

**MAURICIO CRESTANI AGOSTINETO**

**EFEITO DE CARACTERÍSTICAS DA CALDA E  
ESTÁDIO DA CORDA-DE-VIOLA NA EFICÁCIA DE  
CARFENTRAZONE-ETHYL E SAFLUFENACIL**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-graduação de Produção Vegetal da Universidade do Estado de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Bianco de Carvalho

**LAGES, SC, BRASIL  
2015**

A275e

Agostineto, Mauricio Crestani

Efeito de características da calda e estádio da corda-de-viola na eficácia de carfentrazone-ethyl e saflufenacil / Mauricio Crestani Agostineto. - Lages, 2015.

96 p. : il. ; 21 cm

Orientador: Leonardo Bianco de Carvalho

Inclui bibliografia

Dissertação (mestrado) - Universidade do Estado de

Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages, 2015.

1. *Ipomoea* spp. 2. Herbicidas.  
3. Inibidores de PROTOX. 4. Mistura de herbicidas. I. Agostineto, Mauricio Crestani. II. Carvalho, Leonardo Bianco de. III. Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal. IV. Título

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Setorial  
do CAV/ UDESC

**MAURICIO CRESTANI AGOSTINETO**

**EFEITO DE CARACTERÍSTICAS DA CALDA E  
ESTÁDIO DA CORDA-DE-VIOLA NA EFICÁCIA DE  
CARFENTRAZONE-ETHYL E SAFLUFENACIL**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-graduação em Produção Vegetal, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

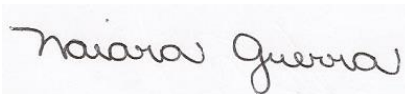
**Comissão Julgadora:**

Orientador: \_\_\_\_\_



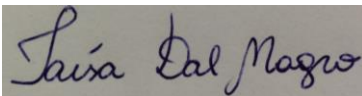
Prof. Dr. Leonardo Bianco de Carvalho  
Universidade do Estado de Santa Catarina

Membro: \_\_\_\_\_



Profª. Dra. Naiara Guerra  
Universidade Federal de Santa Catarina

Membro: \_\_\_\_\_



Profª. Dra. Taísa Dal Magro  
Universidade de Caxias do Sul

**Lages, 18 de junho de 2015**



Dedico este trabalho a minha outra mãe a qual eu chamo de vó, a vó Leopoldina.



## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a minha família, a meu pai Ivo, a minha mãe Neurci e a minha irmã Raquel por todo apoio, ajuda e carinho que dedicaram a mim nessa importante etapa da minha vida, e tenho certeza que sempre estarão ao meu lado.

Agradeço a DEUS, a quem sempre recorri para pedir graças e apoio principalmente para agradecer o dom da vida, pela família que tenho, pelo meu lar, pela oportunidade de estudar, pelo meu trabalho e pelo alimento de cada dia.

Agradeço a empresa Pandolfo Madeiras Ltda., representada pelos seus diretores Nilvo Santo Crestani e Ivo Agostineto, pelas disponibilidades de horário para conclusão do mestrado, bem como os apoios financeiros disponibilizados para os eventos realizados pelo GEM (Grupo de Estudos Científicos em Matologia).

Agradeço ao Professor Dr. Leonardo Bianco de Carvalho pela confiança depositada em mim durante esses dois proveitos anos de mestrado, com o qual aprendi muito.

E, por fim, mas não menos importante agradecer com todas as letras a todos os meus colegas do GEM que quando eu precisei sempre pude contar com eles para me auxiliar nas atividades realizadas durante esses dois anos de mestrado.





*“Seja você quem for, seja qual for a posição social que você tenha na vida, a mais alta ou a mais baixa, tenha sempre como meta muita força, muita determinação e sempre faça tudo com muito amor e com muita fé em Deus, que um dia você chega lá. De alguma maneira você chega lá”.*

Ayrton Senna.



## RESUMO

As plantas daninhas podem causar perdas significativas de produtividade na agricultura, dentre as quais se destacam as cordas-de-viola em diversos cultivos. Para seu controle podem ser utilizados herbicidas inibidores da enzima protoporfirinogênio IX oxidase, de maneira seletiva para diversos cultivos. Os objetivos foram: (i) relacionar a resposta de *Ipomoea hederifolia* e *Ipomoea quamoclit* com a variação da dose de carfentrazone-ethyl e saflufenacil, da temperatura da calda no momento da aplicação e do volume de calda aplicado; e (ii) comparar a eficácia destes herbicidas aplicados isoladamente e em mistura com glyphosate. Foram realizados experimentos de dose-resposta com carfentrazone-ethyl (0; 0,25; 0,5; 1; 2; 4; 5; 7,5; 10; 20; 35; 50 e 75 g ha<sup>-1</sup> do produto comercial – Aurora<sup>®</sup>, 400 g i.a. L<sup>-1</sup>, FMC) e com saflufenacil (0; 0,125; 0,25; 0,5; 1; 2; 2,5; 5; 7,5; 10; 20; 35 e 50 g ha<sup>-1</sup> do produto comercial – Heat<sup>®</sup>, 700 g i.a. kg<sup>-1</sup>, Basf), de variação de temperatura de calda (10 a 30 °C) e de variação de volume de calda (150 a 250 L ha<sup>-1</sup>). Avaliações de massa seca foram efetuadas 14 dias após a aplicação. Apesar de apresentarem resposta diferenciada quanto ao acúmulo de massa seca, doses a partir de 4 mL ha<sup>-1</sup> de Aurora<sup>®</sup> e 5 g ha<sup>-1</sup> de Heat<sup>®</sup> causaram a morte de plantas de *I. hederifolia* e *I. quamoclit*. Para carfentrazone-ethyl, o aumento de cada 10 L ha<sup>-1</sup> no volume de calda aplicado reduziu a massa seca em 1,43% e 1,26% para *I. hederifolia* e *I. quamoclit*, respectivamente; enquanto

para saflufenacil, a redução foi de 12,73% e 11,30%, respectivamente para essas espécies. Para carfentrazone-ethyl, o aumento de cada 1 °C na temperatura da calda reduziu a massa seca em 0,22% e 0,35% para *I. hederifolia* e *I. quamoclit*, respectivamente, enquanto para saflufenacil a redução foi de 0,56% e 0,30%, respectivamente para essas espécies. A mistura de carfentrazone-ethyl ou saflufenacil com glyphosate proporcionou redução de no mínimo 10% maior na massa seca de *I. hederifolia*. Conclui-se que: carfentrazone-ethyl e saflufenacil são altamente eficazes no controle de *I. hederifolia* e *I. quamoclit*; o aumento no volume de calda e na temperatura da calda proporcionam maior eficácia de controle dessas espécies, para ambos os herbicidas; e a mistura com glyphosate aumenta a eficácia de controle de *I. hederifolia* para ambos os herbicidas.

**Palavras-chave:** *Ipomoea* spp. Herbicidas. Inibidores de PROTOX. Mistura de herbicidas.

## ABSTRACT

**Effect of spray characteristics and morning-glory stage on the efficacy of carfentrazone-ethyl and saflufenacil.** Weeds can cause significant yield losses in the agriculture, among them we can point out morning-glory species in many crops. To control that weed, we can use herbicides inhibiting protoporphyrinogen IX oxidase, in a selective way for a variety of crops. The objectives were: (i) to relate the response of *Ipomoea hederifolia* and *Ipomoea quamoclit* with the variation of doses of carfentrazone-ethyl and saflufenacil, of spray temperature at the moment of spraying, and of spray volume used; and (ii) to compare the efficacy of those herbicides sprayed isolately or mixed to glyphosate. Experiments were carried out from dose-response with carfentrazone-ethyl (0, 0.25, 0.5, 1, 2, 4, 5, 7.5, 10, 20, 35, 50, and 75 g ha<sup>-1</sup> of the labeled herbicide – Aurora<sup>®</sup>, 400 g a.i. L<sup>-1</sup>, FMC) and with saflufenacil (0, 0.125, 0.25, 0.5, 1, 2, 2.5, 5, 7.5, 10, 20, 35, and 50 g ha<sup>-1</sup> of the labeled herbicide – Heat<sup>®</sup>, 700 g a.i. kg<sup>-1</sup>, Basf), of variation of spray temperature (10 to 30 °C) and of variation of spraying volume (150 to 250 L ha<sup>-1</sup>). Evaluations were performed 14 days after spraying. In spite of showing differential response in relation to the dry mass accumulation, doses from 4 mL ha<sup>-1</sup> of Aurora<sup>®</sup> and 5 g ha<sup>-1</sup> of Heat<sup>®</sup> killed plants for both *I. hederifolia* and *I. quamoclit*. For carfentrazone-ethyl, increasing 10 L ha<sup>-1</sup> in the spray volume reduced dry mass by 1.43% and 1.26% for *I. hederifolia* and *I. quamoclit*,

respectively, while for saflufenacil, the reduction was by 12.73% and 11.30%, respectively for both species. For carfentrazone-ethyl, increasing 1 °C of spray temperature of reduced the dry mass by 0.22% and 0.35% for *I. hederifolia* and *I. quamoclit*, respectively, while for saflufenacil the reduction was by 0.56% and 0.30%, respectively for both species. The mix of carfentrazone-ethyl or saflufenacil with glyphosate provided a reduction by, at least, 10% greater of dry mass of *I. hederifolia*. We concluded that: carfentrazone-ethyl and saflufenacil are highly efficient to control *I. hederifolia* and *I. quamoclit*; increasing the spray volume and spray temperature provide greater efficacy to control both species, for both herbicides; and the mix with glyphosate improve the efficacy of controlling *I. hederifolia* for both herbicides.

**Keywords:** *Ipomoea* spp. Herbicides. PPO inhibitors. Mixing herbicides.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Curvas de dose-resposta para *Ipomoea hederifolia* e *Ipomoea quamoclit* a carfentrazone-ethyl (Aurora®, 400 g i.a. L<sup>-1</sup>, FMC, Brasil). Linhas verticais indicam o erro padrão da média de quatro repetições. ... 54
- Figura 2 - Curvas de dose-resposta para *Ipomoea hederifolia* e *Ipomoea quamoclit* a saflufenacil (Heat®, 700 g i.a. kg<sup>-1</sup>, Basf, Brasil). Linhas verticais indicam o erro padrão da média de quatro repetições. .... 56
- Figura 3 - Relação entre a porcentagem de massa seca de *Ipomoea hederifolia* (IH) e *Ipomoea quamoclit* (IQ), em relação à testemunha, e o volume de calda aplicado contendo carfentrazone-ethyl (Aurora®, 400 g i.a. L<sup>-1</sup>, FMC, Brasil). Linhas verticais indicam o erro padrão da média de quatro repetições. .... 61
- Figura 4 - Relação entre a porcentagem de massa seca de *Ipomoea hederifolia* (IH) e *Ipomoea quamoclit* (IQ), em relação à testemunha, e o volume de calda aplicado contendo saflufenacil (Heat®, 700 g i.a. kg<sup>-1</sup>, Basf, Brasil). Linhas verticais indicam o erro padrão da média de quatro repetições. .... 64
- Figura 5 - Relação entre a porcentagem de massa seca de *Ipomoea hederifolia* (IH) e *Ipomoea quamoclit* (IQ), em relação à testemunha, e a temperatura da calda aplicada contendo carfentrazone-ethyl (Aurora®, 400 g i.a. L<sup>-1</sup>, FMC, Brasil). Linhas verticais indicam o erro padrão da média de quatro repetições. .... 68
- Figura 6 - Relação entre a porcentagem de massa seca de *Ipomoea hederifolia* (IH) e *Ipomoea quamoclit* (IQ), em relação à testemunha, e a temperatura da calda aplicada

contendo saflufenacil (Heat®, 700 g i.a. kg<sup>-1</sup>, Basf, Brasil). Linhas verticais indicam o erro padrão da média de quatro repetições. .... 71



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo dos resultados da análise de regressão <sup>1</sup> usada para estimar a dose-resposta de <i>Ipomoea quamoclit</i> (IQ) e <i>Ipomoea hederifolia</i> (IH) a carfentrazone-ethyl (Aurora®, 400 g i.a. L <sup>-1</sup> , FMC, Brasil). .....	55
Tabela 2 - Parâmetros da equação usada para estimar a dose-resposta de <i>Ipomoea quamoclit</i> (IQ) e <i>Ipomoea hederifolia</i> (IH) a carfentrazone-ethyl (Aurora®, 400 g i.a. L <sup>-1</sup> , FMC, Brasil). .....	55
Tabela 3 - Resumo dos resultados da análise de regressão <sup>1</sup> usada para estimar a dose-resposta de <i>Ipomoea quamoclit</i> (IQ) e <i>Ipomoea hederifolia</i> (IH) a saflufenacil (Heat®, 700 g i.a. kg <sup>-1</sup> , Basf, Brasil). .....	58
Tabela 4 - Parâmetros da equação usada para estimar a dose-resposta de <i>Ipomoea quamoclit</i> (IQ) e <i>Ipomoea hederifolia</i> (IH) a saflufenacil (Heat®, 700 g ia kg <sup>-1</sup> , Basf, Brasil). .....	58
Tabela 5- Porcentagem relativa de acúmulo de massa seca de plantas de <i>Ipomoea hederifolia</i> (IH) e <i>Ipomoea quamoclit</i> (IQ) expostas a carfentrazone-ethyl (Aurora®, 400 g i.a. L <sup>-1</sup> , FMC, Brasil), em diferentes volumes de calda, em relação à testemunha sem aplicação, e resumo de análise de variância. ....	59
Tabela 6 - Resumo dos resultados da análise de regressão <sup>1</sup> usada para estimar a relação entre a porcentagem relativa de massa seca de <i>Ipomoea hederifolia</i> (IH) e <i>Ipomoea quamoclit</i> (IQ), em relação à testemunha, e o volume de calda aplicado contendo	

carfentrazone-ethyl (Aurora®, 400 g i.a. L <sup>-1</sup> , FMC, Brasil).....	60
Tabela 7 - Porcentagem relativa de acúmulo de massa seca de plantas de <i>Ipomoea hederifolia</i> (IH) e <i>Ipomoea quamoclit</i> (IQ) expostas a saflufenacil (Heat®, 700 g i.a. kg <sup>-1</sup> , Basf, Brasil), em diferentes volumes de calda, em relação à testemunha sem aplicação, e resumo da análise de variância. ....	62
Tabela 8 - Resumo dos resultados da análise de regressão usada para estimar a relação entre a porcentagem relativa de massa seca de <i>Ipomoea hederifolia</i> (IH) e <i>Ipomoea quamoclit</i> (IQ), em relação à testemunha, e o volume de calda aplicado contendo saflufenacil (Heat®, 700 g i.a. kg <sup>-1</sup> , Basf, Brasil). ....	63
Tabela 9 - Porcentagem relativa de acúmulo de massa seca de plantas de <i>Ipomoea hederifolia</i> (IH) e <i>Ipomoea quamoclit</i> (IQ) expostas a carfentrazone-ethyl (Aurora®, 400 g i.a. L <sup>-1</sup> , FMC, Brasil), em diferentes temperaturas de calda, em relação à testemunha sem aplicação, e resumo da análise de variância.....	66
Tabela 10 - Resumo dos resultados da análise de regressão <sup>1</sup> usada para estimar a relação entre a porcentagem relativa de massa seca de <i>Ipomoea hederifolia</i> (IH) e <i>Ipomoea quamoclit</i> (IQ), em relação à testemunha, e a temperatura da calda aplicada contendo carfentrazone-ethyl (Aurora®, 400 g i.a. L <sup>-1</sup> , FMC, Brasil).....	67
Tabela 11 - Porcentagem relativa de acúmulo de massa seca de plantas de <i>Ipomoea hederifolia</i> (IH) e <i>Ipomoea quamoclit</i> (IQ) expostas a saflufenacil (Heat®, 700 g i.a. kg <sup>-1</sup> , Basf, Brasil), em diferentes temperaturas de calda,	

em relação à testemunha sem aplicação, e resumo da análise de variância.....	69
Tabela 12 - Resumo dos resultados da análise de regressão <sup>1</sup> usada para estimar a relação entre a porcentagem relativa de massa seca de <i>Ipomoea hederifolia</i> (IH) e <i>Ipomoea quamoclit</i> (IQ), em relação à testemunha, e a temperatura da calda aplicada contendo saflufenacil (Heat <sup>®</sup> , 700 g i.a. kg <sup>-1</sup> , Basf, Brasil). .....	70
Tabela 13 - Resumo da análise de variância sobre os tratamentos com diferentes herbicidas, doses e estádios de crescimento de <i>Ipomoea hederifolia</i> , e os contrastes de interesse. ....	71
Tabela 14 - Média da porcentagem de massa seca de <i>Ipomoea hederifolia</i> , em relação à testemunha, em função do estágio de crescimento das plantas no momento da aplicação de diferentes herbicidas e misturas de herbicidas. ....	72
Tabela 15 - Porcentagem de massa seca (MS) de <i>Ipomoea hederifolia</i> , em relação à testemunha, e período após a aplicação em que ocorreu morte das plantas, em função da aplicação de diferentes herbicidas, doses e misturas de herbicidas. ....	73



## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	23
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	25
2.1 PLANTAS DANINHAS .....	25
2.1.1 Informações gerais.....	25
2.1.2 Corda-de-viola.....	29
2.2 CONTROLE QUÍMICO .....	31
2.2.1 Informações gerais.....	31
2.2.2. Inibidores de protoporfirinogênio IX oxidase (PROTOX) .....	34
2.3 TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO E FATORES RELACIONADOS.....	38
2.3.1 Informações gerais.....	38
2.3.2 Dose de aplicação .....	39
2.3.3 Volume de calda .....	40
2.3.4 Temperatura de calda.....	41
2.3.5 Mistura de herbicidas.....	42
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	45
3.1 DOSE RESPOSTA.....	45
3.2 VOLUME DE CALDA .....	47
3.3 TEMPERATURA DA CALDA .....	49
3.4 MISTURA DE HERBICIDAS.....	50
4 RESULTADOS .....	53

4.1 DOSE-RESPOSTA.....	53
4.1.1 Carfentrazone-ethyl.....	53
4.1.2 Saflufenacil .....	56
4.2 VOLUME DE CALDA .....	58
4.2.1 Carfentrazone-ethyl.....	58
4.2.2 Saflufenacil .....	61
4.3 TEMPERATURA DA CALDA.....	64
4.3.1 Carfentrazone-ethyl.....	64
4.3.2 Saflufenacil .....	65
4.4 MISTURA DE HERBICIDAS .....	68
5 DISCUSSÃO .....	75
6 CONCLUSÃO .....	83
REFERÊNCIAS.....	84

## 1 INTRODUÇÃO

O uso de herbicidas em áreas de produção agrícola extensiva tem sido a base do controle de plantas daninhas e, em diversos casos, o único método de controle utilizado para essa finalidade. O uso correto dos herbicidas é, portanto, de importância singular para que se obtenha sucesso no controle e no manejo das plantas daninhas.

A eficácia de controle de plantas daninhas com o uso de herbicidas é dependente de diversos fatores, dentro os quais se destacam aqueles relacionados à tecnologia de aplicação. A escolha do herbicida e da dose correta para controle de determinada planta daninha, a calibração e a manutenção dos equipamentos de pulverização, a decisão sobre qual ponta e volume de calda utilizar, entre outros fatores, são essenciais para se obter eficácia satisfatória de controle. Além disso, fatores ambientais podem influenciar a eficácia dos herbicidas, tais como vento, temperatura e umidade, condições de solo, entre outros. Considera-se, ainda, que a mistura ou a associação de herbicidas também exerce papel fundamental sobre a eficácia de controle de plantas daninhas.

Levantaram-se, neste trabalho, como hipóteses que: (i) a eficácia de controle de duas espécies de corda-de-viola com o uso de dois herbicidas inibidores da enzima protoporfirinogênio IX oxidase (PROTOX) é dependente da variação de dose do herbicida, de temperatura da calda e de volume de calda; e (ii) a mistura desses herbicidas com glyphosate aumenta a eficácia de controle em relação à aplicação isolada.

Os objetivos do presente trabalho foram: (i) relacionar a resposta de duas espécies de corda-de-viola (*Ipomoea hederifolia* L. e *Ipomoea quamoclit* L.) com a variação da dose de carfentrazone-ethyl e saflufenacil, da temperatura da calda no momento da aplicação e do volume de calda aplicado; e (ii) comparar a eficácia destes herbicidas aplicados isoladamente com o seu uso em mistura com glyphosate, em plantas de dois estádios de desenvolvimento.



## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 PLANTAS DANINHAS**

#### **2.1.1 Informações gerais**

##### **2.1.1.1 Conceituação e importância**

Planta daninha, segundo Shaw (1982), é “toda e qualquer planta que ocorre onde não é desejada”. Um conceito mais voltado às atividades agropecuárias é definido por Blanco (1972), que define planta daninha como “toda e qualquer planta que germine espontaneamente em áreas de interesse humano e que, de alguma maneira, interfira prejudicialmente nas atividades agropecuárias”. Já Deuber (2006), acrescenta que planta daninha, é uma planta que, isoladamente ou em grupo, causa algum dano ou inconveniência no local em que ocorre.

O surgimento das plantas daninhas ocorreu junto com o desenvolvimento da agricultura, há cerca de 12 mil anos. No início, havia maior equilíbrio entre as diversas espécies. Com o crescimento da população e, conseqüentemente, maior interferência humana nos cultivos, iniciou-se um processo gradual de seleção. As espécies sem interesse agrícola passaram a ser indesejadas e sua multiplicação e alta capacidade de adaptação permitiu-lhes sobreviver a diversos ambientes, tornando-se necessário a adoção de medidas de controle (VIVIAN, 2011).

Atualmente, não há dúvidas de que a presença de plantas daninhas cause prejuízos aos agricultores. Em

média, cerca de 20-30% do custo de produção de uma lavoura se deve ao custo do controle das plantas daninhas (VIVIAN, 2011). Geralmente, apresentam crescimento rápido e facilidade de disseminação, produzem grande número de sementes e crescem em condições adversas (PITELLI, 1985).

### 2.1.1.2 Interferência

Interferência é o conjunto de ações negativas derivadas da presença de plantas daninhas que convivem com as culturas agrícolas (PITELLI, 1985). Quando da ocorrência e limitação de recursos do ambiente, há instituição de um processo competitivo (KARAM, 2011; PITELLI, 2014). As plantas daninhas competem principalmente por recursos básicos ao desenvolvimento da cultura de interesse econômico, como a água, a luz e os nutrientes. No entanto, a necessidade por esses recursos varia dentro do ciclo da cultura, razão pela qual se torna importante conhecer as fases onde a interferência das plantas daninhas pode ser mais prejudicial para as culturas de interesse (VIVIAN, 2011).

Efeitos alelopáticos também são atribuídos à presença de algumas plantas daninhas que ocorrem em ambientes agrícolas, prejudicando o desenvolvimento inicial das culturas. Esses efeitos decorrem da liberação no ambiente de metabólitos secundários, com efeito fitotóxico, produzidos pelas plantas que prejudicam a germinação de sementes ou emergência das plântulas, ou mesmo o crescimento inicial das plantas cultivadas, como, por exemplo, ocorre com a dessecação de *Urochloa* spp. em áreas de cultivo de soja (SOUZA

FILHO, 2014), que com a decomposição dos restos vegetais, após a aplicação de glyphosate ou outro herbicida, há liberação de saponinas que prejudicam a germinação e o crescimento inicial da soja (NEPOMUCENO, 2011).

Outras espécies podem, também, parasitar plantas. Exemplo comum no Brasil ocorre com a erva-de-passarinho (*Phoradendron rubrum* (L.) Griseb.) em citros, ocasionando perdas na produção e morte das plantas. Em outros países, ocorre o parasitismo em plantas de milho ocasionado pela erva-de-bruxa (*Striga lutea* Lour.), espécie daninha de difícil controle devido ao seu desenvolvimento abaixo da superfície do solo (VIVIAN, 2011).

Indiretamente, as plantas daninhas também podem afetar as lavouras, sendo hospedeiras de pragas e doenças. No caso das guanxumas (*Sida* spp.), a maioria é hospedeira do vírus do mosaico-dourado do feijoeiro, transmitido pela mosca-branca. O capim-massambará (*Sorghum halepense* (L.) Pers.), hospedeiro do vírus do mosaico da cana-de-açúcar, está geralmente presente em canaviais. Demais prejuízos indiretos ocorrem pela dificuldade de colheita na presença de plantas daninhas como cordas-de-viola (*Ipomoea* spp.), capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus* L.), unha-de-gato (*Acacia plumosa* (Lam.) de Wit.) e mucuna [*Mucuna pruriens* (L.) DC.] ou mesmo pela dificuldade de manejo após o cultivo, depreciando o valor da terra, a exemplo do que ocorre pela tiririca (*Cyperus rotundus* L.) (CARVALHO, 2013).

Os prejuízos causados pelas plantas daninhas estão diretamente relacionados às perdas na produtividade e/ou na qualidade dos produtos. Um

exemplo típico é o que ocorre com picão-preto (*Bidens pilosa* L.), que compete com o algodão no início do ciclo de cultivo e cujas sementes no final do ciclo da cultura podem aderir à plúmula e prejudicar ou inviabilizar o beneficiamento (VIVIAN, 2011; CARVALHO, 2013).

### 2.1.1.3 Espécies de importância

Atualmente, na agricultura brasileira, existem diversas plantas daninhas consideradas como importantes, dependendo da região e das culturas plantadas. Em análise geral, no Sul do Brasil, os principais problemas ocorrem com leiteiro (*Euphorbia heterophylla* L.), azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) e buva (*Conyza* spp.), espécies que, além da interferência, ocorrem com populações resistentes a diferentes herbicidas. Na cultura do arroz-irrigado, assumem importância o chapéu-de-couro (*Sagittaria* spp.), o capim-arroz (*Echinochloa* spp.) e o arroz-vermelho (*Oryza sativa* L.), por também serem resistentes a herbicidas. No entanto, outras plantas também apresentam grande importância em diversos cultivos, como as cordas-de-violão, a nabiça (*Raphanus raphanistrum* L.), a erva-quente (*Spermacoce* spp.), a poaia-branca (*Richardia brasiliensis* Gomes), o picão-preto, dentre outras.

Em outras regiões do Brasil, o capim-amargoso (*Digitaria insularis* (L.) Fedde), as guaxumas, o capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica* L.), o caruru (*Amaranthus* spp.), trapoeraba (*Commelina* spp.), tiriricas (*Cyperus* spp.), milhã (*Digitaria* spp.), papuã (*Urochloa plantaginea* L.), braquiárias forrageiras (*Urochloa* spp.), dentre outras.

### 2.1.2 Corda-de-viola

Cordas-de-viola são espécies do gênero *Ipomoea*, o que mais se destaca no âmbito da família Convolvulaceae, com 600-700 espécies no mundo, (AUSTIN; CAVALCANTE, 1982). É um grupo muito comum de plantas daninhas trepadeiras, infestando lavouras anuais em praticamente todas as regiões agrícolas do país. As plantas deste gênero são muito prejudiciais às lavouras anuais em função da dificuldade que impõe na colheita mecanizada, além de manter os ambientes com alta umidade nas lavouras, além de serem de difícil controle (KISSMANN; GROTH, 1999). No âmbito agrícola do Brasil, diversas espécies são importantes, dentre elas, *I. hederifolia* e *I. quamoclit* apresentam vasta ocorrência em diferentes culturas de interesse.

#### 2.1.2.1 *Ipomoea hederifolia* L.

*Ipomoea hederifolia* é uma planta nativa da América Tropical e Subtropical, ocorrendo em vasta região no continente americano. É uma planta herbácea de ciclo anual que se reproduz por sementes. É muito comum em quase todo o território brasileiro e considerada uma planta daninha infestante de muitas culturas, trazendo prejuízos, principalmente, por dificultar a colheita (KISSMANN; GROTH, 1999).

Segundo esses autores, plantas dessa espécie caracterizam-se, principalmente, por apresentar caule cilíndrico e anguloso, muito ramificado e volúvel, com

folhas alternas, longo-pecioladas, com limbo de formato irregular, podendo atingir 12 cm de comprimento e 10 cm de largura; as flores são pequenas de coloração avermelhada, cujo cálice é formado por cinco sépalas corniculadas livres; os estames e o estigma são brancos e enxertos; os frutos são cápsulas septígrafas subglobosas e as sementes são subgloboso-cuneiformes.

### 2.1.2.2 *Ipomoea quamoclit* L.

*Ipomoea quamoclit* é uma planta nativa da América Tropical, ocorrendo em vasta região no continente americano. É uma planta herbácea de ciclo anual que se reproduz por sementes. É muito comum em quase todo o território brasileiro e considerada uma planta daninha infestante de muitas culturas, trazendo prejuízos, também e principalmente, por dificultar a colheita (KISSMANN; GROTH, 1999; PATRO, 2013).

Segundo Kissmann e Growth (1999), plantas dessa espécie caracterizam-se, principalmente, por apresentar caule cilíndrico com ramos longos e volúveis; as folhas são muito singulares, pois o limbo resume-se a projeções filiforme a partir da nervura mediana, podendo atingir 12 cm de comprimento e 6 cm de largura; as flores são pequenas de coloração avermelhada, cujo cálice é formado por cinco sépalas desiguais livres e cuja corola é hipocraterimorfa que se abre numa estrela de cinco pontas; os frutos são cápsulas septígrafas ovoides ou subcônicas e as sementes são alongo-ovoides. Suas raízes, folhas e sementes apresentam propriedades medicinais, segundo Patro (2013).

## 2.2 CONTROLE QUÍMICO

### 2.2.1 Informações gerais

O controle químico, atualmente, caracteriza-se pela aplicação de herbicidas sintéticos para controle de plantas daninhas. No entanto, as pesquisas visando o controle químico de plantas daninhas foram iniciadas entre 1897 e 1900, quando Bonnet (França), Shultz (Alemanha) e Bolley (EUA) evidenciaram ação dos sais de cobre sobre algumas folhas largas. Em 1908, o sulfato ferroso foi avaliado por Bolley, nos Estados Unidos, para controle de folhas largas na cultura do trigo. Somente em 1942, Zimmerman e Hitchcock, nos EUA, descobriram o 2,4-D. Este herbicida é a base de muitos outros produtos sintetizados em laboratório (2,4-DB; 2,4,5-T, etc.) e marcou o início do controle químico de plantas daninhas em escala comercial. A partir de 1950, novos grupos químicos de herbicidas surgiram, como amidas (1952), carbamatos (1951), triazinas simétricas (1956) etc. (DEUBER, 2006, OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2011; CONCENÇO et al., 2014).

O comércio e uso de herbicidas no mundo representam cerca de 50% dos agrotóxicos, sendo que, no Brasil, em 2012, os herbicidas movimentaram US\$ 3,14 bilhões, ou seja, 32,3% do faturamento total do setor, e responderam por 57,1% da quantidade total vendida em produto comercial, totalizando 469.719 ton., assim distribuídos: 326.433 ton. de herbicidas não-seletivos e 143.286 ton. de herbicidas seletivos, os quais se destinaram, principalmente, para a soja, cana-de-açúcar, milho safra e safrinha e algodão (SINDAG, 2013).

As vantagens do uso do controle químico de plantas daninhas são apontadas como: menor dependência da mão-de-obra, que é cada vez mais cara, difícil de ser encontrada no momento certo e na quantidade necessária; mesmo em épocas chuvosas, o controle é mais eficaz; é eficaz no controle de plantas daninhas na linha de plantio e não afeta o sistema radicular das culturas; permite o cultivo mínimo ou plantio direto das culturas; pode controlar plantas daninhas de propagação vegetativa; permite a semeadura a lanço e, ou, alteração no espaçamento, quando for necessário, dentre outras (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2011; CARVALHO, 2013; CONCENÇO et al., 2014).

Cabe ressaltar que o herbicida deve ser considerado como uma ferramenta a mais e não como o único método de controle. São necessárias pessoas capacitadas para uso correto dos herbicidas, observando as normas técnicas, as instruções dos fabricantes e as leis governamentais que regulamentam os seus usos (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2011), para que se faça o uso correto e seguro desses produtos e que se obtenha sucesso no controle das plantas daninhas. Todo herbicida é uma molécula química que tem que ser manuseada com cuidado, havendo perigo de intoxicação do aplicador, principalmente. Pode ocorrer também poluição do ambiente: água (rios, lagos e água subterrânea), solo e alimentos, quando manuseados incorretamente. Há necessidade de mão-de-obra especializada para aplicação dos herbicidas. Isto é a causa de cerca de 80% dos problemas encontrados na prática. O conhecimento da fisiologia das plantas, dos grupos aos quais pertencem os



herbicidas e da tecnologia de aplicação é fundamental para o sucesso do controle químico das plantas daninhas (SILVA et al., 2006).

Atualmente, existem diversos tipos de herbicidas, com diferentes mecanismos de ação e modos de aplicação distintos. Quanto ao mecanismo de ação, segundo Lorenzi (2014), os principais herbicidas comercializados no Brasil são classificados como inibidores enzimáticos e não-enzimáticos. Os herbicidas que inibem enzimas são: inibidores de acetil coenzima-A carboxilase (ACCase – clethodim, clodinafop-propargyl, fenoxaprop-p-ethyl etc.), inibidores de acetolactato sintase (ALS – chlorimuron-ethyl, metsulfuron-methyl, imazethapyr, cloransulam-methyl etc.), inibidores de 5-enolpiruvil-chiquimato-3-fosfato sintase (EPSPS – glyphosate), inibidores de protoporfirinogênio IX oxidase (PROTOX – carfentrazone-ethyl, saflufenacil etc.) e inibidores de carotenoides (clomazone, mesotrione etc.). Os herbicidas inibidores não-enzimáticos são: inibidores de fotossistema I (FSI – paraquat e diquat) e II (FSII – atrazine, diuron, ioxynil etc.), inibidores de parte aérea (alachlor, s-metolachlor etc.), inibidores de tubulina (pendimethalin e trifluralin) e auxinas sintéticas (2,4-D, triclopyr etc.).

Dentre esses grupos de mecanismo de ação, os herbicidas inibidores de PROTOX têm se destacado para o controle de corda-de-viola. O herbicida carfentrazone-ethyl já é comercializado há tempos no Brasil, com registro para controlar essa planta daninha, assim como o saflufenacil, que é um herbicida com registro mais recente (MAPA, 2015a,b).

### **2.2.2. Inibidores de protoporfirinogênio IX oxidase (PROTOX)**

Esse grupo é composto por herbicidas cujo mecanismo de ação baseia-se na inibição da enzima PROTOX e, conseqüentemente, da síntese de protoporfirina IX, precursora de citocromos e clorofila *a*, além de causar peroxidação de lipídeos devido à formação de oxigênio singleto e outros radicais livres (MEROTTO JUNIOR; VIDAL, 2001; OLIVEIRA JUNIOR et al., 2011; CARVALHO, 2013).

Segundo Oliveira Junior et al. (2011), são características gerais de herbicidas inibidores de PROTOX:

- a) Podem ser absorvidos pelas raízes, caule ou folhas de plantas novas;
- b) Geralmente apresentam pouca ou nenhuma translocação nas plantas;
- c) Requerem luz para serem ativados;
- d) Partes das plantas expostas aos produtos e à luz morrem rapidamente (1 a 2 dias);
- e) São altamente sorvidos pela matéria orgânica do solo e altamente resistentes à lixiviação;
- f) Devido aos dois itens anteriores, quando aplicados em pré-emergência, a atuação ocorre próximo à superfície do solo, durante a emergência das plantas;
- g) O período residual no solo varia consideravelmente entre herbicidas, mas nenhum tipo de injúria tem sido observado em culturas rotacionais.

A ação de herbicidas desse grupo ocorre com a oxidação de protoporfirinogênio à protoporfirina IX (precursores da clorofila); com a inibição da enzima,

ocorre o acúmulo de protoporfirinogênio, que se difunde para fora do centro reativo, onde acontece uma oxidação não-enzimática da mesma (MEROTTO JUNIOR; VIDAL, 2001; OLIVEIRA JUNIOR et al., 2011; CARVALHO, 2013). Cogita-se que a protoporfirina IX produzida pela via não enzimática não sofreria a atuação da Mg-quelatase para transformar-se em Mg-protoporfirina IX, e, ou, que teria uma conformação estrutural diferente daquela produzida pela via normal (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2011). Neste caso, segundo esses autores, ocorreria a interação entre oxigênio e luz para levar o O<sub>2</sub> ao estado singleto, o qual seria responsável, em última instância, pela peroxidação de lipídeos observada nas membranas celulares.

Dessa maneira, após a absorção foliar, lipídeos e proteínas são oxidados, resultando em perda da clorofila e carotenoides e rompimento das membranas, o que faz com que as células das organelas sequem e se desintegrem rapidamente, em aplicações de pós-emergência. Quando aplicados em pré-emergência, esses herbicidas causam a morte das plantas quando estas entram em contato com a camada de solo tratada. Os tecidos sensíveis sofrem rapidamente necrose e morte, causados pelas peroxidação de lipídeos (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2011).

Plantas susceptíveis tornam-se cloróticas e necrosam em um a três dias (MEROTTO JUNIOR; VIDAL, 2001; OLIVEIRA JUNIOR et al., 2011; CARVALHO, 2013). As folhas mais novas de culturas tolerantes como a soja também podem evidenciar clorose e necrose, especialmente em doses mais altas. Doses subletais podem produzir sintomas de bronzeamento das

folhas mais novas, ao passo que a deriva de pequenas gotas causa o aparecimento de pequenas manchas brancas nas folhas (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2011).

### 2.2.2.1 Carfentrazone-ethyl

O carfentrazone-ethyl é um herbicida inibidor de PROTOX, pertencente ao grupo químico das aril-triazolinonas (HRAC, 2015). A literatura científica registra alguns trabalhos que descrevem o mecanismo de ação dos herbicidas do grupo do carfentrazone-ethyl, como os trabalhos realizados por Kunert e Dodge (1989) e Duke et al. (1991). Este herbicida apresenta efeito residual curto no solo, baixo potencial de deriva e baixa toxicidade (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2000). No Brasil, o carfentrazone-ethyl é registrado para as culturas de algodão, arroz irrigado, batata, café, citros, milho e soja, possuindo excelente controle de trapoeraba (*Commelina benghalensis* L.) e de plantas daninhas dicotiledôneas, especialmente da espécie de corda-de-viola *Ipomoea grandifolia* L. (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005; CORRÊA; BORGES, 2000), que são espécies consideradas de difícil controle pelo herbicida glyphosate.

Reconhecidamente um herbicida tópico, com translocação insignificante, e de ação dependente da luminosidade, o modo de ação do carfentrazone-ethyl inicia-se com a penetração foliar, principalmente via polar, seguida pela absorção através da plasmalema; dentro da célula, o herbicida interage com os cloroplastos, dentro dos quais ocorrerá a inibição da enzima PROTOX e desencadear as demais reações que

culminam no seu efeito tóxico, como descrito anteriormente (CARVALHO, 2013). A absorção desse herbicida do solo é insignificante e a persistência não ocorre (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005).

#### 2.2.2.2 Saflufenacil

Saflufenacil é um herbicida inibidor de PROTOX, de uso recente no Brasil, pertencente ao grupo químico das pirimidinadionas (uracila). O modo de ação é similar àquele do carfentrazone-ethyl, porém com ação melhor no solo, apesar de baixo residual e persistência. Este herbicida foi aprovado para uso nos Estados Unidos da América em 2011, sendo registrado como um herbicida seletivo para o controle das principais plantas daninhas de folhas largas, nas aplicações em pré-emergência das culturas de algodão, feijão, girassol, milho, soja, sorgo, grão de bico, ervilha, lentilha e tremoço; e nas aplicações em pós-emergência, e em jato-dirigido, em frutíferas, castanheiras, videiras e reflorestamento de pinus, além de áreas em pousio e zonas não agrícolas. O herbicida também foi registrado como dessecante e desfolhante para a cultura do girassol. No Brasil, o Saflufenacil teve seu registro aprovado e foi lançado como produto comercial em 2013 e tem sido utilizado para o controle das principais plantas daninhas de folhas largas em pós-emergência, inclusive aquelas resistentes ao glyphosate ou ainda àquelas que apresentam certa tolerância a este herbicida. Destaca-se a possibilidade do uso desse herbicida no controle de plantas voluntárias de soja, nos estádios de V1 a V4, apresentando boa eficácia (BASF, 2015).

## 2.3 TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO E FATORES RELACIONADOS

### 2.3.1 Informações gerais

Tecnologia consiste na aplicação dos conhecimentos científicos a um determinado processo produtivo. Dessa forma, entende-se como “Tecnologia de Aplicação de Produtos Fitossanitários” o emprego de todos os conhecimentos científicos que proporcionem a correta colocação do produto biologicamente ativo no alvo, em quantidade necessária, de forma econômica, com o mínimo de contaminação de outras áreas (MATUO, 1998; JACTO, 1999). Segundo Matthews (1992), a tecnologia de aplicação de agrotóxicos é o ato de aplicar o produto, considerando a interação de fatores ambientais, econômicos, operacionais, mecânicos e pessoais, na busca de máxima eficiência de uso desse insumo.

Nesse sentido, entende-se que qualquer fator que influencie a eficácia dos agrotóxicos, devido a fatores relacionados à aplicação desses produtos, está relacionado à tecnologia de aplicação. Portanto, fatores específicos aos equipamentos de aplicação, como pulverizadores, pontas, pressão de trabalho, volume de calda, qualidade do veículo de aplicação, calibração, manutenção, entre outros, referem-se à tecnologia de aplicação. Da mesma maneira, fatores não-específicos aos equipamentos de pulverização, mas sim à qualidade da aplicação, que podem afetar a deposição da calda ou a quantidade do produto biologicamente ativo que impacta ou é absorvida pela planta, também podem ser

considerados fatores relacionados à tecnologia de aplicação, como, por exemplo, o produto a ser usado, a dose do produto, o uso de adjuvantes, o uso de misturas ou associações de produtos, a temperatura da calda, estágio de desenvolvimento do organismo alvo, arquitetura das plantas, entre outros.

### **2.3.2 Dose de aplicação**

Dose pode ser definida como a quantidade de produto (agrotóxico), em peso ou volume, distribuído por unidade de área ( $\text{kg ha}^{-1}$  ou  $\text{L ha}^{-1}$ , por exemplo). A dose do produto varia de acordo com o alvo biológico, produto e com objetivo da aplicação. A dose de aplicação em plantas daninhas tem alta relação com o estágio fenológico em que as mesmas se encontram, principalmente para herbicidas pós-emergentes, e com o tipo de solo, para herbicidas pré-emergentes. Em geral, doses mais altas são recomendadas para plantas em estágio mais avançado ou para solos mais arenosos (ANTUNIASSI; BAILO, 2008).

A dose, ou a variação de doses, a ser utilizada do produto é definida pelo fabricante, mediante registro no Ministério da Agricultura e do Abastecimento (MAPA), no Brasil, assim como o modo de uso e recomendações de aplicação. O uso de doses recomendadas, além de possibilitar adequada eficácia de controle, ajuda a prevenir a evolução de plantas daninhas resistentes (CHRISTOFFOLETI, 1997). No entanto, segundo Pires et al. (2001), o uso de doses reduzidas de herbicidas, associadas a práticas de manejo, possibilita manter o controle de plantas daninhas em níveis satisfatórios,

sendo mais ecologicamente corretas e economicamente viáveis.

Além disso, a utilização de doses elevadas de herbicidas vem sendo intensamente questionada nos últimos anos, em razão dos possíveis danos causados ao agroecossistema, bem como do seu custo elevado (PIRES et al., 2001). As doses de herbicidas constantes nos rótulos dos produtos estão colocadas, muitas vezes, em níveis mais altos do que os necessários, de modo que o controle das plantas daninhas seja efetivamente garantido em amplas condições de ambiente e de manejo (DEVLIN et al., 1991), além de assegurar elevado controle sobre grande diversidade de espécies daninhas de variada suscetibilidade (KING; OLIVER, 1992). No entanto, pesquisas demonstram que as doses recomendadas de alguns herbicidas podem ser reduzidas sem prejuízo para o controle das plantas daninhas e sem afetar o rendimento da cultura (DEFELICE et al., 1989; FLECK et al., 1995; FLECK et al., 1997).

### **2.3.3 Volume de calda**

O volume de calda consiste em quantidade de calda pulverizada (isto é, que sai do equipamento de aplicação), por área ou por planta, dependendo do tipo de trabalho executado. Este volume está relacionado com o uso adequado do equipamento para se conseguir a cobertura mínima no controle da planta daninha (CHRISTOFFOLETI, 1997) ou outro alvo biológico.

Como a eficiência de aplicação depende da quantidade de herbicida que atinge o alvo, quanto maior o volume de calda que tiver o herbicida, menor a chance



de o princípio ativo atingir o alvo e maior o custo de transporte do princípio ativo até o alvo. Segundo esse autor, devem-se realizar aplicações com baixo volume de princípio ativo sempre que possível, como, por exemplo, para herbicidas sistêmicos que não necessitam de cobertura total das folhas, devido a sua alta translocação, podendo ter gotas maiores que evitem a deriva e outras perdas.

O volume de calda é um dos parâmetros fundamentais para o sucesso da aplicação. A definição do volume de calda depende do tipo de alvo, da cobertura necessária, da forma de ação do agrotóxico e da técnica de aplicação, entre outros fatores. Nesse sentido, para herbicidas pós-emergentes, há tendência de diminuição no volume de calda para herbicidas sistêmicos e aumento no volume de calda para herbicidas de contato. No entanto, deve-se considerar que volumes muito baixos acarretam gotas muito pequenas, podendo ocorrer evaporação e/ou deriva, enquanto volumes muito altos podem ocasionar saturação da calda, gerando escorrimento do produto da folha (ANTUNIASSI; BAILO, 2008).

Outro fator importante para se estimar o volume de aplicação são as fases fenológicas diferentes da planta daninhas e da cultura, pois exigirão diferentes volumes de aplicação e diferentes tipos de equipamentos e modo de aplicação.

### **2.3.4 Temperatura de calda**

A temperatura da calda também pode influenciar as propriedades físico-químicas dos agrotóxicos, assim

como os componentes da cutícula celular (como as ceras epicuticulares, por exemplo) e, conseqüentemente, a eficácia do processo de aplicação. Variações de 0 °C a 30 °C na calda são comuns nas aplicações em campo, dependendo da região e do horário de aplicação; teoricamente, são esperadas mudanças nas características da calda, porém se desconhece a magnitude e a interação com os componentes da mistura (CUNHA et al., 2010).

Além disso, a redução da temperatura da calda pode ser uma estratégia para redução da evaporação, a ser utilizada por fabricantes de pulverizadores com o emprego, por exemplo, de tubos de vórtices, que são dispositivos mecânicos simples e de baixo custo utilizados para refrigeração (CONTRERAS, 2008). Isso demonstra a importância de se conhecer o comportamento da calda submetida a diferentes temperaturas (CUNHA et al., 2010).

### **2.3.5 Mistura de herbicidas**

A mistura em tanque de agrotóxicos, incluindo herbicidas, não é permitida pela legislação brasileira, embora, segundo estudo de Gazziero (2015), cerca de 97% dos agricultores brasileiros e profissionais que prestam assistência técnica admitem o uso de misturas. Nesse estudo, o principal problema apontado é a falta de informações sobre quais misturas são compatíveis e a eficácia das misturas.

Não se deve negar a importância das misturas na agricultura brasileira e mundial, trazendo os seguintes benefícios: aumento do espectro de controle e da eficácia de controle, redução da dose individual com menor

impacto ambiental e risco ao aplicador, menor número de aplicações com redução nos custos totais de aplicação, entre outras (CARVALHO, 2013).

Atualmente, para o manejo de plantas daninhas de difícil controle ou com tolerância a determinado herbicida, o uso de misturas tem sido fundamental, principalmente quando se trata de plantas daninhas resistentes a herbicidas. No que se refere a plantas daninhas tolerantes e resistentes a glyphosate, por exemplo, o uso de misturas com auxinas sintéticas, inibidores de ALS, inibidores de PROTOX, inibidores FSII, inibidores da parte aérea, entre outros (CONSTANTIN; OLIVEIRA JÚNIOR, 2009).

O glyphosate, diferentemente dos inibidores de PROTOX, é um herbicida sistêmico não-seletivo para aplicação essencialmente em pós-emergência, sem qualquer efeito residual (CARVALHO, 2013). Esse herbicida, por exercer controle de grande número de plantas daninhas mono e eudicotiledôneas, perenes e anuais, sendo ambientalmente pouco agressivo, é o herbicida mais utilizado no mundo (MALIK, 1989). Pertence ao grupo dos inibidores da síntese de aminoácidos e contém o *N*-(phosphonomethyl)glycine como ingrediente ativo (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005). Além disso, o glyphosate é altamente solúvel em água e seu mecanismo de ação baseia-se na interrupção da rota do ácido chiquímico, responsável pela produção dos aminoácidos aromáticos fenilalanina, tirosina e triptofano, essenciais à síntese de proteínas e divisão celular nas regiões meristemáticas da planta (HESS, 1994).

No manejo de plantas tolerantes ao glyphosate, o uso de misturas de glyphosate com 2,4-D ou

carfentrazone-ethyl é relatado para controle eficaz de trapoerabas, não sendo eficazes as misturas com metsulfuron-methyl ou flumioxazin (PENCKOWSKI; ROCHA, 2006). Aplicações de misturas para controle de plantas daninhas resistentes ao glyphosate foram eficazes quando se utilizou glyphosate e clethodim ou quizalafop-p-ethyl (azevém) (RIZZARDI et al., 2006) e, para buva, as misturas com chlorimuron-ethyl, metsulfuron-methyl, metribuzin ou 2,4-D (CHRISTOFFOLETI et al., 2006b; MOREIRA et al., 2007). Diversos outros trabalhos evidenciam a eficácia das misturas para controlar outras plantas daninhas, como, por exemplo, caruru, poaia-branca, guanxuma, leiteiro, picão-preto, entre outras (CONSTANTIN; OLIVEIRA JÚNIOR, 2006).

Especificamente para o controle de cordas-de-viola, o uso de misturas tem sido utilizado com boa eficácia de controle, conforme constatado por Monquero et al. (2001), Ramires et al. (2010), Constantin et al. (2011), Maciel et al. (2011), Piccinini et al. (2012), entre outros. A mistura de glyphosate com carfentrazone-ethyl melhora a eficácia de controle (CORRÊA; BORGES, 2000; OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2000; WERLANG; SILVA, 2002; RAMIRES et al., 2010), dentre outros motivos, por aumentar a velocidade de controle da planta daninha (WERLANG; SILVA, 2002). No caso das misturas de glyphosate com saflufenacil, alguns trabalhos evidenciam o aumento na eficácia de controle de cordas-de-viola, como relatado, por exemplo, por Constantin et al. (2011) e Costa (2014).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Quatro experimentos foram desenvolvidos entre outubro de 2013 e janeiro de 2015 para estudar a influência de doses, volumes de calda e temperaturas de calda sobre a eficácia de dois herbicidas inibidores da PROTOX, carfentrazone-ethyl e saflufenacil, para o controle de duas espécies de corda-de-viola, *I. hederifolia* e *I. quamoclit*; além disso, um experimento adicional foi conduzido para estudar a eficácia da mistura desses herbicidas com glyphosate para o controle de *I. hederifolia* em dois estádios de crescimento. Todos os experimentos foram desenvolvidos no Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina (CAV/UDESC), em Lages, SC. Cada um dos experimentos está descrito nas subseções seguintes.

#### 3.1 DOSE RESPOSTA

Plantas jovens de *I. hederifolia* e *I. quamoclit* cresceram durante outubro e dezembro de 2013, em área experimental do CAV/UDESC, em vasos de 5 litros preenchidos com mistura de solo e substrato orgânico na proporção de 4:1 (v:v). O solo utilizado apresentou as seguintes características: 54% de argila; 3,8% de M.O.; pH (água) = 5,1; SMP = 5,0; teores de P, Na e K de 2,9, 10 e 80 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente; teores de Ca, Mg Al, H+Al e CTC<sub>efetiva</sub> de 4,63, 3,49, 1,36 13,70 e 9,68 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, respectivamente; e saturação de Al e Bases de 14,05 e 37,80%, respectivamente.

Antes da semeadura foram aplicados dois gramas de formulação de adubo 5-20-10 e três gramas de ureia.

Depois da semeadura, as plantas foram diariamente irrigadas com 150 mL de água. Duas plantas cresceram em cada vaso e os vasos foram mantidos sob condições ambientais (temperatura do ar média de 16 °C, umidade relativa média de 77% e precipitação acumulada de 187 mm) durante todo experimento (ver nota de rodapé).

Os tratamentos consistiram da aplicação de carfentrazone-ethyl (Aurora<sup>®</sup>, 400 g i.a. L<sup>-1</sup>, FMC, Brasil), nas doses de 0; 0,25; 0,5; 1; 2; 4; 5; 7,5; 10; 20; 35; 50 e 75 mL ha<sup>-1</sup> do produto comercial (p.c.), e saflufenacil (Heat<sup>®</sup>, 700 g i.a. kg<sup>-1</sup>, Basf, Brasil), nas doses de 0; 0,125; 0,25; 0,5; 1; 2; 2,5; 5; 7,5; 10; 20; 35 e 50 g p.c. ha<sup>-1</sup>, diretamente sobre plantas jovens (6-8 folhas) de *I. hederifolia* e *I. quamoclit*. O experimento foi realizado no esquema fatorial 2×13 (2 espécies e 13 doses para cada herbicida), para cada um dos herbicidas testados, em delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro repetições.

Os herbicidas foram aplicados sob condições ambientais favoráveis (temperatura de 18 °C, umidade relativa do ar de 80% e poucas nuvens), com pulverizador costal pressurizado a CO<sub>2</sub>, munido de barra com quatro bicos equipados com pontas de jato plano (TeeJet, 80,02, EUA), a pressão de  $\cong 1,90$  kgf cm<sup>-2</sup> e o volume de calda de 200 L ha<sup>-1</sup>.

Quatorze dias após a aplicação dos herbicidas, foi verificada a dose a partir da qual houve morte das plantas. Em seguida, as plantas foram cortadas rente ao solo e secas por 96 horas em estufa de circulação forçada de ar a 60 °C. Depois de secas, as plantas foram pesadas em balança analítica (0,001 g) para determinação da massa seca.

Os dados de massa seca foram transformados em porcentagem relativa à testemunha sem aplicação de herbicida e submetidos à análise de regressão segundo o modelo não-linear, log-logístico:

$$y = \min + (\max - \min) / [1 + (x^{\text{Hillslope}}/\text{GR50})]$$

onde: y indica a massa seca, min e max são coeficientes que expressam os valores mínimo e máximo de massa seca; Hillslope é a inclinação da curva; GR50 é o ponto de inflexão da curva (expressa a dose requerida para reduzir a massa seca em 50% – GR50); e x representa a dose de produto comercial.

A análise de regressão do experimento foi realizada por meio do programa computacional SigmaPlot® (Systat, versão 10.0, EUA). Adicionalmente, este programa utiliza o teste de Kolmogorov-Smirnov para testar a normalidade dos resíduos da regressão e a correlação de SpearmanRank entre valores absolutos e dos resíduos e absolutos das variáveis dependentes para testar a homogeneidade de variâncias.

### 3.2 VOLUME DE CALDA

Foram semeadas sementes de *I. quamoclit* e *I. hederifolia* em bandejas de isopor com substrato orgânico e irrigadas diariamente com 40 mL de água. As bandejas foram mantidas em casa de vegetação até que as plantas apresentaram-se com três a quatro folhas. Quando atingiram esse estágio, as plantas foram transplantadas para copos de plástico de 500 mL, preenchidos com mistura de terra (mesma utilizada no experimento de dose-resposta, cujas características físico-químicas foram apresentadas na subseção 3.1) e substrato orgânico. Após

o transplante, foi mantida uma planta por copo, em câmara de crescimento (Fitotron), a temperatura de 25 °C e umidade de 70%, sendo feita irrigação diária com 40 mL de água.

Os tratamentos consistiram da aplicação de carfentrazone-ethyl, na dose de 2,0 mL p.c. ha<sup>-1</sup>, e saflufenacil, na dose de 0,5 g p.c. ha<sup>-1</sup> (doses não-letais, mas que reduziram significativamente a massa seca das plantas, selecionadas a partir dos resultados do experimento de dose-resposta – ver Resultados e Discussão), utilizando três volumes de calda (150, 200 e 250 L ha<sup>-1</sup>). Os herbicidas foram aplicados diretamente sobre plantas jovens (6-8 folhas) de *I. hederifolia* e *I. quamoclit*, utilizando os mesmos produtos comerciais do experimento de dose-resposta, descritos na subseção 3.1. O experimento foi realizado no esquema fatorial 2×3 (2 espécies e 3 volumes de calda), para cada um dos herbicidas testados, arrançados em delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro repetições, mantendo-se uma testemunha sem aplicação dos herbicidas.

Os herbicidas foram aplicados utilizando-se do mesmo equipamento e a avaliação de massa seca ocorreu de forma similar à descrita no item 3.1. Para obtenção dos diferentes volumes de calda, variou-se a pressão de trabalho: 150 L ha<sup>-1</sup> ( $\cong 1,43 \text{ kgf cm}^{-2}$ ), 200 L ha<sup>-1</sup> ( $\cong 1,90 \text{ kgf cm}^{-2}$ ) e 250 L ha<sup>-1</sup> ( $\cong 2,38 \text{ kgf cm}^{-2}$ ).

Os dados de massa seca foram, previamente, transformados em porcentagem relativa à testemunha sem aplicação de herbicida, e, em seguida, transformados

em arco-seno  $\sqrt{\frac{x}{MS_{max}}}$ , para serem submetidos à análise de



variância (ANOVA), ao nível de 5% de probabilidade. As médias foram comparadas à testemunha pelo teste de Dunnett, a 5% de probabilidade. Para estas análises utilizou-se o programa computacional Statistica® (StatSoft, versão 8.0, EUA). Adicionalmente, as médias dos tratamentos quantitativos foram submetidas à análise de regressão, utilizando o programa computacional SigmaPlot® (Systat, versão 10.0, EUA).

### 3.3 TEMPERATURA DA CALDA

O experimento com variação da temperatura de calda foi executado de maneira similar ao experimento com variação do volume de calda, descrito na subseção 3.2, incluindo as transformações e análises estatísticas realizadas. A única diferença foi nos tratamentos, descritos a seguir.

Os tratamentos consistiram da aplicação de carfentrazone-ethyl, na dose de 2,0 mL p.c. ha<sup>-1</sup>, e saflufenacil, na dose de 0,5 g p.c. ha<sup>-1</sup> (doses não-letais, mas que reduziram significativamente a massa seca das plantas, selecionadas a partir dos resultados do experimento de dose-resposta – ver Resultados e Discussão), utilizando três temperaturas da calda (10 °C, 20 °C e 30 °C). Os herbicidas foram aplicados diretamente sobre plantas jovens (6-8 folhas) de *I. hederifolia* e *I. quamoclit*, utilizando os mesmos produtos comerciais do experimento de dose-resposta, descritos na subseção 3.1. O experimento foi realizado no esquema fatorial 2×3 (2 espécies e 3 temperaturas da calda), para cada um dos herbicidas testados, arranjos em delineamento experimental inteiramente casualizado

com quatro repetições, mantendo-se uma testemunha sem aplicação dos herbicidas.

Para obtenção das diferentes temperaturas, a calda previamente preparada à temperatura de 20 °C, foi resfriada a 10 °C em banho-maria gelado e aquecida a 30 °C em banho-maria quente, antes da aplicação. No momento em que a calda atingiu a temperatura desejada, foi efetuada a aplicação em sala de pulverização.

### 3.4 MISTURA DE HERBICIDAS

Plantas jovens de *I. hederifolia* cresceram em condições similares àquelas descritas na subseção 3.1, incluindo local, tamanho de vasos, condições do substrato, adubação e irrigação, sob as seguintes condições ambientais: temperatura do ar média de 18 °C, umidade relativa média de 68% e precipitação acumulada de 115 mm (ver nota de rodapé).

Para esse experimento, como tratamentos, foram aplicados, isoladamente, (i) carfentrazone-ethyl, nas doses de 50 e 75 mL p.c. ha<sup>-1</sup>; (ii) saflufenacil, nas doses de 35 e 50 g p.c. ha<sup>-1</sup>; glyphosate (Roundup Original®, 480 g i.a. L<sup>-1</sup>, Monsanto, Brasil), nas doses de 2 e 4 L p.c. ha<sup>-1</sup>; e em mistura, de carfentrazone-ethyl + glyphosate (50 mL p.c. ha<sup>-1</sup> + 2 L p.c. ha<sup>-1</sup>) e saflufenacil + glyphosate (35 g p.c. ha<sup>-1</sup> + 2 L p.c. ha<sup>-1</sup>). As doses utilizadas correspondem a doses médias recomendadas pelos fabricantes para a maioria das culturas registradas (MAPA, 2015a,b). Os herbicidas isolados e as misturas de herbicidas foram aplicados sobre plantas em dois estádios de crescimento distintos, com 6-8 folhas e 15-20 folhas. Uma testemunha sem aplicação foi mantida

para cada estádio. Utilizaram-se quatro repetições para cada tratamento.

Foi avaliada a data a partir da qual ocorreu a morte das plantas e a massa seca aos 14 dias após a aplicação dos herbicidas, conforme descrito na subseção 3.1.

Este experimento apresentou fatores com relação aninhada e cruzada. Dentro das épocas de avaliação, todos os herbicidas e doses adotadas foram avaliados, portanto a época possui uma relação cruzada com esses fatores. No entanto, não foram aplicadas diferentes doses nos tratamentos com mistura de herbicidas, assim como na testemunha. A relação herbicida e dose é aninhada, pois todos os níveis de dose não estão submetidos a todos os tratamentos químicos adotados (RIBEIRO; CATEN, 2011). Dessa forma, o modelo estatístico utilizado para explicar adequadamente o comportamento dos dados foi:

$$Y_{ijkl} = \mu + \text{época}_i + \text{herbicida}_j + \text{época*herbicida}_{ij} + \text{dose(herbicida)}_{k(j)} + \text{época*dose(herbicida)} + \varepsilon_{ijkl}.$$

Em que:  $Y_{ijk}$  é a l-ésima observação no i-ésimo nível do fator época, j-ésimo nível do fator herbicida e k-ésimo nível do fator dose;  $\mu$  é a média geral esperada;  $\text{época}_i$  é o efeito devido ao i-ésimo nível do fator época;  $\text{herbicida}_j$  é o efeito devido ao j-ésimo nível do fator herbicida;  $\text{época*herbicida}_{ij}$ : efeito devido à interação do i-ésimo nível do fator época com j-ésimo nível do fator herbicida;  $\text{dose(herbicida)}_{k(j)}$ : é o efeito devido ao k-ésimo nível do fator dose hierarquizado sob o j-ésimo nível do fator herbicida;  $\text{época*dose(herbicida)}$ : efeito devido à interação do i-ésimo nível do fator época com k-ésimo

nível do fator dose hierarquizado sob o  $j$ -ésimo nível do fator herbicida; e  $\varepsilon_{ijkl}$  é o efeito do erro experimental.

Foi efetuada a análise de variância para o caráter porcentagem relativa de massa seca em relação à testemunha sem aplicação, a 5% de probabilidade. Em caso de fatores com efeito significativo, foi utilizado o teste de Scott-Knott para comparação das médias dos tratamentos. Em adição, foram aplicados contrastes de interesse para inferir sobre a variação dos herbicidas aplicados isoladamente e em mistura.

Para estas análises, os dados de massa seca também foram transformados conforme descrito na subseção 3.2, e utilizou-se o programa computacional SAS® (SAS Institute, versão 9.2, EUA).

## 4 RESULTADOS

A seção Resultados está dividida em quatro subseções, referentes a cada um dos experimentos realizados.

### 4.1 DOSE-RESPOSTA

#### 4.1.1 Carfentrazone-ethyl

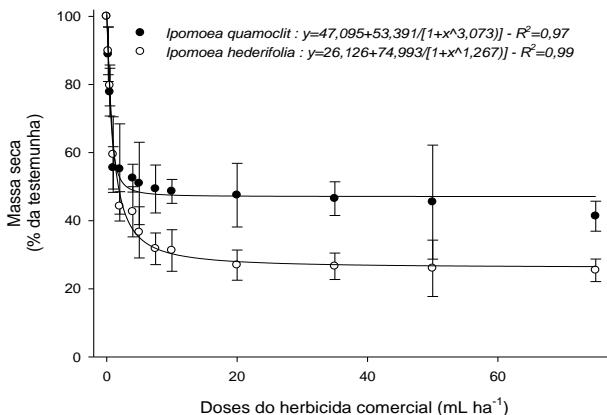
Plantas jovens de *I. hederifolia* e *I. quamoclit* apresentaram diferentes respostas no acúmulo de massa seca, relativo à testemunha sem aplicação, nas doses de carfentrazone-ethyl maiores que 4 mL p.c. ha<sup>-1</sup> (Figura 1). Entretanto, plantas de ambas as espécies morreram quando expostas a doses iguais ou maiores que essa, evidenciando a eficácia de controle do carfentrazone-ethyl para essas plantas daninhas no estágio de 6-8 folhas.

Plantas de *I. quamoclit* acumularam um pouco mais de massa seca do que plantas de *I. hederifolia*, apresentando, em média, 20% mais de acúmulo de massa seca em doses maiores que 4 mL p.c. ha<sup>-1</sup>. Nas doses de 50 e 75 mL p.c. ha<sup>-1</sup>, o acúmulo de massa seca foi reduzido em 55% e 59% para *I. quamoclit*, e 74% e 75% para *I. hederifolia*, respectivamente, evidenciando que o carfentrazone-ethyl foi mais eficaz na redução do crescimento de plantas de *I. hederifolia*, embora plantas de ambas as espécies tenham sido controladas.

De acordo com a análise de regressão, com curvas ajustadas altamente significativas, resíduos de distribuição normal e variâncias homogêneas (Tabela 1),

a dose requerida para reduzir a massa seca em 50% foi de, aproximadamente, 0,5 mL p.c. ha<sup>-1</sup> e 0,9 mL p.c. ha<sup>-1</sup>, para *I. quamoclit* e *I. hederifolia*, respectivamente (Tabela 2). Essas doses foram extremamente baixas em relação às doses recomendadas, o que evidencia a alta eficácia do herbicida. Além disso, nesse ponto (GR50), plantas de *I. hederifolia* requereram doses 1,8 vezes maiores que *I. quamoclit* para ter redução de massa seca similar. No entanto, como as doses de GR50 foram muito baixas e em doses maiores de 4 mL p.c. ha<sup>-1</sup> plantas de *I. quamoclit* tiveram menor redução de massa seca, pode-se inferir que, neste caso, a análise da relação GR50(maior)/GR50(menor) não é alternativa totalmente adequada para indicar qual espécie foi mais ou menos susceptível ao herbicida.

Figura 1 - Curvas de dose-resposta para *Ipomoea hederifolia* e *Ipomoea quamoclit* a carfentrazone-ethyl (Aurora®, 400 g ia L<sup>-1</sup>, FMC, Brasil). Linhas verticais indicam o erro padrão da média de quatro repetições.



Fonte: Produção do próprio autor.

Tabela 1 - Resumo dos resultados da análise de regressão<sup>1</sup> usada para estimar a dose-resposta de *Ipomoea quamoclit* (IQ) e *Ipomoea hederifolia* (IH) a carfentrazone-ethyl (Aurora®, 400 g i.a. L<sup>-1</sup>, FMC, Brasil).

Espécies	ANOVA <sup>2</sup>			THV <sup>3</sup>	TN <sup>4</sup>
	R <sup>2</sup>	F	P		
IQ	0,966	113,319	<0,001	0,761	0,591
IH	0,990	382,568	<0,001	0,864	0,069

<sup>1</sup> Equação de regressão:  $y = \min + (\max - \min) / [1 + (x^{\text{Hillslope}}/\text{GR50})]$ .

<sup>2</sup> ANOVA: R<sup>2</sup>, F e P representam o coeficiente de determinação ajustado da curva, F e P (significância), respectivamente, para o teste F da análise de regressão não-linear.

<sup>3</sup> THV representa a significância (P) do teste de homogeneidade de variâncias (P > 0,05 indica variâncias homogêneas).

<sup>4</sup> TN representa a significância (P) do teste de normalidade dos resíduos (P > 0,05 indica resíduos de distribuição normal).

Fonte: Produção do próprio autor.

Tabela 2 - Parâmetros da equação usada para estimar a dose-resposta de *Ipomoea quamoclit* (IQ) e *Ipomoea hederifolia* (IH) a carfentrazone-ethyl (Aurora®, 400 g i.a. L<sup>-1</sup>, FMC, Brasil).

Espécies	Parâmetros da equação <sup>1</sup>			
	min	max	GR50	Hillslope
IQ	47,095	100,468	0,536	1,647
IH	26,126	101,119	0,949	1,202

<sup>1</sup> Equação de regressão:  $y = \min + (\max - \min) / [1 + (x^{\text{Hillslope}}/\text{GR50})]$ , em que min é o mínimo valor de massa seca, max é o máximo valor de massa seca, GR50 o ponto de inflexão da curva (representando a dose requerida para reduzir a massa seca em 50%) e Hillslope é a inclinação da curva em GR50.

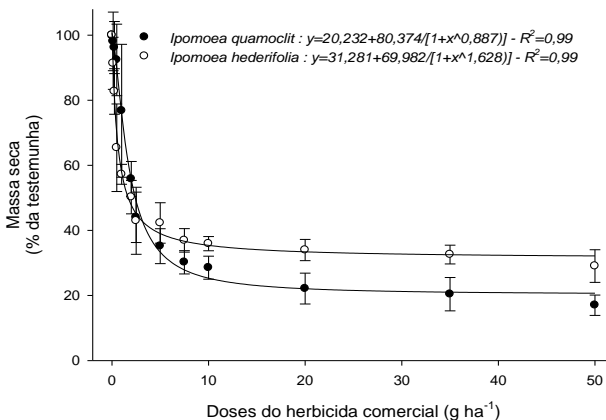
Fonte: Produção do próprio autor.

Portanto, os resultados permitem inferir que plantas de *I. hederifolia* sofreram os efeitos tóxicos do carfentrazone-ethyl (em doses a partir de 4 mL p.c. ha<sup>-1</sup>) pouco mais intensamente que *I. quamoclit*, apesar do herbicida ter sido eficaz para controlar ambas as espécies.

#### 4.1.2 Saflufenacil

Plantas jovens de *I. hederifolia* e *I. quamoclit* apresentaram diferentes respostas para o acúmulo de massa seca em doses de saflufenacil maiores que 5 g p.c. ha<sup>-1</sup> (Figura 2). No entanto, plantas de ambas as espécies foram mortas quando expostas a doses maiores que essa, evidenciando a eficácia do saflufenacil para o controle dessas plantas daninhas no estágio de 6-8 folhas.

Figura 2 - Curvas de dose-resposta para *Ipomoea hederifolia* e *Ipomoea quamoclit* a saflufenacil (Heat®, 700 g i.a. kg<sup>-1</sup>, Basf, Brasil). Linhas verticais indicam o erro padrão da média de quatro repetições.



Fonte: Produção do próprio autor.

Plantas de *I. hederifolia* acumularam um pouco mais de massa seca que plantas de *I. quamoclit*, apresentando em média 10% mais acúmulo de massa



seca em doses maiores que 5 g p.c. ha<sup>-1</sup>. Nas doses 35 e 50 g p.c. ha<sup>-1</sup>, houve redução de 80% e 83%, para *I. quamoclit*, e 68% e 71%, para *I. hederifolia*, respectivamente, indicando que o herbicida foi pouco mais eficaz na redução do crescimento de plantas de *I. quamoclit*, embora plantas de ambas as espécies tenham sido mortas nessas doses.

De acordo com a análise de regressão, com curvas ajustadas altamente significativas, resíduos de distribuição normal e variâncias homogêneas (Tabela 3), a dose requerida para reduzir a massa seca em 50% foi de, aproximadamente, 0,6 g p.c. ha<sup>-1</sup> e 1,7 g p.c. ha<sup>-1</sup>, para *I. hederifolia* e *I. quamoclit*, respectivamente (Tabela 4). Essas doses foram muito baixas em relação às doses recomendadas, o que evidencia a eficácia do herbicida. Além disso, nesse ponto (GR50), plantas de *I. quamoclit* requereram doses 2,8 vezes maiores que *I. hederifolia* para ter redução de massa seca similar. No entanto, como as doses de GR50 foram muito baixas e em doses maiores de 5 g p.c. ha<sup>-1</sup> plantas de *I. hederifolia* tiveram menor redução de massa seca, pode-se inferir que, também neste caso, a análise da relação GR50(maior)/GR50(menor) não é alternativa totalmente adequada para indicar qual espécie foi mais ou menos susceptível ao herbicida.

Portanto, os resultados apresentados permitem inferir que plantas da espécie *I. quamoclit* sofreram os efeitos tóxicos do herbicida saflufenacil (em doses a partir de 5 g p.c. ha<sup>-1</sup>) mais intensamente que plantas de *I. hederifolia*, apesar do herbicida ter sido eficaz para controlar plantas de ambas as espécies.

Tabela 3 - Resumo dos resultados da análise de regressão<sup>1</sup> usada para estimar a dose-resposta de *Ipomoea quamoclit* (IQ) e *Ipomoea hederifolia* (IH) a saflufenacil (Heat®, 700 g i.a. kg<sup>-1</sup>, Basf, Brasil).

Espécies	ANOVA <sup>2</sup>			THV <sup>3</sup>	TN <sup>4</sup>
	R <sup>2</sup>	F	P		
IQ	0,993	577,187	<0,001	0,758	0,403
IH	0,988	336,423	<0,001	0,980	0,295

<sup>1</sup> Equação de regressão:  $y = \min + (\max - \min) / [1 + (x^{\wedge}\text{Hillslope}/\text{GR50})]$ .

<sup>2</sup> ANOVA: R<sup>2</sup>, F e P representam o coeficiente de determinação ajustado da curva, F e P (significância), respectivamente, para o teste F da análise de regressão não-linear.

<sup>3</sup> THV representa a significância (P) do teste de homogeneidade de variâncias (P > 0,05 indica variâncias homogêneas).

<sup>4</sup> TN representa a significância (P) do teste de normalidade dos resíduos (P > 0,05 indica resíduos de distribuição normal).

Fonte: Produção do próprio autor.

Tabela 4 - Parâmetros da equação usada para estimar a dose-resposta de *Ipomoea quamoclit* (IQ) e *Ipomoea hederifolia* (IH) a saflufenacil (Heat®, 700 g ia kg<sup>-1</sup>, Basf, Brasil).

Espécies	Parâmetros da equação <sup>1</sup>			
	min	max	GR50	Hillslope
IQ	20,232	100,606	1,704	1,512
IH	31,281	101,263	0,607	0,988

<sup>1</sup> Equação de regressão:  $y = \min + (\max - \min) / [1 + (x^{\wedge}\text{Hillslope}/\text{GR50})]$ , em que min é o mínimo valor de massa seca, max é o máximo valor de massa seca, GR50 o ponto de inflexão da curva (representando a dose requerida para reduzir a massa seca em 50%) e Hillslope é a inclinação da curva em GR50.

Fonte: Produção do próprio autor.

## 4.2 VOLUME DE CALDA

### 4.2.1 Carfentrazone-ethyl

A interação entre espécie e tratamento (volume de calda) não foi significativa (P > 0,05) (Tabela 5),

indicando que as espécies *I. hederifolia* e *I. quamoclit* responderam de maneira similar ao aumento no volume de calda aplicado com carfentrazone-ethyl. Além disso, apenas o efeito isolado do tratamento foi significativo ( $P < 0,001$ ), indicando que há variação na resposta média das espécies. Houve variação de 41,3% a 27,9% no acúmulo de massa seca de ambas as espécies quando se utilizou os volumes de calda de 150 e 250 L ha<sup>-1</sup>, respectivamente, diferindo da testemunha, sem, no entanto, ocorrer morte das plantas.

Tabela 5- Porcentagem relativa de acúmulo de massa seca de plantas de *Ipomoea hederifolia* (IH) e *Ipomoea quamoclit* (IQ) expostas a carfentrazone-ethyl (Aurora®, 400 g i.a. L<sup>-1</sup>, FMC, Brasil), em diferentes volumes de calda, em relação à testemunha sem aplicação, e resumo de análise de variância.

Tratamentos	Espécies		
	IH <sup>1</sup>	IQ <sup>1</sup>	Média <sup>1,2</sup>
Testemunha	100,0	100,0	100,0
150 L ha <sup>-1</sup>	43,9	38,7	41,3**
200 L ha <sup>-1</sup>	37,7	32,8	35,3**
250 L ha <sup>-1</sup>	29,6	26,1	27,9**
Média	52,8	49,4	51,1
ANOVA			
<i>Causas de Variação</i>	<i>GL</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
<i>Espécie (E)</i>	1	1,418	0,245
<i>Tratamento (T)</i>	3	134,716	< 0,001
<i>E x T</i>	3	0,176	0,912

<sup>1</sup>Os dados foram transformados em  $\arcseno \sqrt{\frac{x}{MS_{max}}}$ , em que x corresponde à porcentagem de massa seca da repetição em relação à porcentagem de massa seca média da testemunha e MS<sub>max</sub> corresponde à porcentagem máxima de massa seca da espécie.

<sup>2</sup>\*\* corresponde à diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Dunnett, indicando diferença entre cada volume e a testemunha.

Fonte: Produção do próprio autor.

Para ambas as espécies, a regressão linear ajustada foi significativa a 5% de probabilidade, com variâncias homogêneas ( $P > 0,05$ ) e distribuição normal dos resíduos ( $P > 0,05$ ) (Tabela 6). De acordo com a regressão ajustada, aumento de cada 10 L ha<sup>-1</sup> no volume de calda aplicado reduziu a massa seca em 1,43% e 1,26% para *I. hederifolia* e *I. quamoclit*, respectivamente (Figura 3). Esses resultados indicam que o aumento no volume de calda proporcionou melhor controle das duas espécies de plantas daninhas estudadas com o uso de carfentrazone-ethyl.

Tabela 6 - Resumo dos resultados da análise de regressão<sup>1</sup> usada para estimar a relação entre a porcentagem relativa de massa seca de *Ipomoea hederifolia* (IH) e *Ipomoea quamoclit* (IQ), em relação à testemunha, e o volume de calda aplicado contendo carfentrazone-ethyl (Aurora®, 400 g i.a. L<sup>-1</sup>. FMC, Brasil).

Espécies	ANOVA <sup>2</sup>			THV <sup>3</sup>	TN <sup>4</sup>
	R <sup>2</sup>	F	P		
Média IQ e IH	0,993	297,846	0,037	0,393	0,649

<sup>1</sup> Equação de regressão:  $y = a + bx$ .

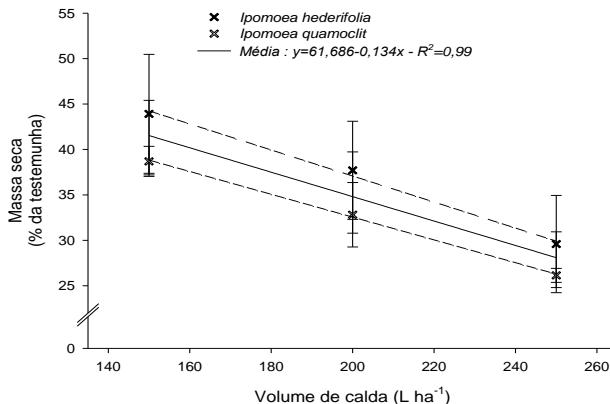
<sup>2</sup> ANOVA: R<sup>2</sup>, F e P representam o coeficiente de determinação ajustado da curva, F e P (significância), respectivamente, para o teste F da análise de regressão linear.

<sup>3</sup> THV representa a significância (P) do teste de homogeneidade de variâncias com os dados transformados em arcoseno  $\sqrt[2]{\frac{x}{MSmax}}$ , em que x corresponde à porcentagem de massa seca da repetição em relação à porcentagem de massa seca média da testemunha e MSmax corresponde à porcentagem máxima de massa seca da espécie ( $P > 0,05$  indica variâncias homogêneas).

<sup>4</sup> TN representa a significância (P) do teste de normalidade dos resíduos com os dados transformados como descrito acima ( $P > 0,05$  indica resíduos de distribuição normal).

Fonte: Produção do próprio autor.

Figura 3 - Relação entre a porcentagem de massa seca de *Ipomoea hederifolia* (IH) e *Ipomoea quamoclit* (IQ), em relação à testemunha, e o volume de calda aplicado contendo carfentrazone-ethyl (Aurora®, 400 g i.a. L<sup>-1</sup>, FMC, Brasil). Linhas verticais indicam o erro padrão da média de quatro repetições.



Fonte: Produção do próprio autor.

#### 4.2.2 Saflufenacil

A interação entre espécie e tratamento (volume de calda) foi significativa ( $P < 0,05$ ) (Tabela 7), indicando que as espécies *I. hederifolia* e *I. quamoclit* responderam de maneira diferente ao aumento no volume de calda aplicado com saflufenacil. Houve variação de 64,3% a 41,1%, para *I. hederifolia*, e de 36,8% a 17,6%, no acúmulo de massa seca de ambas as espécies, quando se utilizou os volumes de calda de 150 e 250 L ha<sup>-1</sup>, respectivamente, diferindo da testemunha, sem, no entanto, ocorrer morte das plantas. Além disso, para todos os volumes de calda, *I. hederifolia* apresentou maiores valores relativos de massa seca, indicando que a

espécie *I. quamoclit* foi melhor controlada quando se utilizou o herbicida saflufenacil.

Tabela 7 - Porcentagem relativa de acúmulo de massa seca de plantas de *Ipomoea hederifolia* (IH) e *Ipomoea quamoclit* (IQ) expostas a saflufenacil (Heat®, 700 g i.a. kg<sup>-1</sup>, Basf, Brasil), em diferentes volumes de calda, em relação à testemunha sem aplicação, e resumo da análise de variância.

Tratamentos	Espécies		
	IH <sup>1</sup>	IQ <sup>1</sup>	Média <sup>1,2</sup>
Testemunha	100,0	100,0	100,0
150 L ha <sup>-1</sup>	64,3** A	36,8** B	50,6
200 L ha <sup>-1</sup>	46,0** A	21,2** B	33,6
250 L ha <sup>-1</sup>	41,1** A	17,6** B	29,3
Média <sup>3</sup>	62,9 A	43,9 B	53,4
ANOVA			
<i>Causas de Variação</i>	<i>GL</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
<i>Espécie (E)</i>	1	65,830	< 0,001
<i>Tratamento (T)</i>	3	192,252	< 0,001
<i>E x T</i>	3	7,437	< 0,01

<sup>1</sup>Os dados foram transformados em arcoseno  $\sqrt{\frac{x}{MS_{max}}}$ , em que x corresponde à porcentagem de massa seca da repetição em relação à porcentagem de massa seca média da testemunha e MS<sub>max</sub> corresponde à porcentagem máxima de massa seca da espécie.

<sup>2</sup>\*\*corresponde à diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Dunnett, indicando diferença entre cada volume e a testemunha.

<sup>3</sup> Médias seguidas por letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Produção do próprio autor.

A regressão linear de ajustada foi significativa a 20% e 22% de probabilidade, para *I. hederifolia* e *I. quamoclit*, respectivamente, com variâncias não homogêneas (P < 0,05), mas distribuição normal dos resíduos (P > 0,05) e coeficiente de determinação maior

que 88% (Tabela 8). Estes resultados sugerem que o modelo matemático ajustado não apresenta ajuste totalmente confiável, sugerindo que a resposta das espécies ao aumento do volume de calda poderia ser melhor explicada por outro modelo. No entanto, como se têm apenas três tratamentos, o grau de liberdade para modelos polinomiais seria muito baixo. Dessa maneira, como o coeficiente de determinação foi de 88,5% e os resíduos apresentaram distribuição normal, admitiu-se que o modelo linear representa adequadamente a resposta das espécies.

Tabela 8 - Resumo dos resultados da análise de regressão usada para estimar a relação entre a porcentagem relativa de massa seca de *Ipomoea hederifolia* (IH) e *Ipomoea quamoclit* (IQ), em relação à testemunha, e o volume de calda aplicado contendo saflufenacil (Heat®, 700 g i.a. kg<sup>-1</sup>, Basf, Brasil).

Espécies	ANOVA <sup>2</sup>			THV <sup>3</sup>	TN <sup>4</sup>
	R <sup>2</sup>	F	P		
IH	0,901	9,050	0,204	< 0,001	0,649
IQ	0,885	7,722	0,220	< 0,001	0,649

<sup>1</sup> Equação de regressão:  $y = a + bx$ .

<sup>2</sup> ANOVA: R<sup>2</sup>, F e P representam o coeficiente de determinação ajustado da curva, F e P (significância), respectivamente, para o teste F da análise de regressão não-linear.

<sup>3</sup> THV representa a significância (P) do teste de homogeneidade de variâncias com os dados transformados em  $\arcseno \sqrt{\frac{x}{MS_{max}}}$ , em que

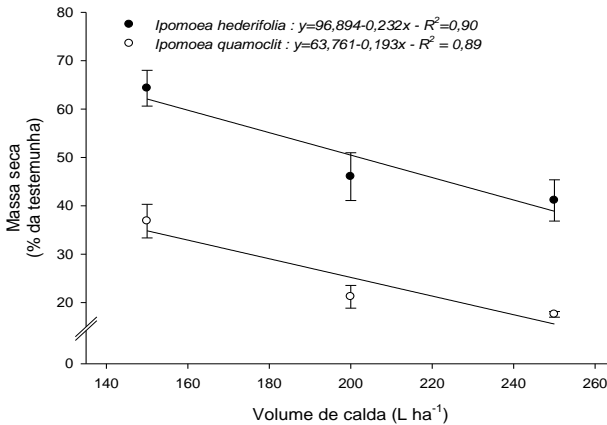
x corresponde à porcentagem de massa seca da repetição em relação à porcentagem de massa seca média da testemunha e MS<sub>max</sub> corresponde à porcentagem máxima de massa seca da espécie (P > 0,05 indica variâncias homogêneas).

<sup>4</sup> TN representa a significância (P) do teste de normalidade dos resíduos com os dados transformados como descrito acima (P > 0,05 indica resíduos de distribuição normal).

Fonte: Produção do próprio autor.

O aumento de cada 10 L ha<sup>-1</sup> no volume de calda aplicado reduziu a massa seca em 12,73% e 11,30% para *I. hederifolia* e *I. quamoclit*, respectivamente (Figura 4). Esses resultados indicam que o aumento no volume de calda proporcionou melhor controle das duas espécies de plantas daninhas estudadas com o uso de saflufenacil.

Figura 4 - Relação entre a porcentagem de massa seca de *Ipomoea hederifolia* (IH) e *Ipomoea quamoclit* (IQ), em relação à testemunha, e o volume de calda aplicado contendo saflufenacil (Heat®, 700 g i.a. kg<sup>-1</sup>, Basf, Brasil). Linhas verticais indicam o erro padrão da média de quatro repetições.



Fonte: Produção do próprio autor.

## 4.3 TEMPERATURA DA CALDA

### 4.3.1 Carfentrazone-ethyl

A interação entre espécie e tratamento (temperatura da calda) não foi significativa ( $P > 0,05$ ), mas o efeito isolado da espécie foi significativo



( $P < 0,05$ ) (Tabela 9), indicando que as espécies *I. hederifolia* e *I. quamoclit* apresentaram tendência similar de resposta ao aumento na temperatura da calda aplicada com carfentrazone-ethyl, mas com valores absolutos diferentes. Além disso, o efeito isolado do tratamento foi significativo ( $P < 0,001$ ), indicando que há variação na resposta média das espécies à aplicação de diferentes temperaturas de calda. Houve variação de 26,5% a 20,8% na percentagem relativa média de acúmulo de massa seca de ambas as espécies quando se utilizou as temperaturas da calda de 10 e 30° C, respectivamente, diferindo da testemunha, sem, no entanto, ocorrer morte das plantas.

Para ambas as espécies, a regressão linear ajustada foi significativa a 8% de probabilidade, com variâncias homogêneas ( $P > 0,05$ ) e distribuição normal dos resíduos ( $P > 0,05$ ) (Tabela 10). O aumento de cada 1 °C na temperatura da calda aplicada reduziu a massa seca em 0,22% e 0,35% para *I. hederifolia* e *I. quamoclit*, respectivamente (Figura 5). Esses resultados indicam que o aumento na temperatura da calda proporcionou melhor controle das duas espécies de plantas daninhas estudadas com o uso de carfentrazone-ethyl.

#### **4.3.2 Saflufenacil**

A interação entre espécie e tratamento (temperatura da calda) não foi significativa ( $P > 0,05$ ) (Tabela 11), indicando que as espécies *I. hederifolia* e *I. quamoclit* apresentaram tendência similar de resposta ao aumento na temperatura da calda aplicada com saflufenacil, mas com valores absolutos diferentes. Além disso, o efeito isolado do tratamento e espécie foi

significativo ( $P < 0,001$ ), indicando que há variação na resposta média das espécies à aplicação de diferentes temperaturas da calda. Houve variação de 39,6% e 31,0% na percentagem relativa média de acúmulo de massa seca de ambas as espécies quando se utilizou as temperaturas da calda de 10 e 30 °C, respectivamente, diferindo da testemunha, sem, no entanto, ocorrer morte das plantas.

Tabela 9 - Percentagem relativa de acúmulo de massa seca de plantas de *Ipomoea hederifolia* (IH) e *Ipomoea quamoclit* (IQ) expostas a carfentrazone-ethyl (Aurora®, 400 g i.a. L<sup>-1</sup>, FMC, Brasil), em diferentes temperaturas de calda, em relação à testemunha sem aplicação, e resumo da análise de variância.

Tratamentos	Espécies		
	IH <sup>1</sup>	IQ <sup>1</sup>	Média <sup>1,2</sup>
Testemunha	100,0	100,0	100,0
10 °C	21,8	31,3	26,5**
20 °C	18,7	28,3	23,5**
30 °C	17,3	24,2	20,8**
Média <sup>3</sup>	39,5 B	46,0 A	42,8
ANOVA			
<i>Causas de Variação</i>	<i>GL</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
<i>Espécie (E)</i>	1	5,541	0,027
<i>Tratamento (T)</i>	3	149,060	< 0,001
<i>E x T</i>	3	0,296	0,828

<sup>1</sup>Os dados foram transformados em arcoseno  $\sqrt[2]{\frac{x}{MS_{max}}}$ , em que x corresponde à percentagem de massa seca da repetição em relação à percentagem de massa seca da testemunha e MS<sub>max</sub> corresponde à percentagem máxima de massa seca da espécie.

<sup>2</sup>\*\* corresponde à diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Dunnett, indicando diferença entre cada temperatura e a testemunha.

<sup>3</sup> Médias seguidas por letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Produção do próprio autor.

Tabela 10 - Resumo dos resultados da análise de regressão<sup>1</sup> usada para estimar a relação entre a porcentagem relativa de massa seca de *Ipomoea hederifolia* (IH) e *Ipomoea quamoclit* (IQ), em relação à testemunha, e a temperatura da calda aplicada contendo carfentrazone-ethyl (Aurora<sup>®</sup>, 400 g i.a. L<sup>-1</sup>, FMC, Brasil).

Espécies	ANOVA <sup>2</sup>			THV <sup>3</sup>	TN <sup>4</sup>
	R <sup>2</sup>	F	P		
IH	0,883	76,043	0,079	0,268	0,649
IQ	0,983	118,848	0,058	0,318	0,786

<sup>1</sup> Equação de regressão:  $y = a + bx$ .

<sup>2</sup> ANOVA: R<sup>2</sup>, F e P representam o coeficiente de determinação ajustado da curva, F e P (significância), respectivamente, para o teste F da análise de regressão linear.

<sup>3</sup> THV representa a significância (P) do teste de homogeneidade de variâncias com os dados transformados em  $\arcseno \sqrt{\frac{x}{MS_{max}}}$ , em que

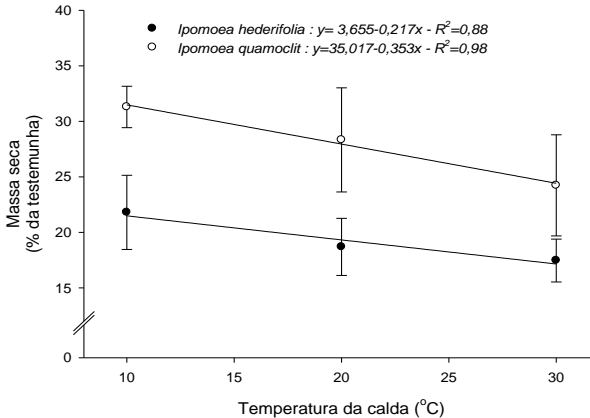
x corresponde à porcentagem de massa seca da repetição em relação à porcentagem de massa seca média da testemunha e MS<sub>max</sub> corresponde à porcentagem máxima de massa seca da espécie (P > 0,05 indica variâncias homogêneas).

<sup>4</sup> TN representa a significância (P) do teste de normalidade dos resíduos com os dados transformados como descrito acima (P > 0,05 indica resíduos de distribuição normal).

Fonte: Produção do próprio autor.

Para ambas as espécies estudadas, a regressão linear ajustada foi significativa a 10% de probabilidade, com variâncias homogêneas (P > 0,05) e distribuição normal dos resíduos (P > 0,05) (Tabela 12). O aumento de cada 1 °C na temperatura da calda aplicado reduziu a massa seca em 0,56% e 0,30% para *I. hederifolia* e *I. quamoclit*, respectivamente (Figura 6). Esses resultados indicam que o aumento na temperatura de calda proporcionou melhor controle das duas espécies de plantas daninhas estudadas com o uso do herbicida saflufenacil.

Figura 5 - Relação entre a porcentagem de massa seca de *Ipomoea hederifolia* (IH) e *Ipomoea quamoclit* (IQ), em relação à testemunha, e a temperatura da calda aplicada contendo carfentrazone-ethyl (Aurora®, 400 g i.a. L<sup>-1</sup>, FMC, Brasil). Linhas verticais indicam o erro padrão da média de quatro repetições.



Fonte: Produção do próprio autor.

#### 4.4 MISTURA DE HERBICIDAS

O fator aninhado dose(herbicida) foi significativo ( $P < 0,001$ ), indicando que há resposta diferencial dos herbicidas usados e misturas testadas, aplicados em diferentes doses (Tabela 13). Além disso, isoladamente, o fator estágio também foi significativo ( $P < 0,001$ ), indicando que a eficácia de aplicação dos herbicidas é afetada pelo estágio de desenvolvimento das plantas.

Plantas de *I. hederifolia* com 15-20 folhas, submetidas à aplicação dos herbicidas em diferentes doses e das misturas de herbicidas, apresentaram 55,9% da massa seca acumulada em relação à testemunha,

enquanto as plantas com 6-8 folhas, apresentaram massa seca acumulada de 33,9% (Tabela 14), indicando que plantas em estágio mais avançado de desenvolvimento acumularam mais massa e foram, portanto, controladas com menor eficácia com a aplicação dos herbicidas e das misturas testadas, quando comparadas a plantas em estágio menos avançado de desenvolvimento.

Tabela 11 - Porcentagem relativa de acúmulo de massa seca de plantas de *Ipomoea hederifolia* (IH) e *Ipomoea quamoclit* (IQ) expostas a saflufenacil (Heat®, 700 g i.a. kg<sup>-1</sup>, Basf, Brasil), em diferentes temperaturas de calda, em relação à testemunha sem aplicação, e resumo da análise de variância.

Tratamentos	Espécies		
	IH <sup>1</sup>	IQ <sup>1</sup>	Média <sup>1,2</sup>
Testemunha	100,0	100,0	100,0
10 °C	34,7	44,5	39,6**
20 °C	30,4	39,7	35,1**
30 °C	23,5	38,5	31,0**
Média <sup>3</sup>	47,2 B	55,7 A	51,5
ANOVA			
<i>Causas de Variação</i>	<i>GL</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
<i>Espécie (E)</i>	1	7,619	0,011
<i>Tratamento (T)</i>	3	107,834	< 0,001
<i>E x T</i>	3	0,610	0,615

<sup>1</sup>Os dados foram transformados em  $\arcseno \sqrt{\frac{x}{MS_{max}}}$ , em que x corresponde à porcentagem de massa seca da repetição em relação à porcentagem de massa seca média da testemunha e MS<sub>max</sub> corresponde à porcentagem máxima de massa seca da espécie.

<sup>2</sup>\*\* corresponde à diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Dunnett, indicando diferença entre cada temperatura e a testemunha.

<sup>3</sup>Médias seguidas por letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Produção do próprio autor.

Tabela 12 - Resumo dos resultados da análise de regressão<sup>/1</sup> usada para estimar a relação entre a porcentagem relativa de massa seca de *Ipomoea hederifolia* (IH) e *Ipomoea quamoclit* (IQ), em relação à testemunha, e a temperatura da calda aplicada contendo saflufenacil (Heat®, 700 g i.a. kg<sup>-1</sup>, Basf, Brasil).

Espécies	ANOVA <sup>/2</sup>			THV <sup>/3</sup>	TN <sup>/4</sup>
	R <sup>2</sup>	F	P		
IH	0,966	58,141	0,083	0,358	0,345
IQ	0,786	18,333	0,104	0,168	0,648

<sup>/1</sup> Equação de regressão:  $y = a + bx$ .

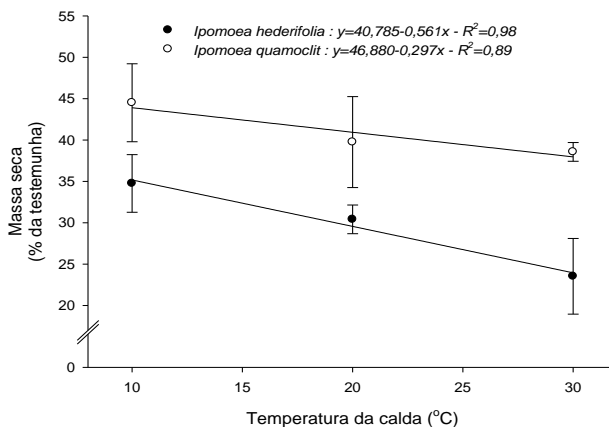
<sup>/2</sup> ANOVA: R<sup>2</sup>, F e P representam o coeficiente de determinação ajustado da curva, F e P (significância), respectivamente, para o teste F da análise de regressão linear.

<sup>/3</sup> THV representa a significância (P) do teste de homogeneidade de variâncias com os dados transformados em arcoseno  $\sqrt[2]{\frac{x}{MSmax}}$ , em que x corresponde à porcentagem de massa seca da repetição em relação à porcentagem de massa seca média da testemunha e MSmax corresponde à porcentagem máxima de massa seca da espécie.

<sup>/4</sup> TN representa a significância (P) do teste de normalidade dos resíduos com os dados transformados como descrito acima.

Fonte: Produção do próprio autor.

Figura 6 - Relação entre a porcentagem de massa seca de *Ipomoea hederifolia* (IH) e *Ipomoea quamoclit* (IQ), em relação à testemunha, e a temperatura da calda aplicada contendo saflufenacil (Heat®, 700 g i.a. kg<sup>-1</sup>, Basf, Brasil). Linhas verticais indicam o erro padrão da média de quatro repetições.



Fonte: Produção do próprio autor.

Tabela 13 - Resumo da análise de variância sobre os tratamentos com diferentes herbicidas, doses e estádios de crescimento de *Ipomoea hederifolia*, e os contrastes de interesse.

Causas de Variação	GL	F	P
Herbicida (H)	5	155,230	< 0,001
Estádio (E)	1	258,690	< 0,001
H×E	5	1,090	0,376
Dose(Herbicida)	3	22,340	< 0,001
Estádio × Dose(Herbicida)	3	1,060	0,375
<i>Contrastes</i>			
Dose 2 vs Mistura	1	32,250	< 0,001
Glyphosate+Carfentrazone vs Glyphosate D2 e Carfentrazone D2	1	23,200	< 0,001
Glyphosate+Saflufenacil vs Glyphosate D2 e Saflufenacil D2	1	18,170	< 0,001

OBS.: D2 indica a dose mais alta dos herbicidas.

Fonte: Produção do próprio autor.

Tabela 14 - Média da porcentagem de massa seca de *Ipomoea hederifolia*, em relação à testemunha, em função do estágio de crescimento das plantas no momento da aplicação de diferentes herbicidas e misturas de herbicidas.

Estádio de Aplicação	Massa seca <sup>1,2</sup>
6-8 folhas	33,9 B
15-20 folhas	59,4 A

<sup>1</sup>Os dados foram transformados em arco-seno  $\sqrt{\frac{x}{MS_{max}}}$ , em que x

corresponde à porcentagem de massa seca da repetição em relação à porcentagem de massa seca média da testemunha e MS<sub>max</sub> corresponde à porcentagem máxima de massa seca da espécie.

<sup>2</sup>Médias com letras diferentes diferem entre si a 5% de probabilidade pela análise de variância (teste F).

Fonte: Produção do próprio autor.

Comparando os herbicidas, as diferentes doses aplicadas e as misturas, verificou-se que os herbicidas glyphosate e saflufenacil, aplicados de maneira isolada e em menor dose, proporcionaram maior acúmulo de massa seca (57,1% e 55,4%, respectivamente), em relação à testemunha (Tabela 15), sendo, portanto, menos eficazes no controle de *I. hederifolia*. O herbicida carfentrazone-ethyl (em menor dose) e o herbicida saflufenacil (em maior dose) proporcionaram o segundo maior acúmulo de massa seca (43,0% e 42,8%, respectivamente), em relação à testemunha. Os herbicidas glyphosate e carfentrazone-ethyl (em maior dose) e a mistura glyphosate+saflufenacil proporcionaram o segundo menor acúmulo de massa seca (36,6%, 30,7% e 27,7%, respectivamente), em relação à testemunha, apresentando, portanto, o segundo melhor controle. A mistura glyphosate+carfentrazone-ethyl proporcionou o menor acúmulo de massa seca (20,1%), em relação à testemunha, indicando que a aplicação desta



mistura foi mais eficaz no controle de *I. hederifolia*. Destaca-se que em todos os tratamentos com herbicidas ocorreu morte das plantas, mas em períodos diferentes após a aplicação, sendo que a mistura de glyphosate+carfentrazone-ethyl proporcionou o controle mais rápido e eficaz de *I. hederifolia*, com morte das plantas com quatro dias após a aplicação (Tabela 15).

Tabela 15 - Porcentagem de massa seca (MS) de *Ipomoea hederifolia*, em relação à testemunha, e período após a aplicação em que ocorreu morte das plantas, em função da aplicação de diferentes herbicidas, doses e misturas de herbicidas.

Tratamento	Dose	MS <sup>2,3</sup>	Morte (dias)
Testemunha	NA <sup>1</sup>	100,0 A	-
Glyphosate	2 L ha <sup>-1</sup>	57,1 B	12
Saflufenacil	35 g ha <sup>-1</sup>	55,4 B	10
Carfentrazone-ethyl	50 mL ha <sup>-1</sup>	43,0 C	9
Saflufenacil	50 g ha <sup>-1</sup>	42,8 C	9
Glyphosate	4 L ha <sup>-1</sup>	36,6 D	8
Carfentrazone-ethyl	75 mL ha <sup>-1</sup>	30,7 D	7
Glyphosate + Saflufenacil	2 L ha <sup>-1</sup> + 35 g ha <sup>-1</sup>	27,7 D	7
Glyphosate + Carfentrazone-ethyl	2 L ha <sup>-1</sup> + 50 mL ha <sup>-1</sup>	20,1 E	4

<sup>1</sup> NA indica que não foi aplicado herbicida; e mistura indica que houve mescla em tanque dos herbicidas, utilizando a dose mais baixa dos herbicidas isolados.

<sup>2</sup>Os dados foram transformados em arcoseno  $\arcsin \sqrt{\frac{x}{MS_{max}}}$ , em que x corresponde à porcentagem de massa seca da repetição em relação à porcentagem de massa seca média da testemunha e MS<sub>max</sub> corresponde à porcentagem máxima de massa seca da espécie.

<sup>3</sup> Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Produção do próprio autor.

Além disso, contrastando-se a dose mais alta dos herbicidas (D2) com as misturas, observa-se efeito significativo (Tabela 13), indicando que a média da massa seca de *I. hederifolia* quando se aplicou a dose mais alta (36,7%) foi maior que quando se utilizou as misturas (23,9%). O contraste das duas misturas com a aplicação isolada de cada um dos herbicidas componentes das misturas também foi significativo, indicando que, quando se usa a mistura de herbicidas, a eficácia é maior que quando se usa o herbicida isolado.

## 5 DISCUSSÃO

As hipóteses levantadas neste trabalho foram confirmadas experimentalmente, sendo que a eficácia dos herbicidas carfentrazone-ethyl e saflufenacil no controle de *I. hederifolia* e *I. quamoclit* foi influenciada pela dose do herbicida, pelo volume de calda e pela temperatura da calda no momento da aplicação, assim como, pela mistura desses herbicidas com glyphosate para o controle de *I. hederifolia*.

De maneira geral, as doses requeridas para o controle total (morte da planta) de *I. hederifolia* e *I. quamoclit*, no estágio de 6-8 folhas, foram baixas, evidenciando a eficácia dos herbicidas carfentrazone-ethyl e saflufenacil. Doses de 4 mL p.c. ha<sup>-1</sup> e 5 g p.c. ha<sup>-1</sup>, de carfentrazone-ethyl e saflufenacil, respectivamente, foram suficientes para controlar essas plantas daninhas, reduzindo expressivamente a massa seca das plantas daninhas estudadas (Figuras 1 e 2). Ressalta-se que essas doses são muito menores que as doses recomendadas pelos fabricantes (50 a 75 mL p.c. ha<sup>-1</sup> para carfentrazone-ethyl e 35 a 50 g p.c. ha<sup>-1</sup> para o saflufenacil). Além disso, as doses necessárias para reduzir a massa seca de 50% foram menores do que 3% e 3,5% para carfentrazone-ethyl e saflufenacil, respectivamente, para ambas as espécies.

A eficácia do carfentrazone-ethyl para controlar cordas-de-viola (*Ipomoea nil* (L.) Roth., *Ipomoea grandifolia* (Damm.) O'Donn. e *I. quamoclit*) foi observada por Christoffoleti et al. (2006a), que concluíram que a dose de 10 g p.c. ha<sup>-1</sup> foi suficiente para o controle satisfatório (80%) e a dose de 50 g p.c. ha<sup>-1</sup>

foi necessária para obter 100% de controle. A eficácia do carfentrazone-ethyl para controlar corda-de-viola (*Ipomoea hederacea* (L.) Jacq.) também foi verificada por Sharma e Singh (2007).

Para saflufenacil, não foi encontrado nenhum artigo específico sobre a eficácia do herbicida, mas alguns autores relatam excelente controle de cordas-de-viola usando esse herbicida em trabalhos publicados em anais de eventos científicos (FOLONI et al., 2009; FORNAROLLI et al., 2010; CARVALHO et al., 2012). Constantin et al. (2011) destacam que doses a partir de 35 g p.c. ha<sup>-1</sup> são eficazes no controle de *I. grandifolia* até 30 dias após a aplicação.

É importante destacar o controle total obtido no presente trabalho com doses mais baixas que aquelas encontradas na literatura. Possivelmente, o fato de se realizar experimentos em vasos, com plantas relativamente pequenas (6-8 folhas), pode ajudar a explicar, em parte, os resultados mais promissores obtidos neste trabalho. Portanto, pode-se inferir que carfentrazone-ethyl e saflufenacil são herbicidas muito eficazes para controlar *I. hederifolia* e *I. quamoclit* quando pulverizado sobre plantas no estágio de 6-8 folhas.

Utilizando-se doses não-letais para analisar a influência do volume de calda e da temperatura da calda no momento da aplicação, obtidas em experimentos preliminares de dose-resposta, verificou-se que, tanto com o aumento no volume de calda quanto com o aumento na temperatura da calda, o controle de *I. hederifolia* e *I. quamoclit* foi mais eficaz com o uso de ambos os herbicidas carfentrazone-ethyl (Figura 3) e

saflufenacil (Figura 4). O uso de doses não-letais, apesar de não ser o objetivo de aplicações de herbicidas para controle de plantas daninhas, ajudou, no caso deste trabalho, a não encobrir o efeito do aumento no volume de calda ou da temperatura da calda, por ser uma dose limiar entre a sobrevivência ou a morte da planta após a aplicação e pelo fato dos experimentos terem sido conduzidos em recipientes de 500 mL. Caso doses mais altas tivessem sido utilizadas, a morte da planta poderia ter ocorrido muito mais rapidamente e, assim, não ficaria evidenciado o efeito desejado.

Em estudos feitos por Campos et al. (2011), testando dois volumes de aplicação (200 e 400 L ha<sup>-1</sup>) e três diferentes herbicidas (glyphosate, paraquat+diuron e glufosinate ammonium), concluiu-se que houve maior eficácia com volume menor de 200 L ha<sup>-1</sup> e, de modo geral, não se recomenda aplicar um volume de calda acima de 400 L ha<sup>-1</sup>, nem abaixo de 100-150 L ha<sup>-1</sup>, sem um monitoramento rigoroso das condições climáticas, principalmente. Segundo Galon et al. (2007), para os produtos de contato, de um modo geral, há necessidade que sejam aplicados maiores volumes de calda, como observado neste trabalho, uma vez que, a eficácia do herbicida é proporcional à cobertura, ou seja, a maior superfície da planta que entra em contato direto com o herbicida; enquanto que para os herbicidas sistêmicos, pulverizados a parte aérea, podem ser aplicados com menores volumes de calda e de densidade de gotas.

O volume de calda necessário para obter o controle eficiente em pós-emergência, de acordo com King e Oliver (1992), é dependente das plantas daninhas alvo, da idade ou estágio de crescimento das mesmas, do

herbicida usado e das condições ambientais na época de aplicação herbicida. Em certas situações, adotando-se manejo adequado e sob determinadas condições ambientais, volumes reduzidos de calda herbicida podem ser utilizados e mesmo assim controlar eficientemente as plantas daninhas (DEVLIN et al., 1991), não podendo, no entanto, desconsiderar as modificações nas propriedades físico-químicas das partículas pulverizadas, podendo afetar a penetração do produto nas plantas (WILLS, 1984; FAWCETT et al., 1987).

A temperatura da calda, assim como o volume de calda, pode, segundo Cunha et al. (2010), influenciar as propriedades físico-químicas dos herbicidas (como a viscosidade, pH, condutividade elétrica, entre outras), além de solubilizar as ceras epicuticulares, o que pode facilitar a penetração de determinados herbicidas, com conseqüente melhora na eficácia do processo de aplicação. Downer et al. (1998) também destacam a influência da temperatura sobre propriedades físico-químicas dos herbicidas, com efeito sobre a eficácia destes produtos, influenciando, inclusive, no potencial de deriva do produto.

A eficácia de controle de plantas daninhas também é dependente do uso de misturas ou associações de herbicidas. Neste trabalho, verificou-se que os três herbicidas utilizados testados (glyphosate, carfentrazone-ethyl e saflufenacil), quando aplicados de maneira isolada, apresentaram eficácia inferior à quando se aplicou mistura de glyphosate+carfentrazone-ethyl ou glyphosate+saflufenacil (Tabela 15). Essas misturas proporcionaram controle mais rápido e mais intenso que as aplicações isoladas, principalmente quando foram

misturados os herbicidas glyphosate e carfentrazone-ethyl.

A eficácia de misturas de herbicidas pode ser observada em diversos estudos realizados, como, por exemplo, o trabalho de Inoue et al. (2012), onde a eficiência da associação de herbicidas (glyphosate+carfentrazone-ethyl e glyphosate+saflufenacil) sobre plantas adultas de *Crotalaria* spp. foi comprovada. Rorato et al. (2013), testando a eficácia do herbicida saflufenacil em um trabalho com *Conyza* spp., verificaram controle eficaz quando se misturou saflufenacil a glyphosate+imazethapyr, tendo, inclusive, melhor efeito residual para o controle da planta daninha. Vitorino et al. (2012), avaliando a eficácia de diferentes herbicidas no controle de plantas daninhas dicotiledôneas na cultura da mamona, observaram que a mistura glyphosate+saflufenacil altamente eficaz no controle de *R. brasilienses*, *Sida rhombifolia* L. e *I. grandifolia*. Conforme observado por Corrêa e Borges (2000), Oliveira Júnior et al. (2000), Werlang e Silva (2002) e Ramires et al. (2010), a mistura de glyphosate com carfentrazone-ethyl aumentou a eficácia de controle de plantas daninhas, conforme descrito anteriormente, dentre outros motivos, segundo Werlang e Silva (2002), por aumentar a velocidade de controle da planta daninha, conforme observado neste trabalho (Tabela 15). Constantin et al. (2011) e Piccinini et al. (2012) verificaram efeito similar com a mistura de glyphosate com saflufenacil.

Para plantas em estágio avançado de desenvolvimento, os níveis de controle tendem a reduzir, conforme observado por Constantin et al. (2013) no caso

de plantas de buva superiores a 15 cm. Esse fato também foi verificado no presente trabalho, em que o controle de *I. hederifolia* com 15-20 folhas foi menos eficaz do que com 6-8 folhas, independentemente do tratamento utilizado (Tabela 14). Segundo Constantin et al. (2013), no caso de buva maior de 15 cm, aplicações sequenciais em intervalos cuidadosamente estabelecidos podem gerar melhores resultados, inclusive com o uso de saflufenacil. No caso da corda-de-viola, observou-se, no presente trabalho, que o controle foi mais eficaz quando realizado sobre plantas com 6-8 folhas, utilizando-se da mistura de glyphosate com carfentrazone-ethyl.

A mistura de glyphosate com outros herbicidas tem demonstrado resultados de antagonismo ou sinergismo. Chlorimuron-ethyl foi compatível com glyphosate, porém o acifluorfen-Na demonstrou atividade antagonônica no controle de *Echinochloa crus-galli* (L.) P.Beauv. (JORDAN et al., 1997). A mistura de pequenas doses de lactofen com glyphosate age sinergisticamente no controle de *Malva parviflora* L., porém misturas de lactofen em doses maiores provocam efeito antagonístico, aparentemente pela destruição da membrana plasmática, ocasionando menor absorção de glyphosate (WELLS; APPLEBY, 1992). A mistura de oxyfluorfen com glyphosate melhorou o controle de *Cyperus esculentus* L., pois promoveu maior absorção de <sup>14</sup>C-glyphosate por esta espécie (PEREIRA; CRABTREE, 1986).

A mistura de glyphosate com acifluorfen ou bentazon proporcionou melhor controle de dicotiledôneas; entretanto, o controle de gramíneas foi prejudicado em algumas condições, quando glyphosate



foi usado em mistura com outros herbicidas (SELLECK; BAIRD, 1981; HYDRICK; SHAW, 1994). Segundo Starke e Oliver (1998), a mistura em tanque de glyphosate com chlorimuron-ethyl foi caracterizada como aditiva e não reduziu a absorção e translocação de  $^{14}\text{C}$ -glyphosate em *E. crus-galli*, *Ipomoea lacunosa* L. e *Abutilon theophrasti* (L.) Rusby; enquanto as misturas de fomesafen com glyphosate foram antagônicas no controle dessas espécies, reduzindo a absorção e translocação de glyphosate, assim como sulfentrazone em mistura no tanque com glyphosate proporcionou efeito antagônico no controle de *E. crus-galli*, *Amaranthus palmeri* L., *E. indica* e *Ipomoea hederacea* var. *integriuscula* Jacq.

Outras misturas com glyphosate foram testadas, com resultados satisfatórios, como, por exemplo, sulfentrazone, flumioxazin e carfentrazone-ethyl, saflufenacil, entre outros (GARCIA; NASCIMENTO, 2000; GAZZIERO et al., 2000; SILVA; COBUCCI, 2000; WERLANG; SILVA, 2002).

Carfentrazone-ethyl, segundo Werlang e Silva (2002), é uma molécula que possivelmente tenha características similares ao lactofen, quando misturado com glyphosate em pequenas doses (como no caso do presente trabalho em que foram utilizadas as doses mais baixas recomendadas, tanto do glyphosate quanto do carfentrazone-ethyl). Segundo Wells e Appleby (1992), lactofen interage com glyphosate melhorando a atividade deste na planta, por facilitar a movimentação de glyphosate via simplasto na planta. Segundo esses autores, lactofen em doses pequenas melhorou a captura de glyphosate para o interior celular; no entanto, esta ação é pouco relatada na literatura, possivelmente devido

às doses mais altas utilizadas em campo, sendo comum o antagonismo da ação de glyphosate, quando em mistura (JORDAN et al., 1997; STARKE; OLIVER, 1998). No caso do saflufenacil, espera-se ação similar ao carfentrazone-ethyl por serem herbicidas do mesmo mecanismo de ação.

Portanto, evidencia-se que o uso da mistura de glyphosate com carfentrazone-ethyl, principalmente, ou saflufenacil, em doses baixas, aplicada em plantas de *I. hederifolia* em estágio de desenvolvimento mais precoce, proporciona melhor e mais rápido controle da planta daninha, assim como o uso de volume de calda e a temperatura da calda mais altos proporcionam maior eficácia de controle de *I. hederifolia* e *I. quamoclit* em aplicações isoladas de carfentrazone-ethyl e saflufenacil.

## 6 CONCLUSÃO

A resposta de plantas de *I. hederifolia* e *I. quamoclit* ao aumento da dose de carfentrazone-ethyl e saflufenacil é similar, porém com intensidade diferente. A redução de massa seca por carfentrazone-ethyl é maior em *I. hederifolia*, enquanto por saflufenacil é maior em *I. quamoclit*, embora os dois herbicidas sejam altamente eficazes no controle de ambas as espécies.

A resposta de plantas de *I. hederifolia* e *I. quamoclit* ao aumento no volume de calda e na temperatura da calda é similar. O aumento desses parâmetros proporciona maior redução de massa seca de *I. quamoclit* e *I. hederifolia*, viabilizando a maior eficácia tanto de carfentrazone-ethyl quanto de saflufenacil.

A mistura dos herbicidas carfentrazone-ethyl e saflufenacil com glyphosate proporciona aumento na eficácia de controle de *I. hederifolia*, independentemente da dose, apesar de a mistura das doses menores permitirem controle mais eficaz para ambos os herbicidas.

## REFERÊNCIAS

- ANTUNIASSI, U.R.; BAILO, F.H.R. Tecnologia de aplicação de defensivos. In.: VARGAS, L.; ROMAN, ES. (Eds.). **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. p.173-212.
- AUSTIN, D.F.; CAVALCANTE, P.B.; 1982. **Convolvuláceas da Amazônia**. Publicações Avulsas do Museu Paraense Emílio Goeldi (Volume 36). 134p.
- BASF. **Heat®**: novo herbicida para a agricultura brasileira. Disponível em: <[http://www.agro.basf.com.br/agr/ms/apbrazil/pt\\_BR/content/APBrazil/solutions/crops/safra/Heat/Heat](http://www.agro.basf.com.br/agr/ms/apbrazil/pt_BR/content/APBrazil/solutions/crops/safra/Heat/Heat)>. Acesso em 13 Fev. 2015.
- BLANCO, H.G.A. A importância dos estudos ecológicos nos programas de controle de plantas daninhas. **O Biológico**, v. 38, p.343-350, 1972.
- CAMPOS, C.F. et al. Efeito de diferentes herbicidas, doses e volume de calda na dessecação de milheto [*Pennisetum glaucum* (L. Leek)]. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.78, p.63-69, 2011.
- CARVALHO F.T. et al. Seletividade e eficácia do herbicida saflufenacil na cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 29, 2012, Campo Grande, **Anais...** Londrina: SBCPD, 2012. CD-Rom.

CARVALHO, L.B. **Plantas daninhas**. Lages: Edição do autor, 2013. 80p.

CHRISTOFOLETTI, J.C. **Considerações sobre tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas**.

Diadema: Spray Systems do Brasil, 1997. 14p.

CHRISTOFFOLETI, P.J. et al. Carfentrazone-ethyl aplicado em pós-emergência para o controle de *Ipomea* spp. e *Commelina benghalensis* na cultura da cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v.24, p.83-90, 2006a.

CHRISTOFFOLETI, P.J. et al. Herbicidas alternativos para o controle de biótipos de *Conyza bonariensis* e *C. canadensis* supostamente resistentes ao herbicida glyphosate. In.: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 25, 2006, Brasília. **Anais...** Brasília, SBCPD/UNB/Embrapa Cerrados, 2006b. p.553.

CONCENÇO, G. et al. Ciência das plantas daninhas: histórico, biologia, ecologia e fisiologia. In. MONQUERO, P.A. (Org.). **Aspectos da biologia e manejo das plantas daninhas**. São Carlos: RiMA Editora, 2014. p.1-32.

CONSTANTIN, J. et al. Desempenho de Heat aplicado em dessecação antecedendo a semeadura da cultura do algodoeiro para controle de corda-de-ciola, trapoeraba e leiteiro. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 8, 2011, Paraíba. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2011. p.869-874.

CONSTANTIN, J. et al. Manejo da buva na entressafra. In.: CONSTANTIN, J. et al. (Eds.). **Buva**: fundamentos e recomendações para manejo. Maringá: Omnipax Editora, 2013. p.41-64.

CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JÚNIOR, R.S. Misturas de herbicidas contendo glyphosate: situação atual, perspectivas e possibilidades. In.: VELINI, E.D. et al. (Eds.). **Glyphosate**. Botucatu: FEPAF, 2009. p.211-258.

CONTRERAS, O. J. G. et al. Construcción y caracterización de un tubo Ranque-Hilsch. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.30, p.4305, 2008.

CORRÊA, L. E. A.; BORGES, A. Glyphosate + carfentrazone no controle de ervas problemáticas. In.: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22., 2000, Foz do Iguaçu. **Anais...** Londrina: SBCPD, 2000. p. 463.

COSTA, S.I.A. Avaliação do herbicida saflufenacil no controle de *Ipomoea grandifolia* (Dammer) O'Donnell e *Euphorbia heterophylla* L. no sistema de cana crua. 76f. Tese (Doutorado em Agronomia – Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2014.

CUNHA, J.P.A.R. et al. Efeito da temperatura nas características físico-químicas de soluções aquosas com adjuvantes de uso agrícola. **Planta Daninha**, v.28, p.665-672, 2010.

- DEFELICE, M.S. et al. Weed control in soybeans (*Glycine max*) with reduced rates of post emergence herbicides. **Weed Science**, v.37, p.365-374, 1989.
- DEUBER, R. **Ciência das plantas infestantes: fundamentos**. 2.ed. FUNEP: Jaboticabal, 2006. 452p.
- DEVLIN, D.L. et al. Using reduced rates of postemergence herbicides in soybeans (*Glycine max*). **Weed Technology**, v.5, p. 834-840, 1991.
- DOWNER, R.A. et al. Temperature effects on atomization by flat-fan nozzles: implications for drift management and evidence for surfactant concentration gradients. **Atomization Sprays**, v.8, p.241-254, 1998.
- DUKE, S.O. et al. Protoporphyrinogen oxidase-inhibiting herbicides. **Weed Science**, v.39, p.465-473, 1991.
- FAWCET, J.A. et al. Influence of environment on corn (*Zea mays*) tolerance to sethoxydim. **Weed Science**, v.35, p.568-575, 1987.
- FLECK, N.G. et al. Controle de plantas daninhas em soja com doses reduzidas de herbicidas. **Planta Daninha**, v.13, p.117-123, 1995.
- FLECK, N.G. et al. Dose reduzida de clethodim no controle de papuã na cultura da soja, em função da época de aplicação. **Planta Daninha**, v.15, p.18-24, 1997.

FOLONI, L.L et al. Eficácia do saflufenacil em aplicação de pré-colheita de cana-de-açúcar visando o controle de *Ipomoea quamoclit* e *Ipomoea grandifolia* em colheita mecanizada. In: XII CONGRESSO DE LA SEMH/XIX CONGRESSO DE LA ALAM/II CONGRESSO DE LA IBCM, 2009. **Anales...** Lisboa: SEMh/ALAM/IBCM, 2009. p.747-750.

FORNAROLLI, D.A. et.al. Eficácia do herbicida Kixor no controle das espécies *Ipomoea triloba* e *Bidens pilosa* na região de Campo Mourão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27, 2010. **Anais...** Ribeirão Preto: SBCPD, 2010. p.22-25.

GALON, L. et al. Controle de plantas daninhas e seletividade de herbicidas à cultura da soja, aplicados em dois volumes de calda. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.13, p.325-330, 2007.

GARCIA, I.; NASCIMENTO, E. Avaliação do herbicida carfentrazone-ethyl (Aurora 400 CE) em mistura com glyphosate e sulfosate no controle de plantas daninhas em semeadura direta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22, 2000, Foz do Iguaçu. **Anais...** Londrina: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2000. p.121.

GAZZIERO, D.L.P. Misturas de agrotóxicos em tanque nas propriedades agrícolas do Brasil. **Planta Daninha**, v.33, p.83-92, 2015.



GAZZIERO, D.L.P. et al. Herbicide alternatives for 2,4-D in no-till cropping systems. In: INTERNATIONAL WEED SCIENCE CONGRESS, 5, 2000, Foz do Iguaçu. **Proceedings...** Foz do Iguaçu: SBCPD, 2000. p.134.

HESS, F.D. Mechanism of action of inhibitors of amino acid biosynthesis. In.: HESS, F.D. (Org.). **Herbicide action: an intensive course on the activity, selectivity, behavior, and fate of herbicides in plants and soil.** West Lafayette: Purdue University, 1994. p.344-365.

HRAC – HERBICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE. **The world of herbicides.** Disponível em: <<http://www.hracglobal.com>>. Acesso em 04 mar. 2015.

HYDRICK, D.E.; SHAW, D.R. Effects of tank-mix combinations of non-selective foliar and selective soil applied herbicides on three weed species. **Weed Technology**, v.8, p.129-133, 1994.

INOUE, M.K. et al. Eficácia de herbicidas aplicados em plantas adultas de *Crotalaria spectabilis* e *Crotalaria ochroleuca*. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.11, p.148-58, 2012.

JACTO. **Manual técnico sobre orientação de pulverização.** São Paulo: JACTO, 1999. 23p.  
JORDAN, D.L. et al. Influence of application variables on efficacy of glyphosate. **Weed Technology**, v.11, p.354-362, 1997.

KARAM, D. et al. 2011. **Plantas Daninhas**. Disponível em: <[http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho\\_7\\_ed/plantasdaninhas.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_7_ed/plantasdaninhas.htm)>. Acesso em: 07 abr. 2015.

KING, C.A.; OLIVER, L.P. Application rate and timing of acifluorfen, bentazon, chlorimuron, and imazaquin. **Weed Technology**, v.6, p.526-534, 1992.

KISSMANN, K.G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. São Paulo: BASF, 1999. Tomo II. 798p.

KUNERT, K.J.; DODGE, A.D. Herbicide induced radical damage and antioxidative system. In: BORGER, P.; SANDMANN, G. (Eds.). **Target site of herbicide action**. Boca Raton: CRC Press, 1989. p.45-63.

LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional**. 7.ed. Nova Odessa: Plantarum, 2014. 383p.

MACIEL, C.D.G. et al. Eficiência e qualidade da aplicação de misturas em tanque com adjuvantes na dessecação de corda-de-viola. **Engenharia Agrícola**, v.31, n.4, p.704-715, 2011.

MALIK, J. et al. The herbicide glyphosate. **Biofactores**, v.2, p.17-25, 1989.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA  
PECUÁRIA E ABASTECIMENTO DO BRASIL.  
Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. **Carfentrazone-ethyl**. Ministério da Agricultura Pecuária e

Abastecimento, Brasil. Disponível em:  
<<http://agrofit.agricultura.gov.br>>. Acesso em 07 mai.  
2015a.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA  
PECUÁRIA E ABASTECIMENTO DO BRASIL.  
Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. **Saflufenacil**.  
Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento,  
Brasil. Disponível em: <<http://agrofit.agricultura.gov.br>>.  
Acesso em 07 mai. 2015b.

MATTHEWS, G.A. **Pesticide application methods**.  
2.ed. London: Longman, 1992. 405p.

MATUO, T. **Técnicas de aplicação de defensivos  
agrícolas**. Jaboticabal: FUNEP, 1990. 139p.

MEROTTO JÚNIOR, A; VIDAL, R.A. 2001. Herbicidas  
inibidores da PROTOX. In: VIDAL, R.A.; MEROTTO  
JÚNIOR, A. (Eds.). **Herbicidologia**. Porto Alegre:  
Edição dos autores. p.69-86.

MONQUERO, P.A. et al. Glyphosate em mistura com  
herbicidas alternativos para o manejo de plantas  
daninhas. **Planta Daninha**, v.19, p.375-380, 2001.

MOREIRA, M.S. et al. Resistência de *Conyza  
canadensis* e *C. bonariensis* ao herbicida glyphosate.  
**Planta Daninha**, v.25, p.157-164, 2007.

NEPOMUCENO, M.P. **Efeito da época de dessecação  
da *Brachiaria ruziziensis* sobre a produtividade da**

**soja RR**. 113f. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2011.

OLIVEIRA JÚNIOR, R.S. Mecanismos de ação de herbicidas. In.: OLIVEIRA JÚNIOR, R.S. et al. **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**, 2011. p.141-192. Disponível em: <<http://omnipax.com.br/livros/2011/BMPD/BMPD-cap7.pdf>>. Acesso: 12 mar. 2015.

OLIVEIRA JÚNIOR, R.S. et al. Carfentrazone: novo herbicida para o manejo de *Ipomoea grandifolia* e *Commelina benghalensis* em áreas de semeadura direta de soja e milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22., 2000, Foz do Iguaçu. **Resumos...** Londrina: SBCPD, 2000. p. 440.

PATRO, R. **Esqueleto** – *Ipomoea quamoclit*. Disponível em: <<http://www.jardineiro.net/plantas/esqueleto-ipomoea-quamoclit.html>>. Acesso: 20 jul. 2015.

PEREIRA, W.; CRABTREE, G. Absorption, translocation, and toxicity of glyphosate and oxyfluorfen in yellow nutsedge (*Cyperus esculentus*). **Weed Science**, v.34, p.923-929, 1986.

PICCININI, F. et al. Aplicações isoladas ou associadas de glifosato e saflufenacil para o controle de *Ipomoea triloba* e *Ipomoea purpurea*. **Enciclopédia Biosfera**, v.8, p.150-159, 2012.

PIRES, J.L.F. et al. Redução na dose do herbicida aplicado em pós-emergência associada a espaçamento reduzido da cultura de soja para controle de *Brachiaria plantaginea*. **Planta Daninha**, v.19p.337-343, 2001.

PITELLI, R.A. Interferência das plantas daninhas nas culturas agrícolas. **Informe Agropecuário**, v.11, p.16-27, 1985.

PITELLI, R.A. Competição entre plantas daninhas e plantas cultivadas. In.: MONQUERO, P.A. (Org.). **Aspectos da biologia e manejo de plantas daninhas**. São Carlos: RiMA Editora, 2014. p.61-82.

RAMIRES, A.C. et al. Controle de *Euphorbia heterophylla* e *Ipomoea grandifolia* com a utilização de glyphosate isolado ou em associação com latifolicidas. **Planta Daninha**, v.28, p.621-629, 2010.

RIBEIRO, J.L.D.; CATEN, C.S.T. **Projeto de experimentos**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Porto Alegre, 2011. 153p.

RIZZARDI, M.A. et al. Controle de azevém resistente a glyphosate em pomares de maçã. In.: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 25, 2006, Brasília. Resumos... Brasília, SBCPD/UNB/Embrapa Cerrados, 2006. p.550.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 5.ed. Londrina: 2005. 592p.

RORATO, D.N. et al. Eficiência do herbicida saflufenacil, no controle de *Conyza* spp. em dessecação pré-plantio da soja. **Revista de Ciências Exatas e da Terra e Ciências Agrárias**, v.8, p.1-8, 2013.

SELLECK, G.W.; BAIRD, D.D. Antagonism of glyphosate and residual herbicide combinations. **Weed Science**, v.29, p.185-190, 1981.

SHARMA, SD, SINGH M. Effect of timing and rates of application of glyphosate and carfentrazone herbicides and their mixtures on the control of some broadleaf weeds. **HortScience**, v.42, p.1221-1226, 2007.

SHAW, W.G. Integrated weed management systems technology for pest management. **Weed Science**, v.30, p.2-12, 1982 (Supplement 1).

SILVA, A.A. et al. **Biologia e controle de plantas Daninhas**. UFV: Viçosa, 2006. 40p.

SILVA, M.A.; COBUCCI, T. Herbicidas aplicados em pré-plantio no controle de plantas daninhas, na cultura do feijoeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22, 2000, Foz do Iguaçu. **Anais...** Londrina: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2000. p. 235.

SINDAG – SINDICATO NACIONAL DE AVIAÇÃO AGRÍCOLA. **Estatística 2013**: Ano base 2012. Disponível em: <<http://www.sindag.org.br/web/site/>

xhtml/content/noticias/detalhe.aspx?id=450>. Acesso em: 01 mar. 2015.

SOUZA FILHO, A.P.S. Alelopatia: princípios básicos e mecanismos de interferência. In.: MONQUERO, P.A. (Org.). **Aspectos da biologia e manejo de plantas daninhas**. São Carlos: RiMA Editora, 2014. p.83-102.

STARKE, R.J.; OLIVER, L.R. Interaction of glyphosate with chlorimuron, fomesafen, imazethapyr, and sulfentrazone. **Weed Science**, v.46, p.652-660, 1998.

VITORINO, H.S. et al. Eficiência de herbicidas no controle de plantas daninhas latifoliadas em mamona. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.79, p.129-133, 2012.

VIVIAN, R.A **importância das plantas daninhas na agricultura**. 2011. Disponível em: <<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=24187&secao=Artigos%20Especiais>>. Acesso: 19 jul. 2015.

WELLS, B.H.; APPLEBY, A.P. Lactofen increases glyphosate-simulated shikimate production in little mallow (*Malva parviflora*). **Weed Science**, v.40, p.171-173, 1992.

WERLANG, R.C.; SILVA, A.A. Interação de glyphosate com carfentrazone-ethyl. **Planta Daninha**, v.20, p.93-102, 2002.

WILLS, G.D. Toxicity and translocation of sethoxydim in bermudagrass (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.) as

affected by environment. **Weed Science**, v.32, n.10, p.20-24, 1984.