

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

JETHRO BARROS OSIPE

**Espectro de controle, comportamento em misturas e intervalo  
de segurança para a semeadura de soja e algodão para os  
herbicidas dicamba e 2,4-D**

MARINGÁ - PR  
2015

JETHRO BARROS OSIPE

**Espectro de controle, comportamento em misturas e intervalo de segurança para a semeadura de soja e algodão para os herbicidas dicamba e 2,4-D**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia do Departamento de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Agronomia. Área de Concentração: Proteção de Plantas

Orientador: Prof. Dr. Rubem Silvério de Oliveira Jr.

Coorientador: Prof. Dr. Jamil Constantin

MARINGÁ - PR  
2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(Biblioteca Central - UEM, Maringá, PR, Brasil)

082e Osipe, Jethro Barros, 1988-  
Espectro de controle, comportamento em misturas e intervalo de segurança para a semeadura de soja e algodão para o herbicidas dicamba e 2,4-D / Jethro Barros Osipe. -- Maringá, 2015.  
104 f. : il. color., figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Rubem Silvério de Oliveira Junior.

Coorientador: Prof. Dr. Jamil Constantin.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2015.

1. Mimetizadores de auxina. 2. Glyphosate. 3. Herbicida dicamba - Aplicação - Plantas daninhas. 4. Herbicida 2,4-D - Aplicação - Plantas daninhas. 5. Plantas daninhas. I. Oliveira Junior, Rubem Silvério de, orient. II. Constantin, Jamil, coorient. III. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Agronomia. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDD 23.ed. 632.954

GVS-002712

JETHRO BARROS OSIPE

**Espectro de controle, comportamento em misturas e intervalo de segurança para a semeadura de soja e algodão para os herbicidas dicamba e 2,4-D**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia do Departamento de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Agronomia.

COMISSÃO JULGADORA

---

Prof. Dr. Luiz Alberto Kozlowski

---

Dr. Fernando Storniolo Adegas

---

Prof. Dr. Robinson Luiz Contiero

---

Prof. Dr. Jamil Constantin

---

Prof. Dr. Rubem Silvério de Oliveira Jr.  
(Orientador)

Aos meus queridos pais Robinson Osipe e Waldenice Marinho Barros Osipe, responsáveis pela minha educação e conduta, pelo imenso amor e carinho em todos os momentos da minha vida,

DEDICO

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pelo seu infinito amor e bondade, e por guiar os meus passos em todos os momentos da minha vida;

À Universidade Estadual de Maringá (UEM), em especial ao Departamento de Agronomia (DAG) e Programa de Pós-graduação em Agronomia (PGA);

Ao amigo e Professor Dr. Rubem Silvério de Oliveira Júnior pelo caráter, compromisso e apoio neste trabalho, além da amizade que permanecerá;

Ao amigo e Professor Dr. Jamil Constantin, pelos conselhos, profissionalismo, competência e por todos os seus ensinamentos;

Aos membros da banca Luiz A. Kozlowski, Fernando S. Adegas e Robinson L. Contiero pelas contribuições no trabalho.

Aos meus pais Robinson Osipe e Waldenice M. Barros Osipe, por todo amor, dedicação, e conselhos ao longo do meu crescimento;

À minha noiva Amanda Merlini Dutra, companheira sempre fiel ao longo desta etapa, pelo amor, carinho e pelo apoio sempre que necessário;

Aos meus queridos irmãos Nathan, Vinis e Petrus, pela profunda amizade, companheirismo e incentivo;

À querida secretária do Programa de Pós-graduação em Agronomia, Érika Cristina T. Sato, pela total compreensão e atendimento profissional durante este período de convivência;

A todos os membros do Núcleo de Estudos Avançados em Ciência das Plantas Daninhas da Universidade Estadual de Maringá (NAPD/UEM), em especial: Alexandre Gemelli, Denis F. Biffe, Eliezer A. Gheno, Fabiano A. Rios, Felipe Fornaza, Guilherme P. B. Braz, Hudson Takano e Luiz Henrique

Franchini, pela amizade e companheirismo durante este período e indispensável colaboração nos trabalhos desenvolvidos;

E a todos que de alguma forma contribuíram para a execução deste trabalho.

OBRIGADO!

## BIOGRAFIA

JETHRO BARROS OSIPE, nascido em 28 de maio de 1988, em Bandeirantes, Paraná, filho de Robinson Osipe e Waldenice Marinho Barros Osipe.

Iniciou o curso de Agronomia em 2006, na Universidade Estadual do Norte do Paraná, Campus Luiz Meneghel. A partir deste ano começou os trabalhos na área de Ciência das Plantas Daninhas, sob a orientação do Professor Doutor Robinson Osipe. Formou-se Engenheiro Agrônomo pela Universidade Estadual do Norte do Paraná, Campus Luiz Meneghel, Bandeirantes, Paraná, em 17 de dezembro de 2009.

Em março de 2010, ingressou como aluno de Mestrado, área de concentração em Proteção de Plantas, no Programa de Pós-graduação em Agronomia, na Universidade Estadual de Maringá, como aluno não-regular. Em março de 2011, ingressou no mesmo programa como aluno regular. Obteve o título de Mestre em 29 de fevereiro de 2012.

Em março de 2012, iniciou o curso de Pós-Graduação em Agronomia em nível de Doutorado, área de concentração em Proteção de Plantas, na Universidade Estadual de Maringá (UEM), sob a orientação do professor Dr. Rubem Silvério de Oliveira Júnior e coorientação do professor Dr. Jamil Constantin. Atua como Professor Colaborador da Universidade Estadual do Norte do Paraná, Campus Luiz Meneghel, desde abril de 2012, e também como Professor na Universidade Norte do Paraná (Unopar), campus de Bandeirantes.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	vi
ABSTRACT .....	viii
INTRODUÇÃO GERAL .....	1
CAPÍTULO 1 – ESPECTRO DE CONTROLE DOS HERBICIDAS 2,4-D E DICAMBA ASSOCIADOS OU NÃO COM GLYPHOSATE .....	3
RESUMO .....	3
ABSTRACT .....	3
INTRODUÇÃO .....	5
MATERIAL E MÉTODOS.....	7
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	10
CONCLUSÕES.....	34
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	36
CAPÍTULO 2 – DICAMBA E 2,4-D EM MISTURA COM OS HERBICIDAS INIBIDORES DE ACCASE.....	39
RESUMO .....	39
ABSTRACT .....	39
INTRODUÇÃO .....	41
MATERIAL E MÉTODOS.....	43
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	47
CONCLUSÕES.....	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	63
CAPÍTULO 3 – INTERVALOS DE SEGURANÇA PARA A SEMEADURA DE SOJA E ALGODÃO APÓS A APLICAÇÃO DE 2,4-D OU DICAMBA .....	67
RESUMO .....	67
ABSTRACT .....	67
INTRODUÇÃO .....	69
MATERIAL E MÉTODOS.....	71
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	76
CONCLUSÕES.....	98
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	99
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	102
ANEXO.....	103

## RESUMO

OSIPE, J.B., M.Sc. Universidade Estadual de Maringá (UEM), julho de 2015, **Espectro de controle, comportamento em misturas e intervalo de segurança para a semeadura de soja e algodão para os herbicidas dicamba e 2,4-D.** Orientador: Prof. Dr. Rubem Silvério de Oliveira Jr.; Coorientador: Prof. Dr. Jamil Constantin.

O desenvolvimento de cultivares resistentes aos herbicidas vem se consolidando com uma importante ferramenta no controle das plantas daninhas. Após a geração das culturas resistentes ao glyphosate, outras novidades devem surgir no mercado. A utilização de herbicidas mimetizadores de auxina, como o 2,4-D e o dicamba, em pós-emergência das culturas será mais uma inovação nos próximos anos. No entanto, informações atualizadas referentes dicamba são escassas no país, pelo fato do herbicida ter saído do mercado há algumas décadas. O presente trabalho tem por objetivo verificar o potencial de utilização do herbicida dicamba no manejo de plantas daninhas, comparando-o ao herbicida 2,4-D. Com relação ao controle em pós-emergência, o herbicida 2,4-D se mostrou superior ao dicamba para o controle de poaia-branca (*Richardia brasiliensis*), trapoeraba (*Commelina benghalensis*) e corda-de-viola (*Ipomoea nil*). Para as plantas de buva (*Conyza* spp.), erva-queente (*Spermacoce latifolia*) e guanxuma (*Sida rhombifolia*), o herbicida dicamba exerceu controle superior ao 2,4-D. Com a adição do herbicida glyphosate aos mimetizadores de auxina, as diferenças entre estes foram menos pronunciadas. Para as plantas menores (4-6 folhas), as misturas de glyphosate+2,4-D ou glyphosate+dicamba proporcionaram níveis excelentes de controle para todas as espécies. A adição de herbicidas inibidores de ACCase aos mimetizadores de auxina não foi considerada antagônica para o controle de buva. Já para o capim-amargoso foi observado antagonismo entre estes herbicidas em algumas ocasiões, o que foi mais evidenciado para as plantas maiores. O 2,4-D apresentou mais casos de antagonismo do que o dicamba em misturas com os herbicidas inibidores de ACCase. As misturas com o graminicida quizalofop se mostraram mais antagônicas do que as misturas com clethodim. As aplicações dos herbicidas mimetizadores de auxina na operação de pré-semeadura de soja e algodão podem afetar o desenvolvimento inicial

das culturas. A cultura de soja se mostrou mais sensível às aplicações de pré-semeadura do herbicida dicamba do que do 2,4-D. Nestes casos, os intervalos de segurança para a aplicação destes herbicidas podem superar os 28 dias para o dicamba, e chegar até 8 dias para o 2,4-D. A cultura do algodão foi menos sensível à aplicação do dicamba do que a cultura da soja. O intervalo de segurança obtido para as aplicações em pré-semeadura da cultura do algodão com o dicamba foi de até 11 dias, e para o 2,4-D, foram de até 9 dias.

**Palavras-chave:** mimetizadores de auxina, antagonismo, sinergismo, glyphosate, plantas daninhas

## ABSTRACT

OSIPE, J.B., M.Sc. Universidade Estadual de Maringá (UEM), July 2015, **Control spectrum, behavior in mixtures and safety interval for the seeding of soybean and cotton to the herbicide dicamba and 2,4-D.** Adviser: Prof. Dr. Rubem Silvério de Oliveira Jr.; Co-adviser: Prof. Dr. Jamil Constantin.

The development of cultivars resistant to herbicides has been consolidated with an important tool in weed control. After the generation of resistant crops to glyphosate, other news should appear on the market. The use of mimics of auxin herbicides such as 2,4-D and dicamba, post-emergence of the crop will be an innovation in the next years. However, updated information relating to the herbicide dicamba is scarce in Brazil, because the herbicide has left the market a few decades ago. This work aims at the potential use of dicamba herbicide in weed management, comparing it to the herbicide 2,4-D. With respect to post-emergence control, the herbicide 2,4-D was superior to dicamba for control of Brazilian pusley (*Richardia brasiliensis*), spiderwort (*Commelina benghalensis*) and morning glory (*Ipomoea nil*). For plants from hairy fleabane (*Conyza* spp.), buttonweed (*Spermacoce latifolia*) and arrowleaf sida (*Sida rhombifolia*), the dicamba herbicide exercised greater control than 2,4-D. With the addition of glyphosate to the auxin mimic the differences between these herbicides have been less pronounced. For smaller plants (4-6 leaf), mixtures of glyphosate + 2,4-D or dicamba + glyphosate have provided excellent levels of control for all species. The mixture of ACCase-inhibiting herbicides and auxin mimics has not been considered antagonistic to the control horseweed. As for the sourgrass, antagonism was observed between these herbicides in some situations, which was more evident for larger plants. The herbicide 2,4-D had more cases of antagonism of the dicamba in mixtures with ACCase inhibiting herbicides. The mixtures with the graminicide quizalofop showed more antagonistic than the mixtures containing clethodim. The applications of auxin mimics herbicides in pre-sowing soybeans and cotton operation may affect the initial growth of the crops. The soybean crop was more sensitive to pre-sowing herbicide dicamba than to 2,4-D applications. In such cases, the safety intervals for the application of these herbicides can exceed 28 days for dicamba, and reach up to 8 days for 2,4-D. The cotton crop was less sensitive to the application of dicamba than

soybean. Security interval obtained for applications in pre-sowing of cotton with dicamba was up to 11 days, and for 2,4-D, were up to 9 days.

**Keywords:** auxin mimics, antagonism, synergism, glyphosate, weed

## INTRODUÇÃO GERAL

Para o manejo de plantas daninhas, a principal ferramenta de controle é, sem dúvida, o uso de herbicidas. Aliado a isso, tem-se o intenso desenvolvimento de cultivares transgênicos, tolerantes a herbicidas de diferentes mecanismos de ação, que tem como objetivo auxiliar o manejo da comunidade infestante.

Após o lançamento dos cultivares *Roundup Ready*<sup>®</sup> (resistentes ao glyphosate), estudos se iniciaram com o objetivo de introduzir cultivares novos resistentes a diferentes herbicidas. Espera-se que, em breve, no Brasil, e em outros países, estejam disponíveis no mercado variedades ou híbridos resistentes aos herbicidas: amônio glufosinato, 2,4-D, dicamba, herbicidas do grupo das imidazolinonas, herbicidas inibidores da ACCase, entre outros.

Estas culturas com múltipla resistência poderão fornecer aos produtores novas ferramentas no manejo das plantas daninhas, podendo auxiliar na preservação do herbicida glyphosate e outros, desde que associadas às demais práticas de manejo integrado.

Neste caso, até herbicidas considerados “antigos” tendem a voltar ao mercado e ganhar espaço novamente. Um exemplo é a retomada do herbicida dicamba, registrado no Brasil nos anos 60 com o nome comercial de Banvel.

O dicamba, classificado como mimetizador de auxinas (grupo O), pertence ao grupo químico dos ácidos benzoicos. Os herbicidas pertencentes a este grupo são também conhecidos por reguladores de crescimento, hormonais, ou ainda, auxinas sintéticas. Dentre os herbicidas classificados como mimetizadores de auxina está o 2,4-D, que pertence ao grupo químico dos ácidos fenoxicarboxílicos.

As informações disponíveis no país referentes ao herbicida dicamba são limitadas, em função, principalmente, de sua saída do mercado brasileiro na década de 1990. O levantamento de informações referentes ao seu uso, nas condições atuais da agricultura brasileira, precisa ser feito, visto que poderemos, em breve, retomar a sua utilização com as novas tecnologias.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o potencial de utilização do herbicida dicamba no manejo de plantas daninhas, comparando-o ao herbicida 2,4-D.

## **CAPÍTULO 1 – ESPECTRO DE CONTROLE DOS HERBICIDAS 2,4-D E DICAMBA ASSOCIADOS OU NÃO COM GLYPHOSATE**

**RESUMO:** A utilização de herbicidas mimetizadores de auxina em aplicações de pós-emergência das culturas pode contribuir para o manejo da comunidade infestante. O presente trabalho teve por objetivo avaliar e comparar a eficiência dos herbicidas 2,4-D e dicamba sobre plantas daninhas resistentes ou tolerantes ao glyphosate. Os tratamentos utilizados foram combinações de doses de dicamba e 2,4-D associados ou não ao glyphosate. As espécies avaliadas foram *Richardia brasiliensis*, *Commelina benghalensis*, *Conyza* sp., *Spermacoce latifolia*, *Ipomoea nil* e *Sida rhombifolia*. Os herbicidas foram aplicados quando as plantas daninhas estavam com 4 a 6 folhas e 10 a 12 folhas. Os dados referentes às avaliações de controle aos 30 dias após a aplicação foram submetidos à análise de variância. Foram obtidas curvas de dose-resposta para os herbicidas, e identificadas as doses para 80% e 95% ( $C_{80}$  e  $C_{95}$ ) de controle. As espécies avaliadas apresentaram suscetibilidade diferenciada ao dicamba e 2,4-D, sendo as diferenças mais evidentes para as plantas *C. benghalensis*. A adição do glyphosate aos mimetizadores de auxina reduziu as diferenças entre eles. Para as plantas menores, independente da espécie, as misturas de glyphosate+2,4-D ou glyphosate+dicamba proporcionaram excelentes níveis de controle. De maneira geral, considerando doses equivalentes, para as plantas de *R. brasiliensis*, *I. nil* e *C. benghalensis* o herbicida 2,4-D se mostrou superior ao dicamba. Já para *Conyza* sp., *S. latifolia* e *S. rhombifolia*, o dicamba apresentou melhores porcentagens de controle.

**Palavras-chave:** mimetizadores de auxina, resistência, tolerância, plantas daninhas

**ABSTRACT:** The possibility of using mimics auxin herbicide in post-emergence applications of cultures contribute to the management of weeds. This study aimed to evaluate and compare the effectiveness of 2,4-D and dicamba herbicides on resistant or tolerant weeds to glyphosate. The treatments were combinations of dicamba and 2,4-D doses with or without glyphosate. The weeds evaluated in the experiment were *Richardia brasiliensis*, *Commelina benghalensis*, *Conyza* sp., *Spermacoce latifolia*, *Ipomoea nil* e *Sida rhombifolia*.

The herbicides were applied when the weeds were 4 to 6 and 10 to 12 leaves. The data related to evaluations 30 days after application were submitted to analysis of variance. Dose-response curves were obtained for herbicides, and identified the values  $C_{85}$  e  $C_{95}$ . Weed species showed different tolerance to dicamba and 2,4-D, and differences were more evident for *C. benghalensis*. The addition of glyphosate to the auxin mimic reduced the differences between them. For smaller plants, regardless of species, mixtures of glyphosate + 2,4-D or glyphosate + dicamba provided excellent levels of control. In general, considering equivalent doses, for *R. brasiliensis*, *C. benghalensis* and *I. nil*, the herbicide 2,4-D was superior to dicamba. As for *Conyza* sp., *S. latifolia* and *S. rhombifolia*, the dicamba showed better control percentages.

**Keywords:** mimics auxin, resistance, tolerance, weeds

## INTRODUÇÃO

Em resposta ao aumento da incidência de plantas daninhas resistentes ao glyphosate e a outros herbicidas, empresas de sementes têm desenvolvido híbridos e variedades com resistência a mais de um herbicida (VINK et al., 2012). No Brasil existe a possibilidade do lançamento de cultivares que apresentam resistência aos herbicidas dicamba e 2,4-D, além do glyphosate.

Estes herbicidas, classificados como mimetizadores de auxina, têm sido utilizados por mais de 60 anos, e os casos de biótipos de plantas daninhas resistentes não são muitos (ZHENG e HALL, 2001; INOUE e OLIVEIRA JR., 2011). Isso indica que os herbicidas deste grupo são ferramentas de extrema importância para o controle de plantas daninhas resistentes (PRESTON et al., 2009).

Green e Owen (2010) relatam que herbicidas auxínicos controlam, normalmente, um grande número de espécies de plantas daninhas dicotiledôneas, incluindo algumas espécies-chave que desenvolveram resistência ao glyphosate.

Para *Amaranthus palmeri*, planta de extrema relevância no território norte americano, Spaunhorst e Bradley (2013) relatam que a adição de dicamba ao glyphosate eleva consideravelmente os níveis de controle. Situação semelhante ocorre para plantas de buva (*Conyza* spp.), as quais são mais facilmente controladas quando o glyphosate é associado ao 2,4-D ou ao dicamba (OWEN et al., 2011; SOARES et al., 2012). Vink et al. (2012), em experimentos com *Ambrosia trifida* resistente ao glyphosate, verificaram que o dicamba é uma excelente opção para o controle da espécie.

Além das espécies resistentes ao glyphosate, outro problema decorrente da constante utilização da tecnologia RR são as plantas tolerantes ao herbicida. Entre estas espécies, destacam-se: erva-quente (*Spermacoce latifolia*), trapoeraba (*Commelina benghalensis*), erva-de-touro (*Tridax procumbens*), poaia (*Richardia brasiliensis*), leiteiro (*Euphorbia heterophylla*) e corda-de-viola (*Ipomea grandifolia*) (TAKANO et al., 2013; PROCÓPIO et al., 2007).

Para estas espécies, a adição de um mimetizador de auxina como o 2,4-D ao glyphosate acelera e melhora os níveis de controle (TAKANO et al.,

2013). Apesar de o dicamba ser utilizado há mais de 60 anos para o controle de plantas dicotiledôneas nas culturas de milho e trigo (BEHRENS et al., 2007; CAO et al., 2011), existem poucas informações relacionadas à eficiência do herbicida dicamba sobre estas espécies daninhas. Atualmente, nenhum produto comercial à base de dicamba está registrado para uso no Brasil.

Diante disso, o objetivo do presente experimento foi avaliar e comparar a eficiência de herbicidas mimetizadores de auxinas (2,4-D e dicamba) sobre plantas daninhas que apresentam problemas de controle com o glyphosate, em função da resistência ou da tolerância às aplicações deste herbicida.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação entre janeiro de 2014 e abril de 2015 no Centro de Treinamento em Irrigação da Universidade Estadual de Maringá (UEM), na cidade de Maringá – PR.

O solo utilizado no presente experimento foi peneirado e colocado em vasos de plásticos com capacidade de 4 dm<sup>3</sup>. Cada vaso foi considerado uma unidade experimental. As características físico-químicas do solo eram pH em água de 5,3; 3,3 cmol<sub>c</sub> de H<sup>+</sup>+Al<sup>3+</sup> dm<sup>-3</sup> de solo; 0,9 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Ca<sup>2+</sup>; 0,4 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Mg<sup>2+</sup>; 0,29 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de K<sup>+</sup>; 17,0 mg dm<sup>-3</sup> de P (Mehlich); 10,0 g dm<sup>-3</sup> de C; 56,8% de areia grossa; 17,1% de areia fina; 5,6% de silte e 20,5% de argila.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente ao acaso, arranjado em um esquema fatorial 11x2 com quatro repetições, sendo onze formas de controle, com e sem a adição do herbicida glyphosate a 960 gramas de equivalente ácido por hectare (g e.a. ha<sup>-1</sup>), o que totalizou 22 tratamentos. As onze formas de controle foram dicamba a 201,6; 403,2; 694,8; 806,4 e 1008 g e.a. ha<sup>-1</sup>; 2,4-D a 201,6; 403,2; 694,8; 806,4 e 1008 g e.a. ha<sup>-1</sup>, e uma testemunha sem aplicação de mimetizador de auxina. A formulação utilizada do herbicida 2,4-D foi o DMA 806BR e do glyphosate foi o Roundup Original. Para o herbicida dicamba, utilizou-se uma formulação SC, a base do sal de dyglicolamina, 480 g e.a. L<sup>-1</sup>, cedida pela Basf.

As espécies de plantas daninhas avaliadas no experimento foram: *Richardia brasiliensis* (poaia-branca), *Commelina benghalensis* (trapoeraba), *Conyza* sp. (buva); *Spermacoce latifolia* (erva quente), *Ipomoea nil* (corda-de-violão) e *Sida rhombifolia* (guanxuma). As aplicações foram efetuadas em dois estádios (4-6 folhas e 10-12 folhas), de tal forma que cada estádio de cada planta daninha foi considerado um experimento isolado, o que totalizou doze experimentos.

Os experimentos foram instalados em períodos diferentes: o primeiro com três espécies (janeiro a março de 2014), e o segundo com as outras três (dezembro de 2014 a fevereiro de 2015).

Após a semeadura das espécies citadas, os vasos foram irrigados duas vezes ao dia com lâminas de três milímetros. Após a emergência das mesmas,

foi efetuado o desbaste, deixando quatro plantas por vaso, no menor estádio, e uma ou duas plantas por vaso, no maior estádio. Quando as plantas atingiram os estádios citados, os vasos foram retirados da casa de vegetação, e foram efetuadas as aplicações dos herbicidas. As aplicações não ocorreram no mesmo dia, em função da velocidade de crescimento diferente observada entre as espécies.

Para a aplicação, foi utilizado um pulverizador costal de pressão constante à base de CO<sub>2</sub>, equipado com barra munida de três pontas tipo jato leque XR-110.02, espaçadas de 50 cm entre si, sob pressão de 2,0 kgf cm<sup>-2</sup>. Estas condições de aplicação proporcionaram uma taxa de aplicação de 200 L ha<sup>-1</sup>.

No momento das aplicações, as condições climáticas foram temperaturas entre 22 e 27° C, umidade relativa do ar de 60 a 85% e ventos de 2,7 a 3,6 km h<sup>-1</sup>.

Foram efetuadas avaliações de controle aos 07, 15 e 30 dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas, mediante a escala visual 0-100%, onde 0% representa efeito nulo dos herbicidas sobre as plantas, e 100% representa a morte total das plantas.

Os dados das avaliações foram submetidos à análise de variância (teste F a 5%), e foram obtidas curvas de dose-resposta para os herbicidas dicamba e 2,4-D, associados ou não com o glyphosate. Para todas as figuras, os valores de desvio-padrão de cada tratamento foram demonstrados na forma de barras. O modelo de regressão não linear utilizado está descrito abaixo (STREIBIG, 1988):

$$y = \frac{a}{[1 + \left(\frac{x}{X_0}\right)^b]}$$

Em que:

y = controle percentual;

x = dose do herbicida (g e.a. ha<sup>-1</sup>);

a, X<sub>0</sub> e b = coeficientes estimados da equação, de tal forma que:

a = assíntota máxima da função;

$X_0$  = dose que proporciona 50% de controle do valor da assíntota máxima da função;

$b$  = declividade da curva ao redor de  $X_0$ .

A partir das equações, foram elaboradas as curvas de dose-resposta. Com base nos modelos ajustados, realizou-se o cálculo da dose do herbicida que proporcionaria 80% e 95% de controle ( $C_{80}$  e  $C_{95}$ ). Para a realização do cálculo, optou-se pela inversão do modelo, deixando-o em função de  $y$ , de acordo com Carvalho et al. (2005):

$$x = X_0 * \sqrt[b]{\frac{a}{y} - 1}$$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de controle apresentados neste item se referem apenas à avaliação de 30 dias após a aplicação. A análise de variância para os demais resultados estão demonstrados no Anexo.

A Figura 1 descreve os resultados referentes ao controle de poaia-branca (*Richardia brasiliensis*) no estágio de 4-6 folhas. A primeira (Figura 1A) se refere ao controle exercido pelos herbicidas dicamba e 2,4-D aplicados isoladamente. Os modelos ajustados revelam que, inicialmente, as taxas de crescimento da função foram elevadas, o que indica altos níveis de controle para a espécie mesmo com as doses menores. O aumento das doses dos herbicidas promoveu maiores porcentagens de controle, as quais atingiram 100% de eficiência para ambos os produtos. Apesar disso, verifica-se que o herbicida 2,4-D controlou as plantas de poaia-branca com maior facilidade, o que pode ser visto pelos valores obtidos de  $C_{95}$  (Tabela 1). Para o dicamba, a dose necessária para controlar 95% foi de 471,2 g e.a. ha<sup>-1</sup>, enquanto para o 2,4-D a dose foi de 246,1 g e.a. ha<sup>-1</sup>.

Com a adição do glyphosate aos herbicidas dicamba e 2,4-D (Figura 1B), o controle foi total para a espécie, não sendo possível o ajuste do modelo. Todos os tratamentos exerceram 100% de controle, inclusive o glyphosate aplicado isoladamente.

Para as plantas de poaia-branca no estágio de 10-12 folhas (Figura 2A), observa-se que as diferenças entre os mimetizadores de auxina se mantiveram. Para doses semelhantes dos dois mimetizadores de auxina, o 2,4-D exerceu controle superior ao dicamba, o que se manteve até a dose de 700 g e.a. ha<sup>-1</sup>, a partir da qual, ambos os produtos apresentaram controle total sobre a espécie (100%). A Tabela 2 apresenta os valores  $C_{80}$  e  $C_{95}$  dos herbicidas, e se observa sempre maiores valores para o herbicida dicamba. Apesar disso, para obtenção de 80% de controle, as doses necessárias ficaram entre 212,2 e 255,7 g e.a. ha<sup>-1</sup>. Tais valores são inferiores às doses normalmente utilizadas de 2,4-D, e, possivelmente, menores também do que a dose de dicamba que se tem buscado registro no Brasil (próximo de 480 g e.a. ha<sup>-1</sup>).

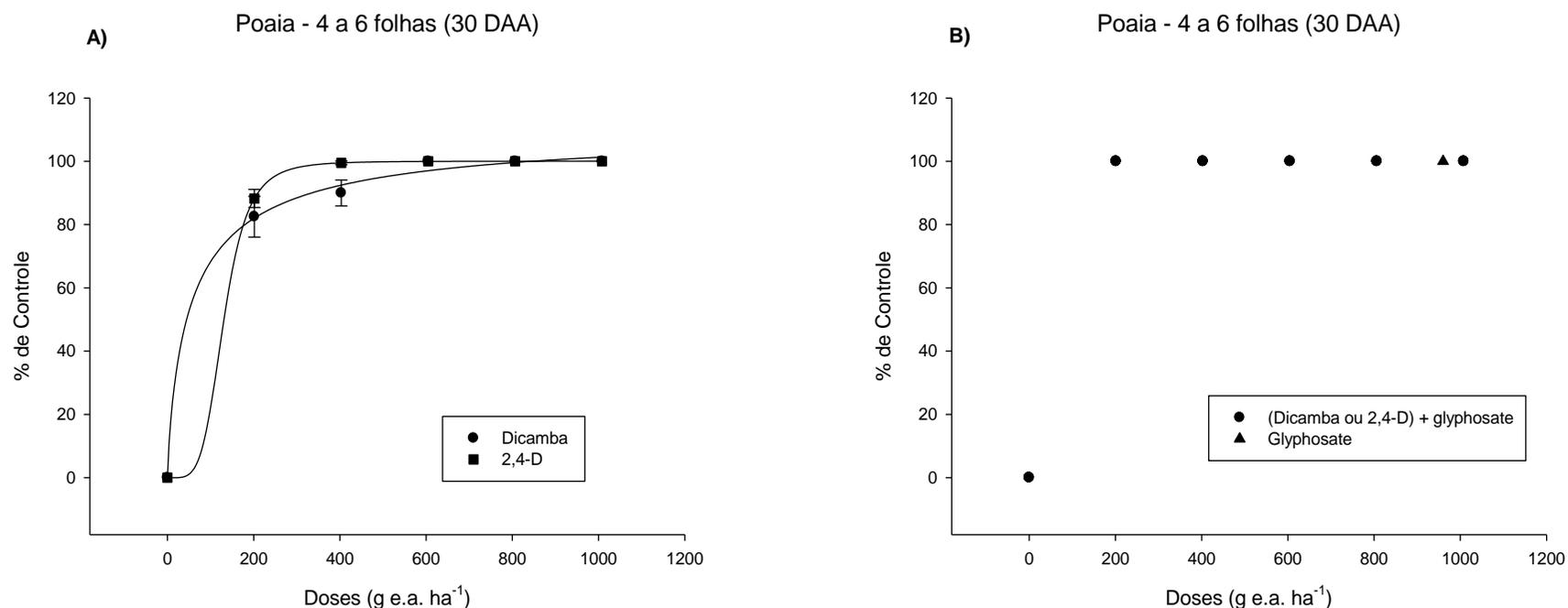


Figura 1. Curvas de dose-resposta para as plantas de poaia-branca (*Richardia brasiliensis*) no estágio de 4-6 folhas, com dicamba e 2,4-D isolados (A) e em mistura com glyphosate a 960 g e.a. ha<sup>-1</sup> (B). Maringá-PR, 2012. As barras representam o desvio-padrão da média em cada tratamento.

Tabela 1. Estimativas dos parâmetros a, b e X<sub>0</sub>, coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) do modelo ajustado e doses para 80% e 95% de controle de *Richardia brasiliensis* (4 a 6 folhas) aos 30 DAA. Maringá-PR, 2012.

HERBICIDAS	a	b	X <sub>0</sub>	R <sup>2</sup>	C <sub>95</sub> (g e.a. ha <sup>-1</sup> )	C <sub>80</sub> (g e.a. ha <sup>-1</sup> )
dicamba	110,79	-0,82	56,26	0,99	471,2	180,1
2,4-D	100,03	-4,67	130,85	0,99	246,1	176,2
dicamba+glyphosate	-	-	-	-	-	-
2,4-D+glyphosate	-	-	-	-	-	-

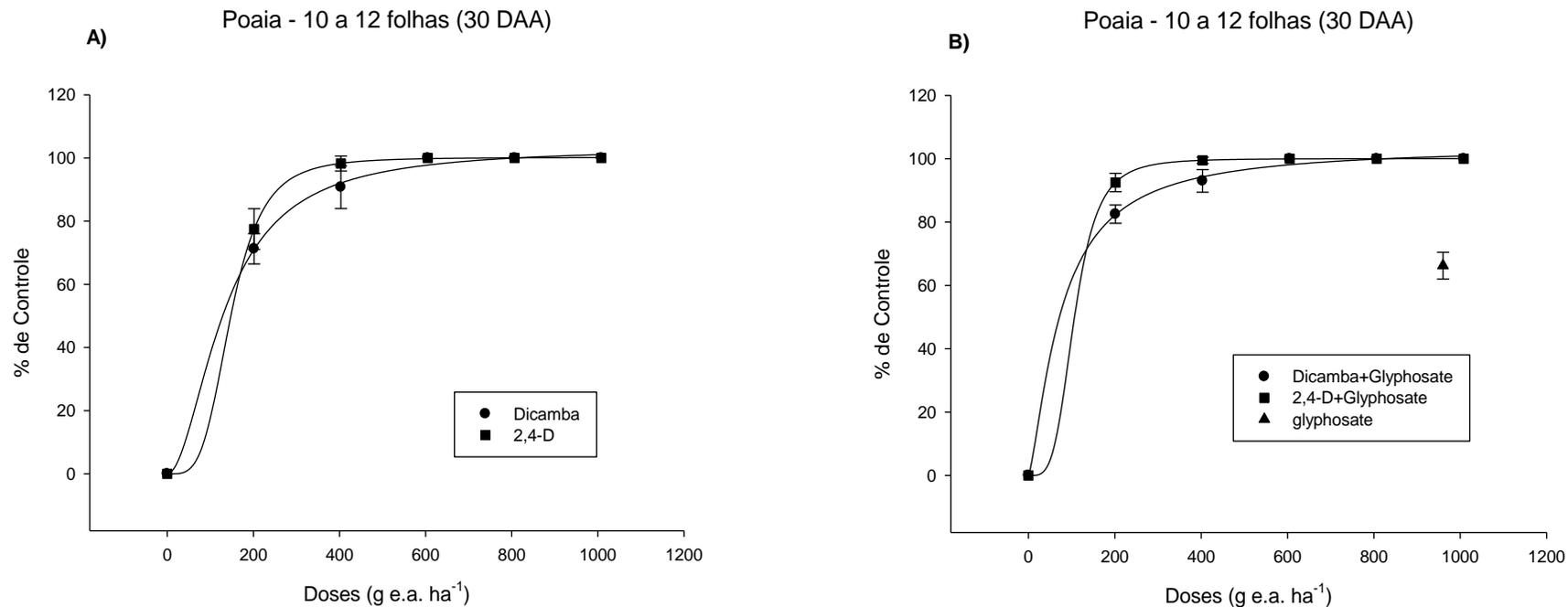


Figura 2. Curvas dose-resposta para as plantas de poaia-branca (*Richardia brasiliensis*) no estágio de 10-12 folhas, com dicamba e 2,4-D isolados (A) e em mistura com glyphosate a 960 g e.a. ha<sup>-1</sup> (B). Maringá-PR, 2012. As barras representam o desvio-padrão da média em cada tratamento.

Tabela 2. Estimativas dos parâmetros a, b e X<sub>0</sub>, coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) do modelo ajustado e doses para 80% e 95% de controle de *Richardia brasiliensis* (10 a 12 folhas) aos 30 DAA. Maringá-PR, 2012.

HERBICIDAS	a	b	X <sub>0</sub>	R <sup>2</sup>	C <sub>95</sub> (g e.a. ha <sup>-1</sup> )	C <sub>80</sub> (g e.a. ha <sup>-1</sup> )
dicamba	103,24	-1,89	132,80	0,99	482,3	255,7
2,4-D	100,16	-3,95	147,70	0,99	309,1	212,2
dicamba+glyphosate	103,80	-1,37	75,52	0,99	433,0	183,5
2,4-D+glyphosate	100,05	-3,93	106,61	0,99	225,3	151,9

Com a adição do glyphosate aos mimetizadores de auxina (Figura 2B), os níveis de controle cresceram mais rapidamente, e todas as doses testadas apresentaram níveis de controle satisfatórios. Neste caso, a aplicação isolada de glyphosate exerceu controle de apenas 66%, o que ressalta o benefício da adição do dicamba ou 2,4-D para o controle de plantas de poia-branca em estádios mais avançados. Ainda, é possível observar pelos valores de  $C_{80}$  (Tabela 2) que a adição do herbicida glyphosate aos mimetizadores de auxina permitiu uma redução de doses próximas a 28% para o dicamba e 2,4-D.

Takano et al. (2013) corroboram tais resultados ao mostrarem que em plantas de *Richardia brasiliensis* com mais de 10 folhas, a aplicação isolada de glyphosate a 720 g e.a. ha<sup>-1</sup> não exerceu controle satisfatório sobre a espécie. Já com a adição do herbicida 2,4-D, as porcentagens de controle foram de 100%.

Apesar dos herbicidas 2,4-D e dicamba serem classificados como mimetizadores de auxina, pertencem a diferentes grupos químicos (2,4-D – ácidos fenoxicarboxílicos; dicamba – ácidos benzoicos), o que pode contribuir para as diferenças de suscetibilidade observadas entre as espécies (GROSSMANN, 2010).

As auxinas são fitohormônios naturais que regulam vários processos importantes dos vegetais, como a divisão e o alongamento celular, a senescência, dominância apical, formação de raízes, entre outros, desde que estejam presentes em baixas concentrações (STERLING e HALL, 1997). Já em altas concentrações, causam anormalidades de crescimento, principalmente em espécies dicotiledôneas, que vão desde a epinastia das folhas e engrossamento dos caules ou raízes, até clorose e necrose dos tecidos (KELLEY et al., 2005). Apesar dos mimetizadores de auxina serem utilizados na agricultura há mais de 60 anos, o modo de ação destes herbicidas é tão complexo como a ação natural das auxinas, e apesar de décadas de pesquisas, muitas questões ainda restam sobre o completo modo de ação deles (KELLEY e RIECHERS, 2007).

Existem aparentemente dois tipos de receptores químicos que percebem a presença das auxinas nos vegetais (KELLEY e RIECHERS, 2007). O primeiro deles seria a ABP1 (Auxing Binding Protein 1), uma proteína presente no retículo endoplasmático e na membrana plasmática, que codifica um sinal

que induz a superatividade das bombas de próton presentes na membrana. Assim, ocorre o acúmulo de prótons no exterior celular. O gradiente eletroquímico criado pelo aumento de íons  $H^+$  induz à abertura dos canais de potássio, os quais são bombardeados para dentro da célula. Tais fatos levam à redução do pH apoplástico e à acidificação da parede celular, o que induz à alongação e expansão celular. Aumentos exagerados nos níveis de auxina promovem divisão e alongamento celular acelerado e desordenado nas partes novas das plantas (KELLEY e RIECHERS, 2007; OLIVEIRA JR., 2011; CHRISTOFFOLETI et al., 2015).

O segundo e mais recente grupo descoberto de receptores para auxinas são as proteínas F-Box: TIR1 (transport inhibitor response) / AFB (auxin-signaling F-box). Tais proteínas fazem parte do complexo SCF (Skp1-cullin-F-box protein) ubiquitina ligase, que fazem a ubiquitinação de algumas proteínas alvo, degradando-as pela via ubiquitina-proteassoma (DHARMASIRI et al., 2005; GLEASON et al., 2011 ).

No núcleo vegetal, existem os ARFs (auxin response factors), genes que são apenas ativados na presença das auxinas. Isso ocorre, porque, normalmente, eles estão ligados a proteínas repressoras de sua ação, denominadas, neste caso, AUX/IAA. As auxinas, ao serem reconhecidas pelos receptores TIR1/AFB, têm a capacidade de funcionar como uma “cola molecular”, aumentando a interação entre esses receptores e os repressores AUX/IAA. Dessa forma, as proteínas repressoras são degradadas pela via ubiquitina-proteassoma, o que permite que os ARFs sejam ativados, e os genes relacionados às auxinas, transcritos (FIGUEIREDO, 2015; GROSSMANN, 2010).

A ativação desses genes induz à atividade da ACC (ácido 1-carboxílico-1-aminociclopropano) sintase, o que eleva a concentração de ACC, um precursor do etileno. Os efeitos do aumento da concentração do etileno nas plantas são: epinastia foliar, inchaço dos tecidos e senescência das plantas, além de ser o gatilho para o aumento da produção de ácido abscísico (ABA). Os aumentos nos níveis deste hormônio promovem o fechamento dos estômatos, o que limita a transpiração e a assimilação de carbono, e a “superprodução” de espécies reativas de oxigênio (GROSSMAN, 2000; 2010; CHRISTOFFOLETI et al., 2015).

Embora os herbicidas dicamba e 2,4-D induzam as plantas a revelarem respostas semelhantes, Gleason et al. (2011), em estudos com mutantes de *Arabidopsis*, mostraram que alguns desses mutantes estudados apresentaram sensibilidade diferente ao dicamba e ao 2,4-D. Os mesmos autores destacam dois pontos importantes para estas diferenças. O primeiro se refere à absorção celular diferenciada das auxinas sintéticas, que pode influenciar a eficácia dos herbicidas. Mutantes de *Arabidopsis* da AXR4, proteína importante no transporte das auxinas, apresentou tolerância diferenciada entre 2,4-D e dicamba (GLEASON et al., 2011). Thompson et al. (1973) demonstraram que, para o controle da espécie *Campsis radicans*, o herbicida dicamba se mostrou mais efetivo que o 2,4-D, e como justificativa os autores afirmaram que os níveis de absorção e de translocação dos herbicidas foram diferentes, sendo maiores para o dicamba.

O segundo fator de seletividade diferenciada às auxinas sintéticas pode ser conferido em função das diferentes proteínas receptoras da família F-Box. Plantas de *Arabidopsis* contendo mutações na AFB5 (homóloga às proteínas TIR1) apresentaram resistência específica ao herbicida dicamba, mas não ao 2,4-D. Assim, seria possível que outros membros da família TIR1/AFB tenham especificidade diferenciada aos mimetizadores de auxina dos diferentes grupos químicos, o que pode influenciar na sinalização das moléculas de herbicidas dentro das plantas (GLEASON et al., 2011).

A Figura 3A apresenta as curvas de dose-resposta obtidas para o controle de trapoeraba (*Commelina benghalensis*) com 4-6 folhas; e a Tabela 3, as estimativas dos parâmetros dos modelos ajustados com os valores de  $C_{95}$  e  $C_{80}$ .

No modelo ajustado para o herbicida dicamba, verifica-se que, dentro do intervalo de doses testadas, a curva ainda não atingiu sua assíntota máxima (103,76). Considerando que tal valor não apresenta importância prática para o controle de plantas daninhas (máximo – 100%), a abordagem dos modelos será referente apenas à faixa de doses trabalhada no experimento.

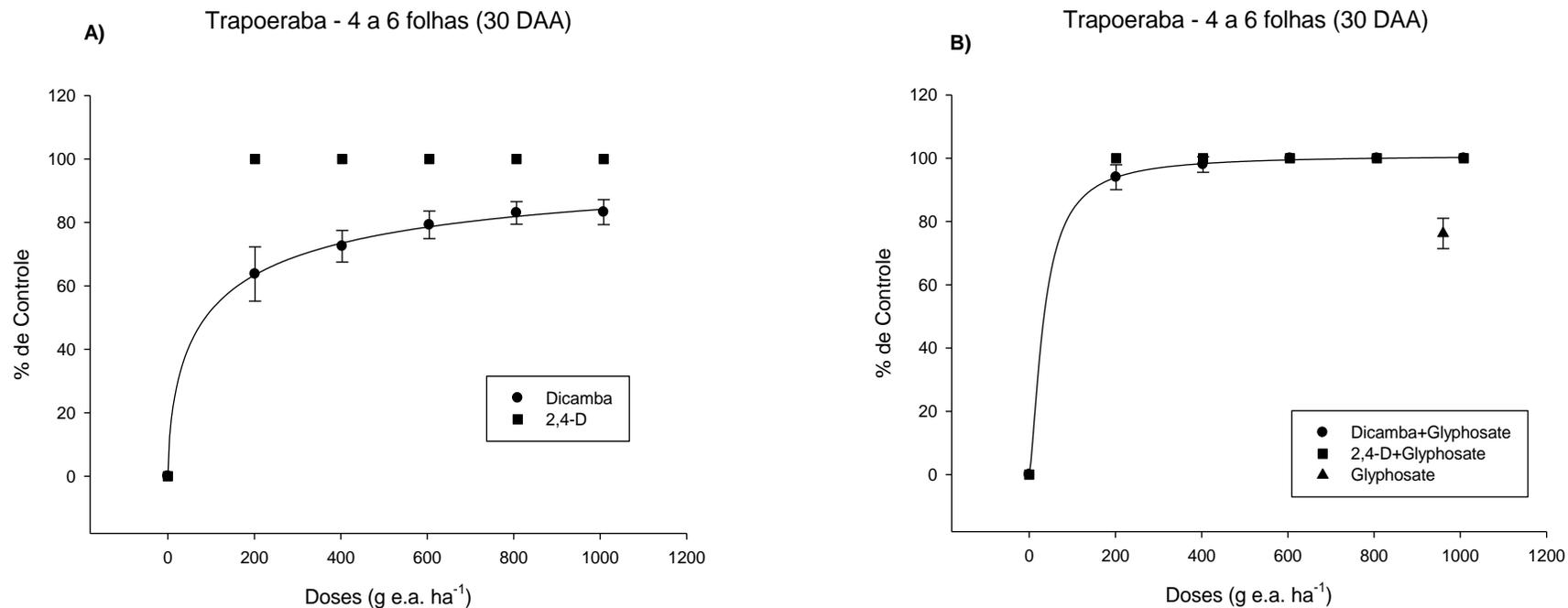


Figura 3. Curvas de dose-resposta para as plantas de trapoeraba (*Commelina benghalensis*) no estágio de 4-6 folhas, com dicamba e 2,4-D isolados (A) e em mistura com glyphosate a 960 g e.a. ha<sup>-1</sup> (B). Maringá-PR, 2012. As barras representam o desvio-padrão da média em cada tratamento.

Tabela 3. Estimativas dos parâmetros a, b e X<sub>0</sub>, coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) do modelo ajustado e doses para 80% e 95% de controle de *Commelina benghalensis* (4 a 6 folhas) aos 30 DAA. Maringá-PR, 2012.

HERBICIDAS	a	b	X <sub>0</sub>	R <sup>2</sup>	C <sub>95</sub> (g e.a. ha <sup>-1</sup> )	C <sub>80</sub> (g e.a. ha <sup>-1</sup> )
dicamba	103,57	-0,63	96,68	0,98	>1008,0	681,1
2,4-D	-	-	-	-	-	-
dicamba+glyphosate	100,94	-1,47	34,57	0,99	226,1	84,2
2,4-D+glyphosate	-	-	-	-	-	-

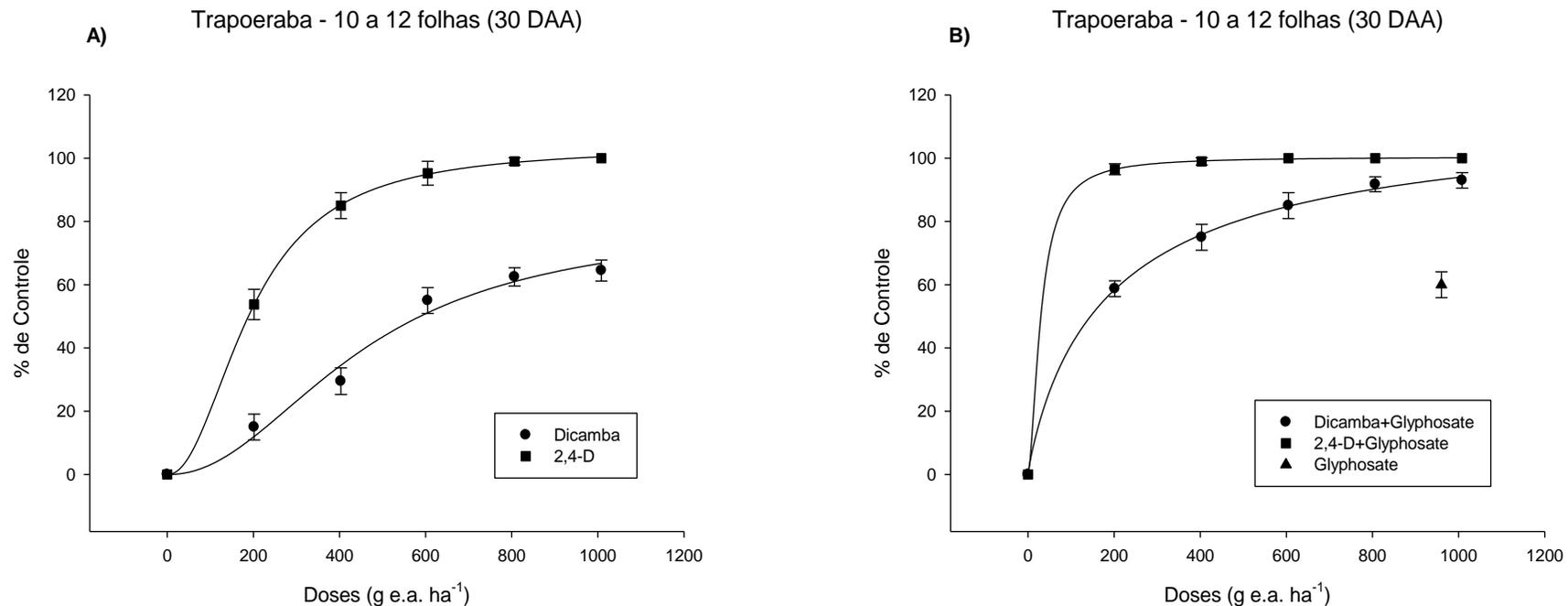


Figura 4. Curvas de dose-resposta para as plantas de trapoeraba (*Commelina benghalensis*) no estágio de 10-12 folhas, com dicamba e 2,4-D isolados (A) e em mistura com glyphosate a 960 g e.a. ha<sup>-1</sup> (B). Maringá-PR, 2012. As barras representam o desvio-padrão da média em cada tratamento.

Tabela 4. Estimativas dos parâmetros a, b e X<sub>0</sub>, coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) do modelo ajustado e doses para 80% e 95% de controle de *Commelina benghalensis* (10 a 12 folhas) aos 30 DAA. Maringá-PR, 2012.

HERBICIDAS	a	b	X <sub>0</sub>	R <sup>2</sup>	C <sub>95</sub> (g e.a. ha <sup>-1</sup> )	C <sub>80</sub> (g e.a. ha <sup>-1</sup> )
dicamba	79,25	-2,11	455,74	0,96	>1008,0	>1008,0
2,4-D	103,52	-2,11	194,60	0,99	608,3	349,4
dicamba+glyphosate	116,05	-0,89	197,91	0,99	>1008,0	483,3
2,4-D+glyphosate	100,39	-1,68	29,81	0,99	164,2	68,9

A análise dos herbicidas isolados (Figura 3A) revela que o 2,4-D foi mais eficiente do que o dicamba para o controle de trapoeraba. Todas as doses de 2,4-D proporcionaram 100% de controle para a espécie, enquanto o dicamba não atingiu esse nível de controle. No entanto, com adição do glyphosate (Figura 3B), as diferenças entre os mimetizadores de auxina foram mínimas, e a partir da dose de 226,1 g e.a. ha<sup>-1</sup> do dicamba, as porcentagens de controle foram superiores a 95% (Tabela 3).

O glyphosate aplicado isoladamente proporcionou controle próximo a 75%. Para o controle desta espécie, a adição de um segundo herbicida tem se mostrado necessária (MONQUERO et al., 2001; NORSWORTHY e GREY, 2004; MACIEL et al., 2011), e os herbicidas mimetizadores de auxina são opções interessantes.

Os resultados obtidos para as plantas de trapoeraba com 10-12 folhas são apresentados na Figura 4 e Tabela 4. Assim como para o estágio anterior, verifica-se que o herbicida 2,4-D foi superior ao dicamba no controle da espécie. O valor do C<sub>95</sub> para o 2,4-D isolado foi de 608,1 g e.a. ha<sup>-1</sup>, enquanto o dicamba isolado não atingiu tal nível de controle no intervalo de dose trabalhado (Tabela 4). Ronchi et al. (2001) destacam que a grande maioria dos herbicidas, com exceção ao 2,4-D, é ineficiente para o controle de trapoeraba na fase adulta com apenas uma aplicação. O dicamba aplicado isoladamente exerceu controle máximo de 60%.

Para os tratamentos com glyphosate (Figura 4B), os modelos ajustados apresentaram taxa de crescimento inicial maior. Para o 2,4-D, rapidamente os níveis de controle chegaram a 100%, o que pode ser comprovado pelo pequeno valor de C<sub>95</sub> encontrado (164,2 g e.a. ha<sup>-1</sup> - Tabela 4). Para o dicamba, o controle não atingiu 95% dentro do intervalo de dose testada. Apesar disso, foi possível a obtenção de controle satisfatório (80%), com a dose de 483,3 g e.a. ha<sup>-1</sup>.

Assim, verifica-se que, visando ao controle de plantas de trapoeraba em estádios menores, situação mais comum dentro das lavouras, a adição de glyphosate ao dicamba ou 2,4-D é suficiente para exercer o controle. No caso de plantas maiores, como em aplicações de manejo, o 2,4-D seria mais indicado que o dicamba.

Para o controle de erva-quente (*S. latifolia*), observa-se que para as plantas de 4-6 folhas (Figura 5 e Tabela 5), a partir da dose de 350 g e.a. ha<sup>-1</sup>, tanto o dicamba como o 2,4-D propiciaram porcentagens de controle superiores a 95%. Apesar das diferenças entre os produtos serem pequenas, o herbicida dicamba necessitou de menores doses para um controle de 95%, se comparado ao 2,4-D (Tabela 5).

Em função dos elevados níveis de controle proporcionados pelos mimetizadores de auxina aplicados isoladamente, com a adição do glyphosate, todos os tratamentos exerceram controle de 100%, não sendo possível um ajuste de modelos para os dados obtidos. Takano et al. (2013) também obtiveram níveis de controle de 100% em misturas de glyphosate e 2,4-D para o controle de erva-quente com 4-6 folhas.

No entanto, para plantas de erva-quente com 10 a 12 folhas (Figura 6 e Tabela 6), foram observadas maiores dificuldades para o controle da invasora. Para dicamba e 2,4-D aplicados isolados, os níveis de controle foram semelhantes, porém insatisfatórios. Não foi possível definir um C<sub>80</sub> para os herbicidas dentro da faixa de doses avaliadas neste trabalho.

Com a adição do herbicida glyphosate, houve melhoras nas porcentagens de controle, mas nenhuma dose testada alcançou controle de 95%. Ao se comparar os valores obtidos de C<sub>80</sub> (Tabela 6), nota-se que, para o herbicida dicamba, a dose foi de 633,94 g e.a. ha<sup>-1</sup>, enquanto para o 2,4-D a dose foi de 767,81 g e.a. ha<sup>-1</sup>. Dentro da faixa de doses estudadas, o controle máximo obtido com 2,4-D+glyphosate foi de 84,23%, e com dicamba foi de 86,35%, ambos aplicados a 1006 g e.a. ha<sup>-1</sup>.

O controle exercido pelo glyphosate aplicado isoladamente foi de apenas 23%, o que reforça a ideia de tolerância desta espécie a este herbicida, e a necessidade de misturas de tanque para um controle efetivo, quando as plantas de erva-quente estiverem com mais de 10 folhas. Nesta situação, a adição de dicamba pode promover resultados levemente superiores do que a adição do 2,4-D.

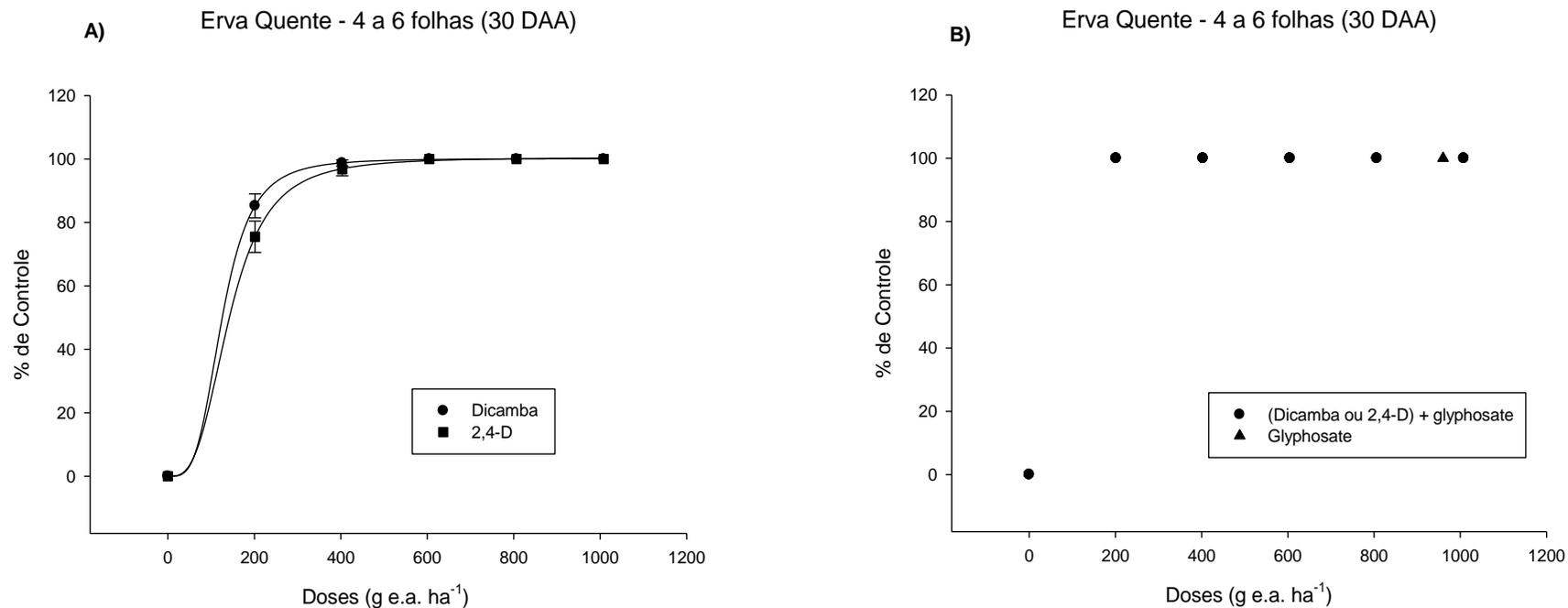


Figura 5. Curvas de dose-resposta para as plantas de erva-quente (*Spermacocea latifolia*) no estágio de 4-6 folhas, com dicamba e 2,4-D isolados (A) e em mistura com glyphosate a 960 g e.a. ha<sup>-1</sup> (B). Maringá-PR, 2012. As barras representam o desvio-padrão da média em cada tratamento.

Tabela 5. Estimativas dos parâmetros a, b e X<sub>0</sub>, coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) do modelo ajustado e doses para 80% e 95% de controle de *Spermacocea latifolia* (4 a 6 folhas) aos 30 DAA. Maringá-PR, 2012.

HERBICIDAS	a	b	X <sub>0</sub>	R <sup>2</sup>	C <sub>95</sub> (g e.a. ha <sup>-1</sup> )	C <sub>80</sub> (g e.a. ha <sup>-1</sup> )
dicamba	100,14	-3,69	125,63	0,99	277,1	183,5
2,4-D	100,47	-3,18	142,41	0,99	350,0	218,2
dicamba+glyphosate	-	-	-	-	-	-
2,4-D+glyphosate	-	-	-	-	-	-

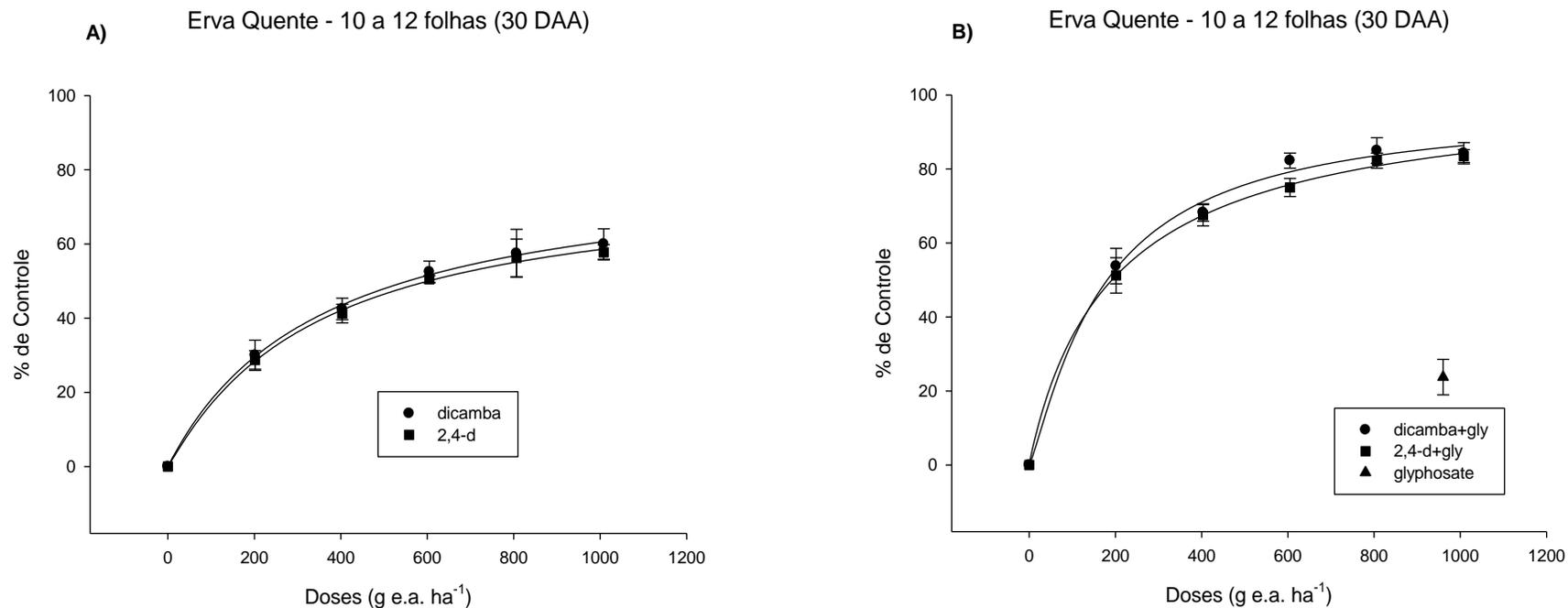


Figura 6. Curvas de dose-resposta para as plantas de erva-quente (*Spermacocea latifolia*) no estágio de 10 a 12 folhas, com dicamba e 2,4-D isolados (A) e em mistura com glyphosate a 960 g e.a. ha<sup>-1</sup> (B). Maringá-PR, 2012. As barras representam o desvio-padrão da média em cada tratamento.

Tabela 6. Estimativas dos parâmetros a, b e X<sub>0</sub>, coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) do modelo ajustado e doses para 80% e 95% de controle de *Spermacocea latifolia* (10 a 12 folhas) aos 30 DAA. Maringá-PR, 2012.

HERBICIDAS	a	b	X <sub>0</sub>	R <sup>2</sup>	C <sub>95</sub> (g e.a. ha <sup>-1</sup> )	C <sub>80</sub> (g e.a. ha <sup>-1</sup> )
dicamba	81,87	-1,00	354,11	0,97	>1008,0	>1008,0
2,4-D	77,14	-1,05	336,63	0,98	>1008,0	>1008,0
dicamba+glyphosate	96,69	-1,19	170,91	0,98	>1008,0	633,9
2,4-D+glyphosate	102,61	-0,95	202,48	0,98	>1008,0	767,8

As curvas de dose-resposta para o controle de corda-de-viola (*I. nil*) no estádio de 4-6 folhas estão na Figura 7; e as estimativas dos parâmetros dos modelos ajustados com os valores de  $C_{95}$  e  $C_{80}$ , na Tabela 7.

As curvas obtidas para os herbicidas dicamba e 2,4-D isolados praticamente se sobrepõem, indicando que as diferenças entre eles para o controle da espécie são mínimas para plantas entre 4 e 6 folhas. Isso pode ser confirmado pelos valores muito semelhantes de  $C_{95}$  (292,9 e 268,7 g e.a. ha<sup>-1</sup> para dicamba e 2,4-D, respectivamente) e de  $C_{80}$  (208,2 e 192,7 g e.a. ha<sup>-1</sup> para dicamba e 2,4-D, respectivamente).

A adição de glyphosate aos mimetizadores de auxina proporcionou controle de 100% para todas as doses testadas. Inclusive o tratamento que recebeu apenas a aplicação do glyphosate exerceu controle total da espécie. Dessa forma, não foi possível o ajuste de modelos matemáticos, nem obtenção dos valores de  $C_{95}$  e  $C_{80}$ .

Já para as plantas de corda-de-viola com 10-12 folhas, os resultados obtidos podem ser analisados na Figura 8 e Tabela 8. É possível observar que as aplicações de 2,4-D promoveram altos níveis de controle para as plantas de corda-de-viola com 10-12 folhas, inclusive com a menor dose testada, fato que não ocorreu para o herbicida dicamba. A curva para o herbicida 2,4-D atingiu seu patamar (100%) quando as doses foram próximas de 400 g e.a. ha<sup>-1</sup>, enquanto para o dicamba não se atingiu 100% de eficiência dentro do intervalo de doses testadas. Quando se compara o  $C_{95}$  dos dois herbicidas aplicados isoladamente (Tabela 8), verifica-se que, para atingir os mesmos 95% de controle, a dose do dicamba é 2,5 vezes superior à do 2,4-D.

No entanto, com a adição do herbicida glyphosate ao dicamba ou ao 2,4-D, as diferenças entre os mimetizadores de auxina desapareceram, e o controle obtido pelas misturas dos herbicidas foi sempre de 100% (Figura 8B). Já para a aplicação isolada do herbicida glyphosate, o controle exercido foi de 83,8%.

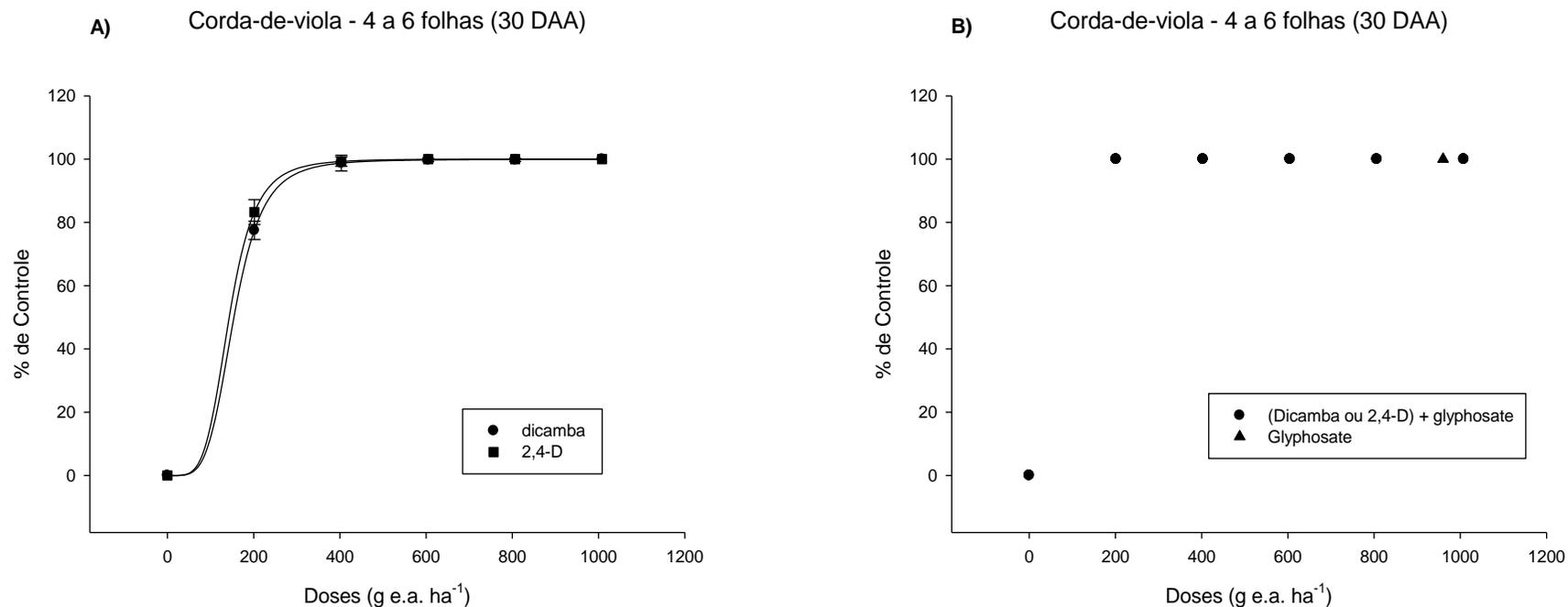


Figura 7. Curvas de dose-resposta para as plantas de corda-de-viola (*Ipomoea nil*) no estágio de 4-6 folhas, com dicamba e 2,4-D isolados e em mistura com glyphosate a 960 g e.a. ha<sup>-1</sup>. Maringá-PR, 2012. As barras representam o desvio-padrão da média em cada tratamento.

Tabela 7. Estimativas dos parâmetros a, b e X<sub>0</sub>, coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) do modelo ajustado e doses para 80% e 95% de controle de *Ipomoea nil* (4 a 6 folhas) aos 30 DAA. Maringá-PR, 2012.

HERBICIDAS	a	b	X <sub>0</sub>	R <sup>2</sup>	C <sub>95</sub> (g e.a. ha <sup>-1</sup> )	C <sub>80</sub> (g e.a. ha <sup>-1</sup> )
dicamba	99,92	-4,61	154,04	0,99	292,9	208,2
2,4-D	100,05	-4,67	143,14	0,99	268,7	192,7
dicamba+glyphosate	-	-	-	-	-	-
2,4-D+glyphosate	-	-	-	-	-	-

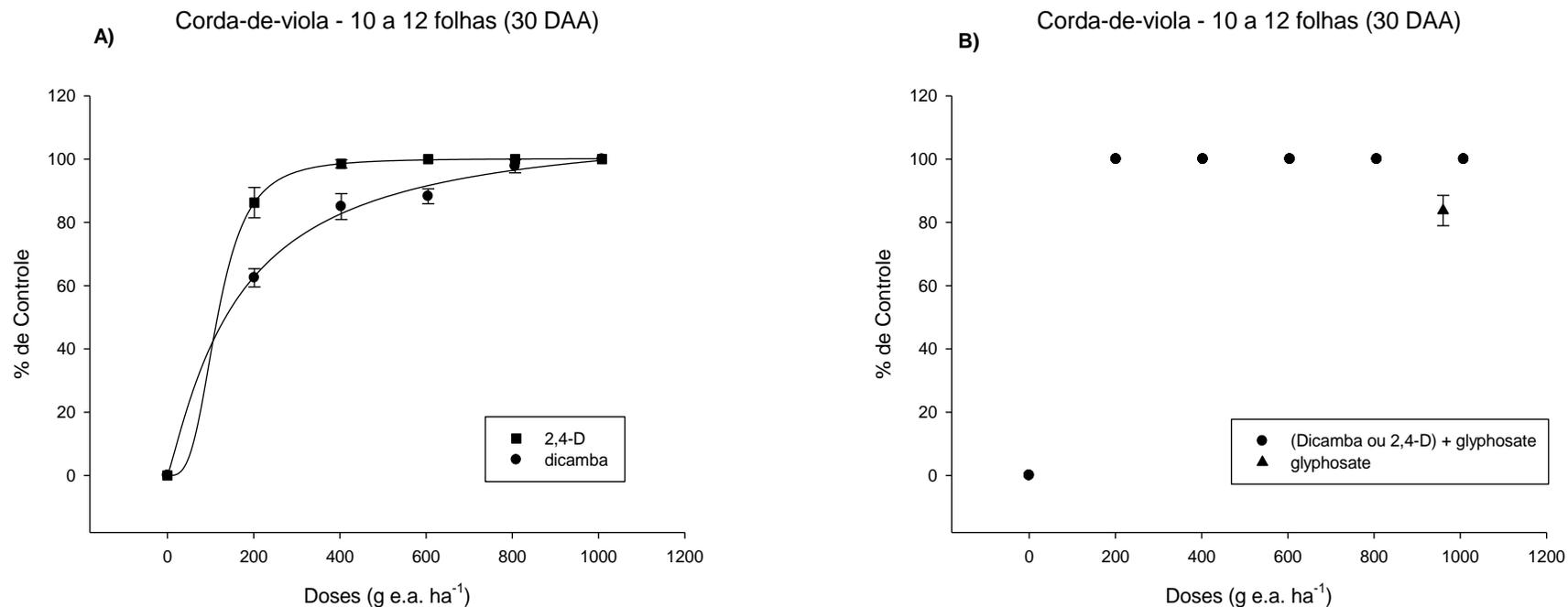


Figura 8. Curvas de dose-resposta para as plantas de corda-de-viola (*Ipomoea nil*) no estágio de 10 folhas, com dicamba e 2,4-D isolados e em mistura com glyphosate a 960 g e.a. ha<sup>-1</sup>. Maringá-PR, 2012. As barras representam o desvio-padrão da média em cada tratamento.

Tabela 8. Estimativas dos parâmetros a, b e X<sub>0</sub>, coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) do modelo ajustado e doses para 80% e 95% de controle de *Ipomoea nil* (10 a 12 folhas) aos 30 DAA. Maringá-PR, 2012.

HERBICIDAS	a	b	X <sub>0</sub>	R <sup>2</sup>	C <sub>95</sub> (g e.a. ha <sup>-1</sup> )	C <sub>80</sub> (g e.a. ha <sup>-1</sup> )
dicamba	111,86	-1,14	161,93	0,98	731,3	361,8
2,4-D	100,20	-3,29	115,98	0,99	281,5	175,7
dicamba+glyphosate	-	-	-	-	-	-
2,4-D+glyphosate	-	-	-	-	-	-

Assim, pode-se afirmar que, para plantas menores de *I. nil* (4 a 6 folhas), as aplicações isoladas de dicamba ou 2,4-D foram suficientes para o controle da espécie. Para plantas maiores (10 a 12 folhas), as diferenças entre dicamba e 2,4-D foram mais evidentes, sendo o segundo superior ao primeiro, em aplicações isoladas. No entanto, com a adição do glyphosate aos herbicidas mimetizadores de auxina, os níveis de controle foram sempre de 100%.

Os resultados referentes ao controle de guanxuma (*S. rhombifolia*) com 4-6 folhas são apresentados na Figura 9 e Tabela 9. Para as aplicações isoladas de dicamba e 2,4-D, verifica-se que, inicialmente, até doses próximas a 600 g e.a. ha<sup>-1</sup>, os níveis de controle exercidos pelo 2,4-D são superiores aos do dicamba (Figura 9A). A partir desta dose, a curva de controle do dicamba continuou a crescer, enquanto a curva do 2,4-D estabilizou o seu crescimento, indicando que o aumento de dose do 2,4-D não garantiria grandes melhoras nas porcentagens de controle. Ao se observar os valores de C<sub>80</sub> obtidos para os herbicidas (Tabela 9), verifica-se que para o dicamba a dose foi de 700,3 g e.a. ha<sup>-1</sup>, e para o 2,4-D o valor foi de 988,31 g e.a. ha<sup>-1</sup>.

Na figura referente às misturas de 2,4-D+glyphosate e dicamba+glyphosate (Figura 9B), verifica-se que os valores de controle foram sempre 100%, não sendo possível o ajuste de modelo matemático. Para o glyphosate isolado, as porcentagens de controle foram de 94,5%.

As plantas de guanxuma com 10-12 folhas se mostraram mais tolerantes às aplicações dos mimetizadores de auxina. Independente da dose utilizada, as porcentagens de controle proporcionadas pelos herbicidas dicamba e 2,4-D aplicados isoladamente não chegaram a 60% (Figura 10B). Assim como observado para as plantas de guanxuma com 4-6 folhas, as doses de 2,4-D tenderam a estabilizar as porcentagens de controle antes do dicamba. A partir da dose de 650 g e.a. ha<sup>-1</sup>, os níveis de controle exercidos pelo herbicida dicamba foram superiores ao 2,4-D, mas ainda insatisfatórios.

Neste caso, a adição do herbicida glyphosate foi fundamental para obtenção de um controle efetivo. Para 2,4-D+glyphosate, os níveis de controle observados foram sempre 100%. Para a mistura de dicamba+glyphosate, a partir da dose de 300 g e.a. ha<sup>-1</sup>, o controle exercido já foi próximo a 100%.

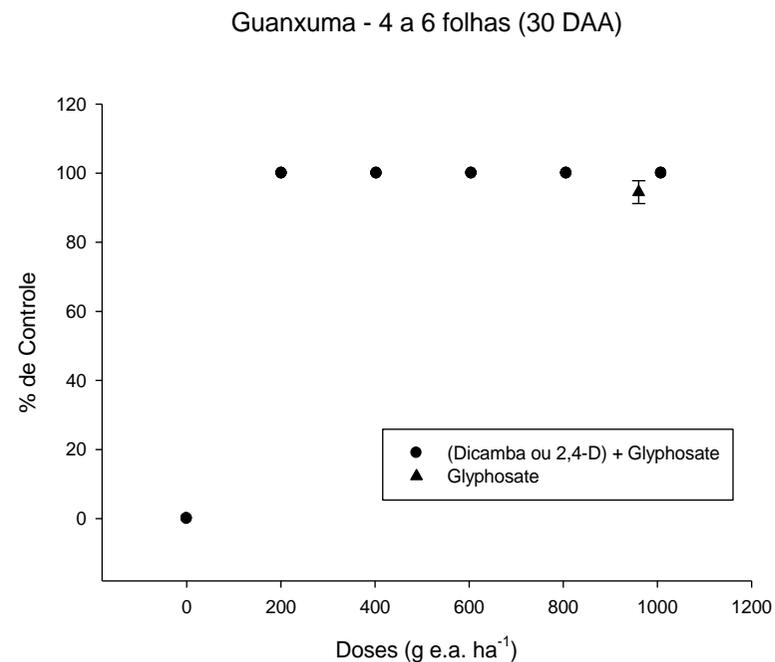
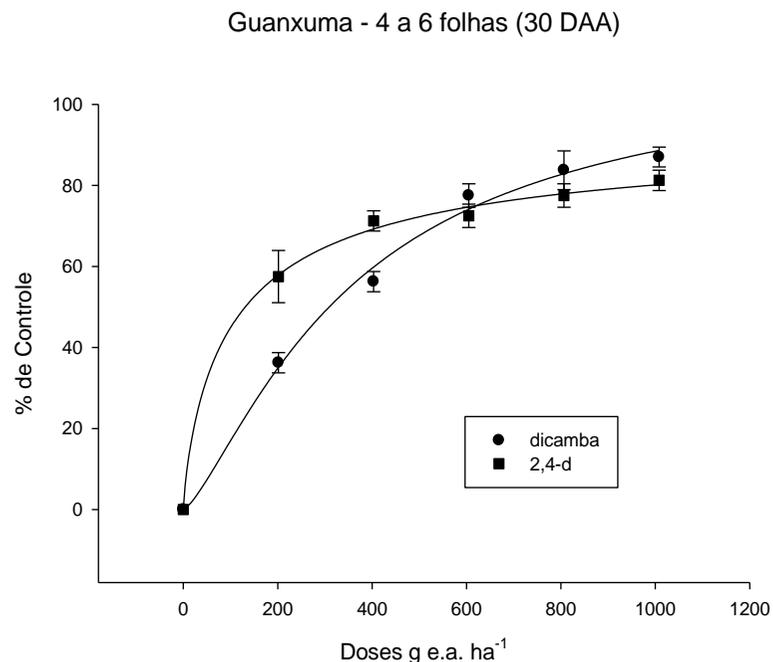


Figura 9. Curvas de dose-resposta para as plantas de guanxuma (*Sida rhombifolia*) no estágio de 4-6 folhas, com dicamba e 2,4-D isolados e em mistura com glyphosate a 960 g e.a. ha<sup>-1</sup>. Maringá-PR, 2012. As barras representam o desvio-padrão da média em cada tratamento.

Tabela 9. Estimativas dos parâmetros a, b e X<sub>0</sub>, coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) do modelo ajustado e doses para 80% e 95% de controle de *Sida rhombifolia* (4 a 6 folhas) aos 30 DAA. Maringá-PR, 2012.

HERBICIDAS	a	b	X <sub>0</sub>	R <sup>2</sup>	C <sub>95</sub> (g e.a. ha <sup>-1</sup> )	C <sub>80</sub> (g e.a. ha <sup>-1</sup> )
dicamba	110,61	-1,34	356,66	0,98	-	730,3
2,4-D	93,77	-0,80	111,12	0,98	-	988,3
dicamba+glyphosate	-	-	-	-	-	-
2,4-D+glyphosate	-	-	-	-	-	-

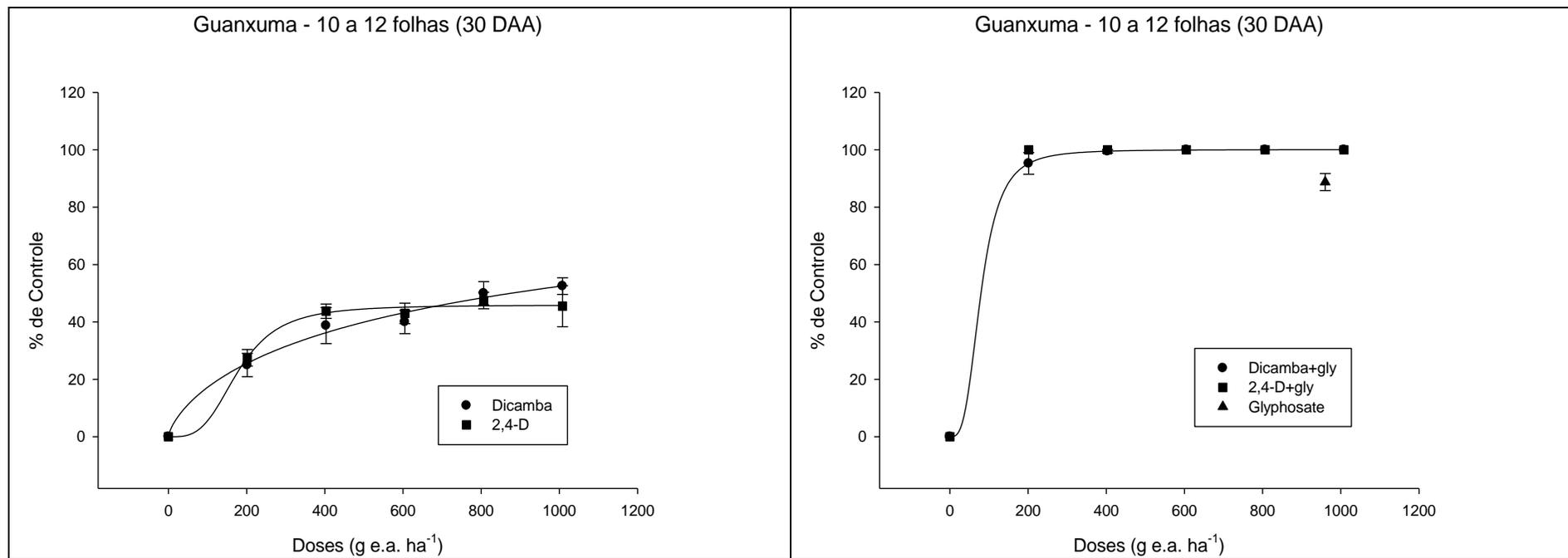


Figura 10. Curvas de dose-resposta para as plantas de guanxuma (*Sida rhombifolia*) no estágio de 10-12 folhas, com dicamba e 2,4-D isolados e em mistura com glyphosate a 960 g e.a. ha<sup>-1</sup>. Maringá-PR, 2012. As barras representam o desvio-padrão da média em cada tratamento.

Tabela 10. Estimativas dos parâmetros a, b e X<sub>0</sub>, coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) do modelo ajustado e doses para 80% e 95% de controle de *Sida rhombifolia* (10 a 12 folhas) aos 30 DAA. Maringá-PR, 2012.

HERBICIDAS	a	b	X <sub>0</sub>	R <sup>2</sup>	C <sub>95</sub> (g e.a. ha <sup>-1</sup> )	C <sub>80</sub> (g e.a. ha <sup>-1</sup> )
dicamba	101,83	-0,72	920,64	0,95	>1008,0	>1008,0
2,4-D	45,89	-3,41	178,93	0,95	>1008,0	>1008,0
dicamba+glyphosate	100,07	-3,21	79,62	0,99	199,2	123,9
2,4-D+glyphosate	-	-	-	-	-	-

Para avaliar a importância do glyphosate visando ao controle de plantas grandes de guaxuma, observa-se que uma dose de aproximadamente 300 g e.a. ha<sup>-1</sup> de 2,4-D ou dicamba, aplicada em mistura com glyphosate, já apresenta 100% de controle, ao passo que sem glyphosate esta mesma dose implica em apenas 39 e 31% de controle para o 2,4-D e o dicamba, respectivamente.

De maneira geral, para o controle de guaxuma, em doses menores, as aplicações de 2,4-D se mostraram superiores às de dicamba. No entanto, com o aumento das doses, os níveis de controle exercidos pelo 2,4-D atingiu um patamar de controle máximo mais rapidamente, enquanto para o dicamba, os níveis de controle continuaram crescendo. Já com a adição do glyphosate, as diferenças entre os dois herbicidas praticamente não ocorreram.

As curvas de dose-resposta para as plantas de buva com 4-6 folhas, as estimativas dos parâmetros dos modelos ajustados, os coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) e os valores C<sub>95</sub> e C<sub>80</sub> estão na Figura 11 e Tabela 11.

Para os herbicidas dicamba e 2,4-D aplicados sem glyphosate (Figura 11A), observa-se que, nas doses iniciais, o primeiro exerceu controle superior ao segundo para a buva. Os valores de C<sub>95</sub>, neste caso, foram de 362,2 e 534,9 g e.a. ha<sup>-1</sup> para o dicamba e 2,4-D, respectivamente. No entanto, em doses superiores a 600 g e.a. ha<sup>-1</sup>, os níveis de controle são próximos a 100% para ambos os herbicidas.

Kruger et al. (2010) relatam que doses de 300 e 350 g e.a. ha<sup>-1</sup> de dicamba são suficientes para o controle da buva (*Conyza canadensis*). Os autores ainda relatam que, entre os herbicidas auxínicos, o que promove maiores níveis de controle de plantas de buva é o dicamba à base do sal de dyglicolamina, seguido pelo sal de dimetilamina, 2,4-D éster e 2,4-D amina, respectivamente.

Soares et al. (2012) afirmam que a buva responde de forma diferenciada ao 2,4-D e dicamba, e a determinação das doses para cada herbicida é fundamental. Afirmam ainda que, mesmo em plantas resistentes, a adição do glyphosate pode causar um efeito aditivo ou sinérgico no controle.

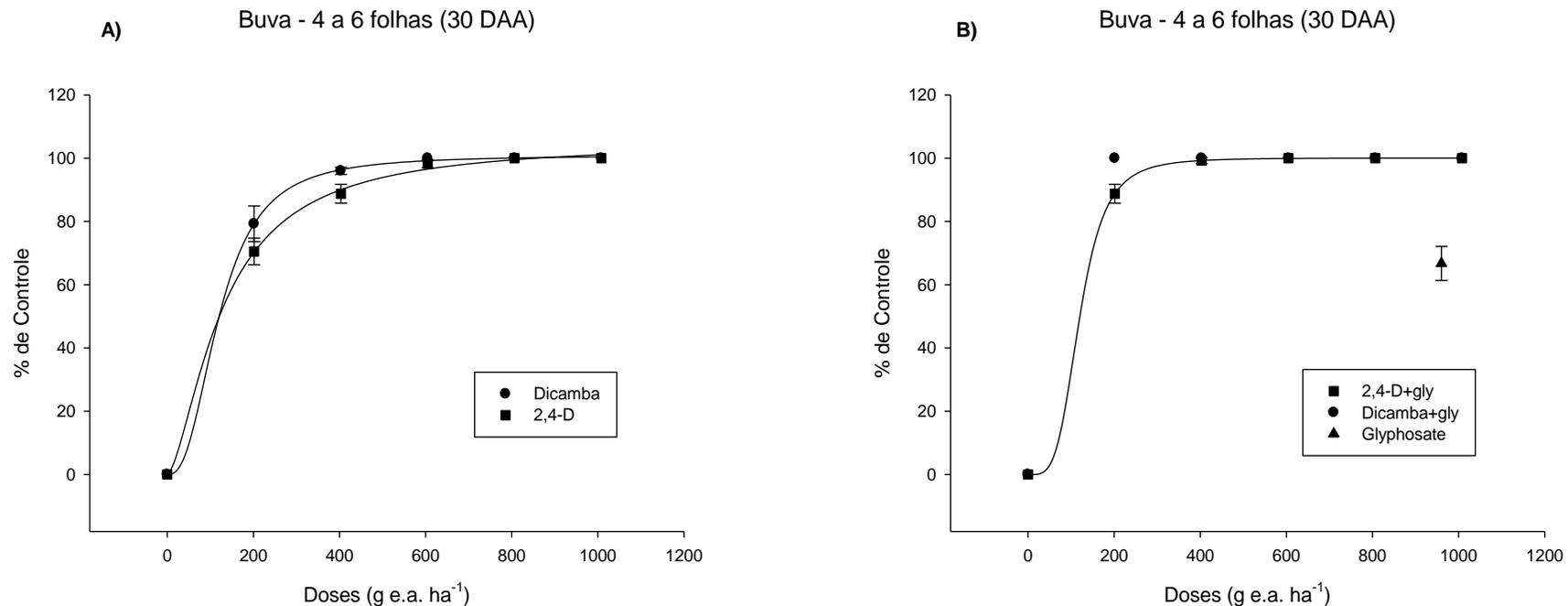


Figura 11. Curvas de dose-resposta para as plantas de buva (*Conyza* spp.) no estágio de 4-6 folhas, com dicamba e 2,4-D isolados e em mistura com glyphosate a 960 g e.a. ha<sup>-1</sup>. Maringá-PR, 2012.

Tabela 11. Estimativas dos parâmetros a, b e X<sub>0</sub>, coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) do modelo ajustado e doses para 80% e 95% de controle de *Conyza* spp. (4 a 6 folhas) aos 30 DAA. Maringá-PR, 2012.

HERBICIDAS	A	b	X <sub>0</sub>	R <sup>2</sup>	C <sub>95</sub> (g e.a. ha <sup>-1</sup> )	C <sub>80</sub> (g e.a. ha <sup>-1</sup> )
dicamba	100,86	-2,55	121,07	0,99	362,2	206,9
2,4-D	105,22	-1,55	128,64	0,99	539,4	270,7
dicamba+glyphosate	-	-	-	-	-	-
2,4-D+glyphosate	100,07	-3,99	120,35	0,99	251,1	170,7

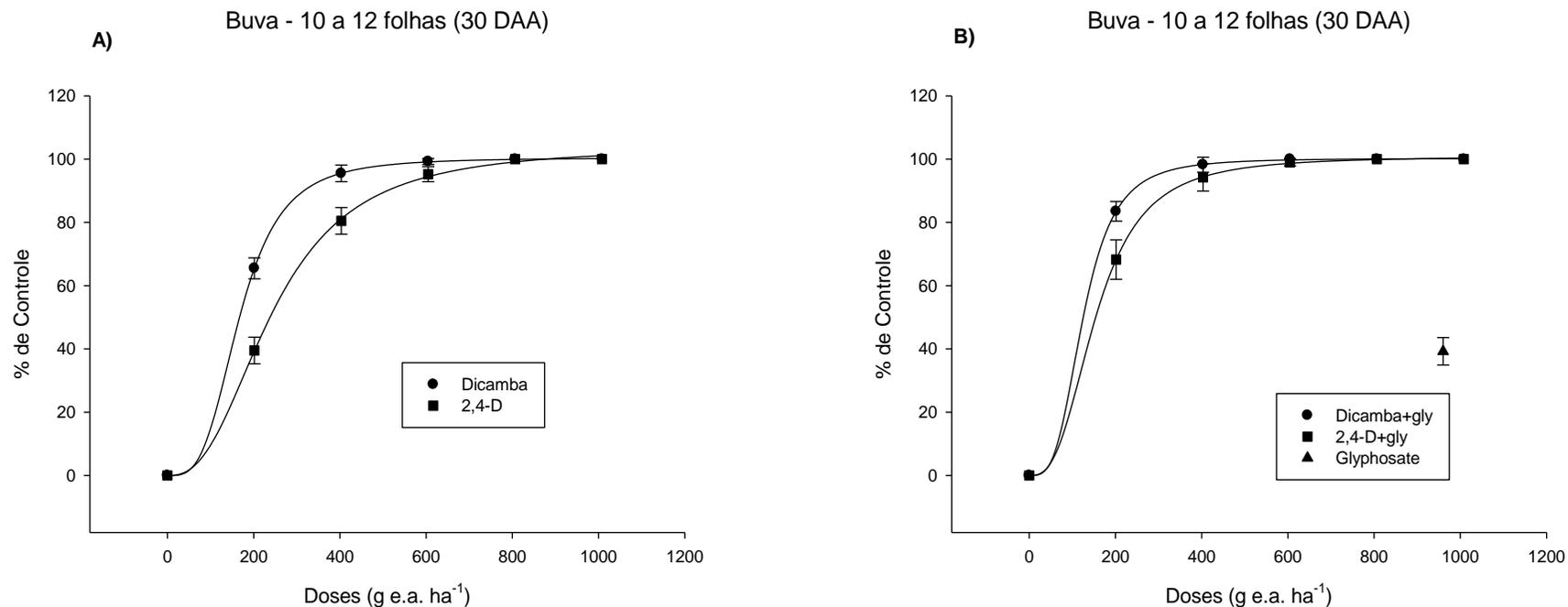


Figura 12. Curvas de dose-resposta para as plantas de buva (*Conyza* spp.) no estágio de 12-14 folhas, com dicamba e 2,4-D isolados e em mistura com glyphosate a 960 g e.a. ha<sup>-1</sup>. Maringá-PR, 2012.

Tabela 12. Estimativas dos parâmetros a, b e X<sub>0</sub>, coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) do modelo ajustado e doses para 80% e 95% de controle de *Conyza* spp. (10 a 12 folhas) aos 30 DAA. Maringá-PR, 2012.

HERBICIDAS	A	b	X <sub>0</sub>	R <sup>2</sup>	C <sub>95</sub> (g e.a. ha <sup>-1</sup> )	C <sub>80</sub> (g e.a. ha <sup>-1</sup> )
dicamba	100,39	-3,39	167,48	0,99	391,7	250,2
2,4-D	103,86	-2,55	244,75	0,99	621,1	393,1
dicamba+glyphosate	100,22	-3,38	125,31	0,99	296,2	188,8
2,4-D+glyphosate	100,83	-2,81	155,01	0,99	419,3	250,1

No atual experimento, as sementes das plantas de buva foram coletadas em áreas com suspeita de resistência, e também apresentaram porcentagens de controle excelentes com a adição do herbicida glyphosate aos mimetizadores de auxina (Figura 11B). Para o dicamba, todas as doses exerceram controle de 100%, enquanto para o 2,4-D, a partir de 403,2 g e.a. ha<sup>-1</sup> o controle foi total (100%).

Para as plantas de 10-12 folhas (20-25 cm), os resultados são apresentados na Figura 12 e Tabela 12. Assim como para o estágio menor, o dicamba se mostrou superior ao 2,4-D nas menores doses testadas. No entanto, quando se considera a dose do 2,4-D de 670 g e.a. ha<sup>-1</sup> que é, normalmente, utilizada nas associações com o glyphosate, os níveis de controle foram satisfatórios.

A aplicação isolada de glyphosate a 960 g e.a. ha<sup>-1</sup> proporcionou um controle de apenas 40% para a espécie. Com a adição dos mimetizadores de auxina, os níveis de controle ficaram próximos a 100% a partir da segunda dose testada. Para a mistura com o dicamba, foi encontrado um C<sub>95</sub> de 296,2 g e.a. ha<sup>-1</sup>; e para a mistura com o 2,4-D, a dose foi de 419,3 g e.a. ha<sup>-1</sup>.

Ao comparar os valores de C<sub>95</sub> obtidos para os herbicidas aplicados isoladamente e em mistura com o glyphosate, verifica-se que o acréscimo de glyphosate ao dicamba permite uma redução de aproximadamente 25% na dose do mimetizador de auxina. Para o 2,4-D, a redução é próxima de 33%, o que indica a importância da adição do herbicida glyphosate para o controle da espécie.

Os resultados sinérgicos para as espécies dicotiledôneas por meio das misturas entre 2,4-D + glyphosate ou dicamba + glyphosate são descritos por vários autores (OLIVEIRA et al., 2002; SANTOS et al., 2002; BYKER et al., 2013). Além da melhora dos níveis de controle, a aplicação da mistura de glyphosate + 2,4-D pode acelerar a morte das plantas (TAKANO et al., 2013). Flint e Barrett (1989b), ao estudarem os efeitos da combinação de glyphosate com 2,4-D ou dicamba sobre plantas de *Convolvulus arvensis*, verificaram que as misturas resultaram em aumento na absorção dos mimetizadores de auxina, o que gerou sinergismo para o controle de espécie. Os autores relatam ainda que o sinergismo da mistura pode ter ocorrido em função do maior acúmulo dos herbicidas na região radicular da espécie. Lym (2000) verificou taxas de

absorção e translocação três vezes maiores do 2,4-D quando foi aplicado com o glyphosate em comparação às aplicações isoladas de 2,4-D.

No entanto, o mesmo autor relata que, a translocação e absorção do glyphosate, nestas misturas, podem ser comprometidas, o que geraria problemas de antagonismo, principalmente se houvesse plantas monocotiledôneas na área. O'Sullivan e O'Donovan (1980) verificaram que tanto o dicamba como o 2,4-D reduziram a eficiência do glyphosate no controle de espécies monocotiledôneas. Flint e Barrett (1989a) também observaram antagonismo entre glyphosate e os mimetizadores de auxina no controle de *Sorghum halepense*, em função da redução da translocação do glyphosate. Nestes casos, o aumento da dose do glyphosate seria uma opção para a redução do antagonismo entre os herbicidas (O'SULLIVAN e O'DONOVAN, 1980; FLINT e BARRETT, 1989a). Portanto, o ajuste das doses de glyphosate em misturas com 2,4-D ou dicamba deve levar em consideração as espécies daninhas presentes na área.

Os valores de  $C_{80}$  e  $C_{95}$  obtidos pelas aplicações dos herbicidas sobre todas as espécies, nos dois estádios, estão resumidos na Tabela 13.

Tabela 13. Valores de C<sub>80</sub> e C<sub>95</sub> encontrados para os herbicidas dicamba e 2,4-D, isolados e em misturas com o glyphosate, para as espécies avaliadas do experimento. Maringá-PR, 2013.

Espécies	Herbicidas	4 – 6 folhas		10 -12 folhas	
		C <sub>80</sub>	C <sub>95</sub>	C <sub>80</sub>	C <sub>95</sub>
<i>R. brasiliensis</i>	dicamba	180,1	471,2	255,7	482,3
	2,4-D	176,2	246,1	212,2	309,1
	dic + gly	< 201,6	< 201,6	183,5	433,0
	2,4-D + gly	< 201,6	< 201,6	151,9	225,3
<i>C. benghalensis</i>	dicamba	681,1	>1008,0	>1008,0	>1008,0
	2,4-D	< 201,6	< 201,6	349,4	608,3
	dic + gly	94,2	226,1	483,3	>1008,0
	2,4-D + gly	< 201,6	< 201,6	68,9	164,2
<i>S. latifolia</i>	dicamba	183,5	277,1	>1008,0	>1008,0
	2,4-D	218,2	350,1	>1008,0	>1008,0
	dic + gly	< 201,6	< 201,6	633,9	>1008,0
	2,4-D + gly	< 201,6	< 201,6	767,8	>1008,0
<i>I. nil</i>	dicamba	208,2	292,9	361,9	731,3
	2,4-D	192,7	268,7	175,7	281,5
	dic + gly	< 201,6	< 201,6	< 201,6	< 201,6
	2,4-D + gly	< 201,6	< 201,6	< 201,6	< 201,6
<i>S. rhombifolia</i>	dicamba	730,3	>1008,0	>1008,0	>1008,0
	2,4-D	988,3	>1008,0	>1008,0	>1008,0
	dic + gly	< 201,6	< 201,6	123,9	199,2
	2,4-D + gly	< 201,6	< 201,6	< 201,6	< 201,6
<i>Conyza sp.</i>	dicamba	206,9	362,2	250,2	391,7
	2,4-D	270,7	539,4	393,1	621,1
	dic + gly	< 201,6	< 201,6	188,8	296,2
	2,4-D + gly	170,7	251,1	250,1	419,3

\* todas as doses estão expressas em gramas de equivalente ácido por hectare (g .e.a. ha<sup>-1</sup>).  
 >1008,0 significa que nenhuma dose testada atingiu o nível de controle indicado (80 ou 95%).  
 < 201,6 significa que todas as doses testadas apresentaram 100% de controle.

## CONCLUSÕES

Para o controle de poaia-branca (*Richardia brasiliensis*), o herbicida 2,4-D foi superior ao dicamba. As diferenças de sensibilidade aos mimetizadores de auxina foram reduzidas com a adição do herbicida glyphosate.

A trapoeraba (*Commelina benghalensis*) foi a espécie para a qual as diferenças de sensibilidade entre os mimetizadores de auxina foram mais evidentes. A aplicação isolada de 2,4-D foi superior à de dicamba nos dois estádios avaliados. Com a adição de glyphosate, para as plantas com 4-6 folhas, as diferenças entre dicamba e 2,4-D foram pequenas, enquanto que no estádio maior (10-12 folhas), a mistura glyphosate+2,4-D foi superior à mistura glyphosate+dicamba.

O controle exercido sobre as plantas de erva-quente (*Spermacocea latifolia*) foi excelente no estádio de 4-6 folhas, sendo o herbicida dicamba levemente superior ao 2,4-D em aplicações isoladas. Para as plantas maiores (10 a 12 folhas), a adição de glyphosate ao 2,4-D ou dicamba foi necessária para a obtenção de níveis de controle satisfatórios, e a adição do dicamba ao glyphosate foi a melhor opção.

Para as plantas de corda-de-viola (*Ipomoea nil*) de 4 a 6 folhas, as diferenças entre os mimetizadores de auxina foram mínimas, sendo ambos os herbicidas eficientes no controle da espécie. Para as plantas de 10 a 12 folhas, o herbicida 2,4-D se mostrou superior ao dicamba, fato este não relevante com a adição do herbicida glyphosate.

Para as plantas de guanxuma (*Sida rhombifolia*), as aplicações isoladas de dicamba e 2,4-D propiciaram níveis de controle satisfatórios apenas para plantas com 4 a 6 folhas. O herbicida dicamba aplicado isoladamente atingiu maiores níveis de controle que o 2,4-D. Já com a adição do glyphosate, as porcentagens de controle foram excelentes para os dois estádios, não havendo grandes diferenças entre os mimetizadores de auxina.

As plantas de buva (*Conyza* spp.) foram controladas com eficiência pelos dois mimetizadores de auxina. Apesar disso, o herbicida dicamba foi superior ao 2,4-D. As diferenças de sensibilidade aos mimetizadores de auxina também foram reduzidas com a adição do herbicida glyphosate.

As plantas daninhas apresentaram suscetibilidade diferenciada aos mimetizadores de auxina. Tais diferenças foram menos evidentes com a adição do glyphosate.

A adição de 2,4-D ou dicamba ao glyphosate para o controle de plantas tolerantes ou resistentes ao glyphosate se faz necessária, principalmente quando estas plantas se encontram mais desenvolvidas. Para as plantas de erva-quente e guanxuma com 10 a 12 folhas, as aplicações sem o herbicida glyphosate não alcançaram níveis de controle satisfatórios (>80%).

Para plantas menores (4 a 6 folhas), as misturas de glyphosate+2,4-D ou glyphosate+dicamba sempre proporcionaram níveis excelentes de controle para as espécies testadas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEHRENS, M.R. et al. Dicamba resistance: enlarging and preserving biotechnology-based weed management strategies. **Science**, v.316, n.5828, p.1185-1187, 2007.

BYKER, H.P. et al. Control of glyphosate-resistant horseweed (*Conyza canadensis*) with dicamba applied preplant and postemergence in dicamba-resistant soybean. **Weed Technology**, v.27, n.3, p.492-496, 2013.

CAO, M. et al. Genetic engineering of maize (*Zea mays*) for high-level tolerance to treatment with the herbicide dicamba. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.59, n.11, p.5830-5834, 2011.

CARVALHO, S.J.P. et al. Curvas de dose-resposta para avaliação do controle de fluxos de emergência de plantas daninhas pelo herbicida imazapic. **Planta Daninha**, v.23, n.3, p.535-542, 2005.

CHRISTOFFOLETI, P.J. et al. Auxinic herbicides, mechanisms of action, and weed resistance: A look into recent plant science advances. **Scientia Agricola**, v.72, n.4, p.356-362, 2015.

DHARMASIRI, N. et al. The F-box protein TIR1 is an auxin receptor. **Nature**, v.435, n.704, p.441-445, 2005.

FIGUEIREDO, M.R.A. **Interações entre os herbicidas 2,4-D e glifosato: aspectos químicos, bioquímicos e fisiológicos**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2015. 115 f. Dissertação (Mestre em Ciências). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

FLINT, J.L.; BARRETT, M. Antagonism of glyphosate toxicity to johnsongrass (*Sorghum halepense*) by 2,4-D and dicamba. **Weed Science**, v.37, n.5, p.700-705, 1989a.

FLINT, J.L.; BARRETT, M. Effects of glyphosate combinations with 2,4-D or dicamba on field bindweed (*Convolvulus arvensis*). **Weed Science**, v.37, n.1, p.12-18, 1989b.

GLEASON, C. et al. Mutant analysis in Arabidopsis provides insight into the molecular mode of action of the auxinic herbicide dicamba. **PLoS ONE**, v.6, n.3, p.1-11, 2011.

GREEN, J.M.; OWEN, M.D.K. Herbicide-resistant crops: utilities and limitations for herbicide-resistant weed management. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.59, n.11, p.5819-5829, 2010.

GROSSMANN, K. The mode of action of auxin herbicides: a new ending to a long, drawn out story. **Trends in Plant Science**, v.5, n.12, p.506–508, 2000.

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

INOUE, M.H.; OLIVEIRA JR., R.S. Resistência de plantas daninhas a herbicidas. In: OLIVEIRA JR., R.S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. p.193-214.

KELLEY, K.B. et al. Soybean response to plant growth regulator herbicides is affected by other postemergence herbicides. **Weed Science**, v.53, n.1, p.101-112, 2005.

KELLEY, K.B.; RIECHERS, D.E. Recent developments in auxin biology and new opportunities for auxinic herbicide research. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.89, n.1, p.1-11, 2007.

KRUGER, G.R. et al. Control of horseweed (*Conyza canadensis*) with growth regulator herbicides. **Weed Technology**, v.24, n.4, p.425-429, 2010.

LYM, R.G. Leafy spurge (*Euphorbia esula*) control with glyphosate plus 2,4-D. **Journal of Range Management**, v.53, n.1, p.68-72, 2000.

MACIEL, C.D.G. et al. Misturas em tanque com glyphosate para o controle de trapoeraba, erva-de-touro e capim-carrapicho em soja RR. **Revista Ceres**, v.58, n.1, p.35-42, 2011.

MONQUERO, P.A. et al. Glyphosate em mistura com herbicidas alternativos para o manejo de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v.19, n.3, p.375-380, 2001.

NORSWORTHY, J.K.; GREY, T.L. Addition of nonionic surfactant to glyphosate plus chlorimuron. **Weed Technology**, v.18, n.3, p.588-593, 2004.

OLIVEIRA, A.R. et al. Controle químico de trapoeraba na região norte do estado do Rio de Janeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23, 2002, Gramado. **Resumos...** Londrina, SBCPD/Embrapa Clima Temperado, 2002. p.269.

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

OWEN, L.N. et al. Evaluating rates and application timings of saflufenacil for control of glyphosate-resistant horseweed (*Conyza canadensis*) prior to planting no-till cotton. **Weed Technology**, v.25, n.1, p.1-5, 2011

O'SULLIVAN, P.A.; O'DONOVAN, J.T. Interaction between glyphosate and various herbicides for broadleaved weed control. **Weed Research**, v.20, n.1, p.255-260, 1980.

PRESTON, C. et al. Inheritance of resistance to the auxinic herbicide dicamba in *Kochia* (*Kochia scoparia*). **Weed Science**, v.57, n.1, p.43-47, 2009.

PROCÓPIO, S.O. et al. Utilização de chlorimuron-ethyl e imazethapyr na cultura da soja Roundup Ready®. **Planta Daninha**, v.25, n.2, p.365-373, 2007.

RONCHI, C.; SILVA, A.A.; FERREIRA, L.R. **Manejo de plantas daninhas em lavouras de café**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2001. 94p.

SANTOS, I.C. et al. Eficiência do 2,4-D aplicado isoladamente e em mistura com glyphosate no controle de trapoeraba. **Planta Daninha**, v.20, n.2, p.299-309, 2002.

SOARES, D.J. Control of glyphosate resistant hairy fleabane (*Conyza bonariensis*) with dicamba e 2,4-D. **Planta Daninha**, v.30, n.2, p.401-406, 2012.

SPAUNHORST, J.D.; BRADLEY, K.W. Influence of dicamba and dicamba plus glyphosate combinations on the control of glyphosate-resistant Waterhemp (*Amaranthus rudis*). **Weed Technology**, v.27, n.4, p.675-681, 2013.

STERLING, T.M.; HALL, J.C. Mechanism of action of natural auxins and the auxinic herbicides. IN: R.M. ROE, J.D. BURTON, R.J. KUHR (Eds.), **Herbicide Activity: Toxicology, Biochemistry and Molecular Biology**, IOS Press, Burke, VA, 1997, p. 111–141.

STREIBIG, J.C. Herbicide bioassay. **Weed Research**, v.28, p.479-484, 1988.

TAKANO, H.K. et al. Efeito da adição do 2,4-D ao glyphosate para o controle de espécies de plantas daninhas de difícil controle. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.12, n.1, p.1-13, 2013.

THOMPSON JR., L. et al. Action and fate of 2,4-D and dicamba in Trumpet creeper. **Weed Science**, v.21, n.5, p.429-432, 1973.

VINK, J.P. et al. Glyphosate-resistant giant ragweed (*Ambrosia trifida*) control in dicamba-tolerant soybean. **Weed Technology**, v.26, n.3, p.422-428, 2012.

ZHENG, H.G.; HALL, J.C. Understanding auxinic herbicide resistance in wild mustard: physiological, biochemical, and molecular genetic approaches. **Weed Science**, v.49, n.2, p.276-281, 2001.

## **CAPÍTULO 2 – DICAMBA E 2,4-D EM MISTURA COM OS HERBICIDAS INIBIDORES DE ACCASE**

**RESUMO:** A presença de plantas daninhas monocotiledôneas e dicotiledôneas resistentes ao glyphosate numa mesma área faz com que misturas de herbicidas sejam necessárias. O presente trabalho teve por objetivo avaliar as interações entre os herbicidas mimetizadores de auxina e os inibidores de ACCase. Os herbicidas dicamba, 2,4-D, clethodim, quizalofop-p-tefuryl e glyphosate foram aplicados isoladamente e em misturas entre si, em um delineamento inteiramente ao acaso, com trinta tratamentos e quatro repetições. Os experimentos foram realizados em dois anos consecutivos em área com alta infestação de buva e de capim-amargoso, com histórico de resistência ao herbicida glyphosate. Para o experimento do ano de 2012, as alturas médias das plantas de buva e de capim-amargoso foram, respectivamente, 30 e 70 cm. Para o experimento de 2013, foram, respectivamente, 80 e 120 cm. Os resultados obtidos na avaliação de 35 DAA foram analisados pelo método de Colby. Com relação ao controle de buva, nos dois anos avaliados, não foram verificados problemas de antagonismo entre os mimetizadores de auxina e os inibidores de ACCase. Para o controle de capim-amargoso, as misturas com 2,4-D foram mais antagônicas do que as misturas com dicamba. Os efeitos do antagonismo foram mais pronunciados nas plantas maiores de capim-amargoso, e nas misturas com o graminicida quizalofop-p-tefuryl, em relação ao clethodim.

**Palavras-chave:** antagonismo, sinergismo, buva, capim-amargoso

**ABSTRACT:** The presence of monocotyledonous and dicotyledonous weeds resistant to glyphosate in the same area makes necessary the mixtures of herbicides. This study aims to evaluate the interactions between auxin mimics herbicides and ACCase inhibitors. The herbicides dicamba, 2,4-D, clethodim, quizalofop-p-tefuryl and glyphosate were applied alone and in mixtures with each other in a completely randomized design, with thirty treatments and four replications. The experiments were conducted in two consecutive years in an area with high infestation of horseweed and sourgrass with glyphosate resistance history. For the experiment of 2012, the average plant height of

horseweed and sourgrass were, respectively, 30 and 70 cm. For the 2013 experiment were, respectively, 80 and 120 cm. With relation to the control horseweed, in the two years evaluated, it has not been verified antagonism problems among mimics auxin and ACCase inhibitors. The effects of the antagonism were more pronounced in larger plants sourgrass and in mixtures with quizalofop-p-tefuryl graminicide, in relation by clethodim.

**Keywords:** antagonismo, synergism, horseweed, sourgrass

## INTRODUÇÃO

A partir do final da década de 1990, em decorrência da utilização da tecnologia RR, as aplicações de glyphosate aumentaram significativamente, fator este que contribuiu de maneira significativa para a seleção de biótipos de plantas daninhas resistentes ao herbicida (KOGER e REDDY, 2005; MELO et al., 2012).

No Brasil, relatos de resistência ao herbicida glyphosate ou ainda relatos de falhas de controle para este herbicida têm sido mais frequentes (BRUNHARO, 2014; SANTOS et al., 2014), principalmente para as espécies de buva (*Conyza* spp) e de capim-amargoso (*Digitaria insularis*). Observa-se o aumento mais acentuado destes problemas em áreas nas quais não há o estabelecimento de culturas de coberturas na entressafra (CORREIA et al., 2010).

Para o capim-amargoso, não existem muitas opções de mecanismo de ação de herbicidas que garantam um controle adequado. O uso de herbicidas de contato, como o amônio-glufosinato ou paraquat, é limitado em função das densas touceiras formadas pela espécie e da alta capacidade de rebrota (GEMELLI et al., 2012a; BARROSO et al., 2014). Como herbicidas sistêmicos, além do glyphosate, as melhores opções são os herbicidas inibidores da ACCase.

Com relação à buva, há mais opções de herbicidas para o controle em pós-emergência. Associações de produtos contendo saflufenacil, 2,4-D, amônio-glufosinato, paraquat e glyphosate são comumente utilizadas para o manejo da *Conyza* spp. Nos EUA, pesquisas têm mostrado que o herbicida dicamba proporciona também excelentes níveis de controle para a buva (STECKEL et al., 2006; KRUGER et al., 2010; OWEN et al., 2011).

Em algumas regiões do país, como no estado do Paraná, por exemplo, é frequente a ocorrência simultânea de plantas de capim-amargoso e de buva, ambas resistentes ao glyphosate. Dessa forma, a associação ou misturas entre herbicidas se tornou uma ferramenta frequentemente utilizada para o manejo da comunidade infestante.

As principais vantagens dessas associações seriam a melhora nas porcentagens de controle, a ampliação do espectro de ação e a diminuição de custos (DAMALAS e ELEFTHEROHORINOS, 2001; RONCHI et al., 2002; WEHTJE, 2008). Por outro lado, as misturas de alguns herbicidas podem ser consideradas antagônicas. Isso ocorre quando o efeito combinado de dois herbicidas é menor que o efeito esperado pela soma desses herbicidas aplicados isoladamente (STAKER e OLIVER, 1998).

Para o controle de buva e de capim-amargoso numa mesma área, tem sido comum relatos de antagonismo entre as misturas. Alguns autores relatam que as associações entre herbicidas latifolicidas e graminicidas podem reduzir o controle esperado, principalmente nas plantas de capim-amargoso (OSIPE et al., 2014; TREZZI et al., 2007). Tal fato é mais evidente quando ocorre mistura entre os herbicidas inibidores de ACCase e o 2,4-D (ROMAN et al., 2007; TREZZI et al., 2007).

Apesar das causas dessas interações antagônicas não estarem elucidadas totalmente, alguns autores consideram que o antagonismo pode ocorrer em função da redução da absorção dos graminicidas (CULPEPPER et al., 1999; BROMMER et al., 2000). Outra possibilidade seria a redução da atividade metabólica, como da divisão celular e do fornecimento de lipídios para formação da membrana, o que comprometeria a atividade dos inibidores de ACCase (MINTON et al., 1989).

Considerando a possibilidade do retorno do herbicida dicamba ao mercado brasileiro, o presente trabalho teve como objetivo avaliar, de forma comparativa ao 2,4-D, a interação das misturas entre herbicidas inibidores de ACCase e o dicamba no controle de plantas daninhas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado nos anos de 2012 e 2013 no município de Maringá – PR, em propriedade pertencente ao Sr. Mauro Zironi, em áreas com alta infestação de capim-amargoso e de buva com histórico de resistência ao herbicida glyphosate, com coordenadas geográficas de 23°28'22,32" S e 52°0'7,30" O, e altitude de 541 metros.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pelos herbicidas dicamba, 2,4-D, clethodim, quizalofop-p-tefuryl e glyphosate aplicados isoladamente e em misturas entre si, além de uma testemunha sem aplicação, conforme a Tabela 1, totalizando 30 tratamentos.

A unidade experimental teve dimensão de 4,5 metros de largura por 5 metros de comprimento. A área útil considerada para as avaliações foram os quatro metros centrais de cada parcela (largura), exceto 0,5 m de cada extremidade no comprimento.

Os herbicidas foram aplicados em pós-emergência da comunidade infestante. As principais plantas daninhas presentes na área eram buva (*Coryza* sp.) e capim-amargoso (*Digitaria insularis*). Para o experimento do ano de 2012, a densidade de infestação e altura médias das plantas de buva e capim-amargoso foram, respectivamente, 9 plantas m<sup>-2</sup> e 30 cm; 11 plantas m<sup>-2</sup> e 70 cm (pleno florescimento). Para o experimento de 2013, 5 plantas m<sup>-2</sup> e 80 cm; 9 plantas m<sup>-2</sup> e 120 cm (pleno florescimento).

Para as aplicações dos herbicidas foi utilizado um pulverizador costal de pressão constante à base de CO<sub>2</sub>, equipado com barra com quatro pontas tipo leque XR-110.02, sob pressão de 2,0 kgf cm<sup>-2</sup>. Estas condições de aplicação proporcionaram uma taxa de aplicação de 200 L ha<sup>-1</sup>.

As aplicações ocorreram nos dias 16/10/2012 e 14/11/2013, e as condições climáticas nestas ocasiões foram: temperatura do ar entre 23° e 26° C, umidade relativa do ar entre 65 e 75% e ventos de até 4,2 km h<sup>-1</sup>.

Para as avaliações de controle, utilizou-se como referência a infestação da área com base nas amostragens de plantas daninhas existentes nas testemunhas sem herbicida. As variáveis avaliadas foram: porcentagem de controle (escala visual, 0-100%, onde 0% significa ausência de sintomas e

100% morte total das plantas daninhas) aos 10, 22 e 35 (dias após aplicação) dos tratamentos.

Tabela 1. Tratamentos utilizados no experimento para a verificação da interação entre as misturas dos herbicidas. Maringá – PR, 2012 e 2013.

TRATAMENTOS <sup>1</sup>	DOSES g e.a. ou i.a. ha <sup>-1</sup>
01. dicamba <sup>2</sup>	402
02. dicamba	670
03. 2,4-D	402
04. 2,4-D	670
05. clethodim	168 <sup>3</sup>
06. quizalofop <sup>4</sup>	120 <sup>3</sup>
07. glyphosate	1440 <sup>3</sup>
08. clethodim + glyphosate	168 + 1440 <sup>3</sup>
09. quizalofop <sup>4</sup> + glyphosate	120 + 1440 <sup>3</sup>
10. dicamba + glyphosate	402 + 1440 <sup>3</sup>
11. dicamba + clethodim	402 + 168 <sup>3</sup>
12. dicamba + quizalofop <sup>4</sup>	402 + 120 <sup>3</sup>
13. dicamba + clethodim + glyphosate	402 + 168+ 1440 <sup>3</sup>
14. dicamba + quizalofop <sup>4</sup> + glyphosate	402 + 120+ 1440 <sup>3</sup>
15. dicamba + glyphosate	670 + 1440 <sup>3</sup>
16. dicamba + clethodim	670 + 168 <sup>3</sup>
17. dicamba + quizalofop <sup>4</sup>	670 + 120 <sup>3</sup>
18. dicamba + clethodim + glyphosate	670 + 168+ 1440 <sup>3</sup>
19. dicamba + quizalofop <sup>4</sup> + glyphosate	670 + 120+ 1440 <sup>3</sup>
20. 2,4-D + glyphosate	402 + 1440 <sup>3</sup>
21. 2,4-D + clethodim	402 + 168 <sup>3</sup>
22. 2,4-D + quizalofop <sup>4</sup>	402 + 120 <sup>3</sup>
23. 2,4-D + clethodim + glyphosate	402 + 168+ 1440 <sup>3</sup>
24. 2,4-D + quizalofop <sup>4</sup> + glyphosate	402 + 120+ 1440 <sup>3</sup>
25. 2,4-D + glyphosate	670 + 1440 <sup>3</sup>
26. 2,4-D + clethodim	670 + 168 <sup>3</sup>
27. 2,4-D + quizalofop <sup>4</sup>	670 + 120 <sup>3</sup>
28. 2,4-D + clethodim + glyphosate	670 + 168+ 1440 <sup>3</sup>
29. 2,4-D + quizalofop <sup>4</sup> + glyphosate	670 + 120+ 1440 <sup>3</sup>
30. Testemunha sem herbicidas	-

<sup>1</sup> Os produtos comerciais utilizados para os herbicidas indicados foram DMA 806BR, Roundup Original, Select e Panther.

<sup>2</sup> Não há formulação comercial do herbicida dicamba no Brasil. A formulação utilizada foi à base do sal de dyglicolamina, 480 g e.a. L<sup>-1</sup>, formulação SC (amostra cedida pela Basf) g e.a. – gramas de equivalente ácido; i.a. ingrediente ativo

<sup>3</sup> Tratamentos aplicados em conjunto com óleo mineral a 0,5% v/v

<sup>4</sup> Foi utilizado o herbicida quizalofop-p-tefuryl.

Os dados de controle foram submetidos à análise de variância (teste F) a 5% de probabilidade, e comparados entre si pelo teste de agrupamento Scott-Knott, também a 5% de probabilidade.

Os dados referentes à última avaliação de controle (35 DAA) foram submetidos à análise pelo método de Colby (1967) para a verificação da interação entre os herbicidas. A fórmula de Colby (1967) está descrita a seguir para dois e três herbicidas respectivamente:

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

$$E = (X + Y + Z) - \frac{(XY + XZ + YZ)}{100} + \frac{XYZ}{100^{n-1}}$$

Nestas equações, X, Y e Z se referem, respectivamente, ao controle obtido com os herbicidas X, Y e Z utilizados isoladamente. Assim na fórmula, X+Y+Z se refere à soma das médias de controle dos herbicidas X, Y e Z, tal como XYZ se refere ao produto das médias de controle. As demais operações matemáticas das fórmulas seguem o mesmo padrão. Isto implica em dizer, por exemplo, que XY não é o resultado de controle da associação do herbicida X com o herbicida Y, mas sim a multiplicação da média de controle do herbicida X pela média do herbicida Y. Adicionalmente, 'n' refere-se ao número de herbicidas combinados GEMELLI (2012b).

Como o método de Colby (1967) não considera a interação entre as misturas duplas para as avaliações das interações nas misturas triplas (apenas o efeito isolado de cada herbicida é utilizado), a segunda equação citada acima não foi utilizada para os cálculos. Para as misturas triplas, o presente trabalho pretende verificar se a adição de um terceiro herbicida, por exemplo, a adição de 2,4-D ou dicamba a glyphosate+clethodim ou a glyphosate+quizalofop-p-tefuryl, afeta o desempenho da mistura dupla.

Assim, para o controle do capim-amargoso, considerou-se a mistura glyphosate+clethodim ou glyphosate+quizalofop-p-tefuryl como sendo o produto "X" e o 2,4-D ou dicamba, o produto "Y". Já para buva, como o intuito é analisar se a adição do herbicida inibidor de ACCase interfere na aplicação de glyphosate+mimetizador de auxina, estas misturas foram consideradas o produto "X", e o clethodim ou quizalofop-p-tefuryl, o produto "Y".

Segundo Colby (1967), se o resultado de controle obtido pela mistura de dois herbicidas for superior ao valor esperado (“E” da fórmula), a interação é considerada sinérgica. Se for inferior, a interação é antagônica; e caso sejam iguais, a interação é aditiva. Neste experimento, os valores observados e esperados foram comparados por meio dos intervalos de confiança das médias a 95%, conforme sugerido por Gemelli (2012b). Dessa forma, se as diferenças entre os valores observados e esperados foram inferiores ao intervalo de confiança, a interação foi considerada aditiva.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### a) Controle de buva

Na Tabela 1 estão os resultados das três avaliações de controle sobre as plantas de buva para o ensaio realizado no ano de 2012. Neste experimento, as plantas apresentavam, em média, 30 cm de altura. Aos 10 DAA, observa-se que todos os herbicidas aplicados isoladamente propiciaram baixos níveis de controle para a buva.

Na avaliação de 22 DAA, os sintomas dos herbicidas nas plantas foram mais evidentes, com destaque para as aplicações de dicamba na dose de 670 g e.a. ha<sup>-1</sup>, que mesmo sem a associação com o glyphosate exerceu controle superior a 90%. As aplicações isoladas de 2,4-D propiciaram controle de até 67,5%. Nesta ocasião, com a adição do glyphosate aos mimetizadores de auxina, essas diferenças foram menos evidentes.

O herbicida dicamba nas doses de 402 e 670 g e.a. ha<sup>-1</sup> exerceu controle de 94 e 100% aos 35 DAA, respectivamente, superando as aplicações isoladas de 2,4-D. A aplicação isolada do glyphosate (1440 g e.a. ha<sup>-1</sup>) propiciou controle de apenas 58%, demonstrando a necessidade de mistura com outro herbicida.

Aos 35 DAA, observa-se que alguns tratamentos com os herbicidas dicamba e glyphosate alcançaram 100% de eficiência no controle da buva. Com 2,4-D + glyphosate, o maior valor foi de 92,5%, com o primeiro herbicida na dose de 670 g e.a. ha<sup>-1</sup>.

Entre os herbicidas mimetizadores de auxina, o que promove maior nível de controle para *Conyza* spp. é o dicamba à base do sal de dyglicolamina, seguido pelo mesmo herbicida a base do sal de dimetilamina, 2,4-D éster e 2,4-D amina, respectivamente (KRUGER et al., 2010).

A avaliação das interações entre as misturas duplas e triplas serão discutidas na sequência, por meio de outras Tabelas.

Tabela 1. Média das porcentagens de controle de *Conyza* spp. após a aplicação dos herbicidas. Maringá – PR. 2012.

TRATAMENTOS	DOSES (g e.a. ou i.a. ha <sup>-1</sup> )	PORCENTAGEM DE CONTROLE*		
		10 DAA	22 DAA	35 DAA
01. dicamba	402	32,5 e	77,5 b	94,0 b
02. dicamba	670	41,8 d	91,8 a	100,0 a
03. 2,4-D	402	28,8 e	56,3 d	60,8 g
04. 2,4-D	670	32,3 e	67,5 c	67,3 f
05. clethodim	168	0,0 f	0,0 e	0,0 h
06. quizalofop	120	0,0 f	0,0 e	0,0 h
07. glyphosate	1440	32,5 e	52,0 d	73,8 e
08. clethodim+glyphosate	168+1440	28,0 e	52,5 d	70,8 f
09. quizalofop+glyphosate	120+1440	40,0 d	55,0 d	68,8 f
10. dicamba+glyphosate	402+1440	70,0 a	95,0 a	99,5 a
11. dicamba+clethodim	402+168	30,8 e	69,3 c	95,3 b
12. dicamba+quizalofop	402+120	32,5 e	73,8 c	94,5 b
13. dicamba+clethodim+glyphosate	402+168+1440	66,8 a	90,5 a	99,5 a
14. dicamba+quizalofop+glyphosate	402+120+1440	75,0 a	95,3 a	100,0 a
15. dicamba+glyphosate	670+1440	70,8 a	95,5 a	100,0 a
16. dicamba+clethodim	670+168	43,8 d	87,5 a	98,8 a
17. dicamba+quizalofop	670+120	38,8 d	83,8 b	97,8 a
18. dicamba+clethodim+glyphosate	670+168+1440	65,5 b	96,0 a	100,0 a
19. dicamba+quizalofop+glyphosate	670+120+1440	64,5 b	96,5 a	99,5 a
20. 2,4-D+glyphosate	402+1440	60,8 b	78,0 b	80,5 d
21. 2,4-D+clethodim	402+168	41,5 d	70,8 c	65,0 g
22. 2,4-D+quizalofop	402+120	30,8 e	55,0 d	63,8 g
23. 2,4-D+clethodim+glyphosate	402+168+1440	55,5 c	88,5 a	77,5 d
24. 2,4-D+quizalofop+glyphosate	402+120+1440	62,5 b	82,5 b	85,5 c
25. 2,4-D+glyphosate	670+1440	67,3 a	94,8 a	92,5 b
26. 2,4-D+clethodim	670+168	33,0 e	66,8 c	69,5 f
27. 2,4-D+quizalofop	670+120	30,8 e	65,5 c	72,5 e
28. 2,4-D+clethodim+glyphosate	670+168+1440	70,8 a	95,0 a	94,8 b
29. 2,4-D+quizalofop+glyphosate	670+120+1440	69,8 a	92,5 a	92,0 b
30. Testemunha sem herbicidas	-	0,0 f	0,0 e	0,0 h
C.V. (%)		9,84	9,32	5,25

\*As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de agrupamento Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Para o experimento no ano de 2013 (buva com 80 cm), as porcentagens de controle proporcionadas pelos herbicidas foram inferiores às do ano anterior

(Tabela 2). Aos 10 DAA, os níveis de controle observados ainda eram baixos, não ultrapassando 60% em nenhum tratamento.

Tabela 2. Média das porcentagens de controle *Conyza* spp. após a aplicação dos herbicidas. Maringá – PR. 2013.

TRATAMENTOS	DOSES (g e.a. ou i.a. ha <sup>-1</sup> )	PORCENTAGEM DE CONTROLE*		
		10 DAA	22 DAA	35 DAA
01. dicamba	402	41,3 b	48,0 d	52,5 c
02. dicamba	670	47,5 a	53,8 c	58,8 c
03. 2,4-D	402	37,0 b	28,8 f	33,8 d
04. 2,4-D	670	43,8 b	43,8 d	47,5 c
05. clethodim	168	0,0 d	0,0 g	0,0 f
06. quizalofop	120	1,3 d	0,0 g	0,0 f
07. glyphosate	1440	21,3 c	28,8 f	33,8 d
08. clethodim+glyphosate	168+1440	15,0 c	30,0 f	35,0 d
09. quizalofop+glyphosate	120+1440	10,5 c	26,3 f	27,5 e
10. dicamba+glyphosate	402+1440	47,5 a	63,0 b	68,8 b
11. dicamba+clethodim	402+168	42,5 b	55,0 c	60,0 c
12. dicamba+quizalofop	402+120	43,8 b	50,0 c	52,5 c
13. dicamba+clethodim+glyphosate	402+168+1440	52,5 a	73,5 a	78,8 a
14. dicamba+quizalofop+glyphosate	402+120+1440	56,8 a	71,8 a	79,3 a
15. dicamba+glyphosate	670+1440	55,0 a	75,5 a	85,0 a
16. dicamba+clethodim	670+168	43,8 b	56,3 c	60,0 c
17. dicamba+quizalofop	670+120	42,5 b	53,8 c	57,5 c
18. dicamba+clethodim+glyphosate	670+168+1440	50,0 a	76,5 a	82,5 a
19. dicamba+quizalofop+glyphosate	670+120+1440	56,3 a	72,5 a	80,0 a
20. 2,4-D+glyphosate	402+1440	48,8 a	47,5 d	50,0 c
21. 2,4-D+clethodim	402+168	36,3 b	36,3 e	40,0 d
22. 2,4-D+quizalofop	402+120	17,5 c	26,3 f	26,3 e
23. 2,4-D+clethodim+glyphosate	402+168+1440	45,0 b	37,5 e	39,5 d
24. 2,4-D+quizalofop+glyphosate	402+120+1440	46,3 b	37,5 e	36,3 d
25. 2,4-D+glyphosate	670+1440	52,5 a	51,3 c	55,0 c
26. 2,4-D+clethodim	670+168	41,3 b	42,5 d	42,5 d
27. 2,4-D+quizalofop	670+120	40,0 b	40,0 e	36,3 d
28. 2,4-D+clethodim+glyphosate	670+168+1440	51,3 a	48,8 d	51,3 c
29. 2,4-D+quizalofop+glyphosate	670+120+1440	55,0 a	52,5 c	55,0 c
30. Testemunha sem herbicidas	-	0,0 d	0,0 g	0,0 f
C.V. (%)		14,94	13,19	14,88

\*As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de agrupamento Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Observa-se que, entre os herbicidas aplicados isoladamente, o que mais se destacou foi o dicamba, proporcionando 58,8% de controle aos 35 DAA na dose de 670 g e.a. ha<sup>-1</sup>, não diferindo da dose de 402 g e.a. ha<sup>-1</sup>. No entanto, nenhum dos tratamentos isolados apresentou controle satisfatório para a buva, havendo necessidade da adição de outro herbicida para a obtenção de controle adequado. Como já esperado, os efeitos isolados dos herbicidas inibidores de ACCase sobre as plantas de *Conyza* spp., foram praticamente nulos.

A adição do herbicida glyphosate ao dicamba elevou os níveis de controle da buva consideravelmente. Esta mistura, com o dicamba na dose de 670 g e.a. ha<sup>-1</sup>, exerceu controle de 85%. Para as misturas de 2,4-D e glyphosate, os resultados foram inferiores, com porcentagens próximas a 55%. Ressalta-se que o tamanho da buva no momento da aplicação era, em média, de 80 cm, o que dificultou seu controle com apenas uma aplicação. Para plantas de buva em estádios mais avançados (>25-30 cm), muitas vezes uma única aplicação pontual não é suficiente para garantir um controle ideal (CONSTANTIN et al., 2013).

Vangessel et al. (2001) relatam que quanto mais desenvolvidas estão as plantas de buva, maiores são as dificuldades de controle; e como consequência, a ocorrência de brotações laterais aumenta após as aplicações dos tratamentos herbicidas (MOREIRA et al., 2010).

Os resultados obtidos pelo método de Colby (1967) para as misturas duplas envolvendo dicamba e 2,4-D, para os anos de 2012 e 2013, são apresentados nas Tabelas 3 e 4, respectivamente.

Para o experimento de 2012, no qual as plantas de buva estavam com 30 cm de altura, verificou-se que nenhuma das misturas duplas apresentadas foi classificada como antagônica. Para o tratamento com dicamba a 402 g e.a. ha<sup>-1</sup> + glyphosate, a mistura foi considerada sinérgica, exercendo controle de 99,5%. Apesar disso, a diferença entre os valores observados e esperados para esta mistura foi muito pequeno (1,1%), o que na prática, muitas vezes, é difícil de ser percebido.

As demais misturas avaliadas foram consideradas aditivas, não havendo, portanto, problemas quando se associaram os herbicidas.

Tabela 3. Avaliação dos efeitos das misturas duplas envolvendo dicamba e 2,4-D sobre o controle de plantas de buva aos 35 DAA. Maringá – PR. 2012.

TRATAMENTOS	DOSES (g e.a. ou i.a. ha <sup>-1</sup> )	PORCENTAGEM DE CONTROLE		
		Obs. <sup>1</sup>	Esp. <sup>2</sup>	RESULTADO
10. dicamba+glyphosate	402+1440	99,5	98,4 ± 0,9	SINERG.
11. dicamba+clethodim	402+168	95,3	94,0 ± 6,0	ADITIVA
12. dicamba+quizalofop	402+120	94,5	94,0 ± 6,7	ADITIVA
15. dicamba+glyphosate	670+1440	100,0	100,0 ± 0,0	ADITIVA
16. dicamba+clethodim	670+168	98,8	100,0 ± 1,5	ADITIVA
17. dicamba+quizalofop	670+120	97,8	100,0 ± 2,4	ADITIVA
20. 2,4-D+glyphosate	402+1440	80,5	89,7 ± 10,2	ADITIVA
21. 2,4-D+clethodim	402+168	65,0	60,8 ± 9,2	ADITIVA
22. 2,4-D+quizalofop	402+120	63,8	60,8 ± 7,6	ADITIVA
25. 2,4-D+glyphosate	670+1440	92,5	91,4 ± 6,7	ADITIVA
26. 2,4-D+clethodim	670+168	69,5	67,3 ± 6,7	ADITIVA
27. 2,4-D+quizalofop	670+120	72,5	67,3 ± 10,3	ADITIVA

<sup>1</sup> obs - média dos valores de porcentagem de controle obtidos nas avaliações.

<sup>2</sup> esp - valores de porcentagem de controle, considerando a Fórmula de Colby e o intervalo de confiança a 95%.

Para o experimento do ano de 2013 (Tabela 4), os resultados foram semelhantes aos do ano anterior. Nenhuma mistura com os herbicidas dicamba ou 2,4-D foi considerada antagônica para o controle da buva. Neste caso, destaca-se a mistura dicamba (670 g e.a. ha<sup>-1</sup>) + glyphosate, classificada como sinérgica, que proporcionou um controle observado 12,3% superior ao esperado.

Os resultados indicam que a adição de glyphosate aos mimetizadores foi benéfica para o controle da buva, podendo existir, em algumas situações, sinergismo nas misturas. Quando o sinergismo não foi observado, os efeitos destes herbicidas foram somados, o que também valida a aplicação deles em mistura.

Já os inibidores de ACCase, de maneira geral, por apresentaram controle nulo sobre a espécie, não trouxeram benefícios no controle da buva. No entanto, os herbicidas clethodim ou quizalofop não prejudicaram a ação do 2,4-D e do dicamba no controle da buva, indicando a possibilidade de sua utilização quando se pretende controlar outra espécie numa mesma área. Hatzios (1993) corrobora tais resultados ao afirmar que, apesar do 2,4-D reduzir os níveis de controle exercidos pelo herbicida diclofop-methyl sobre

*Avena fatua*, a atividade do 2,4-D não é afetada por este inibidor de ACCase no controle de plantas dicotiledôneas.

Tabela 4. Avaliação dos efeitos das misturas duplas envolvendo dicamba e 2,4-D sobre o controle de plantas de buva aos 35 DAA. Maringá – PR. 2013.

TRATAMENTOS	DOSES (g e.a. ou i.a. ha <sup>-1</sup> )	PORCENTAGEM DE CONTROLE		
		Obs. <sup>1</sup>	Esp. <sup>2</sup>	RESULTADO
10. dicamba+glyphosate	402+1440	68,8	68,5 ± 13,6	ADITIVA
11. dicamba+clethodim	402+168	60,0	52,5 ± 8,1	ADITIVA
12. dicamba+quizalofop	402+120	52,5	52,5 ± 10,3	ADITIVA
15. dicamba+glyphosate	670+1440	85,0	72,7 ± 6,5	SINERG.
16. dicamba+clethodim	670+168	60,0	58,8 ± 13,0	ADITIVA
17. dicamba+quizalofop	670+120	57,5	58,8 ± 15,2	ADITIVA
20. 2,4-D+glyphosate	402+1440	50,0	56,1 ± 23,4	ADITIVA
21. 2,4-D+clethodim	402+168	40,0	33,8 ± 13,0	ADITIVA
22. 2,4-D+quizalofop	402+120	26,3	33,8 ± 7,6	ADITIVA
25. 2,4-D+glyphosate	670+1440	55,0	65,2 ± 11,2	ADITIVA
26. 2,4-D+clethodim	670+168	42,5	47,5 ± 13,8	ADITIVA
27. 2,4-D+quizalofop	670+120	36,3	47,5 ± 11,8	ADITIVA

<sup>1</sup> obs - média dos valores de porcentagem de controle obtidos nas avaliações.

<sup>2</sup> esp - valores de porcentagem de controle, considerando a Fórmula de Colby e o intervalo de confiança a 95%.

Para as misturas triplas, os experimentos de 2012 e 2013 (Tabela 5) revelaram que as misturas testadas são passíveis de serem utilizados para o controle de *Conyza* spp. No primeiro experimento (2012), os resultados da maioria das misturas triplas foram classificados como aditivos, estando muito próximos a 100% quando se utilizou o herbicida dicamba. Apenas para o tratamento 14 a mistura foi classificada como sinérgica. No entanto, as diferenças observadas entre os valores observados e esperados foram mínimas (0,5%).

Tabela 5. Avaliação dos efeitos das misturas triplas sobre o controle de plantas de buva aos 35 DAA. Maringá – PR. 2012.

TRATAMENTOS	DOSES (g e.a. ou i.a. ha <sup>-1</sup> )	PORCENTAGEM DE CONTROLE		
		Obs. <sup>1</sup>	Esp. <sup>2</sup>	RESULTADO
13. dicamba+clethodim+glyphosate	402+168+1440	99,5	99,5 ± 0,9	ADITIVA
14. dicamba+quizalofop+glyphosate	402+120+1440	100,0	99,5 ± 0,0	SINERG.
18. dicamba+clethodim+glyphosate	670+168+1440	100,0	100,0 ± 0,0	ADITIVA
19. dicamba+quizalofop+glyphosate	670+120+1440	99,5	100,0 ± 1,6	ADITIVA
23. 2,4-D+clethodim+glyphosate	402+168+1440	77,5	77,5 ± 10,3	ADITIVA
24. 2,4-D+quizalofop+glyphosate	402+120+1440	80,5	77,5 ± 8,4	ADITIVA
28. 2,4-D+clethodim+glyphosate	670+168+1440	94,8	92,5 ± 7,3	ADITIVA
29. 2,4-D+quizalofop+glyphosate	670+120+1440	92,0	92,5 ± 6,9	ADITIVA

<sup>1</sup> obs - média dos valores de porcentagem de controle obtidos nas avaliações.

<sup>2</sup> esp - valores de porcentagem de controle, considerando a Fórmula de Colby e o intervalo de confiança a 95%.

Tabela 6. Avaliação dos efeitos das misturas triplas sobre o controle de plantas de buva aos 35 DAA. Maringá – PR. 2013.

TRATAMENTOS	DOSES (g e.a. ou i.a. ha <sup>-1</sup> )	PORCENTAGEM DE CONTROLE		
		Obs. <sup>1</sup>	Esp. <sup>2</sup>	RESULTADO
13. dicamba+clethodim+glyphosate	402+168+1440	78,8	68,8 ± 7,6	SINERG.
14. dicamba+quizalofop+glyphosate	402+120+1440	79,3	68,8 ± 6,9	SINERG.
18. dicamba+clethodim+glyphosate	670+168+1440	82,5	85,0 ± 4,6	ADITIVA
19. dicamba+quizalofop+glyphosate	670+120+1440	80,0	85,0 ± 10,4	ADITIVA
23. 2,4-D+clethodim+glyphosate	402+168+1440	39,5	50,0 ± 12,7	ADITIVA
24. 2,4-D+quizalofop+glyphosate	402+120+1440	36,3	50,0 ± 16,4	ADITIVA
28. 2,4-D+clethodim+glyphosate	670+168+1440	51,3	55,0 ± 13,6	ADITIVA
29. 2,4-D+quizalofop+glyphosate	670+120+1440	55,0	55,0 ± 11,2	ADITIVA

<sup>1</sup> obs - média dos valores de porcentagem de controle obtidos nas avaliações.

<sup>2</sup> esp - valores de porcentagem de controle, considerando a Fórmula de Colby e o intervalo de confiança a 95%.

No experimento de 2013, observam-se maiores dificuldades para o controle da buva, principalmente com o 2,4-D. Assim como no experimento de 2012, nenhuma mistura foi classificada como antagônica.

Em suma, para as plantas de buva, independente da altura média das plantas, as aplicações envolvendo dois ou três herbicidas não foram prejudiciais, sendo consideradas aditivas, em sua maioria, ou sinérgicas, em algumas situações. De maneira geral, os níveis de controle proporcionados pelo herbicida dicamba, isolados ou em mistura foram superiores ao 2,4-D para o controle da buva, principalmente para as plantas maiores.

## **b) Controle de capim-amargoso**

Para as plantas de capim-amargoso (*Digitaria insularis*), os resultados de controle podem ser verificados nas Tabelas 7 e 8. É possível observar em ambos os experimentos que, na primeira avaliação, as porcentagens de controle exercidas pelos tratamentos foram muito baixas. Os resultados visuais da ação de herbicidas sistêmicos, como os inibidores de ACCase, podem demorar 15-20 dias para serem percebidos.

As porcentagens de controle obtidas com os herbicidas dicamba e 2,4-D aplicados isoladamente sobre as plantas de capim-amargoso foram sempre zero. Geralmente para gramíneas, herbicidas mimetizadores de auxina não possuem efetividade no controle, devido principalmente às características morfológicas destas plantas, e às taxas de translocação e de metabolização destes herbicidas (STERLING e HALL, 1997).

Para o experimento de 2013 (Tabela 8), observa-se que os níveis de controle obtidos foram inferiores aos do ano anterior. Novamente, ressalta-se que o estágio das plantas no momento da aplicação teve grande influência na eficiência dos produtos.

Neste caso, foram observadas diferenças entre os herbicidas clethodim e quizalofop. O primeiro se mostrou mais eficiente que o segundo, tanto isolado quanto na presença do glyphosate. De maneira geral, as diferenças de controle entre os herbicidas foram próximas a 15%.

A aplicação isolada de glyphosate exerceu controle mínimo sobre a espécie, alcançando no máximo 22,5% na avaliação de 22 DAA. Na avaliação seguinte já foram observados pontos de rebrote nas plantas de capim-amargoso e os níveis de controle caíram para 19,3%. Tais fatos evidenciam a possível resistência destes biótipos ao herbicida glyphosate.

Tabela 7. Média das porcentagens de controle de *Digitaris insularis* após a aplicação dos herbicidas. Maringá – PR. 2012.

TRATAMENTOS	DOSES (g e.a. ou i.a. ha <sup>-1</sup> )	PORCENTAGEM DE CONTROLE*		
		10 DAA	22 DAA	35 DAA
01. dicamba	402	0,0 e	0,0 f	0,0 g
02. dicamba	672	0,0 e	0,0 f	0,0 g
03. 2,4-D	402	0,0 e	0,0 f	0,0 g
04. 2,4-D	670	0,0 e	0,0 f	0,0 g
05. clethodim	168	27,5 d	52,5 c	61,3 c
06. quizalofop	120	28,8 d	50,0 c	58,8 c
07. glyphosate	1440	27,5 d	23,8 e	27,5 f
08. clethodim+glyphosate	168+1440	38,8 b	68,8 a	88,3 a
09. quizalofop+glyphosate	120+1440	37,0 b	70,5 a	84,5 a
10. dicamba+glyphosate	402+1440	30,0 c	23,8 e	23,8 f
11. dicamba+clethodim	402+168	23,0 d	45,0 d	56,3 c
12. dicamba+quizalofop	402+120	31,8 c	43,8 d	55,0 c
13. dicamba+clethodim+glyphosate	402+168+1440	40,0 a	75,0 a	86,8 a
14. dicamba+quizalofop+glyphosate	402+120+1440	36,8 b	66,8 a	80,8 a
15. dicamba+glyphosate	670+1440	28,8 d	24,3 e	25,0 f
16. dicamba+clethodim	670+168	33,8 c	45,0 d	59,5 c
17. dicamba+quizalofop	670+120	30,5 c	43,8 d	50,0 d
18. dicamba+clethodim+glyphosate	670+168+1440	41,3 a	71,3 a	85,5 a
19. dicamba+quizalofop+glyphosate	670+120+1440	37,5 b	67,5 a	75,0 b
20. 2,4-D+glyphosate	402+1440	32,5 c	28,8 e	26,3 f
21. 2,4-D+clethodim	402+168	27,5 d	46,3 d	61,3 c
22. 2,4-D+quizalofop	402+120	25,0 d	41,5 d	51,3 d
23. 2,4-D+clethodim+glyphosate	402+168+1440	42,5 a	70,0 a	86,3 a
24. 2,4-D+quizalofop+glyphosate	402+120+1440	41,3 a	62,0 b	72,5 b
25. 2,4-D+glyphosate	670+1440	37,5 b	25,0 e	21,3 f
26. 2,4-D+clethodim	670+168	32,5 c	42,5 d	51,3 d
27. 2,4-D+quizalofop	670+120	30,0 c	40,0 d	42,5 e
28. 2,4-D+clethodim+glyphosate	670+168+1440	42,5 a	69,5 a	83,3 a
29. 2,4-D+quizalofop+glyphosate	670+120+1440	37,5 b	59,5 b	66,3 c
30. Testemunha sem herbicidas	-	0,0 e	0,0 f	0,0 g
C.V. (%)		12,66	9,95	10,20

\*As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de agrupamento Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Tabela 8. Média das porcentagens de controle de *Digitaria insularis* após a aplicação dos herbicidas. Maringá – PR. 2013.

TRATAMENTOS	DOSES (g e.a. ou i.a. ha <sup>-1</sup> )	PORCENTAGEM DE CONTROLE*		
		10 DAA	22 DAA	35 DAA
01. dicamba	402	0,0 e	0,0 g	0,0 g
02. dicamba	672	1,3 e	0,0 g	0,0 g
03. 2,4-D	402	0,0 e	0,0 g	0,0 g
04. 2,4-D	670	2,5 e	0,0 g	0,0 g
05. clethodim	168	14,5 c	47,5 c	54,3 c
06. quizalofop	120	8,8 d	31,3 e	32,5 e
07. glyphosate	1440	8,0 d	22,5 f	19,3 f
08. clethodim+glyphosate	168+1440	30,0 a	67,0 a	77,5 a
09. quizalofop+glyphosate	120+1440	20,0 b	57,5 b	62,5 b
10. dicamba+glyphosate	402+1440	9,0 d	18,8 f	15,0 f
11. dicamba+clethodim	402+168	17,0 b	50,0 c	56,3 c
12. dicamba+quizalofop	402+120	13,8 c	45,0 c	40,0 d
13. dicamba+clethodim+glyphosate	402+168+1440	32,5 a	64,3 a	73,8 a
14. dicamba+quizalofop+glyphosate	402+120+1440	25,3 b	50,0 c	54,3 c
15. dicamba+glyphosate	670+1440	12,5 c	20,0 f	16,3 f
16. dicamba+clethodim	670+168	22,5 b	51,3 c	58,8 c
17. dicamba+quizalofop	670+120	14,3 c	38,8 d	42,3 d
18. dicamba+clethodim+glyphosate	670+168+1440	30,5 a	67,5 a	77,5 a
19. dicamba+quizalofop+glyphosate	670+120+1440	22,5 b	53,3 c	60,0 c
20. 2,4-D+glyphosate	402+1440	7,5 d	20,0 f	19,3 f
21. 2,4-D+clethodim	402+168	18,8 b	52,5 c	57,5 c
22. 2,4-D+quizalofop	402+120	5,0 e	15,0 f	11,3 f
23. 2,4-D+clethodim+glyphosate	402+168+1440	23,8 b	58,0 b	66,3 b
24. 2,4-D+quizalofop+glyphosate	402+120+1440	15,5 c	43,8 c	51,3 c
25. 2,4-D+glyphosate	670+1440	10,0 d	20,0 f	12,5 f
26. 2,4-D+clethodim	670+168	11,3 d	35,0 d	38,8 d
27. 2,4-D+quizalofop	670+120	3,8 e	15,0 f	14,5 f
28. 2,4-D+clethodim+glyphosate	670+168+1440	28,8 a	60,0 b	70,0 b
29. 2,4-D+quizalofop+glyphosate	670+120+1440	18,8 b	35,0 d	38,0 d
30. Testemunha sem herbicidas	-	0,0 e	0,0 g	0,0 g
C.V. (%)		30,62	15,54	16,98

\*As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de agrupamento Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Os resultados das interações entre as misturas duplas envolvendo clethodim e quizalofop são apresentados nas Tabelas 9 e 10. Observa-se que

as misturas duplas de clethodim + glyphosate e quizalofop + glyphosate foram sinérgicas nos dois experimentos. No primeiro ano, as porcentagens de controles esperadas eram próximas de 70%, pelo método de Colby, e os valores observados foram de 88,3 e 84,5%. No segundo ano, apesar de níveis de controle inferiores a estes, as misturas também foram sinérgicas, com ganhos de 15 a 20%. Resultados de Melo et al. (2012) reforçam a importância da utilização do glyphosate, em mistura com os herbicidas inibidores de ACCase, para o controle de plantas de capim-amargoso. As vantagens da mistura do glyphosate com outros herbicidas são apresentadas por vários autores (LICH et al., 1997; CORREIA e DURIGAN, 2009; PROCÓPIO et al., 2006). O herbicida glyphosate, por ser rapidamente translocado das folhas tratadas para os drenos metabólicos, especialmente tecidos de armazenamento e meristemáticos, se torna uma excelente opção de controle para espécies perenes (BROMILOW et al., 1990), e sua mistura com outros herbicidas pode favorecer a absorção e translocação destes (LYM, 2000).

Tabela 9. Avaliação dos efeitos das misturas duplas envolvendo clethodim e quizalofop sobre o controle de plantas de capim-amargoso aos 35 DAA. Maringá – PR. 2012.

TRATAMENTOS	DOSES (g e.a. ou i.a. ha <sup>-1</sup> )	PORCENTAGEM DE CONTROLE		
		Obs.	Esp. <sup>1</sup>	RESULTADO
08. clethodim+glyphosate	168+1440	88,3	71,9 ± 3,7	SINERG.
09. quizalofop+glyphosate	120+1440	84,5	70,1 ± 8,4	SINERG.
11. dicamba+clethodim	402+168	56,3	61,3 ± 10,0	ADITIVA
12. dicamba+quizalofop	402+120	55,0	58,8 ± 6,5	ADITIVA
16. dicamba+clethodim	670+168	59,5	61,3 ± 5,4	ADITIVA
17. dicamba+quizalofop	670+120	50,0	58,8 ± 7,0	ANTAG.
21. 2,4-D+clethodim	402+168	61,3	61,3 ± 7,6	ADITIVA
22. 2,4-D+quizalofop	402+120	51,3	58,8 ± 7,6	ADITIVA
26. 2,4-D+clethodim	670+168	51,3	61,3 ± 8,8	ANTAG.
27. 2,4-D+quizalofop	670+120	42,5	58,8 ± 10,2	ANTAG.

<sup>1</sup> Para o valor esperado, considerou-se como tolerância o desvio-padrão da média.

Para as misturas duplas dos inibidores de ACCase com os mimetizadores de auxina, foi possível observar interações antagônicas. Isso ficou mais evidente quando se utilizou os mimetizadores de auxina na dose maior (670 g e.a. ha<sup>-1</sup>). No ano de 2012, foram observados problemas entre as

misturas dicamba (670 g e.a. ha<sup>-1</sup>) + quizalofop, 2,4-D (670 g e.a. ha<sup>-1</sup>) + quizalofop e 2,4-D (670 g e.a. ha<sup>-1</sup>) + clethodim.

Tabela 10. Avaliação dos efeitos das misturas duplas envolvendo clethodim e quizalofop sobre o controle de plantas de capim-amargoso aos 35 DAA. Maringá – PR. 2013.

TRATAMENTOS	DOSES (g e.a. ou i.a. ha <sup>-1</sup> )	PORCENTAGEM DE CONTROLE		
		Obs.	Esp. <sup>1</sup>	RESULTADO
08. clethodim+glyphosate	168+1440	77,5	63,1 ± 4,6	SINERG.
09. quizalofop+glyphosate	120+1440	62,5	45,5 ± 10,3	SINERG.
11. dicamba+clethodim	402+168	56,3	54,3 ± 10,0	ADITIVA
12. dicamba+quizalofop	402+120	40,0	32,5 ± 11,3	ADITIVA
16. dicamba+clethodim	670+168	58,8	54,3 ± 11,9	ADITIVA
17. dicamba+quizalofop	670+120	42,3	32,5 ± 14,6	ADITIVA
21. 2,4-D+clethodim	402+168	57,5	54,3 ± 13,8	ADITIVA
22. 2,4-D+quizalofop	402+120	11,3	32,5 ± 4,0	ANTAG.
26. 2,4-D+clethodim	670+168	38,8	54,3 ± 11,9	ANTAG.
27. 2,4-D+quizalofop	670+120	14,5	32,5 ± 7,8	ANTAG.

<sup>1</sup> Para o valor esperado, considerou-se como tolerância o desvio-padrão da média.

Para o experimento de 2013, todas as misturas com o herbicida dicamba foram classificadas como aditivas. Já para o 2,4-D, foi observado antagonismo com os dois herbicidas inibidores de ACCase. As reduções de eficiência para o controle de capim-amargoso foram de até 20%, como verificado na mistura com 2,4-D a 402 g.e.a. ha<sup>-1</sup> + quizalofop.

Considerando os dois experimentos, as misturas dicamba + inibidores de ACCase foram antagônicas em uma ocasião, de um total de oito testadas. Já para o 2,4-D + inibidores de ACCase, houve antagonismo em cinco ocasiões, também de um total de oito. Apesar disso, na prática, dificilmente acontecem aplicações deste tipo (ACCCase + mimetizadores da auxina). A presença do herbicida glyphosate é fundamental para as aplicações de manejo das invasoras.

As interações envolvendo os três produtos podem ser observadas nas Tabelas 11 e 12. No ano de 2012, as misturas contendo o herbicida clethodim foram aditivas, independente da dose do dicamba e do 2,4-D, ou seja, a adição de um mimetizador de auxina na mistura de glyphosate + clethodim não afetou os resultados sobre capim-amargoso. Já quando se utilizou o quizalofop, houve

antagonismo quando este foi misturado ao 2,4-D. O aumento da dose de 2,4-D parece ter evidenciado o antagonismo da mistura. Na dose de 402 g e.a. ha<sup>-1</sup> do 2,4-D, a redução entre valor esperado e observado foi de 12%, enquanto que para a dose de 670 g e.a. ha<sup>-1</sup>, a diferença foi de 18,2%.

Tabela 11. Avaliação dos efeitos das misturas triplas sobre o controle de plantas de capim-amargoso aos 35 DAA. Maringá – PR. 2012.

TRATAMENTOS	DOSES (g e.a. ou i.a. ha <sup>-1</sup> )	PORCENTAGEM DE CONTROLE		
		Obs.	Esp. <sup>1</sup>	RESULTADO
13. dicamba+clethodim+glyphosate	402+168+1440	86,8	88,3 ± 8,6	ADITIVA
14. dicamba+quizalofop+glyphosate	402+120+1440	80,8	84,5 ± 6,5	ADITIVA
18. dicamba+clethodim+glyphosate	670+168+1440	85,5	88,3 ± 5,3	ADITIVA
19. dicamba+quizalofop+glyphosate	670+120+1440	75,0	84,5 ± 9,5	ADITIVA
23. 2,4-D+clethodim+glyphosate	402+168+1440	86,3	88,3 ± 5,7	ADITIVA
24. 2,4-D+quizalofop+glyphosate	402+120+1440	72,5	84,5 ± 10,3	ANTAG.
28. 2,4-D+clethodim+glyphosate	670+168+1440	83,3	88,3 ± 7,8	ADITIVA
29. 2,4-D+quizalofop+glyphosate	670+120+1440	66,3	84,5 ± 10,0	ANTAG.

<sup>1</sup> Para o valor esperado, considerou-se como tolerância o desvio-padrão da média.

Tabela 12. Avaliação dos efeitos das misturas triplas sobre as plantas de capim-amargoso aos 35 DAA. Maringá – PR. 2013.

TRATAMENTOS (p.c.)	DOSES (L p.c. ha <sup>-1</sup> )	PORCENTAGEM DE CONTROLE		
		Obs.	Esp. <sup>1</sup>	RESULTADO
13. dicamba+clethodim+glyphosate	402+168+1440	73,8	77,5 ± 7,6	ADITIVA
14. dicamba+quizalofop+glyphosate	402+120+1440	54,3	62,5 ± 6,9	ANTAG.
18. dicamba+clethodim+glyphosate	670+168+1440	77,5	77,5 ± 4,6	ADITIVA
19. dicamba+quizalofop+glyphosate	670+120+1440	60,0	62,5 ± 14,5	ADITIVA
23. 2,4-D+clethodim+glyphosate	402+168+1440	66,3	77,5 ± 7,6	ANTAG.
24. 2,4-D+quizalofop+glyphosate	402+120+1440	51,3	62,5 ± 7,6	ANTAG.
28. 2,4-D+clethodim+glyphosate	670+168+1440	70,0	77,5 ± 6,5	ANTAG.
29. 2,4-D+quizalofop+glyphosate	670+120+1440	38,0	62,5 ± 9,1	ANTAG.

<sup>1</sup> Para o valor esperado, considerou-se como tolerância o desvio-padrão da média.

No experimento conduzido no ano de 2013, todas as misturas triplas com 2,4-D foram antagônicas para o controle do capim-amargoso. Nos tratamentos com clethodim, as reduções de eficiência foram de 7 a 8%, enquanto para o quizalofop as diferenças entre os valores esperados e observados foram de 10 a 24%. O último valor foi obtido para o tratamento no qual se utilizou a maior dose do 2,4-D (670 g e.a. ha<sup>-1</sup>).

Para o dicamba, assim como no experimento de 2012, as misturas com clethodim e glyphosate não foram antagônicas. Com quizalofop, se observou antagonismo quando a dose de dicamba foi de 402 g e.a. ha<sup>-1</sup>.

De maneira geral, o herbicida dicamba foi menos antagônico que o 2,4-D em misturas com os herbicidas inibidores de ACCase para o controle de capim-amargoso. Para as misturas triplas, observou-se antagonismo com 2,4-D em 75% das misturas testadas (6 de 8), e com dicamba em 12,5% (1 de 8). Entre os graminicidas, o clethodim apresentou menor número de casos de antagonismo do que o quizalofop. Osipe et al. (2014), ao estudarem os efeitos das misturas de herbicidas inibidores de ACCase com os latifolicidas, observaram que entre os graminicidas testados, o clethodim foi o que apresentou menores problemas de antagonismo com os demais herbicidas. Resultados de ensaios de casa de vegetação de Mueller et al. (1989) mostraram que o 2,4-D em misturas com os herbicidas haloxyfop e fenoxaprop (grupo químico – arilfenoxipropiônico (APP)) foi mais antagônico do que em misturas com o herbicida sethoxydim (grupo químico – ciclohexanodionas (CHD)). Apesar de não estarem claras as causas de tal fato, sabe-se que estes herbicidas apresentam modo de ação diferenciado nas plantas, principalmente no que se refere à ligação de suas moléculas à enzima ACCase. Herbicidas APP requerem grandes alterações nas proximidades da enzima para se ligarem a ela, o que não é necessário para herbicidas CHD, como o sethoxidym (BOURGEOIS et al., 1997)..

Damalas e Eleftherohorinos (2001) verificaram que o herbicida dicamba apresentou comportamento antagônico com graminicidas, como o rimsulfuron e primisulfuron para o controle de *Sorghum halepense*. Velloso e Dal’Piaz (1983), ao misturem dicamba+2,4-D com o graminicida diclofop, notaram que a eficiência no controle de gorga (*Spergula arvensis*) foi reduzida. As principais hipóteses para explicar tais problemas seriam: redução de absorção e translocação do diclofop, o aumento da taxa de metabolização do graminicida por conjugação e a diminuição na taxa de hidrólise de diclofop para ácido diclofop (a forma ativa do herbicida) (TAYLOR et al., 1983; HATZIOS, 1991; CULPEPPER et al., 1999).

Os efeitos antagônicos do 2,4-D sobre os graminicida diclofop para o controle de aveia selvagem também foram estudados por Todd e Stobbe

(1980). As aplicações isoladas do graminicida causaram dois principais tipos de sintomas às plantas: clorose e necrose nos tecidos foliares e a inibição da divisão celular nas regiões meristemáticas. Já quando a aplicação ocorreu em mistura com o 2,4-D, apesar dos sintomas de clorose e necrose serem observados, a divisão celular nas áreas meristemáticas não foi inibida, o que sugere que o 2,4-D pode agir fisiologicamente de maneira inversa ao diclofop, estimulando a divisão celular ou ainda reduzir os níveis de ácido diclofop nas regiões meristemáticas (TODD e STOBBE, 1980). Além disso, estes autores não verificaram redução na absorção do graminicida, nem diminuição na taxa de metabolização de diclofop, quando o mimetizador de auxina foi adicionado à mistura. Apesar das diversas hipóteses citadas, as causas exatas do antagonismo entre estes herbicidas não estão totalmente elucidadas.

Para a redução dos problemas de antagonismo entre estes herbicidas, alguns autores sugerem o aumento da dose do graminicida, aplicações sequenciais ou ainda a utilização de alguns aditivos na pulverização (MUELLER et al., 1989; MYERS e COBLE 1992; YOUNG et al., 1996). Aplicações de 2,4-D em misturas ou um dia após a aplicação de herbicidas inibidores de ACCase podem resultar em antagonismo para o controle de gramíneas, enquanto que, a espera de cerca de dez dias para a aplicação do 2,4-D diminui este problema (KAFIZ, et al., 1989). Tal fato sugere que o antagonismo entre mimetizadores de auxina e inibidores de ACCase não está relacionado com a mistura no tanque de pulverização (TODD e STOBBE, 1980).

## CONCLUSÕES

Para o controle da buva, independente do tamanho da planta, não se observou antagonismo entre os herbicidas inibidores de ACCase e os herbicidas mimetizadores de auxina.

Para o controle do capim-amargoso, o 2,4-D apresentou mais casos de antagonismo com os herbicidas inibidores de ACCase do que o dicamba.

Nas misturas duplas entre mimetizadores de auxina e inibidores de ACCase, as interações com 2,4-D foram antagônicas em 62,5% dos casos, enquanto para o dicamba, o percentual de casos de antagonismo foi de 12,5%.

Apesar do histórico de resistência do capim-amargoso na área experimental, as misturas entre glyphosate e clethodim ou quizalofop foram sinérgicas para o controle da espécie.

Nas misturas triplas com glyphosate, mimetizadores de auxina e inibidores de ACCase, as interações com 2,4-D foram antagônicas em 75% dos casos, enquanto para o dicamba, o percentual de casos de antagonismo foi de 12,5%.

Não se observou antagonismo nas misturas entre dicamba e clethodim para o controle do capim-amargoso.

Para plantas maiores de capim-amargoso, o antagonismo foi mais pronunciado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROSO, A.A.M. et al. Interação entre herbicidas inibidores da Accase e diferentes formulações de glyphosate na controle de capim-amargoso. **Planta Daninha**, v.32, n.3, p.619-626, 2014.

BOURGEOIS, L. et al. Characterization of cross-resistance patterns in acetyl-CoA carboxylase inhibitor resistant wild oat (*Avena fatua*). **Weed Science**, v.45, n.6, p.750-755, 1997.

BROMILOW, R.H. et al. Physiochemical aspects of phloem translocation of herbicide. **Weed Science**, v.38, n.3, p.305-314, 1990.

BROMMER, C.L. et al. Antagonism of clefoxydim by selected broadleaf herbicides and the role of ethanol. **Weed Science**, v.48, n.2, p.181-187, 2000.

BRUNHARO, C.A.C.G. **Resistência da planta daninha capim-branco (*Chloris polydactyla*) ao herbicida glyphosate**. 2014. 153 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba. 2014.

CONSTANTIN, J. et al. Manejo de buva na entressafra. In: OLIVEIRA JR., R.S.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA NETO, A.M. **Buva: Fundamentos e recomendações para manejo**. Curitiba: Omnipax, 2013. p.41-64.

COLBY, S. R. Calculating synergistic and antagonistic responses of herbicides combinations. **Weeds**, v.15, n.1, p.20-22, 1967.

CORREIA, N.M.; DURIGAN, J.C. Manejo químico de plantas adultas de *Digitaria insularis* com glyphosate isolado e em mistura com chlorimuron-ethyl ou quizalofop-p-tefuryl em área de plantio direto. **Bragantia**, v.68, n.3, p.689-697, 2009.

CORREIA, N.M.; LEITE G.J.; GARCIA, L.D. Resposta de diferentes população de *Digitaria insularis* ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, v.28, n.4, p.769-776, 2010.

CULPEPPER, A. S. et al. Influence of bromoxynil on annual grass control by graminicides. **Weed Science**, v.47, n.1, p.123-128, 1999.

DAMALAS, C.A.; ELEFTHEROHORINOS, I.G. Dicamba and atrazine antagonism on sulfonylurea herbicides used for Johnsongrass (*Sorghum halepense*) control in corn (*Zea mays*). **Weed Technology**, v.15, n.1, p.62-67, 2001.

GEMELLI, A. et al. Aspectos da biologia de *Digitaria insularis* resistente ao glyphosate e implicações para o seu controle. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.11, n.2, p.231-240, 2012a.

GEMELLI, A. Eficácia de controle de associações de herbicidas aplicadas ao longo do desenvolvimento de *Digitaria insularis* resistente ao glyphosate. 2012. 80f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2012b.

HATZIOS, K.K. Modifiers of herbicides action on target sites. In: Kirkwood, R.C. **Target sites for herbicide action**. Plenum Press: 1991, New York, p.169-185.

KAFIZ, B. et al. Interaction between diclofop-methyl and 2,4-D in wild oat (*Avena fatua* L.) and cultivated oat (*Avena sativa* L.), and fate of diclofop-methyl in cultivated oat. **Weed Research**, v.29, n.4, p.299-305, 1989.

KOGER, C.H.; REDDY, K.N. Role of absorption and translocation in the mechanism of glyphosate resistance in horseweed (*Conyza canadensis*). **Weed Science**, v.53, n.1, p.84–89, 2005.

KRUGER, G. R. et al. Control of Horseweed (*Conyza canadensis*) with growth regulator herbicides. **Weed Technology**, v.24, n.4, p.425-429, 2010.

LICH, J.M. et al. Interaction of glyphosate with postemergence soybean (*Glycine max*) herbicides. **Weed Science**, v.45, n.1, p.12-21, 1997.

LYM, R.G. Leafy spurge (*Euphorbia esula*) control with glyphosate plus 2,4-D. **Journal of Range Management**, v.53, n.1, p.68-72, 2000.

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

MINTON, B.W. et al. Barnyard grass (*Echinochloa crusgalli*) control with grass and broadleaf weed herbicide combinations. **Weed Science**, v.37, n.2, p.223-227, 1989.

MOREIRA, M.S. et al. Herbicidas alternativos para o controle de biótipos de *Conyza bonariensis* e *C. canadensis* resistentes ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, v.28, n.1, p.167-175, 2010.

MUELLER, T.C. et al. Antagonism of johnsongrass (*Sorghum halepense*) control with fenoxaprop, haloxyfop, and sethoxydim by 2,4-D. **Weed Technology**, v.3, n.1, p.86-89, 1989.

MYERS, P.F.; COBLE, H.D. Antagonism of graminicide activity on annual grass species by imazethapyr. **Weed Technology**, v.6, n.2, p.333–338, 1992.

OSIPE, J.B. et al. Controle de capim-amargoso com diferentes misturas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 29, 2014, Resumos... Gramado: SBCPD, 2014. p.1-5. CD-ROM.

OWEN, L.N. et al. Evaluating rates and application timings of saflufenacil for control of glyphosate-resistant horseweed (*Conyza canadensis*) prior to planting no-till cotton. **Weed Technology**, v.25, n.1, p.1-5, 2011

PROCÓPIO, S.O. et al. Efeitos de dessecantes no controle de plantas daninhas na cultura da soja. **Planta Daninha**, v.24, n.1, p.193-197, 2006.

ROMAN, E.S.; BERCKIE, H.; VARGAS, L.; HALL, L.; RIZZARDI, M.A.; WOLF, T.M. **Como funcionam os herbicidas: da biologia à aplicação**. Passo Fundo: Editora Berthier, 2007. 160p.

RONCHI, C.P. et al. Mistura de herbicidas para o controle de plantas daninhas do gênero *Commelina*. **Planta Daninha**, v.20, n.2, p.311-318, 2002.

SANTOS, G. et al. Multiple resistance of *Conyza sumatrensis* to chlorimuron ethyl and to glyphosate. **Planta Daninha**, v.32, n.2, p.409-416, 2014.

STAKER, R.J.; OLIVER, L.R. Interaction of glyphosate with chlorimuron, fomesafen, imazethapyr and sulfentrazone. **Weed Science**, v.46, n.6, p.652-660, 1998.

STECKEL, L.E.; CRAIG, C.C.; HAYES, R.M. Glyphosate resistant Horseweed (*Conyza canadensis*) control with glufosinate prior to planting no-till cotton (*Gossypium hirsutum*). **Weed Technology**, v.20, n.4, p.1047-1051, 2006.

STERLING, T.M.; HALL, J.C. Mechanism of action of natural auxins and the auxinic herbicides, in: R.M. Roe, J.D. Burton, R.J. Kuhr (Eds.), **Herbicide Activity: Toxicology, Biochemistry and Molecular Biology**, IOS Press, Burke, VA, 1997, p. 111–141.

TAYLOR, H.F. et al. Compatible and antagonistic mixtures of diclofop-methyl and flumetypic-methyl with herbicides used to control broad-leaved weeds. **Weed Research**, v.24, n.2, p.185-190, 1983.

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

TREZZI, M.M. et al. Antagonismo das associações de clodinafop-propargyl com metsulfuron-methyl e 2,4-D no controle de azevém (*Lolium multiflorum*). **Planta Daninha**, v.25, n.4, p.839-847, 2007.

VANGESSEL, M.J. Glyphosate-resistant horseweed from Delaware. **Weed Science**, v.49, n.6, p.703-705, 2001.

VELLOSO, J.A.R.; DAL'PIAZ, R. Controle de azevém (*Lolium multiflorum* L.) e gorga (*Spergula arvensis* L.) e seletividade de herbicidas as culturas de trigo, cevada e centeio. **Planta Daninha**, v.5, n.2, p.13-18, 1982.

WEHTJE, G. Synergism of dicamba with diflufenzopyr with respect to turfgrass weed control. **Weed Technology**, v.22, n.4, p.679-684, 2008.

YOUNG, B.G. et al. Interactions of sethoxydim and corn (*Zea mays*) postemergence broadleaf herbicides on three annual species. **Weed Technology**, v.10, n.4, p.914-922, 1996.

### **CAPÍTULO 3 – INTERVALOS DE SEGURANÇA PARA A SEMEADURA DE SOJA E ALGODÃO APÓS A APLICAÇÃO DE 2,4-D OU DICAMBA**

**RESUMO:** A utilização de alguns herbicidas em aplicações de manejo em pré-semeadura podem afetar o desenvolvimento das culturas. O presente trabalho teve por objetivo avaliar a influência dessas aplicações, com os herbicidas dicamba e 2,4-D, no desenvolvimento inicial da soja e do algodão, e determinar intervalos seguros para as aplicações. Foram realizados experimentos nos municípios de Maringá e Bandeirantes, com as culturas da soja e do algodão. O delineamento experimental adotado foi de blocos ao acaso, com quatro repetições, arranjados em um esquema fatorial  $(2 \times 3 \times 5) + 1$ , sendo dois herbicidas (2,4-D e dicamba), três doses (402, 670 e 938 g e.a. ha<sup>-1</sup>), cinco períodos de intervalo entre aplicação e semeadura (0, 7, 14, 21 e 28 dias antes da semeadura), além de uma testemunha sem aplicação de herbicidas. As semeaduras do algodão e da soja foram efetuadas logo após a aplicação do último período. Foram avaliadas a intoxicação sobre as culturas e a altura de plantas aos 14 e 28 dias após a emergência (DAE), além do estande das culturas, aos 28 DAE. Para a cultura da soja, as aplicações de dicamba causaram maiores níveis de injúrias do que as de 2,4-D, e afetaram negativamente o estande e altura das plantas. A cultura do algodão se mostrou mais tolerante às aplicações do dicamba, no entanto, também apresentou sintomas de intoxicação, como encarquilhamento das folhas e redução de altura, para a dose mais alta deste herbicida. Os intervalos de segurança para as culturas variaram em função da dose do herbicida e do local do experimento. Para a cultura da soja, os intervalos necessários entre as aplicações e a semeadura foram maiores para o herbicida dicamba. Para o algodão, no experimento de Bandeirantes, os intervalos considerados seguros foram próximos para ambos os herbicidas, enquanto em Maringá, os valores foram maiores para o 2,4-D nas doses de 402 e 670 g e.a. ha<sup>-1</sup>, e para o dicamba na dose de 938 g e.a. ha<sup>-1</sup>.

**Palavras-chave:** mimetizadores de auxina, herbicidas, toxicidade

**ABSTRACT:** The use of some herbicides in burndown applications can affect the development of crops. This study aimed to evaluate the influence of these

applications with herbicides dicamba and 2,4-D in the initial development of soybean and cotton, and determine safe ranges for applications. Experiments were conducted in the cities of Maringá, and Bandeirantes, with soybean and cotton. The experimental design was a randomized block design with four replications, arranged in a factorial scheme  $(2 \times 3 \times 5) + 1$ , with two herbicides (2,4-D and dicamba), three doses (402, 670 and 938 g and  $\text{ha}^{-1}$ ), five times the interval between application and inoculation (0, 7, 14, 21 and 28 days before sowing), and a control without application of herbicides. The sowing of cotton and soybeans were made after the last application of herbicides. It was evaluated the toxicity on crops and plant height at 14 and 28 days after emergence (DAE), besides the stand of crops at 28 DAE. For soybean, the applications of dicamba caused higher levels of injuries than 2,4-D, and negatively affected the crop stand and plant height. The cotton crop was more tolerant to applications of dicamba, however, also showed symptoms of toxicity such as shriveling leaves, and reduction of leaf height to the highest dose of this herbicide. The safe ranges for the crops varied depending on the herbicide dose and experimental local. For soybeans, the intervals required between applications and sowing were higher for dicamba herbicide. For cotton, the experiment Bandeirantes, the ranges considered safe were close to herbicides while in Maringá, the values were higher for 2,4-D at doses of 402 and 670 g  $\text{ha}^{-1}$ , and for dicamba at a dose of 938 g  $\text{ha}^{-1}$ .

**Keywords:** auxin mimics, herbicides, toxicity

## INTRODUÇÃO

Para a operação de manejo em pré-semeadura das culturas, o herbicida mais utilizado é o glyphosate (VALENTE et al., 2000), em função do seu amplo espectro de ação em plantas mais desenvolvidas e do seu baixo custo. Como consequência disso e da adoção intensiva das tecnologias RR, o número de aplicações de glyphosate aumentou (VANGESSEL et al., 2001; EVERITT e KEELING, 2007). Assim, houve um aumento na pressão de seleção sobre as plantas daninhas, e a ocorrência de biótipos resistentes ao glyphosate cresceu rapidamente (CHRISTOFFOLETI e LÓPEZ-OVEJERO, 2003).

Entre as opções disponíveis para auxiliar o herbicida glyphosate nas operações de dessecação de manejo estão os herbicidas mimetizadores de auxina, como o 2,4-D e o dicamba (MAIN et al., 2004; THOMPSON et al., 2007). Uma das limitações para a utilização destes herbicidas são as restrições para aplicações muito próximas à semeadura de culturas sensíveis (KEELING et al., 1989; THOMPSON et al., 2007), como a soja e o algodão. Valente et al. (2000) afirmam que para solos do cerrado brasileiro, com pH em água de 5,8, 49,9% de areia, 43,4% de argila, 6,7% de silte e 29 cmol dm<sup>-3</sup> de matéria orgânica, é necessário um intervalo de pelo menos oito dias para a semeadura da soja quando se aplica 2,4-D a 720 g e.a. ha<sup>-1</sup>. Já resultados de Procópio et al. (2009) revelam que aplicações de 2,4-D a 670 g e.a. ha<sup>-1</sup> não promoveram danos à cultura da soja, mesmo quando aplicados imediatamente antes da semeadura da cultura (solo com 55% de areia, 38% de argila, pH em CaCl<sub>2</sub> de 4,0 e 2,37% de matéria orgânica). Para a cultura do algodão, York et al. (2004) afirmam que o potencial de injúrias do herbicida dicamba é maior que do 2,4-D.

O comportamento dos herbicidas no solo pode ser influenciado por três principais processos: retenção, transformação e transporte, que interagem entre si (SILVA et al., 2014). As características físico-químicas dos herbicidas, propriedades físicas e químicas do solo e as condições ambientais apresentam estreita relação com estes processos (OLIVEIRA et al., 2004).

O  $K_d$  (coeficiente de sorção) representa a relação entre a quantidade de produto sorvida ao solo pela quantidade de produto na solução no solo. Produto com valores baixos de  $K_d$  tendem a permanecer na solução do solo,

estando disponível tanto para lixiviação quanto para absorção pelas plantas. Villaverde et al. (2008), em experimento com 5 diferentes tipos de solo, encontraram valores de  $K_d$  para o dicamba variando de 0,09 a 0,22 mL g<sup>-1</sup>, e para o 2,4-D, de 0,32 a 2,49 mL g<sup>-1</sup>.

O  $K_{oc}$  (coeficiente de sorção normalizado para o teor de carbono orgânico do solo) indica a tendência de certo produto se fixar na matéria orgânica do solo. Os valores obtidos de  $K_{oc}$  para 2,4-D e dicamba são, respectivamente, 60 e 2 mL g<sup>-1</sup> (SENSEMAN, 2007).

A solubilidade dos herbicidas em água, dada geralmente em miligramas do herbicida por litro de água a 25°C, indica a quantidade máxima de uma molécula que se dissolve em água (OLIVEIRA e BRINGHENTI, 2011). O herbicida 2,4-D possui solubilidade de 600 mg L<sup>-1</sup>, enquanto para o dicamba o valor é de 4500 mg L<sup>-1</sup> (RODRIGUES e ALMEIDA, 2011; SENSEMAN, 2007).

A persistência dos herbicidas no solo pode variar também em função das características dos solos, como textura, pH, umidade e teor de matéria orgânica e ainda em função dos níveis de precipitação após as aplicações dos produtos (CHEUNG e LEHMANN, 1985; THOMPSON et al., 2007).

Para solos brasileiros, informações referentes aos níveis de intoxicação e aos intervalos de segurança para a semeadura das culturas de soja e algodão, após a aplicação destes herbicidas, principalmente para o dicamba, são escassas. Dessa forma, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de aplicações de dicamba e 2,4-D realizadas em pré-semeadura no desenvolvimento inicial das culturas de soja e algodão, além de identificar os intervalos de segurança para estas aplicações.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no ano de 2015, nas cidades de Bandeirantes e Maringá-PR, com as culturas de soja e algodão.

As características físico-químicas do solo para os experimentos de Maringá foram: pH em  $\text{CaCl}_2$  de 5,8;  $1,6 \text{ cmol}_c$  de  $\text{H}^+ + \text{Al}^{+3} \text{ dm}^{-3}$  de solo;  $1,8 \text{ cmol}_c$  de  $\text{Ca}^{+2} \text{ dm}^{-3}$ ;  $0,8 \text{ cmol}_c$  de  $\text{Mg}^{+2} \text{ dm}^{-3}$ ;  $0,25 \text{ cmol}_c$  de  $\text{K}^+ \text{ dm}^{-3}$ ;  $14,0 \text{ mg}$  de  $\text{P} \text{ dm}^{-3}$  (Mehlich);  $9,0 \text{ g}$  de  $\text{C} \text{ dm}^{-3}$ ; 74,1% de areia; 5,1% de silte e 20,8% de argila. Para os experimentos de Bandeirantes, foram: pH em  $\text{CaCl}_2$  de 5,2;  $4,11 \text{ cmol}_c$  de  $\text{H}^+ + \text{Al}^{+3} \text{ dm}^{-3}$  de solo;  $7,9 \text{ cmol}_c$  de  $\text{Ca}^{+2} \text{ dm}^{-3}$ ;  $2,7 \text{ cmol}_c$  de  $\text{Mg}^{+2} \text{ dm}^{-3}$ ;  $0,81 \text{ cmol}_c$  de  $\text{K}^+ \text{ dm}^{-3}$ ;  $24,2 \text{ mg}$  de  $\text{P} \text{ dm}^{-3}$  (Mehlich);  $18,8 \text{ g}$  de  $\text{C} \text{ dm}^{-3}$ ; 10% de areia; 23% de silte e 67% de argila.

O delineamento experimental adotado nos experimentos foi de blocos ao acaso, com quatro repetições, arranjados em um esquema fatorial  $(2 \times 3 \times 5) + 1$ , sendo dois herbicidas (2,4-D e dicamba), três doses (402, 670 e 938 g e.a.  $\text{ha}^{-1}$ ) e cinco períodos de tempo entre a aplicação e a semeadura (0, 7, 14, 21 e 28 dias antes da semeadura), além de uma testemunha sem aplicação de herbicidas. As unidades experimentais apresentavam largura de 2 metros e comprimento de 3 metros. Para a área útil, foram consideradas três linhas das culturas, descartando 0,25 metros de cada extremidade (comprimento). Em cada local (Maringá e Bandeirantes) foram instalados dois experimentos: um para a cultura da soja e outro para o algodão.

Antes da instalação dos experimentos, foram efetuadas duas aplicações de herbicidas (glyphosate+clethodim e paraquat) para o controle da comunidade infestante. Dessa forma, os tratamentos foram aplicados em áreas desprovidas de plantas daninhas. Entre o primeiro e o último período (28 e 0 dias antes da semeadura), foram efetuadas aplicações de paraquat sempre que necessárias, visando ao controle total das plantas daninhas.

Para aplicação dos tratamentos, foi utilizado um pulverizador costal de pressão constante à base de  $\text{CO}_2$ , equipado com barra com quatro pontas tipo leque XR-110.02, sob pressão de  $2,0 \text{ kgf cm}^{-2}$ . Estas condições de aplicação proporcionaram uma taxa de aplicação de  $200 \text{ L ha}^{-1}$ . Nos momentos das aplicações, as condições climáticas foram: temperatura entre 22 e 27° C, umidade entre 65-87% e ventos de até  $7,2 \text{ km h}^{-1}$ .

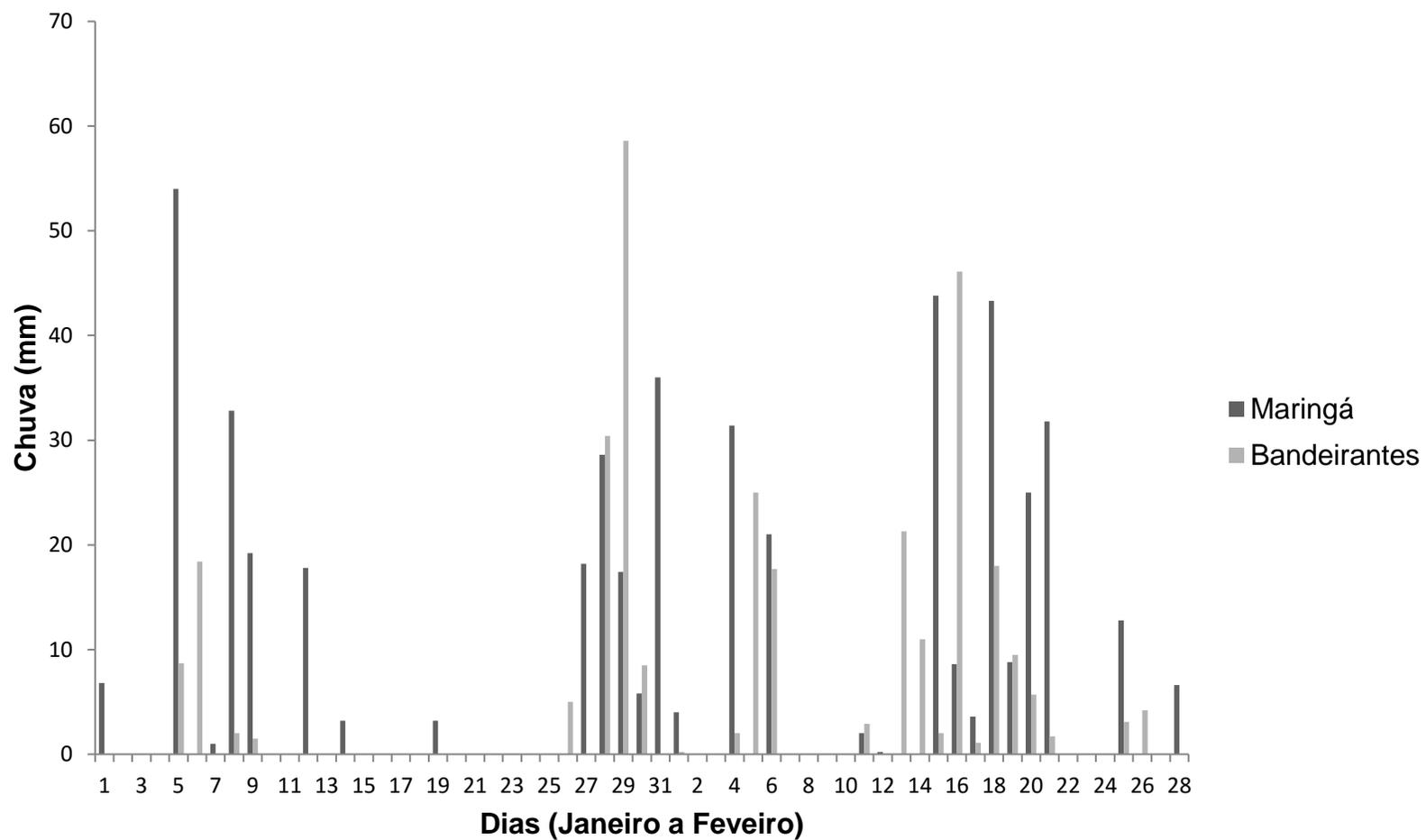
Após a última aplicação dos herbicidas (período “0” dias antes da semeadura), as culturas de soja e algodão foram semeadas. No experimento de Maringá, a semeadura ocorreu em sistema de plantio direto, no dia 02/02/2015, com adubação de 300 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 04-14-08 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O). A variedade da soja foi V-MAX RR e do algodão, Delta Opal. Em Bandeirantes, a semeadura, também em sistema de plantio direto, ocorreu no dia 07/02/2015, com adubação de 250 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 10-15-15 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O). A variedade da soja foi V-MAX RR e do algodão, FM 940GLT.

Os dados de precipitação durante os experimentos, com as indicações das datas das aplicações dos herbicidas, são apresentados na Figura 1.

Durante os experimentos, foram efetuadas capinas sempre que necessárias, para evitar a interferência das plantas daninhas sobre as culturas. Para o controle de pragas, foram aplicados inseticidas de acordo com a necessidade, seguindo as recomendações para cada cultura.

Foram efetuadas avaliações de intoxicação às culturas aos 14 e 28 dias após a emergência (DAE), por meio de uma escala de 0 a 100%, onde 0% representa ausência de sintomas, e 100% representa morte total das plantas. Também aos 14 e 28 DAE, avaliou-se a altura média da soja e do algodão, tomando-se dez plantas ao acaso por parcela. Aos 28 DAE, avaliou-se ainda o estande das culturas em quatro metros lineares.

Os dados foram submetidos à análise de variância (teste F,  $\alpha$  5%), e as interações desdobradas em regressões, em função dos períodos testados. Os dados de altura e estande foram comparados com a testemunha sem aplicação pelo Teste de Dunnett a 5% de probabilidade.



FONTE: Laboratório de Análises de Sementes – FEI/UEM e Estação Meteorológica de Bandeirantes – UENP/CLM.

Figura 1. Dados de precipitação durante a condução do experimento nas cidades de Maringá - PR, e Bandeirantes - PR, 2015.

O modelo de regressão utilizado para os dados de intoxicação às plantas foi o proposto por Streibig (1988):

$$y = \frac{a}{[1 + \left(\frac{x}{X_0}\right)^b]}$$

Em que:

$y$  = porcentagem de intoxicação;

$x$  = dias antes da semeadura;

$a$ ,  $X_0$  e  $b$  = parâmetros estimados da equação, de tal forma que:

$a$  = assíntota máxima da função (maior porcentagem de intoxicação);

$X_0$  = “dias” que proporcionam 50% do valor da assíntota máxima da função;

$b$  = declividade da curva ao redor de  $X_0$ .

Para as variáveis altura de plantas e estande da cultura, foram utilizados modelos sigmoidais de 3 e 4 parâmetros e o modelo linear:

$$y = \frac{a}{1 + e^{-\left(\frac{x-x_0}{b}\right)}}$$

Em que:

$y$  = altura ou estande das plantas

$x$  = dias antes da semeadura

$a$ ,  $x_0$  e  $b$  = parâmetro estimados da equação, de tal forma que:

$a$  = valor máximo de altura ou estande (assíntota superior);

$x_0$  = dias que proporcionam 50% do valor de “ $a$ ”;

$b$  = declividade da curva ao redor de  $x_0$

$$y = y_0 + \frac{a - y_0}{1 + e^{-\left(\frac{x-x_0}{b}\right)}}$$

Em que:

$y$  = altura ou estande das plantas

$x$  = dias antes da semeadura

$y_0$ ,  $a$ ,  $x_0$  e  $b$  = parâmetros estimados da equação, de tal forma que:

$y_0$  = valor mínimo de altura ou estande (assíntota inferior);

$a$  = valor máximo de altura ou estande (assíntota superior);

$x_0$  = dias que proporcionam 50% do valor de “a” subtraído de “ $y_0$ ” (ponto de inflexão da curva);

$b$  = declividade da curva ao redor de  $x_0$

$$y = a \cdot x + b$$

Em que:

$y$  = estande da cultura;

$x$  = dias antes da semeadura;

$a$  e  $b$  = parâmetro estimados da equação, de tal forma que:

$a$  = taxa de variação do estande;

$b$  = estande das plantas no período “zero”

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Depois de obtidos os resultados das análises de variância, independente das interações triplas serem significativas ou não, efetuou-se o desdobramento dos períodos para cada combinação de herbicida e dose. As regressões obtidas em função dos diferentes períodos são apresentadas abaixo.

### a) Cultura da soja

Os resultados referentes às avaliações de intoxicação aos 14 e 28 DAE para o experimento de Maringá são mostrados nas Figuras 2 e 3, e as estimativas dos parâmetros com os respectivos coeficientes de determinação são apresentados nas Tabelas 1 e 2.

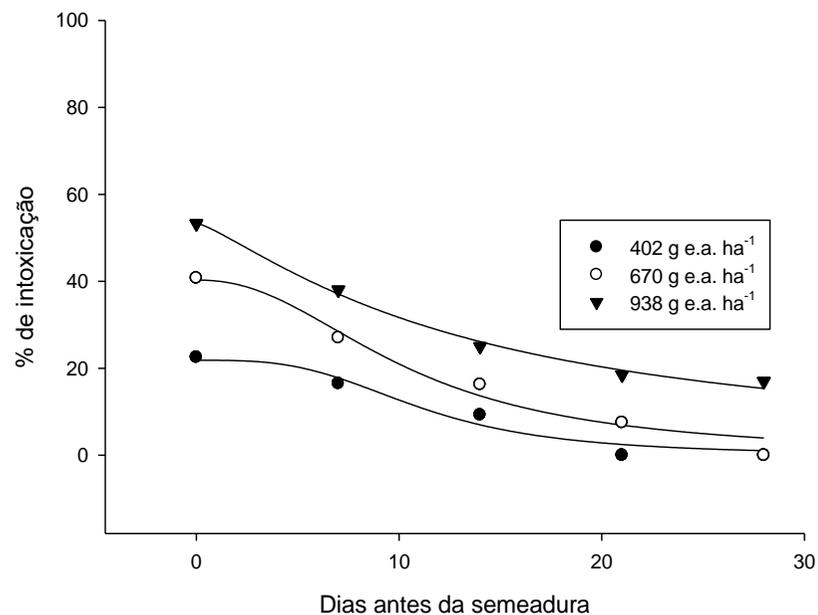
Observa-se que o aumento das doses do herbicida dicamba proporcionou variação nos valores de intoxicação atribuídos às plantas de soja, o que praticamente não ocorreu para o 2,4-D. Isso fica caracterizado, principalmente, aos 28 DAE.

As injúrias provocadas pelo dicamba foram, de modo geral, mais acentuadas do que as provocadas pelo 2,4-D. Para as doses de 670 e 938 g e.a. ha<sup>-1</sup> de dicamba, as porcentagens de intoxicação foram próximas a 50%, caracterizadas pelo atraso na emergência e no desenvolvimento das plantas e retorcimento das bordas das folhas.

Para o 2,4-D, aos 28 DAE, os níveis de injúrias às plantas foram sempre inferiores a 10%, se aproximando de 0% a partir do terceiro período (14 DAS). O principal sintoma observado nas plantas de soja foi o retorcimento do limbo do foliar.

Apesar de ambos os produtos serem classificados como mimetizadores de auxina, os efeitos de toxicidade do dicamba foram superiores ao do 2,4-D nas plantas de soja. O fato do dicamba possuir maior solubilidade em água, menores valores de  $K_{ow}$  (coeficiente de partição octanol-água) e menores valores de sorção ao solo ( $K_d$ ) ou à matéria orgânica ( $K_{oc}$ ) implica em maior disponibilidade do herbicida na solução do solo e, conseqüentemente, maior atividade residual (OLIVEIRA JR. et al., 2001; SENSEMAN, 2007; VILLAVARDE et al., 2008; RODRIGUES e ALMEIDA, 2011), o que pode ter aumentado os níveis de injúrias do herbicida às plantas de soja.

dicamba - soja: 14 DAE



2,4-D - soja: 14 DAE

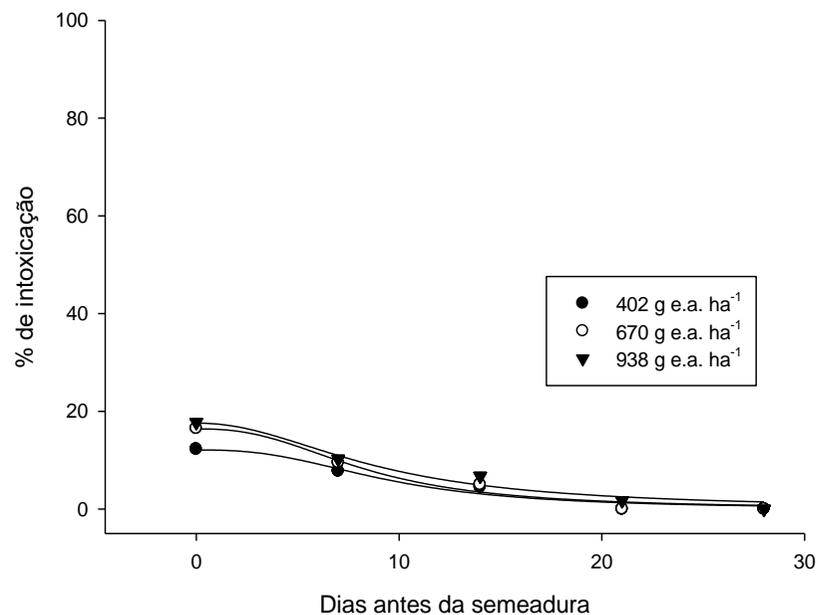
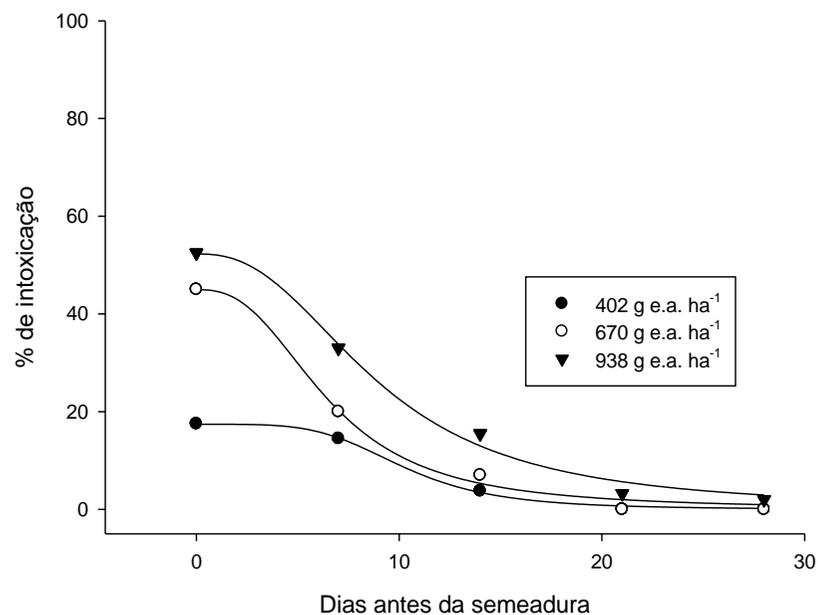


Figura 2. Curvas referentes às porcentagens de intoxicação aos 14 DAE em função dos períodos de aplicação dos herbicidas para a cultura de soja no experimento de Maringá-PR, 2015.

Tabela 1. Estimativas dos parâmetros a, b e X<sub>0</sub>, coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) dos modelos ajustados aos 14 DAE. Maringá-PR, 2015.

HERBICIDAS	a	b	X <sub>0</sub>	R <sup>2</sup>	HERBICIDAS	a	b	X <sub>0</sub>	R <sup>2</sup>
Dicamba – 402	21,85	3,21	11,07	0,87	2,4-D – 402	12,10	2,62	9,35	0,88
Dicamba – 670	40,29	2,23	10,38	0,74	2,4-D – 670	16,40	2,50	8,30	0,85
Dicamba – 938	53,41	1,25	13,53	0,77	2,4-D – 938	17,59	2,09	8,89	0,83

dicamba - soja: 28 DAE



2,4-D - soja: 28 DAE

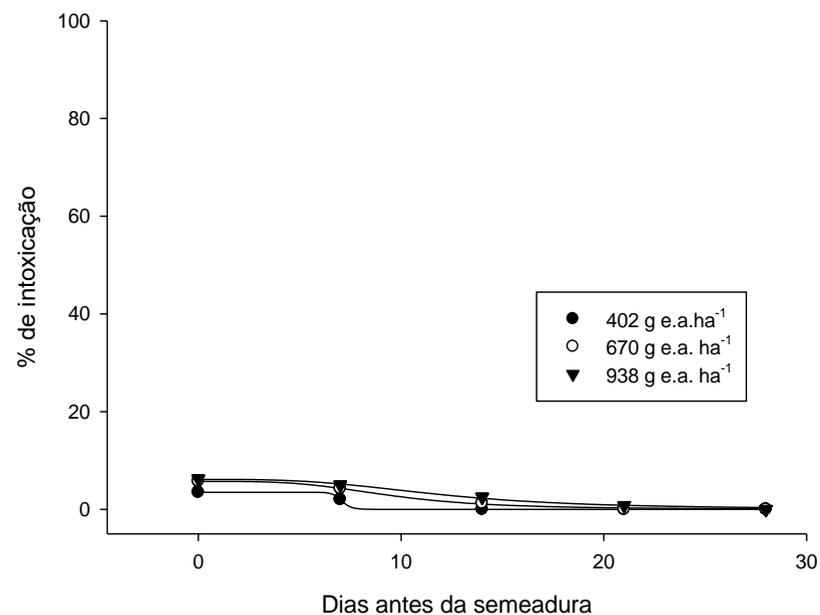


Figura 3. Curvas referentes às porcentagens de intoxicação aos 28 DAE em função dos períodos de aplicação dos herbicidas para a cultura de soja no experimento de Maringá-PR, 2015.

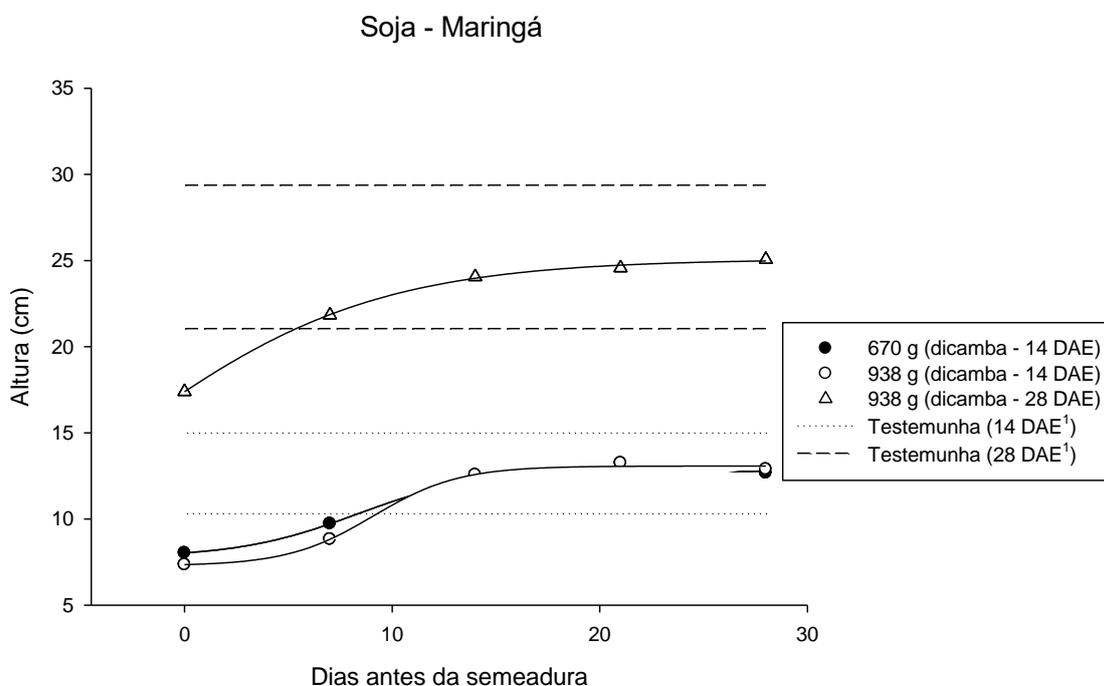
Tabela 2. Estimativas dos parâmetros a, b e  $X_0$ , coeficiente de determinação ( $R^2$ ) dos modelos ajustados aos 28 DAE. Maringá-PR, 2015.

HERBICIDAS	a	b	$X_0$	$R^2$	HERBICIDAS	a	b	$X_0$	$R^2$
Dicamba – 402	17,42	4,41	10,20	0,82	2,4-D – 402	3,50	30,12	7,07	0,84
Dicamba – 670	44,96	2,62	6,49	0,70	2,4-D – 670	5,73	9,45	3,69	0,81
Dicamba – 938	52,28	2,47	8,94	0,75	2,4-D – 938	6,14	11,86	3,24	0,81

Além disso, como discutido no capítulo 1, as plantas possuem sensibilidade diferenciada aos diversos mimetizadores de auxina, em função, principalmente, da variedade de receptores químicos destes herbicidas e das diferenças de absorção deles (KELLEY e RIECHERS, 2007; GLEASON et al., 2011). As plantas de soja são mais suscetíveis às injúrias do herbicida dicamba do que do 2,4-D, como mostrado por Johnson et al. (2012).

As avaliações de altura de plantas de soja aos 14 e 28 DAE revelam que aplicações de dicamba na menor dose (420 g e.a. ha<sup>-1</sup>) e de 2,4-D, em todas as doses, não afetaram esta variável (dados não mostrados). Para as doses de 670 e 938 g e.a. ha<sup>-1</sup> do dicamba, observou-se redução na altura de plantas, principalmente nas aplicações mais próximas à semeadura (Figura 4). Na Tabela 3 estão as estimativas dos parâmetros com os respectivos coeficientes de determinação ajustados para os modelos obtidos.

Na Figura 4, observam-se linhas tracejadas que indicam os intervalos nos quais os valores de altura das plantas são semelhantes ao da testemunha sem herbicidas. Na avaliação de 14 DAE, as doses de 670 e 938 g e.a. ha<sup>-1</sup> do herbicida dicamba afetaram a altura das plantas em aplicações inferiores a oito dias (intersecção entre linha inferior da testemunha e modelo ajustados).



<sup>1</sup>Intervalo referente à média da testemunha sem herbicidas ± a DMS do teste Dunnett a 5% de probabilidade

Figura 4. Altura das plantas de soja aos 14 e 28 DAE, em função dos diferentes intervalos entre aplicação e semeadura. Maringá – PR, 2015.

Na avaliação de 28 DAE, apenas o tratamento com dicamba a 938 g e.a. ha<sup>-1</sup> influenciou a altura das plantas nos diferentes períodos. Neste momento, as plantas de soja já haviam se recuperado do atraso da emergência, e as diferenças de altura foram inferiores à avaliação anterior. Neste caso, as aplicações com intervalo de até seis dias reduziram a altura das plantas.

Tabela 3. Estimativas dos parâmetros e coeficiente de determinação para os modelos obtidos para a altura de plantas. Maringá – PR, 2015.

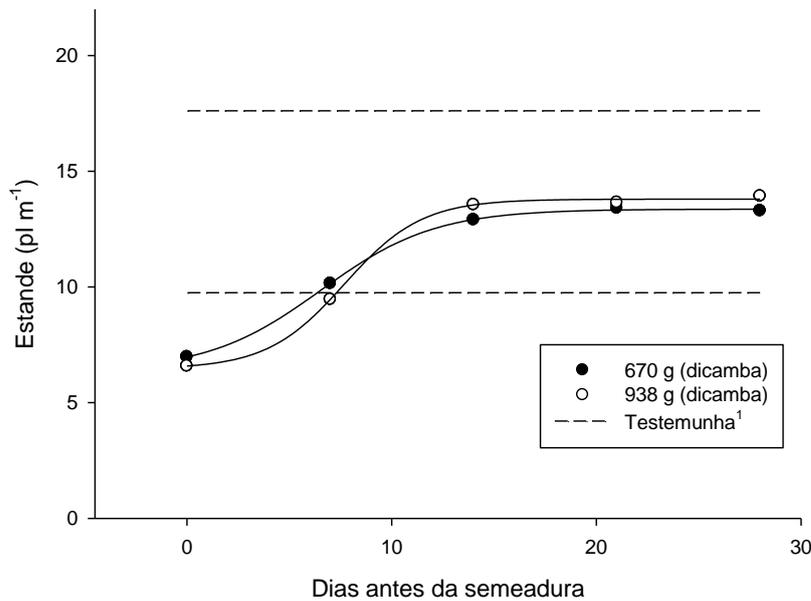
Herbicidas	y <sub>0</sub>	a	b	x <sub>0</sub>	R <sup>2</sup>
670 g (dicamba – 14 DAE) <sup>1</sup>	7,77	12,76	2,84	8,28	0,99
938 g (dicamba – 14 DAE) <sup>1</sup>	7,28	13,07	2,06	9,09	0,99
938 g (dicamba – 28 DAE) <sup>2</sup>	-	25,13	6,37	-5,14	0,99

<sup>1</sup> modelo ajustado: sigmoidal de 4 parâmetros

<sup>2</sup> modelo ajustado: sigmoidal de 3 parâmetros

Com relação ao estande da cultura da soja, observa-se que apenas as aplicações de dicamba nas doses de 670 e 938 g e.a. ha<sup>-1</sup> afetaram a variável. A Figura 5 revela que o estande foi afetado quando o período entre aplicação e semeadura foi inferior a sete dias. Nas aplicações no dia da semeadura, as reduções foram próximas a 50%, quando comparados aos tratamentos não afetados. Os parâmetros dos modelos obtidos e os coeficientes de determinação estão na Tabela 4.

### Soja - Maringá



<sup>1</sup>Intervalo referente à média da testemunha sem herbicidas  $\pm$  a DMS do teste Dunnett a 5% de probabilidade

Figura 5. Estande da cultura da soja aos 28 DAE, em função dos diferentes intervalos entre aplicação e semeadura. Maringá – PR, 2015.

Tabela 4. Estimativas dos parâmetros e coeficiente de determinação para os modelos obtidos para o estande da cultura. Maringá – PR, 2015.

Herbicidas	$y_0$	a	b	$x_0$	$R^2$
670 g (dicamba)	6,37	13,36	2,78	6,55	0,99
938 g (dicamba)	6,46	13,79	1,89	7,69	0,99

Os resultados referentes às avaliações aos 14 e 28 DAE para o experimento de Bandeirantes são mostrados nas Figuras 6 e 7. As estimativas dos parâmetros com os respectivos coeficientes de determinação são apresentados nas Tabelas 5 e 6.

Neste experimento, os níveis de injúrias causados pelo dicamba foram mais acentuados do que os observados em Maringá, principalmente nas maiores doses. O parâmetro “a”, que indica intoxicação máxima às plantas, para as doses de 670 e 938 g e.a. ha<sup>-1</sup> do dicamba foi superior a 80% (Tabela 5) aos 14 DAE. Apesar de no solo de Bandeirantes as porcentagens de argila e de matéria orgânica serem superiores ao de Maringá, o que favoreceria a adsorção do herbicida, aumentaria a degradação microbiana e diminuiria sua disponibilidade na solução do solo, no momento da aplicação dos produtos a umidade no solo era diferente. No experimento de Maringá, no dia anterior à

semeadura ocorreu uma chuva de 4 mm. No de Bandeirantes, as chuvas ocorridas nos dois dias anteriores à semeadura totalizaram 42,7 mm (Figura 1). Em função da textura mais argilosa deste solo, comparado ao de Maringá, infere-se que a manutenção de umidade neste tipo de solo tende a ser maior, o que pode ter favorecido a imediata disponibilidade do herbicida às plantas. O elevado valor de solubilidade do herbicida dicamba ( $4500 \text{ mg L}^{-1}$ ) também contribui para tal fato.

Nos modelos ajustados para o herbicida dicamba, percebe-se alta declividade da curva após o segundo período (sete dias antes da semeadura), o que indica uma queda acentuada nos níveis de intoxicação às plantas após esse período. Sabe-se que a persistência deste herbicida, assim como do 2,4-D no solo, não é longa. Tais produtos possuem alta taxa de degradação microbiana e meia vida relativamente curta (ALTOM e STRITZKE, et al., 1973; VOOS e GROFFMAN, 1997). Assim, sua atividade residual no solo tende a diminuir rapidamente, principalmente com maiores níveis de matéria orgânica, como observado no experimento de Bandeirantes. Nos modelos ajustados para o herbicida dicamba, observa-se que o parâmetro  $X_0$ , que indica o tempo necessário para 50% de redução da intoxicação às plantas, (Tabela 5 e 6) nas avaliações de 14 e 28 DAE, foram próximos de 10 dias.

Para o herbicida 2,4-D, os níveis de injúrias às plantas foram pequenos, chegando ao máximo de 20%. E novamente, entre as doses testadas, as diferenças de intoxicação foram pequenas. O sintoma mais comum observado nestas plantas foi o retorcimento das bordas das folhas, o que ocorreu até o segundo trifólio das plantas. A disponibilidade do 2,4-D na solução do solo está relacionada, dentre alguns fatores, com a capacidade de adsorção à matéria orgânica e sua degradação microbiana (OLIVEIRA JR., et al., 2001; VIEIRA et al., 1999; SPADOTTO et al., 2003), o que pode reduzir a disponibilidade dos herbicidas às plantas.

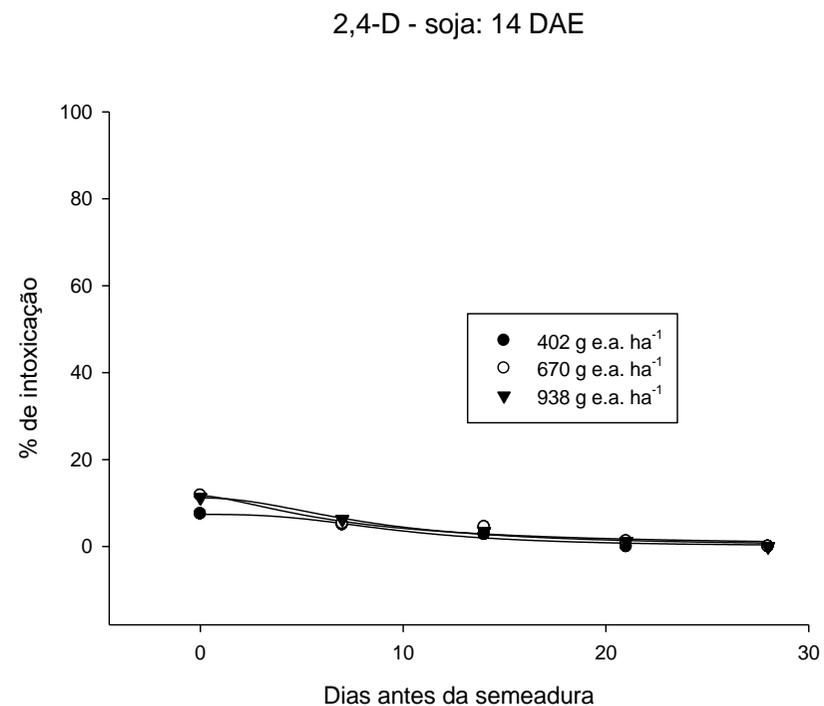
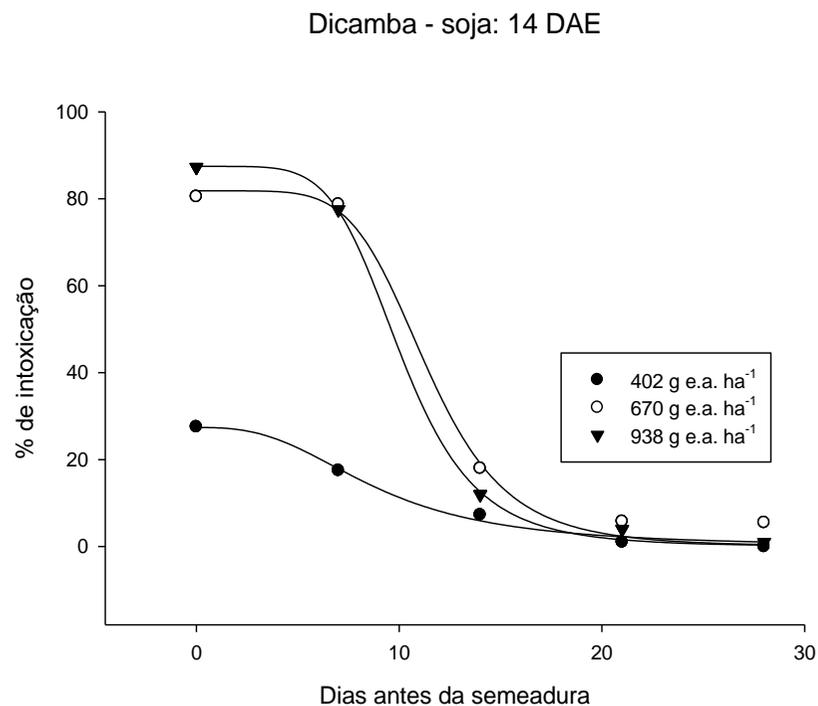
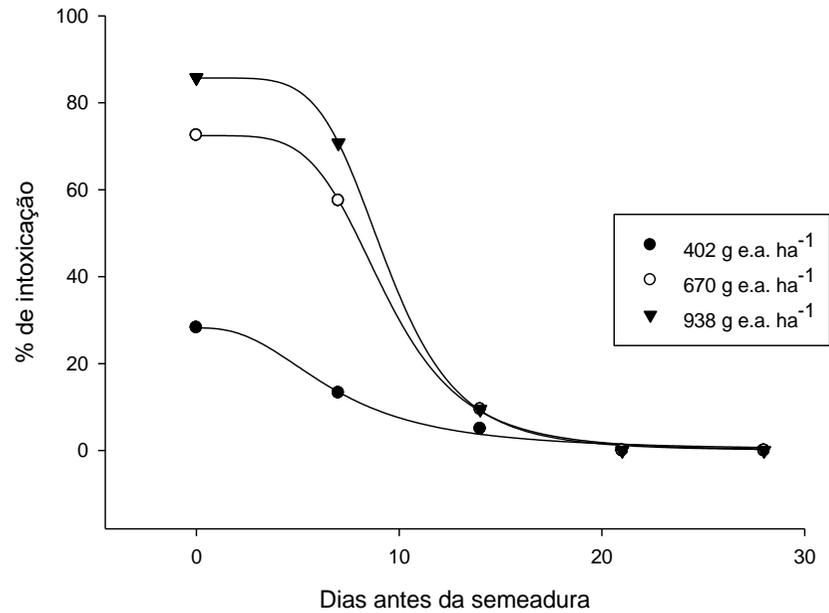


Figura 6. Curvas referentes às porcentagens de intoxicação aos 14 DAE em função dos períodos de aplicação dos herbicidas para a cultura de soja no experimento de Bandeirantes-PR, 2015.

Tabela 5. Estimativas dos parâmetros a, b e  $X_0$ , coeficiente de determinação ( $R^2$ ) dos modelos ajustados aos 14 DAE. Bandeirantes-PR, 2015.

HERBICIDAS	a	b	$X_0$	$R^2$	HERBICIDAS	a	b	$X_0$	$R^2$
Dicamba – 402	27,37	2,78	8,81	0,89	2,4-D – 402	7,39	2,79	9,76	0,85
Dicamba – 670	81,82	5,77	11,39	0,97	2,4-D – 670	11,69	1,58	6,93	0,82
Dicamba – 938	87,45	5,49	10,12	0,99	2,4-D – 938	11,20	2,07	8,20	0,91

Dicamba - soja: 28 DAE



2,4-D - soja: 28 DAE

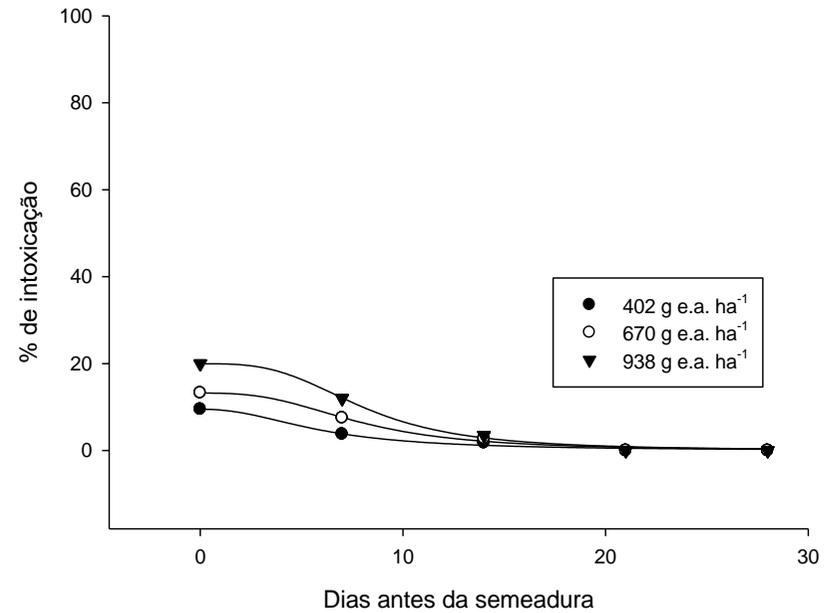
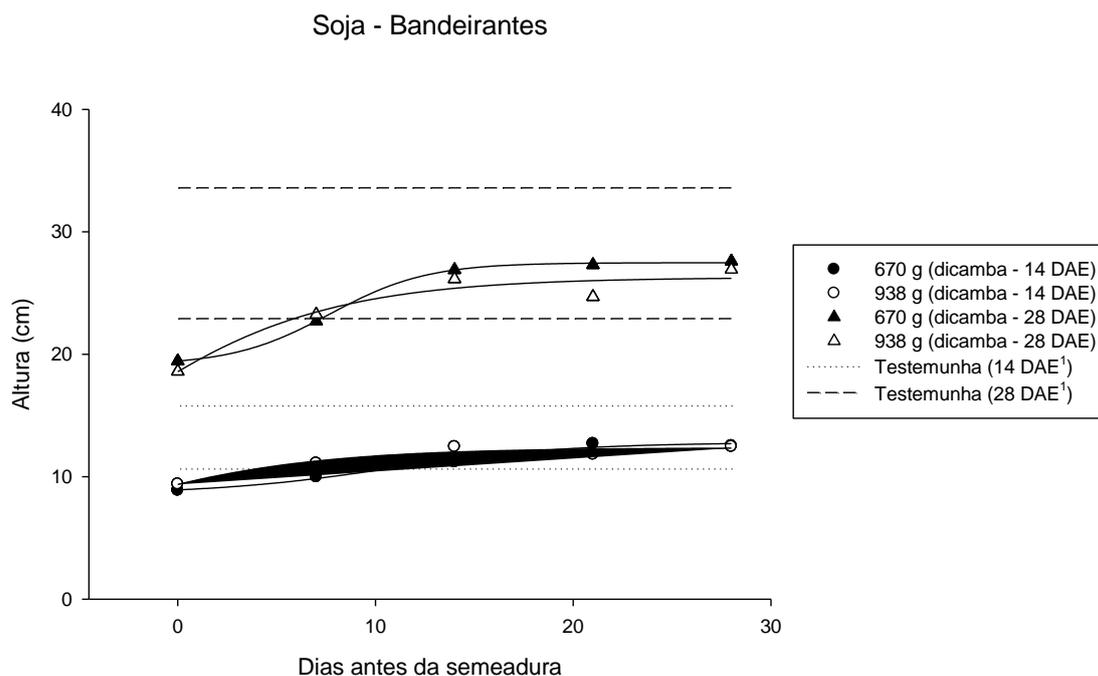


Figura 7. Curvas referentes às porcentagens de intoxicação aos 28 DAE em função dos períodos de aplicação dos herbicidas para a cultura de soja no experimento de Bandeirantes-PR, 2015.

Tabela 6. Estimativas dos parâmetros a, b e  $X_0$ , coeficiente de determinação ( $R^2$ ) dos modelos ajustados aos 28 DAE. Bandeirantes-PR, 2015.

HERBICIDAS	a	b	$X_0$	$R^2$	HERBICIDAS	a	b	$X_0$	$R^2$
Dicamba – 402	28,21	2,58	6,76	0,84	2,4-D – 402	9,49	2,23	5,90	0,92
Dicamba – 670	72,43	4,77	9,31	0,98	2,4-D – 670	13,21	2,83	7,82	0,78
Dicamba – 938	85,70	5,30	9,40	0,99	2,4-D – 938	19,97	3,19	8,03	0,77

Os resultados de altura de plantas de soja aos 14 e 28 DAE para o experimento de Bandeirantes estão na Figura 8. Os parâmetros das equações e os coeficientes de determinação estão na Tabela 7. Os dados referentes ao herbicida 2,4-D e a menor dose do dicamba não foram apresentados. Para estes tratamentos, não houve alteração nos valores de altura das plantas em função dos diferentes intervalos entre aplicação e semeadura.



<sup>1</sup>Intervalo referente à média da testemunha sem herbicidas  $\pm$  a DMS do teste Dunnett a 5% de probabilidade

Figura 8. Altura das plantas de soja aos 14 e 28 DAE, em função dos diferentes intervalos entre aplicação e semeadura. Bandeirantes – PR, 2015.

Os modelos ajustados sugerem que as aplicações mais próximas à semeadura reduziram a altura das plantas de soja, fato que diminuiu com o aumento de intervalo de tempo entre as aplicações e a semeadura. Na avaliação de 28 DAE, as diferenças são mais pronunciadas. Nesta ocasião, verifica-se que intervalos inferiores a sete dias entre aplicação e semeadura reduziram a altura das plantas. Para intervalos maiores de que este, o valor médio da altura das plantas não diferiu significativamente do tratamento sem aplicação de herbicidas. Aplicações de herbicidas mimetizadores de auxina muito próximas à semeadura podem ocasionar redução na altura de plantas, principalmente por atrasar a emergência das mesmas (SILVA et al., 2011).

Tabela 7. Estimativas dos parâmetros e coeficiente de determinação para os modelos obtidos para a altura de plantas. Bandeirantes – PR, 2015.

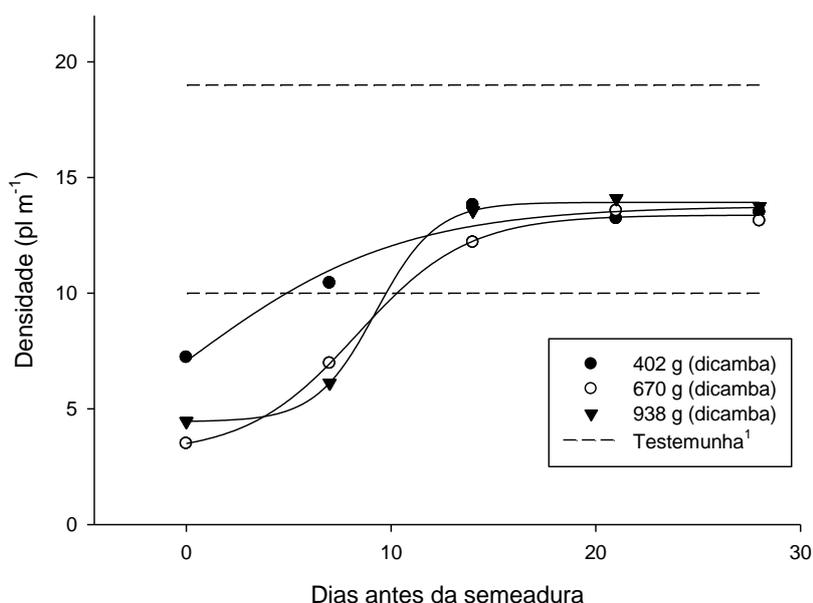
Herbicidas	$y_0$	a	b	$x_0$	$R^2$
670 g (dicamba – 14 DAE) <sup>1</sup>	8,56	12,80	4,55	10,75	0,98
938 g (dicamba – 14 DAE) <sup>2</sup>	-	12,36	5,83	-6,66	0,92
670 g (dicamba – 28 DAE) <sup>1</sup>	19,10	27,48	2,45	7,69	0,99
938 g (dicamba – 28 DAE) <sup>2</sup>	-	26,27	5,67	-4,99	0,92

<sup>1</sup> modelo ajustado: sigmoidal de 4 parâmetros

<sup>2</sup> modelo ajustado: sigmoidal de 3 parâmetros

Assim como para a altura, o herbicida 2,4-D não afetou o estande da cultura da soja. Isso foi observado apenas para os tratamentos com o dicamba (Figura 9 e Tabela 8).

Soja - Bandeirantes



<sup>1</sup> Intervalo referente à média da testemunha sem herbicidas  $\pm$  a DMS do teste Dunnett a 5% de probabilidade

Figura 9. Estande da cultura da soja aos 28 DAE, em função dos diferentes intervalos entre aplicação e semeadura. Bandeirantes – PR, 2015.

Tabela 8. Estimativas dos parâmetros e coeficiente de determinação para os modelos obtidos para o estande da cultura. Bandeirantes – PR, 2015.

Herbicidas	$y_0$	a	b	$x_0$	$R^2$
402 g (dicamba) <sup>2</sup>	-	13,77	5,29	-0,27	0,95
670 g (dicamba) <sup>1</sup>	3,06	13,38	2,70	8,34	0,99
938 g (dicamba) <sup>1</sup>	4,44	13,92	1,46	9,25	0,99

<sup>1</sup> modelo ajustado: sigmoidal de 4 parâmetros

<sup>2</sup> modelo ajustado: sigmoidal de 3 parâmetros

Os valores de estande das plantas observados para os tratamentos com dicamba nas duas maiores doses foram inferiores a 4 plantas  $m^{-1}$  nas aplicações no dia da semeadura. Na testemunha sem aplicação de herbicidas estes valores foram de 14,5 plantas por metro linear, o que revela redução de estande próxima a 70% para estes tratamentos.

Apesar do estande da soja não ter sido afetado pelas aplicações de 2,4-D neste experimento, isso já foi relatado em trabalhos efetuados em casa de vegetação. Silva et al. (2011) estudaram o efeito do 2,4-D aplicado em diferentes períodos antes da semeadura da soja (V-MAX). Os autores observaram que as aplicações de 2,4-D a 1005 g e.a.  $ha^{-1}$ , em solo de textura franco arenosa (20% de argila e 76% de areia), no dia da semeadura e sete dias antes provocaram reduções na velocidade e porcentagem de germinação das plantas de soja.

Alguns trabalhos revelam os prejuízos ocasionados pelos herbicidas mimetizadores de auxina sobre as culturas. Johnson et al. (2012) encontraram correlações significativas entre os níveis de intoxicação causados pelos herbicidas dicamba e 2,4-D com os valores de produtividade da cultura da soja. Para Robinson et al. (2013), as correlações também foram significativas e mostraram que injúrias nas plantas de soja próximas a 15% ocasionadas pelo herbicida dicamba aplicado em pós-emergência, em avaliação efetuada no estágio V2, resultaram em, aproximadamente, 10% de redução de produtividade. Griffin et al. (2013) verificaram que injúrias de dicamba em plantas de soja refletiram em queda de produtividade. Neste caso, injúrias próximas a 25% no estágio vegetativo da cultura ocasionaram redução de 15% no rendimento de grãos da soja. Já resultados de Thompson et al. (2007) mostraram que as injúrias ao redor de 30%, ocasionadas pelas aplicações de mimetizadores de auxina pré-semeadura da soja, não causaram interferência no rendimento de grãos da soja.

Em função das diferenças de valores obtidas nos experimentos citados, adotou-se, no presente trabalho, uma tolerância de intoxicação máxima de 10% para a determinação de intervalos considerados seguros entre as aplicações dos herbicidas e a semeadura, independente da avaliação (14 ou 28 DAE), desde que o estande da cultura não fosse comprometido.

Assim sendo, a Tabela 9 demonstra os intervalos de segurança (IS) obtidos nos presentes experimentos, para cada combinação de dose e herbicida, além dos níveis de precipitação acumulada para cada intervalo de aplicação. Percebe-se que para o ensaio de Maringá, os intervalos de segurança apresentaram os maiores valores, superando 28 dias no caso do dicamba a 938 g e.a. ha<sup>-1</sup>, enquanto para Bandeirantes, nesta mesma dose deste herbicida o valor foi de 14 dias. O solo do experimento de Bandeirantes possui maior teor de carbono que o de Maringá (18,8 e 9,0 g de C dm<sup>-3</sup> de solo, respectivamente), o que favorece a degradação destes herbicidas (VOOS e GROFFMAN, 1997;). Além disso, os valores de pH para o solo de Maringá são superiores ao de Bandeirantes (5,8 e 5,2, respectivamente). Há uma tendência de diminuição da sorção de herbicidas no solo quando se aumenta os valores de pH (ROCHA et al., 2000; BOIVIN et al., 2005), o que pode elevar a quantidade de herbicida na solução do solo.

Tabela 9. Herbicidas, doses, intervalos de segurança (IS) e precipitação acumulada para os experimentos com a cultura da soja em Bandeirantes e Maringá, 2015.

Herbicidas	Doses (g e.a. ha <sup>-1</sup> )	Local	IS (dias)	Precipitação acumulada (mm) para o intervalo de segurança
Dicamba	420	Bandeirantes	11	142,4
Dicamba	670	Bandeirantes	16	147,4
Dicamba	938	Bandeirantes	14	147,4
2,4-D	420	Bandeirantes	6	44,9
2,4-D	670	Bandeirantes	7	44,9
2,4-D	938	Bandeirantes	8	53,4
Dicamba	420	Maringá	14	113,2
Dicamba	670	Maringá	17	113,2
Dicamba	938	Maringá	>28	>131,0
2,4-D	420	Maringá	5	91,8
2,4-D	670	Maringá	7	110,0
2,4-D	938	Maringá	8	110,0

g e.a. ha<sup>-1</sup> – gramas de equivalente ácido por hectare.

## b) Cultura do algodão

Os resultados referentes às avaliações de intoxicação aos 14 e 28 DAE para o experimento de Maringá são mostrados nas Figuras 10 e 11. As

estimativas dos parâmetros com os respectivos coeficientes de determinação são apresentados nas Tabelas 10 e 11.

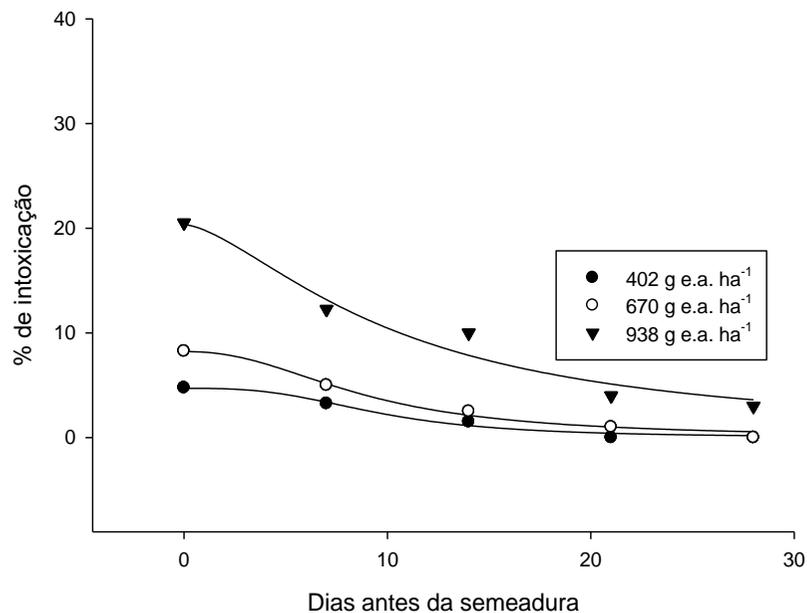
Aos 14 DAE, as figuras mostram que os valores de intoxicação, às plantas de algodão, ocasionados pelo dicamba a 402 e 670 g e.a. ha<sup>-1</sup> não atingiram 10%, o que pode ser verificado pelo parâmetro “a” dos modelos adotados (Tabela 10). Na dose de 938 g e.a. ha<sup>-1</sup>, os sintomas foram mais evidentes, superando 20% para os intervalos muito próximos à semeadura. Neste caso, as plantas de algodão tiveram seu crescimento afetado, e mostraram-se menores que as demais.

Para o 2,4-D, o sintoma mais comum foi o encarquilhamento das folhas, e foi mais evidente para as doses de 670 e 938 g e.a. ha<sup>-1</sup> aplicadas no dia da semeadura. Neste caso, os valores de toxicidade provocados pelo herbicida foram próximos a 15%.

Aos 28 DAE, os sintomas de injúrias para ambos os herbicidas diminuíram. Para o 2,4-D, os valores foram de no máximo 5%, independente da dose testada, e se aproximaram de 0% quando o intervalo entre semeadura e aplicação foi próximo de 15 dias. Para o dicamba, a dose de 402 g e.a. ha<sup>-1</sup> não provocou qualquer tipo de injúria nesta avaliação. No caso da maior dose (938 g e.a. ha<sup>-1</sup>), a aplicação muito próxima à semeadura resultou em intoxicação superior a 10%.

Apesar do herbicida dicamba apresentar propriedades físico-químicas que aumentariam sua disponibilidade na solução do solo, quando comparado ao 2,4-D, as diferenças entre os níveis de intoxicação proporcionadas pelos herbicidas foram pequenas. Alguns experimentos já mostraram que as plantas de algodão são mais suscetíveis ao 2,4-D do que ao dicamba (MARPLE et al., 2008; JOHNSON et al., 2012).

dicamba - algodão: 14 DAE



2,4-D - algodão: 14 DAE

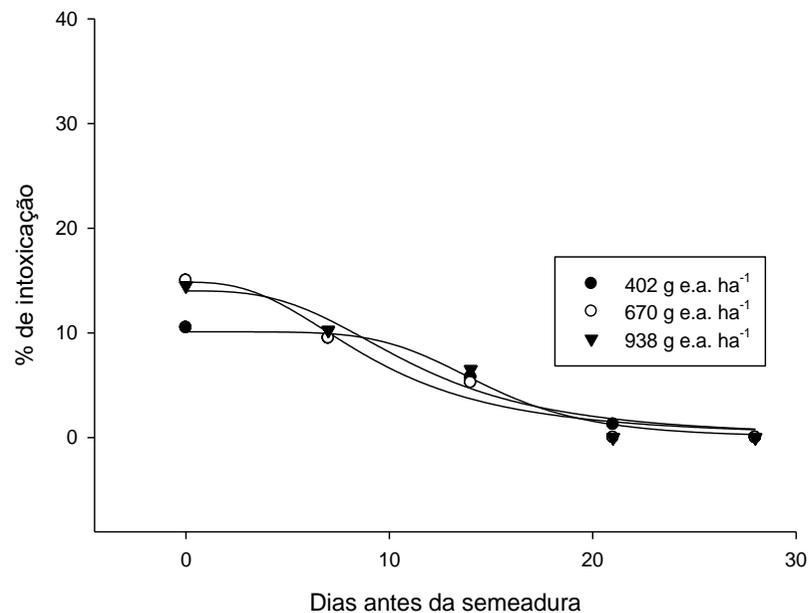
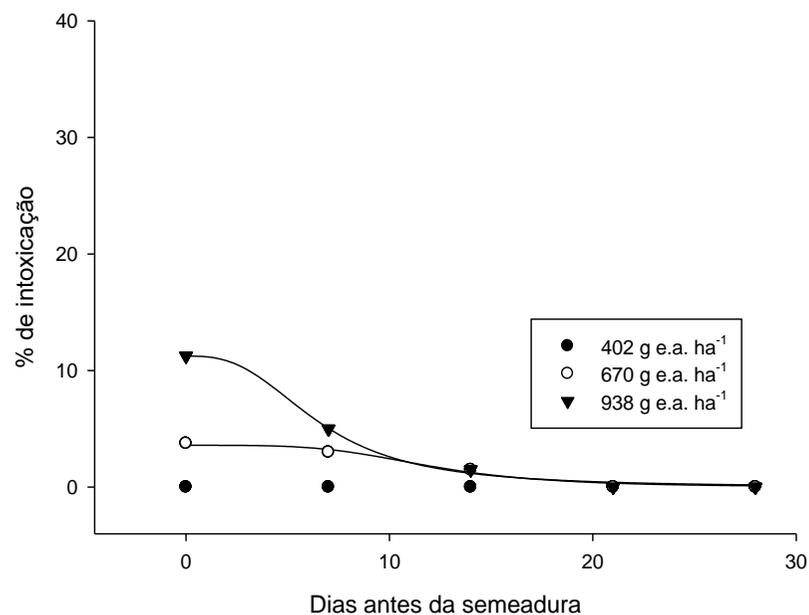


Figura 10. Curvas referentes às porcentagens de intoxicação aos 14 DAE em função dos períodos de aplicação dos herbicidas para a cultura do algodão no experimento de Maringá-PR, 2015.

Tabela 10. Estimativas dos parâmetros a, b e  $X_0$ , coeficiente de determinação ( $R^2$ ) dos modelos ajustados aos 14 DAE. Maringá-PR, 2015.

HERBICIDAS	a	b	$X_0$	$R^2$	HERBICIDAS	a	b	$X_0$	$R^2$
Dicamba – 402	4,70	2,99	9,68	0,79	2,4-D – 402	10,12	5,48	14,67	0,78
Dicamba – 670	8,21	2,27	8,81	0,79	2,4-D – 670	14,00	3,03	11,16	0,84
Dicamba – 938	20,34	1,55	10,37	0,86	2,4-D – 938	14,84	2,65	9,24	0,81

dicamba - algodão: 28 DAE



2,4-D - algodão: 28 DAE

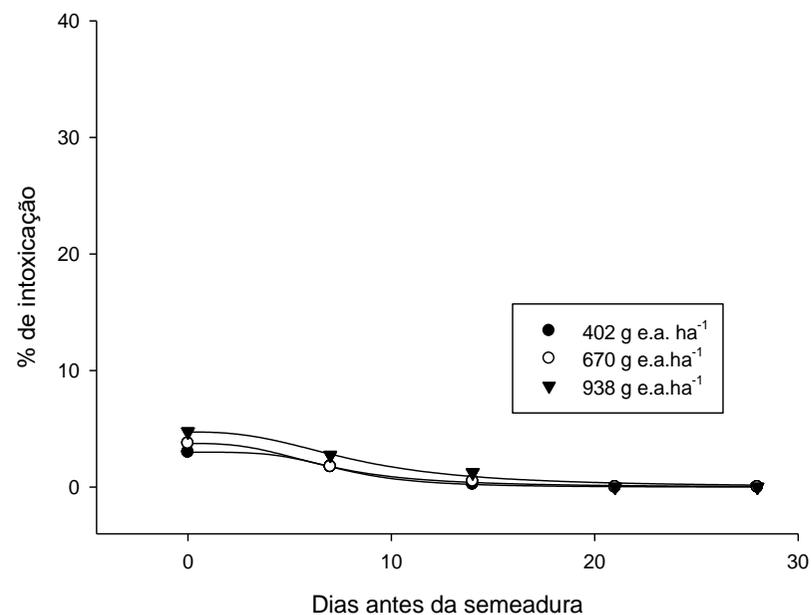
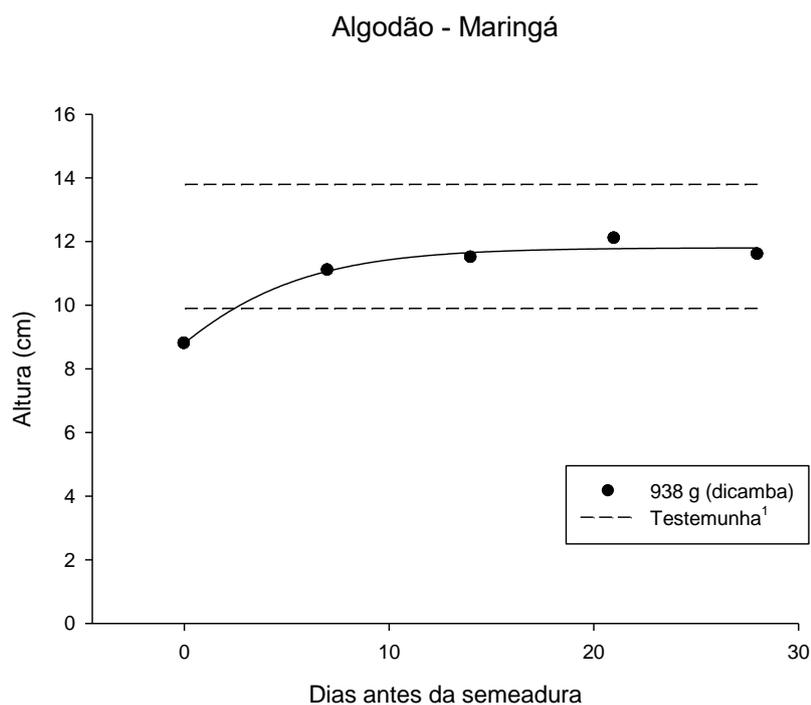


Figura 11. Curvas referentes às porcentagens de intoxicação aos 28 DAE em função dos períodos de aplicação dos herbicidas para a cultura do algodão no experimento de Maringá-PR, 2015.

Tabela 11. Estimativas dos parâmetros a, b e  $X_0$ , coeficiente de determinação ( $R^2$ ) dos modelos ajustados aos 28 DAE. Maringá-PR, 2015.

HERBICIDAS	a	b	$X_0$	$R^2$	HERBICIDAS	a	b	$X_0$	$R^2$
Dicamba – 402	-	-	-	-	2,4-D – 402	3,00	4,07	7,61	0,82
Dicamba – 670	3,59	4,05	12,05	0,94	2,4-D – 670	3,74	2,88	6,72	0,72
Dicamba – 938	11,24	2,79	6,50	0,82	2,4-D – 938	4,73	8,16	8,16	0,85

Os resultados de altura de plantas obtidos aos 14 DAE, para a maior dose do herbicida dicamba, são apresentados na Figura 12 e Tabela 12. Observa-se que entre os intervalos de zero e sete dias, a curva apresenta uma taxa de crescimento mais acentuada que nos demais intervalos. Isso indica que as aplicações muito próximas à semeadura interferiram nos valores da variável. Considerando os valores da testemunha sem herbicidas e o modelo ajustado, verifica-se que para até dois dias de intervalo entre semeadura e aplicação do dicamba a 938 g e.a. ha<sup>-1</sup> a altura das plantas de algodão foi reduzida significativamente. Para as demais combinações de doses e herbicidas, a altura de plantas não foi influenciada pelos diferentes intervalos entre aplicações e semeadura, assim como para todos os tratamentos na avaliação de 28 DAE. Nesta ocasião, as plantas afetadas na avaliação anterior cresceram normalmente, e já não se observou diferenças entre nenhum tratamento.



<sup>1</sup> Intervalo referente à média da testemunha sem herbicidas ± a DMS do teste Dunnett a 5% de probabilidade

Figura 12. Altura das plantas de algodão aos 14 DAE, em função dos diferentes intervalos entre aplicação e semeadura. Maringá – PR, 2015.

Tabela 12. Estimativas dos parâmetros e coeficiente de determinação para os modelos obtidos para a altura de plantas. Maringá – PR, 2015.

Herbicidas	y <sub>0</sub>	a	b	x <sub>0</sub>	R <sup>2</sup>
938 g (dicamba – 14 DAE) <sup>1</sup>	-	11,80	4,28	-4,60	0,97

<sup>1</sup> modelo ajustado: sigmoidal de 3 parâmetros

Neste experimento, a densidade de plantas da cultura (dados não apresentados) também não foi influenciada pelos tratamentos testados.

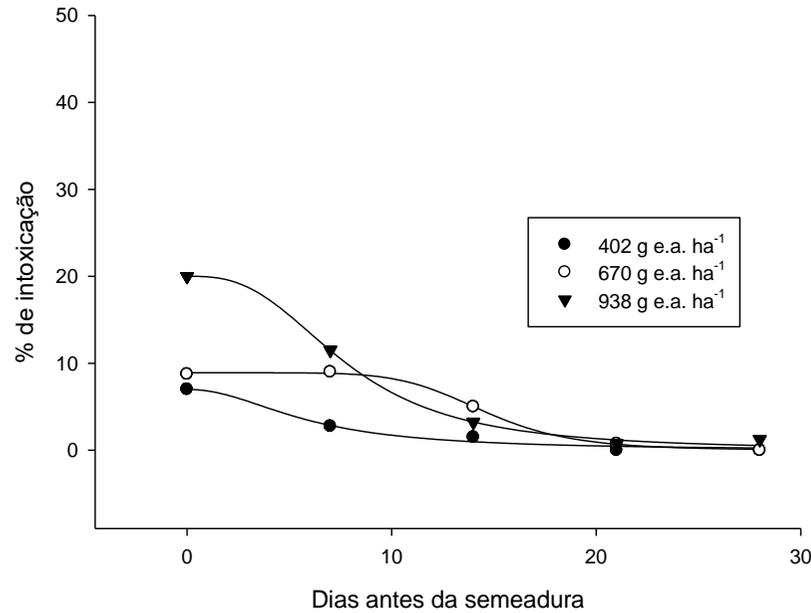
Os resultados referentes às avaliações de intoxicação aos 14 e 28 DAE para o experimento de Bandeirantes são mostrados nas Figuras 13 e 14. As estimativas dos parâmetros com os respectivos coeficientes de determinação são apresentados nas Tabelas 13 e 14.

Observa-se que os resultados de intoxicação às plantas em ambos os experimentos foram próximos. Na primeira avaliação, os sintomas ocasionados às plantas de algodão pelo dicamba na dose de 938 g e.a. ha<sup>-1</sup> foram de até 20% (dia de semeadura), como pode ser visualizado pelo parâmetro “a” da equação, caracterizados, principalmente, pelo retorcimento dos bordos foliares. Com o aumento dos intervalos entre semeadura e aplicação do herbicida, os valores diminuíram, e se aproximaram de 0% aos 15 DAS. Para as demais doses de dicamba, as porcentagens de intoxicação foram sempre inferiores a 10%.

As aplicações de 2,4-D revelam maiores níveis de intoxicação para as doses de 670 e 938 g e.a. ha<sup>-1</sup>, com valores próximos a 15%. Para a dose de 402 g e.a. ha<sup>-1</sup>, os níveis de intoxicação foram baixos, se aproximando de zero a partir do terceiro período de aplicação (14 DAS). Experimentos de Everitt e Keeling (2007) também mostram que aplicações de 2,4-D duas semanas antes da semeadura não promoveram injúrias à cultura do algodão.

Aos 28 DAE, os sintomas de intoxicação observados para as doses de 402 e 670 g e.a. ha<sup>-1</sup> do dicamba desapareceram, e os valores observados foram sempre 0%, não sendo possível o ajuste de algum modelo matemático. Para as duas menores doses de 2,4-D, as plantas de algodão também se recuperaram das injúrias, caracterizadas pelo encarquilhamento das folhas, e os valores se aproximaram de 0% para intervalos superiores a sete dias.

dicamba - algodão: 14 DAE



2,4-D - algodão: 14 DAE

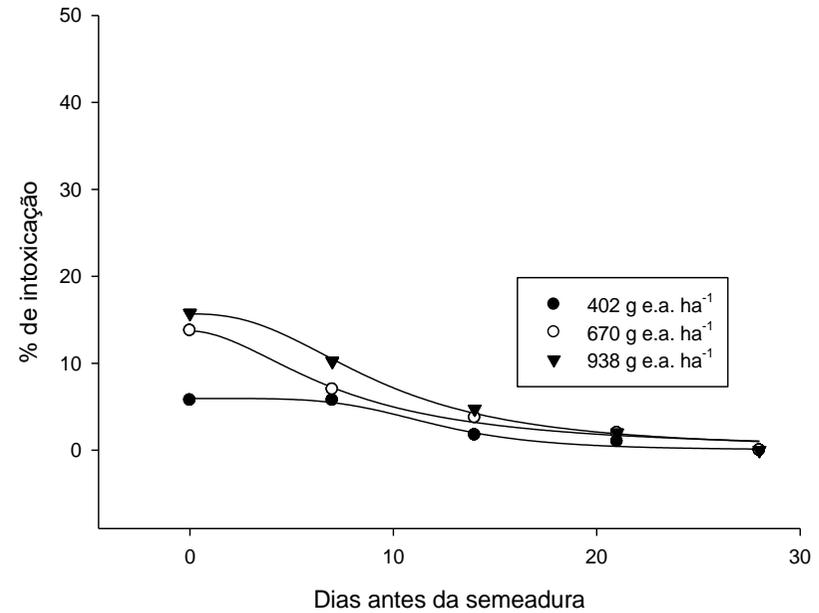
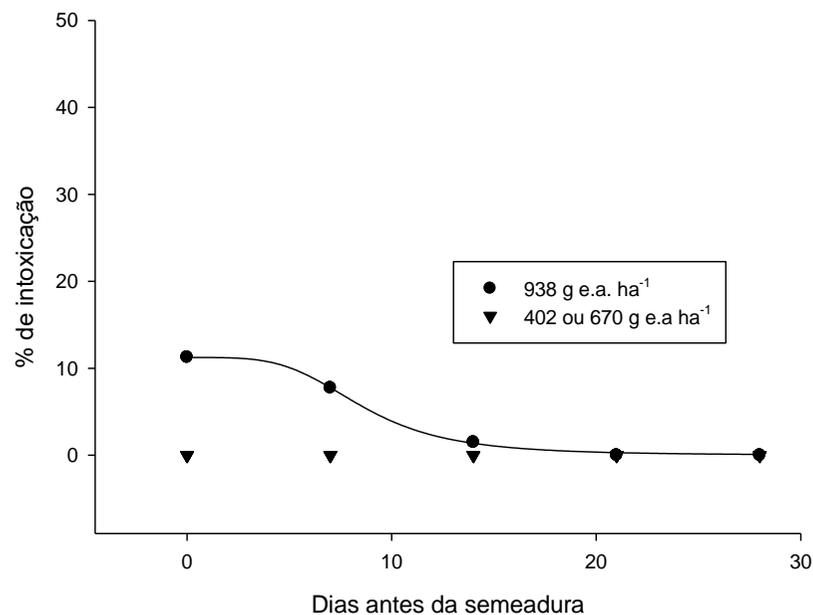


Figura 13. Curvas referentes às porcentagens de intoxicação aos 14 DAE em função dos períodos de aplicação dos herbicidas para a cultura do algodão no experimento de Bandeirantes-PR, 2015.

Tabela 13. Estimativas dos parâmetros a, b e  $X_0$ , coeficiente de determinação ( $R^2$ ) dos modelos ajustados aos 14 DAE. Bandeirantes-PR, 2015.

HERBICIDAS	a	b	$X_0$	$R^2$	HERBICIDAS	a	b	$X_0$	$R^2$
Dicamba – 402	6,99	2,08	5,86	0,87	2,4-D – 402	5,95	4,52	12,04	0,85
Dicamba – 670	8,90	6,73	14,54	0,88	2,4-D – 670	13,72	1,87	7,41	0,87
Dicamba – 938	20,00	2,79	7,79	0,87	2,4-D – 938	15,68	2,45	9,33	0,92

Dicamba - algodão: 28 DAE



2,4-D - algodão: 28 DAE

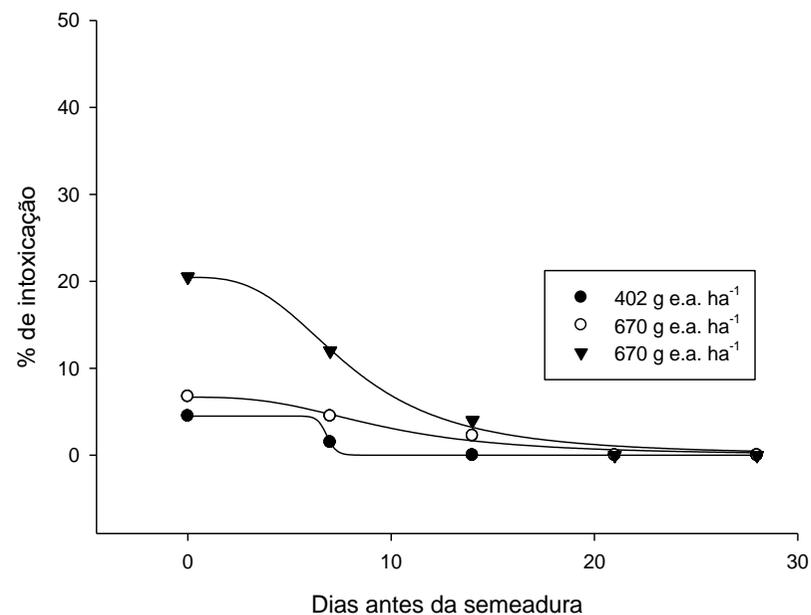


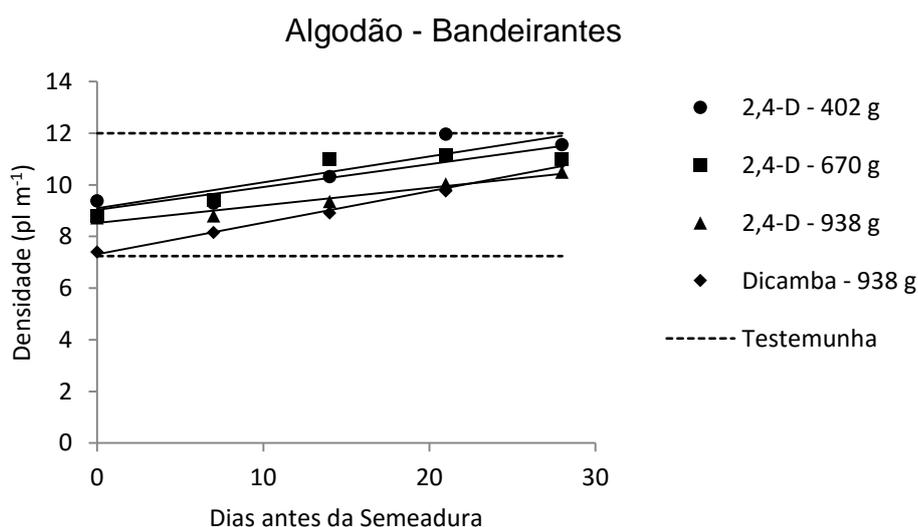
Figura 14. Curvas referentes às porcentagens de intoxicação aos 28 DAE em função dos períodos de aplicação dos herbicidas para a cultura do algodão no experimento de Bandeirantes-PR, 2015.

Tabela 14. Estimativas dos parâmetros a, b e  $X_0$ , coeficiente de determinação ( $R^2$ ) dos modelos ajustados aos 28 DAE. Bandeirantes-PR, 2015.

HERBICIDAS	a	b	$X_0$	$R^2$	HERBICIDAS	a	b	$X_0$	$R^2$
Dicamba – 402	-	-	-	-	2,4-D – 402	4,50	29,47	6,84	0,75
Dicamba – 670	-	-	-	-	2,4-D – 670	6,67	2,85	9,51	0,80
Dicamba – 938	11,24	4,01	8,56	0,80	2,4-D – 938	20,45	2,98	7,96	0,89

No caso das avaliações de altura das plantas de algodão para este experimento, a variável não foi afetada pela aplicação dos herbicidas, não diferindo da testemunha sem herbicidas em nenhum tratamento (dados não apresentados).

Com relação ao estande, observa-se na Figura 15 e Tabela 15 que as aplicações de 2,4-D, independente da dose, e de dicamba a 938 g e.a. ha<sup>-1</sup>, influenciaram a emergência das plantas. Há uma tendência linear para estes tratamentos citados, com aumento da densidade de plantas à medida que os intervalos entre aplicação e semeadura aumentam. Apesar deste comportamento, em nenhum dos períodos foram observadas reduções da densidade de plantas, quando os tratamentos foram comparados à testemunha sem aplicação de herbicidas.



<sup>1</sup>Intervalo referente à média da testemunha sem herbicidas  $\pm$  a DMS do teste Dunnett a 5% de probabilidade

Figura 15. Densidade da cultura do algodão aos 28 DAE, em função dos diferentes intervalos entre aplicação e semeadura. Bandeirantes – PR, 2015.

Tabela 15. Estimativas dos parâmetros e coeficiente de determinação para os modelos obtidos para o estande da cultura. Bandeirantes – PR, 2015.

Herbicidas	a	b	R <sup>2</sup>
402 g (2,4-D) <sup>1</sup>	0,10	9,10	0,82
670 g (2,4-D) <sup>1</sup>	0,09	9,04	0,80
938 g (2,4-D) <sup>1</sup>	0,07	8,52	0,95
938 g (dicamba) <sup>1</sup>	0,12	7,31	0,99

<sup>1</sup> modelo ajustado: linear

Assim como para a cultura da soja, o valor de intoxicação de 10% foi considerado tolerável para a obtenção dos intervalos entre aplicação e semeadura do algodão. Everitt e Keeling (2007) realizaram aplicações de 2,4-D, dicamba e diflufenzopyr antes da semeadura do algodão por três anos. Em um dos experimentos, aplicações de dicamba + diflufenzopyr duas semanas antes da semeadura promoveram toxicidade de 33% às plantas de algodão, e reduziram a produtividade da cultura em 25%. Marple et al. (2008) mostraram que as avaliações visuais de injúrias promovidas pelo 2,4-D ou dicamba sobre as plantas de algodão podem ser bons preditores da redução de produtividade. York et al. (2004), ao realizarem sete experimentos com aplicações de dicamba e 2,4-D da pré-semeadura do algodão, observaram, em um deles, que injúrias de dicamba de 19% foram suficientes para reduzir a produtividade do algodão.

Assim, obteve-se a Tabela 12, na qual são determinados os intervalos de segurança para a aplicação dos herbicidas antes da semeadura do algodão. Da mesma forma que ocorreu para os experimentos com a cultura da soja, os intervalos de segurança foram, de maneira geral, maiores para o solo de Maringá do que o de Bandeirantes.

Tabela 12. Herbicidas, doses, intervalos de segurança (IS) e precipitação acumulada para os experimentos com a cultura do algodão em Bandeirantes e Maringá, 2015.

Herbicidas	Doses (g e.a. ha <sup>-1</sup> )	Local	IS (dias)	Precipitação acumulada (mm) para o intervalo de segurança
Dicamba	420	Bandeirantes	0*	-
Dicamba	670	Bandeirantes	0*	-
Dicamba	938	Bandeirantes	8	44,7
2,4-D	420	Bandeirantes	0*	-
2,4-D	670	Bandeirantes	5	42,7
2,4-D	938	Bandeirantes	8	44,7
Dicamba	420	Maringá	0*	-
Dicamba	670	Maringá	0*	-
Dicamba	938	Maringá	11	110,0
2,4-D	420	Maringá	7	110,0
2,4-D	670	Maringá	7	110,0
2,4-D	938	Maringá	9	110,0

\* nas condições do presente ensaio, todas as aplicações foram consideradas seguras.

## CONCLUSÕES

As aplicações dos herbicidas dicamba e 2,4-D na pré-semeadura das culturas de soja e algodão podem afetar o desenvolvimento inicial das plantas. Os principais sintomas observados foram encarquilhamento das folhas, atraso e redução da emergência das plantas, além da redução da altura das plantas.

A cultura de soja se mostrou mais sensível às aplicações de pré-semeadura do herbicida dicamba do que do 2,4-D.

Nas condições do experimento de Bandeirantes com a cultura da soja, os intervalos de segurança para as doses de 402, 670 e 938 g e.a. ha<sup>-1</sup> do herbicida dicamba foram, respectivamente, de 11, 14 e 16 dias. Para o 2,4-D, os intervalos, para as mesmas doses, foram de 6, 7 e 8 dias, respectivamente.

Para o experimento de Maringá com a cultura da soja, os intervalos de segurança para a cultura da soja para as doses de 402, 670 e 938 g e.a. ha<sup>-1</sup> do herbicida dicamba foram, respectivamente, de 14, 17 e >28 dias. Para o 2,4-D, os valores foram de 5, 7 e 8 dias, respectivamente.

Os níveis de injúrias para a cultura do algodão foram inferiores aos observados para a cultura da soja para a aplicação do herbicida dicamba.

Para o herbicida dicamba, os intervalos de segurança para o experimento de Bandeirantes com a cultura do algodão foram de 0, 0 e 8 dias quando se utilizou o dicamba a 402, 670 e 938 g e.a. ha<sup>-1</sup>. Para o 2,4-D, os intervalos, para as mesmas doses, foram 0, 5 e 8 dias, respectivamente.

No experimento de Maringá com a cultura do algodão, os intervalos para o herbicida dicamba foram de 0, 0 e 11 dias e para o herbicida 2,4-D, 7, 7 e 9 dias, nas doses de 402, 670 e 938 g e.a. ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTOM, J.D.; STRITZKE, J.F. Degradation of dicamba, picloram, and four phenoxy herbicides in soils. **Weed Science**, v.21, n.6, p.556-560, 1973.

BOIVIN, A. et al. 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) sorption and degradation dynamics in three agricultural soils. **Environmental Pollution**, v.138, n.1, p.92-99, 2005.

CHEUNG, H.H.; LEHMANN, R.G. Characterization of herbicide degradation under field conditions. **Weed Science**, v.33, n.2, p.7-10, 1985.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; LÓPEZ-OVEJERO, R. Principais aspectos da resistência de plantas daninhas ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, v.21, n.3, p.507-515, 2003.

EVERITT, J.D.; KEELING, W. Weed control and cotton (*Gossypium hirsutum*) response to preplant applications of dicamba, 2,4-D, and diflufenzopyr plus dicamba. **Weed Technology**, v.21, n.2, p.506-510, 2007.

GLEASON, C. et al. Mutant analysis in Arabidopsis provides insight into the molecular mode of action of the auxinic herbicide dicamba. **PLoS ONE**, v.6, n.3, p.1-11, 2011.

GRIFFIN, J.L. et al. Soybean response to dicamba applied at vegetative and reproductive growth stages. **Weed Technology**, v.27, n.4, p.696-703, 2013.

JOHNSON, V.A. et al. Cotton, peanut, and soybean response to sublethal rates of dicamba, flufosinate, and 2,4-D. **Weed Technology**, v.26, n.2, p.195-206, 2012.

KEELING, J.W. et al. Horseweed (*Conyza canadensis*) control in conservation tillage cotton (*Gossypium hirsutum*). **Weed Technology**, v.3, n.2, p.399-401, 1989.

KELLEY, K.B.; RIECHERS, D.E. Recent developments in auxin biology and new opportunities for auxinic herbicide research. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.89, n.1, p.1-11, 2007.

MAIN, C.L. et al. Response of selected horseweed (*Conyza canadensis* L. Cronq) populations to glyphosate. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.52, n.4, p.879-883, 2004.

MARPLE, M.E. et al. Cotton injury and yield as affected by simulated drift of 2,4-D and dicamba. **Weed Technology**, v.22, n.4, p.609-614, 2008.

OLIVEIRA JR., R. S.; KOSKINEN, W. C.; FERREIRA, F. A. Sorption and leaching potential of herbicides on Brazilian soils. **Weed Research**, v.41, n.2, p.97-110, 2001.

OLIVEIRA, M.F.; BRIGHENTI, A.M. Comportamento de herbicidas no ambiente. In: OLIVEIRA, JR.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Ompipax, 2011. 263-304.

OLIVEIRA, M.F. et al. Sorção do herbicida imazaquin em Latossolo sob plantio direto e convencional. **Planta Daninha**, v.39, n.8, p.787-793, 2004.

PROCÓPIO, S.O. et al. Utilização do herbicida 2,4-D na dessecação de manejo em lavoura de soja no sistema de plantio direto. **Magistra**, v.21, n.3, p.187-193, 2009.

ROBINSON, A.P. et al. Response of glyphosate-tolerant soybean yield components to dicamba exposure. **Weed Science**, v.61, n.4, p.526-536, 2013.

ROCHA, W.S.D. et al. Influência do pH na sorção de imazaquin em um Latossolo Vermelho acriférrico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, n.3, p.649-655, 2000.

RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. **Guia de herbicidas**. 6 ed. Londrina, 2011. 687 p.

SENSEMAN, S.A. **Herbicide handbook**. 9.ed. Lawrence: Weed Science Society of America, 2007. p.336-338.

SILVA, A.A. et al. Comportamento de herbicidas no solo. In: MONQUERO, P.A. **Aspectos da biologia e manejo das plantas daninhas**. São Carlos: RiMa Editora, 2014. p.167-215.

SILVA, F.M.L. et al. Atividade residual de 2,4-D sobre a emergência de soja em solos com texturas distintas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.10, n.1, p.29-36, 2011.

SPADOTTO, C.A. et al. Sorção do herbicida 2,4-D em solos brasileiros. **Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v.13, n.1, p.103-110, 2003.

STREIBIG, J.C. Herbicide bioassay. **Weed Research**, v.28, n.6, p.479-484, 1988.

THOMPSON, M.A. et al. Soybean tolerance to early preplant applications of 2,4-D ester, 2,4-D amine and dicamba. **Weed Technology**, v.21, n.4, p.882-885, 2007.

VALENTE, T.O. et al. Efeito de diferentes doses de 2,4-D, aplicado como dessecante em vários intervalos antes da semeadura direta da soja, para manejo em ambiente de cerrados. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.1, n.2, p.185-189, 2000.

VANGESSEL, M.J.; AYENI, A.O.; MAJEK, B.A. Glyphosate in double-crop no-till glyphosate-resistant soybean: role of preplant applications and residual herbicides. **Weed Technology**, v.15, n.4, p. 703-713, 2001.

VIEIRA, E.M. et al. Estudo da adsorção/dessorção do ácido 2,4 diclorofenoxiacético (2,4D) em solo na ausência e presença de matéria orgânica. **Química Nova**, v.22, n.3, p.305-308, 1999.

VILLAVERDE, J. et al. Adsorption and degradation of four acidic herbicides in soils from Southern Spain. **Pest Management Science**, v.64, n.7, p.703-710, 2008.

VOOS, G.; GROFFMAN, P.M. Relationships between microbial biomass and dissipation of 2,4-D and dicamba in soil. **Biology and Fertility of Soils**, v.24, n.1, p.106-110, 1997.

YORK, A.C. et al. Response of strip-tilled Cotton to preplant applications of dicamba and 2,4-D. **Journal of Cotton Science**, v.8, n.3, p.213-222, 2004.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As plantas daninhas apresentam sensibilidade diferenciada aos herbicidas dicamba e 2,4-D, no entanto, a adição do herbicida glyphosate aos mimetizadores de auxina reduz estas diferenças.

Em plantas menores (4-6 folhas) de *Conyza* sp., *Commelina benghalensis*, *Sida rhombifolia*, *Ipomoea nil*, *Spermacoce latifolia* e *Richardia brasiliensis*, aplicações de glyphosate+dicamba ou glyphosate+2,4-D propiciam excelentes níveis de controle. Considerando que tais espécies podem ter seu controle dificultado pela aplicação isolada do herbicida glyphosate, a utilização do dicamba ou 2,4-D em pós-emergência das culturas deve contribuir no controle das plantas daninhas.

Para plantas com 10-12 folhas, as maiores diferenças observadas entre os mimetizadores de auxina ocorreram para *C. benghalensis*, na qual o herbicida 2,4-D foi superior ao dicamba.

A utilização de misturas triplas, envolvendo herbicidas inibidores de ACCase, glyphosate e mimetizadores de auxina pode apresentar resultados antagônicos para o controle de capim-amargoso. Tal fato se torna mais evidente para os estádios mais avançados da comunidade infestante. Para as plantas de buva, não se observou antagonismo quando se misturou estes herbicidas.

A aplicação do herbicida quizalofop-p-tefuryl neste tipo de mistura aumenta os problemas de antagonismo, quando comparado ao clethodim. Apesar dos problemas de antagonismo ocorrerem tanto para o dicamba como para o 2,4-D, para o segundo, isso foi mais evidenciado.

A cultura da soja é mais sensível que a cultura do algodão às aplicações de dicamba em pré-semeadura. Para soja, em alguns casos, o intervalo considerado seguro entre aplicação de dicamba e semeadura pode superar 28 dias. Para o 2,4-D, estes valores foram de até 8 dias.

Para a cultura do algodão, a espera de 11 dias, para o dicamba, e 7 dias, para o 2,4-D, entre aplicação e semeadura, diminuem consideravelmente os problemas de intoxicação à cultura.

## ANEXO

Tabela 1. Resumo das análises de variância do primeiro capítulo, referentes às avaliações de controle aos 07, 15 e 30 dias após a aplicação dos herbicidas. Maringá – Pr, 2014/2015.

Variáveis	Fcalc Aux	p-valor Aux	Fcalc Gly	p-valor Gly	Fcalc Aux x Gly	p-valor Aux x Gly
Trapo <sup>1</sup> 07	374,23	0,0000	84,28	0,0000	16,38	0,0000
Trapo <sup>1</sup> 15	367,19	0,0000	1252,31	0,0000	165,81	0,0000
Trapo <sup>1</sup> 30	370,18	0,0000	693,90	0,0000	152,85	0,0000
Trapo <sup>2</sup> 07	152,14	0,0000	276,36	0,0000	5,43	0,0000
Trapo <sup>2</sup> 15	282,04	0,0000	504,87	0,0000	34,68	0,0000
Trapo <sup>2</sup> 30	521,05	0,0000	1763,60	0,0000	91,77	0,0000
ErvaQ <sup>1</sup> 07	62,89	0,0000	3032,59	0,0000	21,88	0,0000
ErvaQ <sup>1</sup> 15	1130,62	0,0000	1386,10	0,0000	861,29	0,0000
ErvaQ <sup>1</sup> 30	900,25	0,0000	1889,29	0,0000	922,12	0,0000
ErvaQ <sup>2</sup> 07	28,61	0,0000	561,52	0,0000	1,37	0,2135
ErvaQ <sup>2</sup> 15	72,90	0,0000	704,06	0,0000	8,61	0,0000
ErvaQ <sup>2</sup> 30	172,82	0,0000	791,21	0,0000	10,09	0,0000
Poaia <sup>1</sup> 07	114,92	0,0000	1260,34	0,0000	88,35	0,0000
Poaia <sup>1</sup> 15	466,12	0,0000	1608,35	0,0000	466,19	0,0000
Poaia <sup>1</sup> 30	399,23	0,0000	799,49	0,0000	389,32	0,0000
Poaia <sup>2</sup> 07	140,09	0,0000	1327,00	0,0000	20,63	0,0000
Poaia <sup>2</sup> 15	101,61	0,0000	107,22	0,0000	47,82	0,0000
Poaia <sup>2</sup> 30	271,43	0,0000	135,10	0,0000	79,69	0,0000
Guan <sup>1</sup> 07	149,89	0,0000	4438,60	0,0000	143,62	0,0000
Guan <sup>1</sup> 15	193,11	0,0000	4336,22	0,0000	193,11	0,0000
Guan <sup>1</sup> 30	282,24	0,0000	6199,04	0,0000	282,24	0,0000
Guan <sup>2</sup> 07	38,65	0,0000	1837,27	0,0000	13,91	0,0000
Guan <sup>2</sup> 15	70,14	0,0000	9994,81	0,0000	37,21	0,0000
Guan <sup>2</sup> 30	78,08	0,0000	9885,38	0,0000	32,07	0,0000
Corda <sup>1</sup> 07	149,79	0,0000	1517,34	0,0000	96,01	0,0000
Corda <sup>1</sup> 15	2655,89	0,0000	4094,07	0,0000	2655,89	0,0000
Corda <sup>1</sup> 30	2226,88	0,0000	3096,73	0,0000	2296,88	0,0000
Corda <sup>2</sup> 07	145,79	0,0000	513,83	0,0000	9,67	0,0000
Corda <sup>2</sup> 15	132,23	0,0000	654,81	0,0000	60,74	0,0000
Corda <sup>2</sup> 30	375,15	0,0000	706,24	0,0000	197,19	0,0000
Buva <sup>1</sup> 07	58,18	0,0000	301,90	0,0000	5,84	0,0000
Buva <sup>1</sup> 15	311,75	0,0000	540,75	0,0000	46,99	0,0000
Buva <sup>1</sup> 30	700,97	0,0000	596,35	0,0000	176,09	0,0000
Buva <sup>2</sup> 07	69,57	0,0000	287,31	0,0000	1,82	0,0732
Buva <sup>2</sup> 15	321,63	0,0000	204,38	0,0000	9,60	0,0000
Buva <sup>2</sup> 30	1151,94	0,0000	456,70	0,0000	78,16	0,0000

<sup>1</sup> estádio de 4 a 6 folhas

<sup>2</sup> estádio de 10 a 12 folhas

Tabela 2. Resumo das análises de variância do segundo capítulo, referentes às avaliações de controle aos 10, 22 e 35 dias após a aplicação dos herbicidas para as plantas de buva e capim-amargoso. Maringá – Pr, 2012/2013.

Variáveis	Fcalc (Tratamentos)	p-valor (Tratamentos)
Buva 10 DAA <sup>1</sup>	103,27	0,0000
Buva 22 DAA <sup>1</sup>	72,98	0,0000
Buva 35 DAA <sup>1</sup>	209,97	0,0000
Capim-amargoso 10 DAA <sup>1</sup>	60,34	0,0000
Capim-amargoso 22 DAA <sup>1</sup>	139,14	0,0000
Capim-amargoso 35 DAA <sup>1</sup>	148,01	0,0000
Buva 10 DAA <sup>2</sup>	37,61	0,0000
Buva 22 DAA <sup>2</sup>	51,88	0,0000
Buva 35 DAA <sup>2</sup>	42,50	0,0000
Capim-amargoso 10 DAA <sup>2</sup>	20,05	0,0000
Capim-amargoso 22 DAA <sup>2</sup>	68,24	0,0000
Capim-amargoso 35 DAA <sup>2</sup>	68,88	0,0000

<sup>1</sup> Experimento de 2012

<sup>2</sup> Experimento de 2013

Tabela 3. Resumo das análises de variância do terceiro capítulo, referentes à cultura da soja para os ensaios de Bandeirantes e Maringá – Pr, 2015.

Variáveis	p-valor Herb	p-valor Doses	p-valor Período	p-valor HxD	p-valor HxP	p-valor DxP	p-valor HxDxP	p-valor FatxTest
Fito 14DAA <sup>1</sup>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Fito 28DAA <sup>1</sup>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Altura 14DAA <sup>1</sup>	0,0000	0,0074	0,0000	0,0020	0,0575	0,0755	0,0454	0,1452
Altura 28DAA <sup>1</sup>	0,0041	0,0000	0,0000	0,2427	0,0014	0,3922	0,0538	0,0805
Est. 28DAA <sup>1</sup>	0,0000	0,0004	0,0000	0,3139	0,0000	0,0150	0,0769	0,0815
Fito 14DAA <sup>2</sup>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0628	0,5489	0,0000
Fito 28DAA <sup>2</sup>	0,0000	0,0036	0,0000	0,0319	0,0000	0,2961	0,5097	0,0000
Altura 14DAA <sup>2</sup>	0,0000	0,0324	0,0000	0,0003	0,0000	0,0163	0,0044	0,2193
Altura 28DAA <sup>2</sup>	0,0978	0,0004	0,0001	0,0171	0,0396	0,1685	0,0282	0,3219
Est. 28DAA <sup>2</sup>	0,0000	0,0008	0,0000	0,5166	0,0030	0,1956	0,1810	0,5416

<sup>1</sup> ensaio de Bandeirantes

<sup>2</sup> ensaio de Maringá

Tabela 4. Resumo das análises de variância do terceiro capítulo, referentes à cultura do algodão para os ensaios de Bandeirantes e Maringá – Pr, 2015.

Variáveis	p-valor Herb	p-valor Doses	p-valor Período	p-valor HxD	p-valor HxP	p-valor DxP	p-valor HxDxP	p-valor FatxTest
Fito 14DAA <sup>1</sup>	0,9416	0,0000	0,0000	0,0923	0,7393	0,0000	0,0204	0,0002
Fito 28DAA <sup>1</sup>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0332	0,0000	0,0000	0,6084	0,0333
Altura 14DAA <sup>1</sup>	0,0750	0,0551	0,0151	0,1411	0,9528	0,8334	0,9479	0,9484
Altura 28DAA <sup>1</sup>	0,6916	0,0382	0,6410	0,5758	0,9928	0,9995	0,5834	0,7216
Est. 28DAA <sup>1</sup>	0,0011	0,0822	0,0000	0,6293	0,8778	0,6532	0,5228	0,3590
Fito 14DAA <sup>2</sup>	0,0873	0,0000	0,0000	0,0000	0,0155	0,0006	0,1748	0,0000
Fito 28DAA <sup>2</sup>	0,0575	0,0000	0,0000	0,0000	0,4081	0,0000	0,0000	0,0119
Altura 14DAA <sup>2</sup>	0,0218	0,0611	0,6648	0,0093	0,5905	0,0078	0,0299	0,4100
Altura 28DAA <sup>2</sup>	0,2316	0,9385	0,6424	0,6040	0,8522	0,6263	0,8040	0,9743
Est. 28DAA <sup>2</sup>	0,0520	0,0535	0,2652	0,1263	0,2980	0,6112	0,6873	0,3443

<sup>1</sup> ensaio de Bandeirantes

<sup>2</sup> ensaio de Maringá