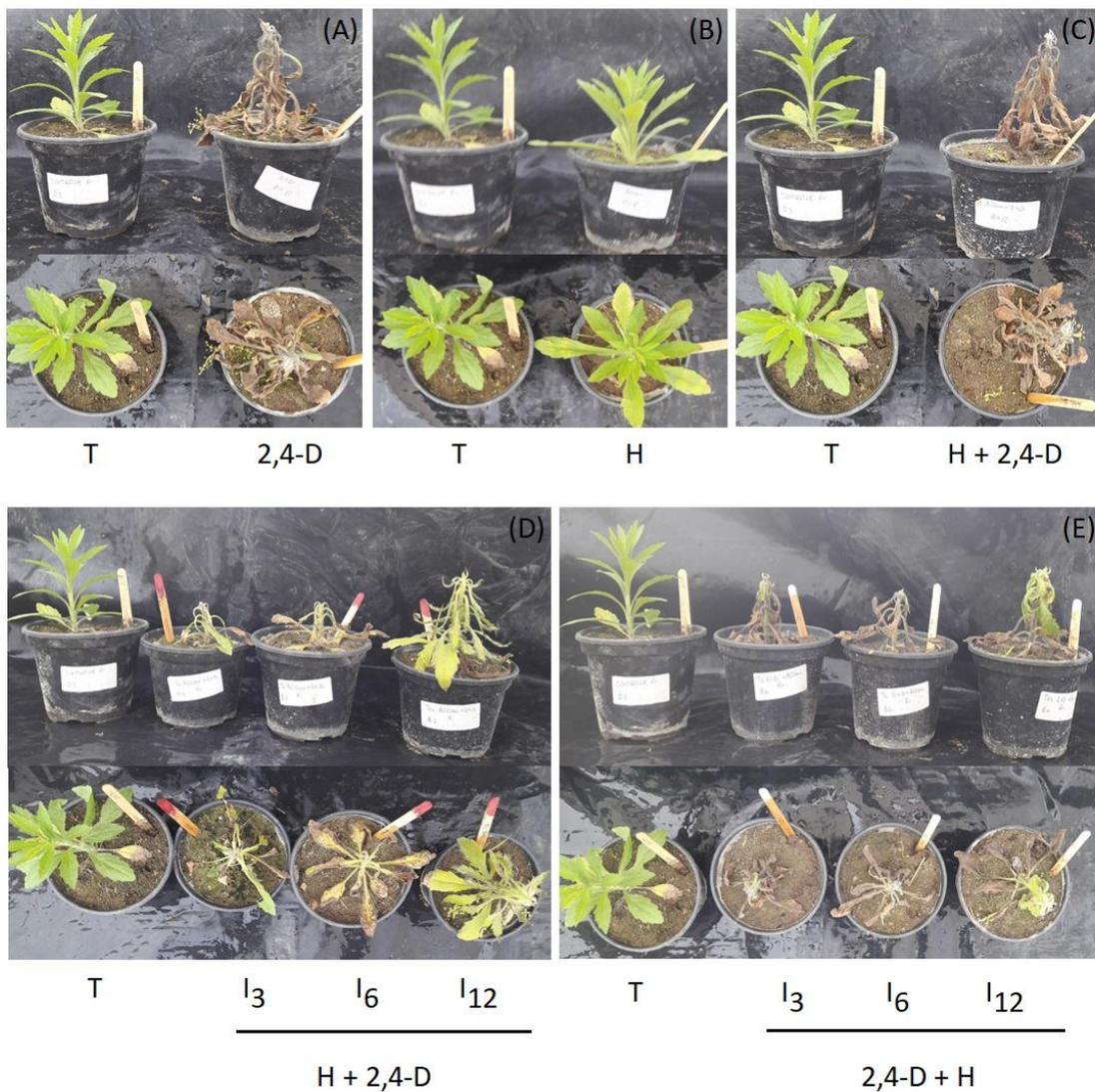


Figura 14. Vista frontal das plantas de buva no estágio 12-15 folhas aos 14 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA), submetidas aos herbicidas 2,4-D (A); H-haloxifope-p-metílico (B); sequencial aplicado no mesmo dia H+2,4-D (C); sequenciais dos herbicida haloxifope-p-metílico seguido do 2,4-D (D) e 2,4-D seguido do H (E) com intervalos de 3, 6 e 12 dias entre aplicação (I3, I6 e I12). Seropédica-RJ, 2017.

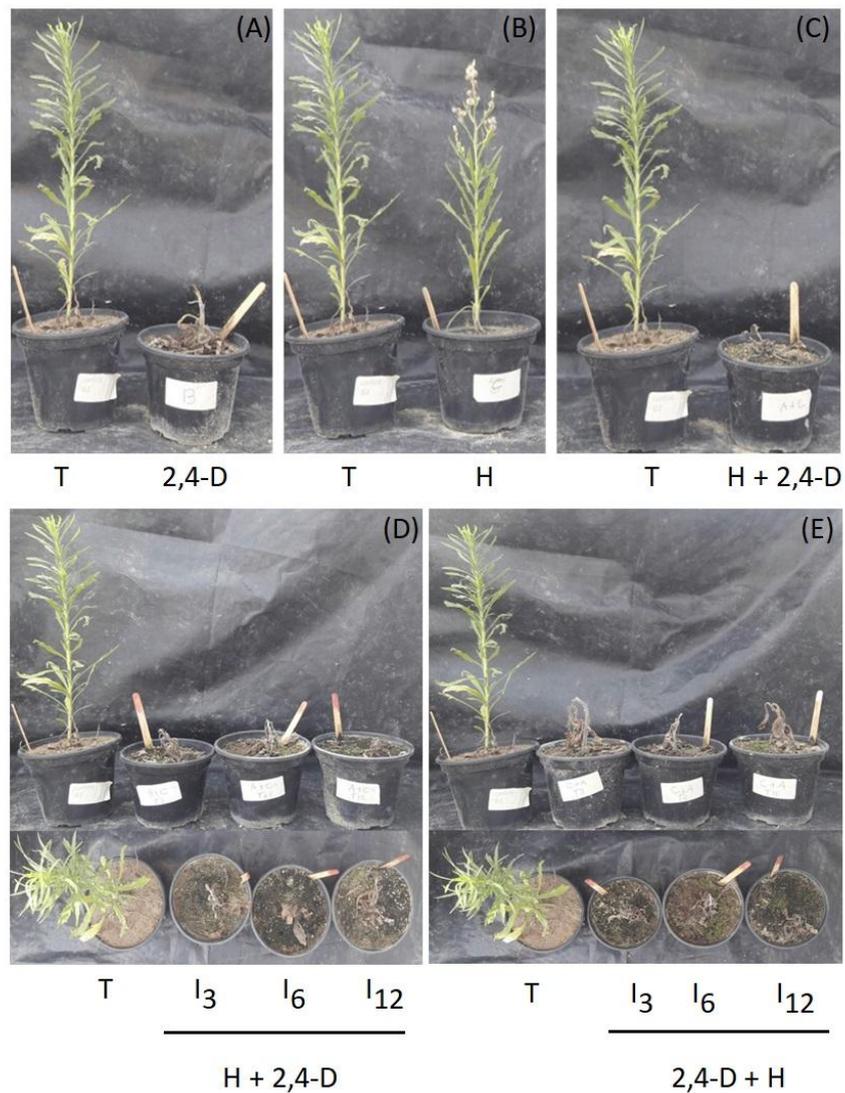


Figura 15. Vista frontal das plantas de buva no estágio 12-15 folhas aos 35 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA), submetidas aos herbicidas 2,4-D (A); H-haloxifope-p-metílico (B); sequencial aplicado no mesmo dia H+2,4-D (C); sequenciais dos herbicida haloxifope-p-metílico seguido do 2,4-D (D) e 2,4-D seguido do H (E) com intervalos de 3, 6 e 12 dias entre aplicação (I₃, I₆ e I₁₂). Seropédica-RJ, 2017.

4.4 CASO IV: Interação entre os herbicidas haloxifope-p-metílico e cloransulam-metílico para controle de buva em estágio fenológico de 12-15 folhas (EVI-a e EVI-b)

Constatou-se efeito dos tratamentos testados em todas as variáveis analisadas. Quanto a análise de controle, foi observada no EVI-a aos 14 DAA, que o tratamento testemunha, não diferiu significativamente do tratamento C e H, porém diferiu dos demais tratamentos. A menor porcentagem de injúria foi verificada para o tratamento C com 20% de sintomas, já a maior foi verificada nos tratamentos C-I₃-H e C-I₆-H, com 73% de sintomas. Já no EVI-b, os tratamentos testemunha, H e H-I₁₂-C não diferiram entre si, porém todos os demais tratamentos diferiram da testemunha, a menor porcentagem de injúria foi observada no tratamento H-I₆-C com 30% de sintomas e o maior no tratamento C+H com 80% de sintomas (Tabela 22; Figura 16). Plantas de buva submetidas aos herbicidas clorimuron ou cloransulam-metílico, apresentaram aos 7 DAA danos de 55 e 63% respectivamente (BLAINSKI et al., 2015).

Já aos 35 DAA, em ambos experimentos, os tratamentos testemunha e haloxifope-p-metílico apresentaram ausência de injúria e não diferiram entre si, porém estes diferiram dos demais tratamentos que apresentaram 100% de controle, ou seja, morte das plantas (Tabela 22; Figura 17), e interação aditiva entre os herbicidas pelo modelo proposto por Colby (Tabela 23). Plantas de buva resistentes ao glifosato, submetidas aos herbicidas clorimuron+ glifosato, também obtiveram 100% de dano (BRESSANIN et al., 2014), demonstrando a sensibilidade da espécie aos herbicidas do mecanismo de ação ALS (VARGAS et al., 2009; BRESSANIN et al., 2014; BLAINSKI et al. 2015).

Quanto aos dados de massa seca, foi possível notar em ambos experimentos, diferença significativa entre a testemunha e o tratamento H dos demais tratamentos quanto a MSPA e MSR. Todos os tratamentos que receberam o herbicida ALS, independente da ordem ou intervalo de aplicação, apresentaram a morte das plantas, indicando interação aditiva entre os herbicidas cloransulam-metílico e haloxifope-p-metílico no controle das plantas de buva (Tabela 23). O mesmo resultado foi observado no controle de folhas largas, onde não foi verificado antagonismo na mistura de tanque de clorsulfuron e gramíncidas (CHOW, 1988). Bressanin et al., (2014) observaram, maiores reduções no acúmulo de massa seca de buva quando os herbicidas foram aplicados nas plantas que apresentavam de 3 a 9 folhas, sendo que nesses estágios o dano foi de 100%. Os autores observaram que quando a buva está em estágios fenológicos mais avançados o controle diminui, isso pode ser atribuído a menor absorção devido a maior deposição de cutícula na lâmina da folha, limitada translocação e aumento da capacidade de metabolismo de herbicidas (KOGGER; REDDY, 2005).

Tabela 22. Porcentagem de controle aos 7 e 35 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA), massa seca de parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR) de plantas de buva em estágio de 12-15 folhas, submetidas aos sequenciais dos herbicidas haloxifope-p-metílico e cloransulam-metílico; cloransulam-metílico e haloxifope-p-metílico com intervalos de 3, 6 e 12 dias entre aplicação- Experimento VI.

Trat.	EVI-a						EVI-b									
	----Dano (%)----			----Massa (g)----			----Dano (%)----		---Massa (g)---							
	7DAA	35DAA		MSPA	MSR	7DAA	35DAA	MSPA	MSR							
Testem	0,0	e	0,0	b	1,45	a	2,15	b	0,0	e	0,0	b	1,78	a	3,75	a
2,4D	20	de	100	a	0,00	b	0,00	c	67	ab	100	a	0,00	b	0,00	b
H	0,0	e	0,0	b	1,87	a	3,22	a	0,0	e	0,0	b	1,57	a	3,67	a
H+2,4D	56	abc	100	a	0,00	b	0,00	c	80	a	100	a	0,00	b	0,00	b
2,4D-I ₃ -H	73	a	100	a	0,00	b	0,00	c	40	bcd	100	a	0,00	b	0,00	b
2,4D-I ₆ -H	73	a	100	a	0,00	b	0,00	c	60	ab	100	a	0,00	b	0,00	b
2,4D-I ₁₂ -H	62	ab	100	a	0,00	b	0,00	c	50	bc	100	a	0,00	b	0,00	b
H-I ₃ -2,4D	40	bcd	100	a	0,00	b	0,00	c	30	cd	100	a	0,00	b	0,00	b
H-I ₆ -2,4D	50	abc	100	a	0,00	b	0,00	c	60	ab	100	a	0,00	b	0,00	b
H-I ₁₂ -2,4D	30	cd	100	a	0,00	b	0,00	c	20	de	100	a	0,00	b	0,00	b
CV (%)	29		0		67		48		29		0		61		59	

Médias com letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Testem=Testemunha; C = Cloransulam-metílico ; H= haloxifope-p-metílico -; H+C=Sequencial dos herbicidas H e cloransulam-metílico aplicados no mesmo; I (intervalo entre a primeira e segunda aplicação): 3, 6 e 12 dias. DAA.

Tabela 23. Avaliação da interação entre os herbicidas haloxifope-p-metílico (H) e cloransulam-metílico (C) aplicados em diferentes intervalos de aplicação, no controle de plantas de buva no estágio de 12-15 folhas. Experimento VI. Seropédica-RJ, 2017.

Tratamento	EVI-a						EVI-b					
	Dano 35DAA			Redução(MSPA)			Dano 35DAA			Redução(MSPA)		
	-----%-----			-----%-----			-----%-----			-----%-----		
	Obs	Esp	Int.	Obs	Esp	Int	Obs	Esp	Int	Obs	Esp	Int
Testem	0			0			0			0		
C	100			100			100			100		
H	0			0			0			12		
H+C	100	100	-	100	100	-	100	100	-	100	100	-
C -I ₃ -H	100	100	-	100	100	-	100	100	-	100	100	-
C -I ₆ -H	100	100	-	100	100	-	100	100	-	100	100	-
C -I ₁₂ -H	100	100	-	100	100	-	100	100	-	100	100	-
H-I ₃ -C	100	100	-	100	100	-	100	100	-	100	100	-
H-I ₆ -C	100	100	-	100	100	-	100	100	-	100	100	-
H-I ₁₂ -C	100	100	-	100	100	-	100	100	-	100	100	-

Sendo, Obs: Valor observado; Esp: Valor esperado obtido pelo modelo de Colby; Int: Interação obtida pelo teste T (p<0,005) onde comparou-se o valor Obs com o valor Esp (* antagônico; - aditivo; ** sinérgico).

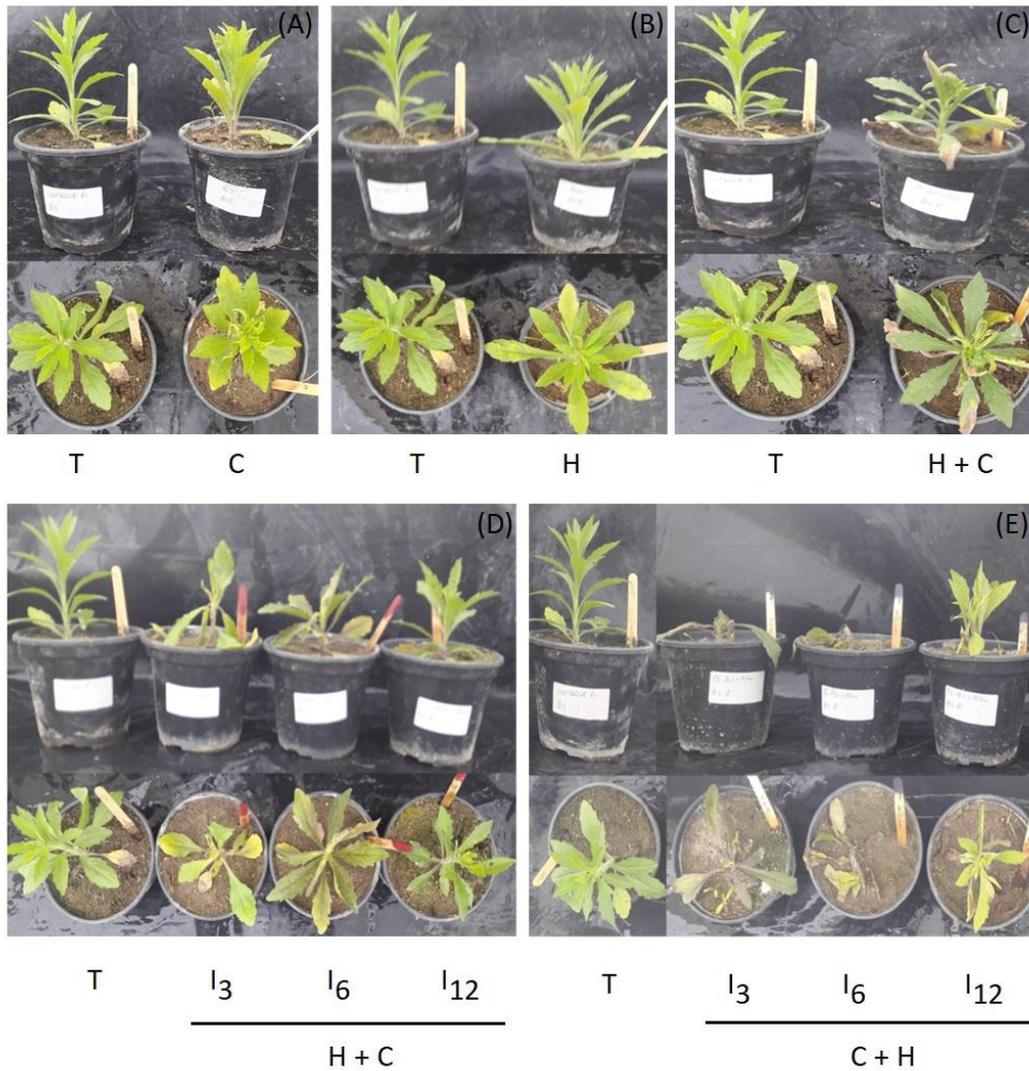


Figura 16. Vista frontal das plantas de buva no estágio 12-15 folhas aos 14 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA), submetidas aos herbicidas C-cloransulam-metílico (A); H-haloxifop-p-metílico (B); sequencial aplicado no mesmo dia H+C (C); sequenciais dos herbicida haloxifop-p-metílico seguido do C (D) e C seguido do H (E) com intervalos de 3, 6 e 12 dias entre aplicação (I3, I6 e I12). Seropédica-RJ, 2017.

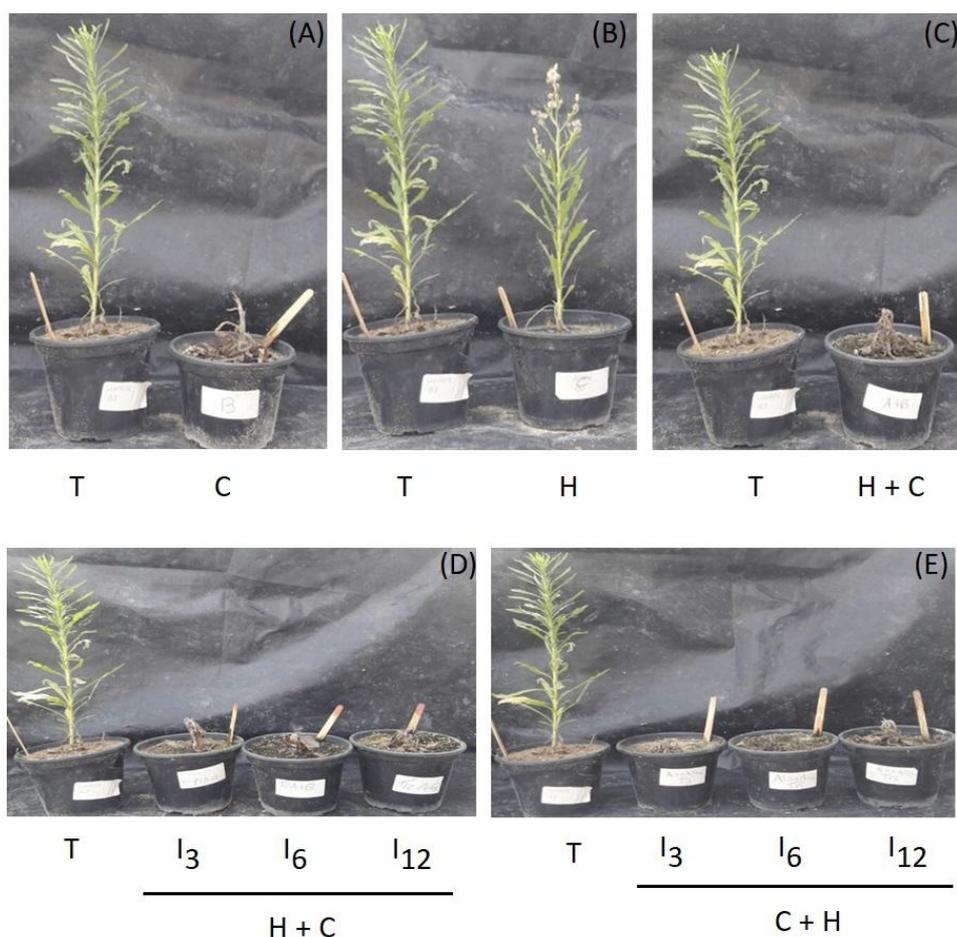


Figura 17. Vista frontal das plantas de buva no estágio 12-15 folhas aos 35 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA), submetidas aos herbicidas C-cloransulam-metílico (A); H-haloxifope-p-metílico (B); sequencial aplicado no mesmo dia H+C (C); sequenciais dos herbicida haloxifope-p-metílico seguido do C (D) e C seguido do H (E) com intervalos de 3, 6 e 12 dias entre aplicação (I3, I6 e I12). Seropédica-RJ, 2017.

Contudo, para plantas de buva os herbicidas não demonstraram antagonismo. No entanto, a interação entre as misturas de graminicidas com latifolicidas é altamente específica e dependente de muitos fatores, tais como o graminicida utilizado e a espécie de planta infestante (PERESSIN et al., 1997), sugerindo a importância de pesquisas relacionadas a interações entre herbicidas.

5 ESTIMATIVA DE CUSTOS

Em casos de infestações de buva e capim-amargoso na mesma área de produção os custos de controle podem vir a chegar a 222% a mais do esperado (ADEGAS et al., 2017).

Para controle de capim-amargoso e buva resistentes ao glifosato, deve-se aplicar o graminicida (haloxifope) e os herbicidas latifolicidas (cloransulam ou 2,4-D) respectivamente, para controle de ambas espécies. Em média o custo por hectare de cada produto está em torno de 35,00; 65,00 e 20,00 para haloxifope-p-metílico (Verdict- 62,4 g ia. ha⁻¹), cloransulam-metílico (Pacto- 40 g ia. ha⁻¹) e 2,4-D sal dimetilamina (DMA- 1005g ia. ha⁻¹) respectivamente (Tabela 24).

Tabela 24: Estimativa em reais dos custos dos herbicidas haloxifope-p-metílico, cloransulam-metílico e 2,4-D sal dimetilamina utilizados no controle de plantas de capim-margoso e buva. Seropédica, 2017.

Ingrediente ativo	Produto comercial (PC)	Valor do PC (L ou Kg)	Dose (PC ha ⁻¹)	Custo.ha ⁻¹
Haloxifope- p-metílico	Verdict	70,00	0,5L	35,00
Cloransulam-metílico	Pacto	1390,00	48g	65,00
2,4-D sal dimetilamina	DMA	13,00	1,5L	20,00

O problema de plantas de capim-amargoso e buva, é ainda pior quando ambas espécies resistentes ao glifosato estão presentes na mesma área de produção. Sendo necessário a mistura ou sequencial desses herbicidas para controle dessas espécies. O custo por hectare para isso é de 100,00 para aplicar o verdict + pacto e 55,00 para aplicar verdict+DMA. Considerando ainda, um adicional de 30,00 por hectare, referente a aplicação. Dessa forma se a aplicação for em mistura de herbicidas o custo por hectare acresceria 30,00, e se for em sequencial acresceria 60,00 (Tabela 25).

Tabela 25. Estimativa em reais dos custos das misturas ou sequenciais dos herbicidas haloxifope-p-metílico, cloransulam-metílico e 2,4-D sal dimetilamina utilizados no controle de plantas de buva e capim-amargoso. Seropédica, 2017.

Produto comercial	Produto comercial	Custo.ha ⁻¹	Aplicação Mistura	Aplicações em sequencial
Verdict	Pacto	100,00	130,00	160,00
Verdict	DMA	55,00	85,00	115,00

A mistura de haloxifope e cloransulam ou 2,4-D no controle de plantas de capim-amargoso apresentou efeito antagônico, sendo necessário o sequencial de 6 dias entre a aplicação do graminicida e o latifolocida (nessa ordem) para controle da espécie.

Algumas pesquisas demonstram que o aumento da dose do graminicida, em alguns casos, anula o antagonismo entre herbicidas (MACIEL et al., 2013; COSTA et al., 2014; UNDERWOOD et al., 2016), no entanto nem sempre o aumento da dose proporciona controle satisfatório, além do que aumenta a pressão de seleção de outras plantas daninhas resistentes. Sendo assim a aplicação em sequencial além de mais sustentável, não onera os custos. Visto que o aumento do graminicida equipara a uma nova aplicação de herbicida. Corroborando com exposto, Trezzi et al., (2007) evidenciam que para compensar o antagonismo entre clodinafope e os herbicidas metsulfuron-metil e 2,4-D no controle de *Lolium multiflorum* haveria necessidade de elevação em 33, 84 e 151% da dose de clodinafop, para os dois níveis de metsulfuron (2 e 4 g ha⁻¹) e 2,4-D, respectivamente. Os autores observaram que o aumento da dose não compensaria o custo, sendo mais viável e mais sustentável a aplicação dos herbicidas em sequencial.

6 CONCLUSÃO

As aplicações sequenciais H-I₆-2,4-D; H-I₁₂-2,4-D; e H-I₆-C; H-I₁₂-C apresentam interação aditiva no controle de capim-amargoso no estágio de 3-4 perfilhos e sinérgica no controle de capim-amargoso em estágio de florescimento. Os demais tratamentos apresentaram interação antagônica entre os herbicidas, com exceção dos tratamentos H-I₃-2,4-D e H-I₃-C que a interação é aditiva em plantas de capim-amargoso em florescimento. Para plantas de buva em estágio de 12-15 folhas, há interação aditiva para todos os tratamentos avaliados.

Portanto, em áreas infestadas com plantas de capim-amargoso e buva, a recomendação é aplicar o graminicida (haloxifop-p-metílico) e 6 dias depois o latifolicida (clorasnsulam ou 2,4-D). Deve-se preconizar o controle de ambas as plantas em estágio inicial de desenvolvimento, visto a dificuldade de controle das mesmas em estádios avançados.

7 REFERÊNCIAS

- ABIT, M. J. M.; AL-KHATIB, K.; OLSON, B. L.; STAHLMAN, P. W.; GEIER, P. W.; THOMPSON, C. R.; CURRIE, R. S.; BEAN, B. W. Efficacy of postemergence herbicides tankmixes in aryloxyphenoxypropionate-resistant grain sorghum. **Crop Protection**, v.30, p. 1623-1628, 2011.
- ADEGAS, F. S.; VARGAS, L.; GAZZIERO, D. L. P.; KARAM, D.; SILVA, A.F.; AGOSTINETTO, Dirceu. **Impacto econômico da resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2017 (Circular Técnica).
- AGROLINK, 2018. Aberta consulta publica sobre “mistura de tanque”. Disponível: <https://www.agrolink.com.br/noticias/aberta-consulta-publica-sobre--mistura-em-tanque-402572.html> [Acesso :15/01/2018].
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS DEFENSIVOS GENÉRICOS – AENDA. Mistura em tanque. **Caderno AENDA**, n. 1, p. 1-11, 2011.
- BARNES, J. W.; OLIVER, L.R. Cloransulam-metílico antagonizes annual grass control with aryloxyphenoxypropionate graminicides but not cyclohexanediones. **Weed Technology**. v. 18, n. 3, p. 763-772, 2004.
- BARNWELL, P. ; COBB, AH antagonismo de Graminícida por herbicidas de ervas da folha larga. **Peste. Sci**. V. 41, n. 2, p. 77-85, 1994.
- BARROSO, A.A.M.; ALBRECHT, A.J.P.; REIS, F.C.; FILHO, R.V. Interação entre herbicidas inibidores da accase e diferentes formulações de glyphosate no controle de capim-amargoso. **Planta daninha**, 2014.
- BLAINSKI, É.; MACIEL, C.; ZOBIOLE, L.; RUBIN, R.; SILVA, A.; KARPINSKI, R.; HELVIG, E. Eficiência do cloransulam-metílico no controle em pós-emergência de *Conyza bonariensis* na cultura da soja RR®. **Revista Brasileira de Herbicidas**. v. 14, n. 3, p. 235-242, 2015.
- BHULLAR, M. S.; KUMAR, S.; KAUR, S.; KAUR, T.; SINGH, J.; YADAV, R.; CHAUHAN, B. S.; GILL, G. Management of complex weed flora in dry-seeded rice. **Crop Protection**. V.83, p.20-26, 2016.
- 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.
- BLAINSKI, É.; MACIEL, C.; ZOBIOLE, L.; RUBIN, R.; SILVA, A.; KARPINSKI, R.; HELVIG, E. Eficiência do cloransulam-metílico no controle em pós-emergência de *Conyza bonariensis* na cultura da soja RR®. **Revista Brasileira de Herbicidas**. v. 14, n. 3, p. 235-242, 2015.
- BLOUIN, D. C., WEBSTER, E. P., BOND, J. P. On a method of analysis for synergistic and antagonistic joint-action effects with fenoxaprop mixtures in rice (*Oryza sativa*). **Weed Technology**. V.24, p. 583-589, 2010.
- BRAZ, G. & JÚNIOR, R. & ZOBIOLE, L. & RUBIN, R. & VOGLEWEDE, C. & CONSTANTIN, J. & TAKANO, H. Sumatran Fleabane (*Conyza sumatrensis*) Control in No-Tillage Soybean with Diclosulam Plus Halauxifen-Methyl. **Weed Technology**. 31. 1-9, 2017.

- BRESSANIN, F.; JAYME NETO, N.; MARTINS, J.; MARTINS, J. ALVES, P. Controle de biótipos resistentes de *Conyza bonariensis* com glyphosate + clorimuron-etílico em função do estágio de desenvolvimento. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 13, n. 1, p. 68-72, 2014.
- BUENO, M. R.; ALVES, G. S.; PAULA, A. D. M.; CUNHA, J. P. A. R. Volume de calda e adjuvantes no controle de plantas daninhas com glyphosate. **Planta Daninha**. v.31, n.03, p.705-713, 2013.
- BURKE, I. C.; & WILCUT, J. W. Physiological basis for antagonism of clethodim by imazapic on goosegrass (*Eleusine indica* (L.) Gaertn.). **Pestic Biochem Physiol** v.76, p.37-45, 2003.
- CARPEJANI, M. da S.; OLIVEIRA JR, R. S. Manejo químico de capim-amargoso resistente a glyphosate na pré-semeadura da soja. **Campo Digital**, v. 8, n. 1, 2013.
- CHRISTOFFOLETI, P. J.; RODRIGUES A. DE F.; PEREIRA, P.; GAINES, T. Auxinic herbicides, mechanisms of action, and weed resistance: A look into recent plant science advances. **Sci. Agr.** V.72, p.356-362, 2015.
- CHOW, P.N.P. Effect of chlorsulfuron on four graminicides for weed control and wheat yield. **Weed Research**. P. 145-150, 1988.
- COLBY, S. R. Calculating synergistic and antagonistic responses of herbicides combinations. **Weed Science**, v. 15, n.1, p. 20-22, 1967.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Safra 2015/2016- Oitavo levantamento, v.8, Brasília, 2016.
- CORREIA, N. M.; ACRA, L. T.; BALIEIRO, G. Chemical control of different *Digitaria insularis* populations and management of a glyphosate-resistant population. **Planta daninha**, v. 33, n. 1, p. 93-101, 2015.
- CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. C. Manejo químico de plantas adultas de *Digitaria insularis* (L.) Fedde com glyphosate isolado e em mistura com chlorimuronethyl ou quizalofop-p-tefuril em área de plantio direto. **Bragantia**. p.689-697, 2009.
- COSTA, N. V., ZOBIOLE, L.H.S., SCARIOT, C.A., PEREIRA, G.R., & MORATELLI, G. Glyphosate tolerant volunteer corn control at two development stages. **Planta Daninha**. V. 32, p. 675-682, 2014.
- CROON, KA; KETCHERSID, ML; MERKLE, MG Efeito do bentazão, imazaquin e clorimurão na absorção e translocação do éster metílico da haloxifera. **Weed Science**., V. 37, n. 5, p. 645-650, 1989.
- KRUSE, N. D. ; MACHADO, S. L.O.; BALBINOT, A. Sinergismo na combinação de glifosato e saflufenacil para o controle de buva. **Pesquisa Agropecuária Tropical** (Online), v. 45, p. 249-256, 2015.
- DAMALAS, C. A. Review Herbicide Tank Mixtures: Common Interactions. **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 6, n. 1, 2004.
- DAYAN, F. E. AND ZACCARO, M. L. M. Chlorophyll Fluorescence as a Marker for Herbicide Mechanisms of Action. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.102, p. 189-197, 2012.
- DUKE, S. O.; POWLES, S. B. Glyphosate: a once-in-a-century herbicide. **Pest Management Science**. v.64, p.319-325, 2008.
- FERREIRA, KL; BURTON, JD; COBLE, HD Base fisiológica para o antagonismo do fluazifop-P por DPXPE350. **Weed Science**., V. 43, n. 2, p. 184-191, 1995.

- 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**, p. 557-567, 2016.
- GAZZIERO, D. L. P. Misturas de agrotóxicos em tanque nas propriedades agrícolas do Brasil. **Planta Daninha**, v. 33. 2015.
- GAZZIERO, D.L.P. et al. **Efeitos da convivência do capim-amargoso na produtividade da soja**. In: XXVIII Congresso brasileiro da ciência das plantas daninhas. Campo Grande, MS. Anais.. p.345-350, 2012.
- GAZZIERO, D.L.P. et al. **Interferência da buva em áreas cultivadas com soja**. In: XXVII Congresso brasileiro da ciência das plantas daninhas. Ribeirão Preto, SP. Anais.. p.1555-1558, 2010.
- GEMELLI, A.; OLIVEIRA JUNIOR, R.; CONSTANTIN, J.; BRAZ, G.; JUMES, T.; OLIVEIRA NETO, A.; DAN, H.; BIFFE, D. Aspectos da biologia de *Digitaria insularis* resistente ao glyphosate e implicações para seu controle. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.11, n.2, p.231-240, 2012.
- GREEN, T. D. The ecology of fleabane (*Conyza* spp.) Doctoral dissertation, **University of New England**, 2010.
- GRICHAR, W. J. & BOSWELL, T. E. Herbicide combinations in peanut (*Arachis hypogaea*). **Weed Technology**. P.290-293, 1987.
- 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 diclofopmethyl. **Pest Manag Sci**. p.996–1000, 2013.
- HEAP, I. 2018. **International Survey of Herbicide-Resistant Weeds**. Disponível em: <http://www.weedscience.org> [Acesso em: 15/01/2018].
- KISSMANN, K. G. **Resistência de plantas a herbicidas**. São Paulo: Basf Brasileira, 1996. 33 p.
- KISSMANN, K.G. & GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. 2.ed. São Bernardo do Campo: Basf., p.152-156,1997.
- KOGER, C. H; REDDY, K. N. Role of absorption and translocation in the mechanism of glyphosate resistance in horseweed (*Conyza canadensis*). **Weed Science**. V. 53, p.84–89, 2005.
- KRAUSE, G.H.; WEIS, E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basis. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 42, p. 313–349, 1991.
- LAMEGO, F. P.; KASPARY, T. E.; RUCHEL, Q.; GALLON, M.; BASSO, C. J.; SANTI, A. L. Manejo de *Conyza bonariensis* resistente ao glyphosate: coberturas de inverno e herbicidas em pré-semeadura da soja. **Planta daninha**, v. 31, n. 2, p. 433-442, 2013.
- LAMEGO, F. P.; VIDAL, R. A. Resistência ao glyphosate em biótipos de *Conyza bonariensis* e *Conyza canadensis* no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Planta Daninha**, v. 26, n. 2, p. 467-471, 2008.

- LEITE, R. C.; TOMQUELSKI, G. V.; GUAZINA, R. A.; LEAL, A. J. F. Chemical control of different *Digitaria insularis* populations and management of a glyphosate-resistant population. **Planta daninha**, v. 33, n. 1, p. 93-101, 2014.
- LIU, F. AND CAO, Y. P. Cloning and characterization of 5-enopyruvylshikimate-3-phosphate synthase from *Pantoea* sp. **Genetic Molecular**, 2015.
- LIU, Z.; LI, P.; SUN, X.; ZHOU, F.; YANG, C. Fluazifop-P-butyl induced ROS generation with IAA (indole-3-acetic acid) oxidation in *Acanthospermum hispidum* D.C. **Pesticide Biochemistry and Physiology**. v. 143, p. 312-318, 2017.
- LOPEZ-OVEJERO, R. F.; BELCHIOR, G. G.; MAYMONE, G. P. L. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas inibidores da ACCase (Grupo A). In: Christoffoleti, P.J. e NICOLAI, M. (Coord.). (Org.). Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas. 4 ed. Piracicaba: **Associação Brasileira de Ação á Resistência de Plantas daninhas - HRAC -BR**, 2016.
- LORENZI, H. Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas. Nova Odessa, SP: **Instituto Plantarum**, 3ed 720p, 2000.
- MACHADO, A. F .L. et al. Caracterização anatômica de folha, colmo e rizoma de *Digitaria insularis* (L.). **Planta Daninha**, v.26, n.1, p.1-8, 2008.
- MACHADO, A. F. L.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, F. A.; FIALHO, C. M. T.; TUFFI SANTOS, L. D.; MACHADO, M. S. Análise do crescimento de *Digitaria insularis*. **Planta Daninha**, v.24, p.641-647, 2006.
- MACIEL, C.; ZOBIOLE, L.; SOUZA, J.; HIROOKA, E.; LIMA, L.; SOARES, C.; PIVATTO, R.; FUCHS, G.; HELVIG, E. Eficácia do Herbicida Haloxifop R (GR-142) Isolado e Associado ao 2,4-D no Controle de Híbridos de Milho RR[®] Voluntário. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 12, n. 2, p. 112-123, 2013.
- MARCA, V.; PROCOPRIO, S. O. ; SILVA, A. G.; VOLF, M. R.; PIMENTEL, F. L. Interações entre herbicidas no controle de plantas voluntárias de milho resistentes ao herbicida glyphosate. **Revista Eletronica Interdisciplinar**, v. 1, p. 202-208, 2015.
- MARTINS, J. F. Aspectos ecofisiológicos e genético de biótipos de *Digitaria insularis* resistente e suscetível ao glyphosate. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal, 2013.
- MATZENBACHER, F. 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**, p 587-597, 2015.
- MELO, M.; ROSA, L.; BRUNHARO, C.; NICOLAI, M.; & CHRISTOFFOLETI, P. Alternativas para o controle químico de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) resistente ao glyphosate. **Revista Brasileira de Herbicidas**, , v. 11, n. 2, p. 195-203, 2012.
- MITHILA, J.; HALL, C.; JOHNSON, W. G.; KELLEY, K. B.; AND RIECHERS, D. E. Evolution of Resistance to Auxinic Herbicides: Historical Perspectives, Mechanisms of Resistance, and Implications for Broadleaf Weed Management in Agronomic Crops. **Weed Science**, v. 59, p. 445-457, 2011.
- MOREIRA, M. S.; NICOLAI, M.; CARVALHO, S. J. P.; CHRISTOFFOLETI, O. J. Resistência de *Conyza canadensis* E *C. bonariensis* ao herbicida. **Planta Daninha**, v. 25, n. 1, p. 157-164, 2007.

- MOUGIN, C.P. et al. Interaction 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, W. W. A basis for the antagonistic effect of 2,4-D on haloxyfop-methyl toxicity to johnsongrass (*Sorghum halepense*). **Weed Science**, v. 38, p.103–107, 1990.
- OLIVEIRA, J. R; INOUE, M. H. Seletividade de herbicidas para culturas e plantas daninhas. In: (ed) **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba, PR: Omnpax. p.243-262, 2011.
- ONKAWA, H.; INUI, H. Metabolismo de agroquímicos e produtos químicos ambientais relacionados com base em citocromos P450 em mamíferos e plantas. **Pest Manag Sci**. P.824-828, 2015.
- PALARO, V. W.; OLIVEIRA, N. A. M.; GUERRA, N.; MACIEL, C. D. de G. Controle químico de biótipos de capim-amargoso resistentes ao glyphosate. **Campo Digital: Rev. Ciências Exatas e da Terra e Ciências Agrárias**, v.8, n.1, p. 43-50, 2013.
- PETERSON, M. A; MCMASTER, S. A; RIECHERS, D. E; SKELTON, J. & STAHLMAN, P. W. 2, 4-D passado, presente e futuro: uma revisão. **Weed Technology** , p. 303-345, 2016.
- PERESSIN, V. A.; VICTORIA F, R.; PERECIN, D. Misturas de herbicidas: efeitos de adjuvantes no controle de plantas infestantes na cultura da soja. **Bragantia**. v. 56, n. 1, p. 103-116, 1997 .
- PITELLI, R. A. Competição e controle das plantas daninhas em áreas agrícolas. IPEF. **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, v. v.4, p. 1-24, 1987.
- POWLES, S. B.; YU, Q. Evolution in action: plants resistant to herbicides. **Annual Review of Plant Biology**, v. 61, n. 1,p. 317-347, 2010.
- PROCÓPIO, S. O. et al. Efeitos de dessecantes no controle de plantas daninhas na cultura da soja. **Planta Daninha**, v. 24, n. 1, p. 193-197, 2006.
- RIECHERS, D.E.; KREUZ, K.; ZHANG, Q. Detoxification without intoxication: herbicide safeners activate plant defense gene expression. **Plant Physiology**, v. 153, n. 1, p. 3-13,
- RICHTER, O.; LANGEMANN, D. AND BEFFA, R. Genetics of metabolic resistance. **Math Biosci** . v.27, p. 9:71–82, 2016.
- ROBINSON, A. P.; SIMPSON, D. M; JOHNSON, W. G . Summer annual weed control with 2,4-D and glyphosate. **Weed Technology**. v.26, p.657–660, 2012.
- RODRIGUES, B.N. e ALMEIDA, F.S. **Guia de herbicidas**. 6a edição. Londrina: Edição dos autores, 2011.
- ROMAN, E. S. ; BECKIE, H.; HALL, L.; WOLF, T. M. **Como Funcionam os Herbicidas: da biologia à aplicação**. 1. ed. Passo Fundo: Gráfica e Editora Berthier, v. 1. 160p, 2007.
- SHANG, Y.; YANG, C.; LIU, Z.; SONG, J.; LI, P.; LI, L.; ZHOU, F.; XIN, H.; WAN, F. MATSUMOTO, H.; LUO, X. New evidence for primordial action site of Fluazifop-P-butyl on *Acanthospermum hispidum* seedlings: From the effects on chlorophyll fluorescence characteristics and histological observation. **Pesticide Biochemistry and Physiology**. V.142, p.170-175, 2017.
- SANTOS, F. M.; VARGAS, L.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; MARTIN, T. N.; MARIANI, F.; SILVA, D. R. O. Herbicidas alternativos para o controle de *Conyza sumatrensis* (Retz.) E. H. Walker resistentes aos inibidores da ALS e EPSPs. **Ceres**, v. 62, n. 6, p. 531-538, 2015.

- SANTOS, G.; OLIVEIRA JR., R.S.; CONSTANTIN, J.; FRANCISCHINI, A. C.; OSIPE, J. B. Multiple resistance of *Conyza sumatrensis* to Chlorimuron Methyl and to Glyphosate. **Planta daninha**. v. 32, n. 2, p. 409-416, 2014.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS - SBCPD. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBCPD, 1995. 42 p.
- SOUSA C.P., PINTO J.J.O., MARTINAZZO E.G. et al.: Chlorophyll *a* fluorescence in rice plants exposed of herbicides of group imidazolinone. **Planta Daninha**. V.32, p. 141–150, 2014.
- 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.
- SWANTON, C. J.; NKOA, R.; BLACKSHAW, R. E. Experimental methods for crop–weed competition studies. **Weed Science**. V.6, p.3:2–11, 2015.
- SWANTON, C. J.; NKOA, R.; BLACKSHAW, R. E. Experimental methods for crop–weed competition studies. **Weed Science**. V.6, p.3:2–11, 2015.
- TAKANO H. K. et al. 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, p.1-3, 2013.
- THACH, L. B.; SHAPCOTT, A.; SCHMIDT, S.; CRITCHLEY, C. The OJIP fast fluorescence rise characterizes Graptophyllum species and their stress responses. **Photosynthesis Research**, v. 94, p. 423-436, 2007.
- THEABAUD, C. y ABBOTT, R. J. Characterization of invasive *Conyza* species (Asteraceae) in Europe: Quantitative trait and isomyme analysis. **American Journal Botany**. n.82, p.360-380, 1995.
- TIMOSSI, P. C. Manejos de rebrotes de *Digitaria insularis* no plantio direto de milho. **Planta Daninha**. V. 27. P.175-179, 2009.
- 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**, 2017.
- TOZZI, E. y VAN ANCKER, R. C. Effects of seedling emergence timing on the population dynamics of horseweed (*Conyza Canadensis* var. *Canadensis*). **Weed Science**, n.62, p.451-456, 2014.
- TREZZI, M. M; VIDAL, R. A; PATEL, F; MIOTTO, J. R; DEBASTIANI, F.; BALBINOT, J. R. A.A; & MOSQUEN, R. Impact of *Conyza bonariensis* density and establishment period on soybean grain yield, yield components and economic threshold. **Weed Research** , 2015.
- TREZZI, M.M.; MATTEI, D.; VIDAL, R.A.; KRUSE, N.D.; GUSTMAN, M.S.; VIOLA, R.; MACHADO, A.; SILVA, H.L. Antagonismo das associações de clodinafop-propargyl com metsulfuron-methyl e 2,4-D no controle de azevém (*Lolium multiflorum*). **Planta daninha**. v. 25, n. 4, p. 839-847, 2007.
- TUFFI SANTOS, L.D.; MEIRA, R.M.S.A.; SANTOS, I.C.; FERREIRA, F.A. Efeito do glyphosate sobre a morfoanatomia das folhas e do caule de *Commelina diffusa* e *C. benghalensis*. **Planta Daninha**, v. 22, n. 1, p. 101-108, 2004.

UNDERWOOD, M.; SOLTANI, N.; HOOKER, D.; ROBINSON, D.; VINK, J.; SWANTON, C.; SIKKEMA, P. The Addition of Dicamba to POST Applications of Quizalofop-p-ethyl or Clethodim Antagonizes Volunteer Glyphosate-Resistant Corn Control in Dicamba-Resistant Soybean. **Weed Technology**. V. 30, p 639-647, 2016.

UNIVERSO AGRO, 2018. Daninhas provocam perdas de 15% na produção mundial de grãos. Disponível em: <http://portalvidanocampo.com.br/daninhas-provocam-perdas-de-15-na-producao-mundial-de-graos/> [Acesso: 19/01/2018]

VARGAS, L. et al. Histórico, custo e o desafio do manejo no futuro. In: RESTAINO, E. **Viabilidad del glyphosate em sistemas productivos sustentables**. Estanzuela en Colonia: INIA, 2013. p. 99-110. (Série Técnica, 204)

VARGAS, L.; ADEGAS, F.; NETTO, A. G.; BORGATO, E. A.; NICOLAI, M.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas inibidores da ALS (Grupo B) In: Christoffoleti, P.J. e NICOLAI, M. (Coord.). (Org.). Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas. 4 ed. Piracicaba: **Associação Brasileira de Ação à Resistência de Plantas daninhas - HRAC -BR**, 2016.

VARGAS, L.; GAZZIERO, D. L. P. Manejo de Buva Resistente ao Glifosato. Passo Fundo: **Embrapa Trigo**, 2009.

VASCONCELOS, M. C. C.; SILVA, A. F. A.; LIMA, R. S. Interferência de plantas daninhas sobre plantas cultivadas. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, Campina Grande-PB, v. 8, n.1, p. 01-06, 2012.

VIEIRA JUNIOR, N. S.; JAKELAITIS, A.; CARDOSO, I.S; REZENDE, P. N.; MORAES, N.C.; ARAÚJO, V. T. Associação de herbicidas aplicados em pós-emergência na cultura do milho. **Global Science and Technology**, v.8, n.1, p.1-8, 2015.

YUSUF, M.A.; KUMAR, D.; RAJWANSHI, R.; STRASSER, R.J.; TSIMILLIMICHAEL, M.; GOVINDJEE; SARIN, N.B. Overexpression of γ -tocopherol methyl transferase gene in transgenic Brassica juncea plants alleviates abiotic stress: Physiological and chlorophyll a fluorescence measurements. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 1797, p. 1428-1438, 2010.

WSSA-Weed Science Society of America. Resistance and tolerance definitions. *Weed Technol.* 12:789, 1998.

ZHANG, J.; A.S. HAMILL; S.E. WEAVER. Antagonism and synergism between herbicides: trends from previous studies. **Weed Technology**. v. 9, p. 86–90, 1995.