

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

FELIPE PATEL

EFICIÊNCIA AGRONÔMICA E PERSISTÊNCIA DE HERBICIDAS
PRÉ-EMERGENTES NA CULTURA DA SOJA

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO

2018

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

FELIPE PATEL

**EFICIÊNCIA AGRONÔMICA E PERSISTÊNCIA DE HERBICIDAS
PRÉ-EMERGENTES NA CULTURA DA SOJA**

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO

2018

FELIPE PATEL

**EFICIÊNCIA AGRONÔMICA E PERSISTÊNCIA DE HERBICIDAS
PRÉ-EMERGENTES NA CULTURA DA SOJA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração: Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Michelangelo Muzell Trezzi

Co-orientador: Prof. Dr. Anderson Luis Nunes

PATO BRANCO

2018

P295e

Patel, Felipe

Eficiência agrônômica e persistência de herbicidas pré-emergentes na cultura da soja / Felipe Patel.. --2018

Pato Branco. UTFPR, 2018

157 f. : il. ; 30 cm

Orientador: Prof. Dr. Michelangelo Muzell Trezzi

Coorientador: Prof. Dr. Anderson Luis Nunes

Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Pato Branco, 2018.

Bibliografia: f. 109 – 125.

1. Persistência. 2. Testes de toxicidade. 3. Coberturas de solos. 4. Herbicidas. I. Trezzi, Michelangelo Muzell, orient. II. Nunes, Anderson Luís, coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDD 22. ed. 630

Ficha Catalográfica elaborada por:
Suélem Belmudes Cardoso CRB 9/1630
Biblioteca da UTFPR Câmpus Pato Branco



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Pato Branco
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Programa de Pós-Graduação em Agronomia



TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Dissertação nº 173

**EFICIÊNCIA AGRONÔMICA E PERSISTÊNCIA DE HERBICIDAS PRÉ-
EMERGENTES NA CULTURA DA SOJA**

por

FELIPE PATEL

Dissertação apresentada às 08 horas 00 min. do dia 11 de junho de 2018 como requisito parcial para obtenção do título de MESTRE EM AGRONOMIA, Linha de Pesquisa – Sistema de Produção Vegetal, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos membros abaixo designados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Alcir José Modolo
UTFPR

Prof. Dr (a). Eli Danieli Marchesan
UNIPAR

Prof. Dr. Michelangelo Muzell Trezzi
UTFPR
Orientador

Prof. Dr. Moeses Andriago Danner
Coordenador do PPGA

Dedico este a minha namorada Micheli L. Marschner, e aos meus pais,
Wilson S. Patel e Fátima Scopel.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de começar agradecendo à Deus, pela vida, por estar sempre no meu caminho, iluminando e guiando às escolhas certas.

Aos meus pais: Fátima Scopel e Vilson S. Patel, que foram à base de tudo pra mim, apoiando-me nos momentos difíceis com força, confiança, amor, ensinando-me a persistir nos meus objetivos e ajudando a alcançá-los.

Ao meu irmão Vilson Patel Junior, agradeço pelo incentivo e companheirismo.

À minha namorada Micheli L. Marschner pela compreensão, amor, companheirismo.

Ao meu orientador Prof. Dr. Michelangelo Trezzi pelo brilhantismo, profissionalismo e pelo tempo disponibilizado durante toda esta trajetória.

Ao Prof. Dr. Anderson Luis Nunes pela colaboração e co-orientação neste trabalho.

A Dra. Francielli Diesel pelo auxílio na realização deste trabalho.

Aos meus amigos Adriano B. Machado, Fortunato Pagnoncelli, Cristian Machado e André B. Machado pela amizade, confiança e apoio neste trabalho.

Aos demais professores do PPGAG pela transmissão do conhecimento.

A UTFPR, funcionários e servidores pelo acolhimento e apoio nesta caminhada.

A UNISEP pelo espaço e estrutura disponibilizada para realização de parte deste trabalho.

A Coasul (Cooperativa Agroindustrial), por permitir a realização deste trabalho, em especial ao Sr. Elidio Savoldi pelo apoio e confiança.

Aos meus colegas de trabalho da Coasul de Nova Prata do Iguaçu, pelo apoio e confiança.

Enfim a todos que contribuíram para o sucesso deste trabalho. Muito obrigado.

Ao Prof. Dr. Alcir José Modolo e a Prof. Dra. Eli Danieli Marchesan, pelas contribuições e amizade.

"Se o conhecimento pode criar problemas, não é através da ignorância que podemos solucioná-lo."

Isaac Asimov

RESUMO

PATEL, Felipe. Eficiência agronômica e persistência de herbicidas pré-emergentes na cultura da soja. 157 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2018.

O surgimento de casos de resistência de plantas daninhas ao herbicida glyphosate exige a adoção de novas práticas integradas no manejo de plantas daninhas. A utilização de herbicidas com efeito residual no solo e a cobertura do solo com palhada são fundamentais para a redução do número de aplicações de glyphosate e de consequente redução na pressão de seleção exercida. O presente trabalho avaliou a eficiência e persistência dos herbicidas chlorimuron-ethyl, diclosulam, flumioxazin e saflufenacil aplicados em solos do Sudoeste do Paraná classificados como Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico, em dois sistemas, com palha de aveia preta e sem palha na superfície do solo. Foram realizados dois experimentos de campo (Pato Branco-PR e Dois Vizinhos-PR) e três bioensaios em casa de vegetação. Os experimentos a campo foram implantados com a cultivar de soja BMX Elite IPRO, utilizando-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, com parcelas subdivididas, em um esquema 4 x 2 x 5. Nas parcelas principais foram alocados os herbicidas (chlorimuron-ethyl, diclosulam, flumioxazin e diclosulam), nas subparcelas foram alocadas os tratamentos com e sem palha de aveia preta na superfície do solo e nas subsubparcelas as concentrações dos herbicidas (0X, 0,3X, 0,6X, 1X e 2X). O primeiro bioensaio efetuou a seleção de espécies cultivadas para a utilização nos bioensaios subsequentes. O segundo bioensaio constituiu a calibração de doses para determinar a resposta da espécie escolhida para cada herbicida. O terceiro bioensaio determinou a persistência dos herbicidas estudados no solo, a partir de amostras de solo coletadas no experimento de campo de Pato Branco. Nos experimentos de campo, avaliou-se a densidade de plantas daninhas, o controle visual de plantas daninhas, a toxicidade a plantas de soja e o rendimento e componentes do rendimento de soja. Nos bioensaios foram avaliados estatura de plantas, fitotoxicidade, massa de planta verde e seca. Os herbicidas chlorimuron-ethyl, diclosulam, flumioxazin e saflufenacil, nas doses testadas apresentaram baixa toxicidade a plantas de soja e controle de plantas daninhas semelhante entre os herbicidas. A presença de palha de aveia preta na superfície do solo atuou de forma sinérgica com os herbicidas testados no controle de plantas daninhas. A utilização de plantas bioindicadoras foi eficiente para detectar a presença dos herbicidas no solo. O grau de sensibilidade variou de acordo com a espécie testada, sendo o pepino selecionado para o bioensaio para determinação da biodisponibilidade e persistência dos herbicidas chlorimuron-ethyl, diclosulam, flumioxazin e saflufenacil no solo. A ordem crescente de persistência dos herbicidas no solo (média de com e sem palha) foi de saflufenacil < flumioxazin < chlorimuron-ethyl < diclosulam.

Palavras-chave: Persistência, toxicidade, comportamento ambiental, cobertura do solo.

ABSTRACT

PATEL, Felipe. Agronomic efficiency and persistence of pre-emergent herbicides in soybean crop. 157 f. Dissertation (Masters in Agronomy) - Graduate Program in Agronomy (Concentration Area: Crop), Federal University of Technology Paraná. Pato Branco, 2018.

The occurrence of cases of resistance of weeds to the glyphosate herbicide, has made it necessary to adopt new practices integrated in weed management. The use of herbicides with residual effect in soil combined with soil cover with straw is essential for reducing selection pressure and reducing the number of glyphosate applications. The present work evaluated the efficiency and environmental performance of the chlorimuron-ethyl, diclosulam, flumioxazin and saflufenacil herbicides applied to soils of the Southwest of Paraná classified as a Reddish Nitrous Oxisol in two systems, with black oat straw and without straw on the surface of the ground. Two field experiments (Pato Branco-PR and Dois Vizinho-PR) and three bioassays were carried out under greenhouse conditions. Field experiments were carried out with soybean cultivar BMX Elite IPRO using a randomized complete block design with sub-divided plots in a 4 x 2 x 5 scheme. The herbicides (chlorimuron-ethyl) were allocated to the main plots, diclosulam, flumioxazin and diclosulam), the treatments with and without black oat straw on the soil surface and on the sub-subplots were the herbicide concentrations (0X, 0.3X, 0.6X, 1X and 2X). The first bioassay made the selection of cultivated species for use in subsequent bioassays. The second bioassay consisted of the calibration of doses to determine the response of the species chosen for each herbicide. The third bioassay determined the persistence of the herbicides studied in the soil, from soil samples collected in the Pato Branco field experiment. In the field experiments, weed density, visual weed control, soybean toxicity, and yield and soybean yield components were evaluated. In the bioassays were evaluated plant height, phytotoxicity, green plant mass and dry matter. The herbicides chlorimuron-ethyl, diclosulam, flumioxazin and saflufenacil at the doses tested showed low phytotoxicity and weed control similar among herbicides. The presence of black oat straw on the soil surface acted synergistically with herbicides tested in weed control. The use of bioindicator plants was efficient to detect the presence of herbicides in the soil and the degree of sensitivity of the tested species varied according to the species tested, being the cucumber selected for the bioassay for bioavailability and persistence of the herbicides chlorimuron-ethyl, diclosulam, flumioxazin and saflufenacil in soil. The increasing order of persistence of the herbicides in the soil on the mean of straw with and without straw was saflufenacil <flumioxazin <chlorimuron-ethyl <diclosulam.

Keywords: Persistence, toxicity, environmental behavior, soil cover.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Fórmula estrutural da molécula do herbicida diclosulam (ANVISA 2016).....	27
Figura 2 – Fórmula estrutural da molécula do herbicida chlorimuron-ethyl (ANVISA, 2016).....	29
Figura 3 – Fórmula estrutural da molécula do herbicida flumioxazin (ANVISA, 2016).....	31
Figura 4 – Fórmula estrutural da molécula do herbicida saflufenacil (ANVISA 2016).....	33
Figura 5 – Altura relativa de pepino, alface e tomate aos 7 (A), 14 (B) e 28 (C) dias após a aplicação de doses do herbicida chlorimuron-ethyl em Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2018.....	51
Figura 6 – Toxicidade sobre pepino, alface e tomate aos 7 (A), 14 (B) e 28 (C) DAS após a aplicação de doses do herbicida chlorimuron-ethyl em Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2018.....	52
Figura 7 – Massa da parte aérea verde (A) e seca (B) de pepino, alface e tomate em resposta à aplicação de doses do herbicida chlorimuron-ethyl em Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2018.....	52
Figura 8 – Altura relativa de pepino, alface e tomate aos 7 (A), 14 (B) e 28 (C) dias após a aplicação de doses do herbicida diclosulam em Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2018.....	53
Figura 9 – Toxicidade sobre as espécies pepino, alface e tomate aos 7 (A), 14 (B) e 28 DAA (C) em resposta à aplicação de doses do herbicida diclosulam em Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2018.....	54
Figura 10 – Massa da parte aérea verde (A) e seca (B) de pepino, alface, rabanete e tomate em resposta à aplicação de doses do herbicida diclosulam em Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2018.....	55
Figura 11 – Estatura relativa de pepino, alface e tomate aos 7 (A), 14 (B) e 28 (C) dias após a aplicação de doses do herbicida flumioxazin em Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2018.....	56
Figura 12 – Toxicidade sobre pepino, alface e tomate aos 7 (A), 14 (B) e 28 (C) dias após a aplicação de doses do herbicida flumioxazin em Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2018.....	57
Figura 13 – Massa da parte aérea verde (A) e seca (B) de pepino, alface e tomate em resposta à aplicação de doses do herbicida flumioxazin em Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2018.....	57
Figura 14 – Altura relativa de pepino, alface e tomate aos 7 (A), 14 (B) e 28 (C) dias após a aplicação de doses do herbicida saflufenacil em Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2018.....	58
Figura 15 – Toxicidade sobre pepino, alface e tomate aos 7 (A), 14 (B) e 28 (C) dias após a aplicação de doses do herbicida saflufenacil em Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2018.....	59
Figura 16 – Massa da parte aérea verde (A) e seca (B) de pepino, alface e tomate em resposta à aplicação de doses do herbicida saflufenacil em Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2018.....	60
Figura 17 – Precipitação, temperatura máxima, mínima e média durante o período experimental. Experimento em Pato Branco-PR. Dados coletados na Estação Meteorológica SIMEPAR – Sistema Meteorológico do Paraná.....	63

- Figura 18 – Precipitação, temperatura máxima, mínima e média durante o período experimental. Experimento em Dois Vizinhos-PR. Dados coletados na Estação Meteorológica GEBIOMET - Grupo de Estudos em Biometeorologia - UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do Paraná do Campus de Dois Vizinhos-PR.....64
- Figura 19 – Toxicidade a plantas de soja em função da aplicação dos herbicidas chlorimuron-ethyl, diclosulam, flumioxazin e saflufenacil, em cinco proporções da dose recomendada, na média dos tratamentos com e sem palha, avaliados aos 14 (A), 21 (B), 28 (C), 35 (D) e 42 (E) DAA dos herbicidas no campo. Experimento em Pato Branco. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018..... 65
- Figura 20 – Toxicidade a plantas de soja avaliada aos 14 dias após a aplicação, (A) em função da aplicação de quatro herbicidas em cinco proporções de doses, na média da ausência e presença da cobertura de solo e (B) em função da presença ou ausência de palha na superfície e proporções de doses, na média dos quatro herbicidas (B). (A)= DMS₁= Dose; DMS₂= Herbicida; (B)= DMS₁= Dose; DMS₂= Palha. Experimento em Dois Vizinhos. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018..... 67
- Figura 21 – Toxicidade (%) em plantas de soja avaliada aos 21 dias após a aplicação, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. DMS₁= DOSES; DMS₂= HERBICIDAS; DMS₃= PALHA. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018..... 68
- Figura 22 – Toxicidade (%) em plantas de soja avaliados aos 28 dias após a aplicação, (A) em função da aplicação de quatro herbicidas em cinco níveis distintos na média de com e sem palha na superfície do solo e (B) em função da aplicação de cinco níveis distintos de herbicidas, com e sem palha na superfície do solo, na média de quatro herbicidas. (A) DMS₁=Herbicida; DMS₂=Dose; (B) DMS₁=Dose; DMS₂= Palha. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018..... 71
- Figura 23 – Toxicidade (%) em plantas de soja avaliados aos 35 (A) e 42 (B) dias após a aplicação, em função da aplicação de quatro herbicidas em cinco doses distintas, na média de ausência ou presença de palha na superfície. DMS₁= Dose; DMS₂= herbicida. Experimento em Dois Vizinhos. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.....72
- Figura 24 – Controle (%) de plantas daninhas em função dos herbicidas utilizados, da dose e da presença ou ausência de palha na superfície do solo, aos 14 (A), 21 (B), 28 (C), 35 (D) e 42 (E) DAA. (A) = DMS₁= Palha; DMS₂= Dose; DMS₃= Herbicida; (B) DMS₁= Dose; DMS₂= Herbicida; DMS₃= Palha; (C)= DMS₁= Dose; DMS₂= Palha; DMS₃= Herbicida, (D)= DMS₁= Dose, DMS₂= Palha; (E)= DMS₁= Palha, DMS₂= Dose. Experimento em Dois Vizinhos. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.....73
- Figura 25 – Densidade de plantas daninhas (pl m⁻²) em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície do solo, avaliados aos 14 (A), 21 (B), 28 (C), 35 (D) e 42 (E) DAA. (A; B; D; E) = DMS₁= Dose; DMS₂= Palha; (C) DMS₁= Palha; DMS₂= Dose; DMS₃= Herbicida. Experimento em Dois Vizinhos. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018..... 77
- Figura 26 – Massa seca de plantas daninhas (g m⁻²) avaliada no estádio R6 da cultura, em função dos herbicidas, dose, e presença ou ausência de palha na superfície. DMS₁= Dose; DMS₂= Palha; DMS₃= Herbicida. Experimento em Dois Vizinhos. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018..... 80
- Figura 27 – Altura de planta de soja (cm) avaliada no estádio V₈ ((A) Pato Branco-PR; (B) Dois Vizinhos-PR) da cultura em função da presença ou ausência de palha na superfície do solo, na média quatro herbicidas e cinco doses. UTFPR, Pato Branco, 2018.....82
- Figura 28 – Altura de soja no momento da colheita (A) em função da aplicação de quatro herbicidas em cinco níveis distintos na média de com e sem palha e (B) em função da presença ou ausência de palha na superfície na média de quatro herbicidas, aplicados em 5 doses distintas. (A)= y₁=chlorimuron-ethyl; y₂= diclosulam; y₃=flumioxazin; y₄=saflufenacil.

DMS ₁ = Doses; DMS ₂ = Herbicidas. Experimento em Dois Vizinhos. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.....	84
Figura 29 – Número de plantas de soja (pl m ²), avaliados no momento da colheita, em função da aplicação de cinco níveis de quatro herbicidas, com e sem palha na superfície do solo. DMS ₁ = Herbicida; DMS ₂ = Palha; DMS ₃ = Dose. Experimento em Pato Branco. UTFPR, Pato Branco, 2018.....	86
Figura 30 – Número de plantas de soja (pl m ²) avaliados no momento da colheita, em função da aplicação da presença ou ausência de cobertura de solo e cinco níveis na média de quatro herbicidas. Experimento em Dois Vizinhos. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.	87
Figura 31 – Número de legumes por planta de soja, em função da aplicação da presença ou ausência de cobertura de solo e cinco níveis na média de quatro herbicidas. Experimento em Dois Vizinhos. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.....	89
Figura 32 – Número de grãos por legume de soja em função de cinco níveis de herbicidas, na média de quatro herbicidas com e sem palha na superfície do solo. Experimento em Dois Vizinhos. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.....	89
Figura 33 – Peso de mil grãos (PMG) de soja com e sem palha na superfície, na média de quatro herbicidas e cinco proporções de doses. (A) Pato Branco-PR; (B) Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Pato Branco, 2018.....	91
Figura 34 – Peso de mil sementes de soja em função da aplicação de cinco níveis de herbicidas na média de quatro herbicidas, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.....	91
Figura 35 – Rendimento de grãos de soja em função da aplicação de cinco níveis de herbicidas, com e sem cobertura de solo na média de quatro herbicidas. DMS ₁ = Herbicidas, 2= DMS ₂ = Palha. Experimento em Dois Vizinhos. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.....	94
Figura 36 – Precipitação pluvial (mm) e temperaturas máxima, média e mínima (°C), durante o período de coleta das amostras para avaliação de persistência dos herbicidas. UTFPR, Pato Branco-PR.....	95
Figura 37 – Massa verde de plantas de pepino (% em relação a testemunha) avaliados aos 21 dias após o transplante em função de solo tratados com 4 herbicidas (A= Chlorimuron; B= Diclosulam; C= Flumioxazin; D= Saflufenacil) e oito épocas de coleta do solo (0, 5, 10, 15, 20, 32, 46 e 60 dias após a aplicação do herbicida no campo), com e sem palha de aveia preta na superfície do solo. DMS ₁ = Avaliações; DMS ₂ =Palha. UTFPR, Pato Branco, 2018.....	96
Figura 38 – Massa de planta verde (% em relação a testemunha) de pepino, em função de doses de quatro herbicidas ((A) Chlorimuron-ethyl, (B) Diclosulam, (C) Flumioxazin e (D) Saflufenacil), avaliado aos 21 dias após o transplante (DAT). UTFPR, Pato Branco, 2009.	100
Figura 39 – Biodisponibilidade dos herbicidas chlorimuron-ethyl (A), diclosulam (B), flumioxazin (C) e saflufenacil (D), obtida através da variável massa de plantas verdes aos 21 DAT de plantas de pepino em amostras de solo com até 60 DAA dos herbicidas no solo a campo. UTFPR, Pato Branco, 2009.....	102

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Distribuição granulométrica e atributos químicos do solo localizado em Pato Branco – PR.	42
Tabela 2 – Distribuição granulométrica e atributos químicos do solo localizado em Dois Vizinhos – PR.	42
Tabela 3 – Doses (g ia ha ⁻¹) de flumioxazin, diclosulam, saflufenacil e chlorimuron-ethyl utilizados no experimento.....	43
Tabela 4 – Escala de avaliação de controle de plantas daninhas e injúria a plantas cultivadas.....	45
Tabela 5 – Doses dos herbicidas em g i.a. ha ⁻¹ utilizados para a calibração da curva de biodisponibilidade.....	48
Tabela 6 – Equações referentes a avaliação de fitotoxicidade em soja avaliado aos 21 DAA. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.....	68
Tabela 7 – Toxicidade (%) a plantas de soja avaliada aos 28 dias após a aplicação, em função da aplicação de quatro herbicidas, na presença e ausência de palha na superfície, na média de cinco níveis dos herbicidas. Experimento em Dois Vizinhos. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.....	70
Tabela 8 – Toxicidade sobre plantas de soja aos 35 dias após a aplicação, em função da aplicação de chlorimuron-ethyl, diclosulam, flumioxazin e saflufenacil, em sistema com e sem palha na superfície, na média de cinco níveis dos herbicidas. Experimento em Dois Vizinhos. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.....	71
Tabela 9 – Equações para controle de plantas daninhas avaliados aos 14 dias após a aplicação, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.....	74
Tabela 10 – Equações para controle de plantas daninhas avaliados aos 21 dias após a aplicação, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.....	75
Tabela 11 – Equações para controle de plantas daninhas avaliados aos 28 dias após a aplicação, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.....	75
Tabela 12 – Equações para número de plantas daninhas (pl m ⁻²) avaliados aos 28 dias após a aplicação, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.....	78
Tabela 13 – Equações para número de plantas daninhas (pl m ⁻²) avaliados aos 28 dias após a aplicação, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.....	80
Tabela 14 – Altura final de planta de soja em função da aplicação de quatro herbicidas, na média da presença ou ausência de palha na superfície e de cinco níveis de herbicidas. Experimento em Pato Branco-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.....	83
Tabela 15 – Altura final de planta de soja em função da aplicação de quatro herbicidas com e sem palha na superfície, na média de 5 níveis dos herbicidas. Experimento em Dois Vizinhos. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.....	83
Tabela 16 – Equações para número de plantas de soja (pl m ²), em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Pato Branco. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.....	86

Tabela 17 – Número de grãos por legume de soja em função da aplicação de quatro herbicidas com e sem palha de aveia preta na superfície do solo, a média de cinco doses distintas. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.....	90
Tabela 18 – Rendimento de grãos de soja em função da aplicação de cinco níveis de quatro herbicidas, com e sem palha na superfície. Experimento em Pato Branco-PR. UTFPR, Pato Branco, 2018.....	92
Tabela 19 – Rendimento de grãos de soja em função da aplicação de quatro herbicidas com e sem palha na superfície, na média de cinco proporções de doses dos herbicidas. Experimento em Dois Vizinhos. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.....	93
Tabela 20 – Concentração inicial (ci), constante de dissipação (k) e meia-vida ($t_{1/2}$) dos herbicidas chlorimuron-ethyl, diclosulam, flumioxazin e saflufenacil nos sistemas de com e sem palha de aveia preta na cobertura do solo, através da avaliação de massa de plantas verdes aos 21 DAT. UTFPR, Campus Pato Branco, 2011.....	104

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

%	Porcentagem.
C_f	Concentração no tempo final.
C_i	Concentração no tempo inicial.
cm	Centímetros.
cm^3	Centímetros cúbicos.
CV	Coeficiente de variação.
DAA	Dias após a aplicação.
DAT	Dias após o transplante.
DAS	Dias após a semeadura.
DMS	Diferença mínima significativa.
G.L.	Graus de liberdade
g	Gramas.
h	Horas.
ha	Hectares.
K	Constante de dissipação.
Kd	Coeficiente de sorção.
Kg	Kilogramas.
Kow	Coeficiente de octanol-água.
L	Litros.
ln	Logaritmo neperiano.
Log	Logaritmo.
M.O.	Matéria orgânica.
m	Metros.
mL	Milímetros.
n	Número.
ns	Não significativo.
°C	Graus Celsius.
$P \geq 0,05$	Probabilidade de erro experimental.
p.	Página.
P	Pressão de vapor.
pH	Potencial hidrogeniônico.
Pk_a ou Pk_b	Constante de ionização ácido ou básico.
R^2	Coeficiente de correlação.
PR	Estado do Paraná.
S.Q.	Soma de quadrados.
t	Tempo.
T_i	Tempo inicial.
$t_{1/2}$	Meia-vida.
UNISEP	União de Ensino Sudoeste do Paraná.
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
V	Volume.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	17
2 OBJETIVOS.....	19
2.1 OBJETIVO GERAL.....	19
2.1.1 Objetivos específicos.....	19
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	20
3.1 CULTURA DA SOJA (<i>Glycine max</i> (L.) Merrill).....	20
3.1.1 Interferência de plantas daninhas na cultura da soja.....	20
3.1.2 Manejo de plantas daninhas na cultura da soja.....	21
3.2 Características dos herbicidas diclosulam, chlorimuron-ethyl, flumioxazin e saflufenacil.....	25
3.2.1 Diclosulam.....	25
3.2.2 Chlorimuron-ethyl.....	27
3.2.3 Flumioxazin.....	29
3.2.4 Saflufenacil.....	31
3.3 COMPORTAMENTO DOS HERBICIDAS NO AMBIENTE.....	33
3.3.1. Persistência dos herbicidas.....	35
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	39
4.1 SELEÇÃO DE ESPÉCIES BIOINDICADORAS PARA USO EM BIOENSAIO DE PERSISTÊNCIA DE CHLORIMURON-ETHYL, DICLOSULAM, FLUMIOXAZIN E SAFLUFENACIL NO SOLO.....	39
4.2 DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DE CHLORIMURON-ETHYL, DICLOSULAM, FLUMIOXAZIN E SAFLUFENACIL.....	40
4.2.1 Determinações.....	43
4.2.2 Análises estatísticas.....	45
4.3 PERSISTÊNCIA DE CHLORIMURON-ETHYL, DICLOSULAM, FLUMIOXAZIN E SAFLUFENACIL EM NITOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO LATOSSÓLICO.....	45
4.3.1 Coleta de amostra de solo para avaliação de persistência.....	45
4.3.2 Bioensaio em casa de vegetação.....	46
4.3.3 Avaliações.....	46
4.3.4 Biodisponibilidade.....	47
4.3.5 Análises estatísticas.....	48
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	49
5.1 SELEÇÃO DE ESPÉCIES BIOINDICADORAS PARA USO EM BIOENSAIO DE PERSISTÊNCIA DE CHLORIMURON-ETHYL, DICLOSULAM, FLUMIOXAZIN E SAFLUFENACIL NO SOLO.....	49
5.1.1 Bioensaio com chlorimuron-ethyl.....	49

5.1.2 Bioensaio com diclosulam.....	52
5.1.3 Bioensaio com flumioxazin.....	54
5.1.4 Bioensaio com saflufenacil.....	57
5.1.5 Discussão.....	59
5.2 DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DE CHLORIMURON-ETHYL, DICLOSULAM, FLUMIOXAZIN E SAFLUFENACIL.....	62
5.2.1 Toxicidade dos herbicidas às plantas de soja.....	63
5.2.1.1. Experimento em Pato Branco.....	63
5.2.1.2. Experimento em Dois Vizinhos.....	65
5.2.2 Controle de plantas daninhas no experimento de Dois Vizinhos (PR).....	71
5.2.2 Altura de planta de soja.....	80
5.2.2.1 Altura no estágio V ₈	80
5.2.2.2 Altura de plantas no momento da colheita.....	81
5.2.3 Rendimento e componentes do rendimento de grãos de soja.....	84
5.2.3.1 Componentes do rendimento.....	84
5.2.3.2 Rendimento de grãos.....	91
5.3 PERSISTÊNCIA DE CHLORIMURON-ETHYL, DICLOSULAM, FLUMIOXAZIN E SAFLUFENACIL EM NITOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO LATOSSÓLICO.....	94
5.3.1 Massa de planta verde de pepino.....	94
5.3.2 Curva de calibração a partir da massa de plantas verde.....	98
5.3.3 Biodisponibilidade a partir da massa de planta verde.....	99
5.3.4 Cinética da dissipação dos herbicidas chlorimuron-ethyl, diclosulam, flumioxazin e saflufenacil.....	102
6 CONCLUSÕES GERAIS.....	105
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	107
REFERÊNCIAS.....	109

1 INTRODUÇÃO

A população mundial chegou aos 7 bilhões de habitantes e estima-se que até 2050 a produção de alimentos deverá aumentar em 70% para garantir alimentos suficientes para toda a população. Cereais, que incluem trigo, arroz, cevada, milho, centeio, aveia e milheto compõem a maior parte da produção do setor agrícola mundial. Fatores externos, como o aumento da renda e a urbanização estão modificando a dieta para regimes alimentares que são mais elevados em proteínas, gorduras e açúcar. Além disso, a produção de carnes e biocombustíveis tem crescido a um ritmo mais rápido do que a produção de culturas. Isso está causando um aumento na demanda e na produção de oleaginosas como a soja para atender às exigências de alimentos, rações e biocombustíveis (FAO, 2015).

A cultura da soja é a principal oleaginosa cultivada no mundo. Na safra 2016/2017 a produção mundial foi de 351,31 milhões de toneladas em uma área plantada de 120,96 milhões de hectares (USDA, 2016). Os EUA são o maior produtor mundial com 17,21 milhões de toneladas e área plantada de 33,48 milhões de hectares, obtendo uma produtividade de 3501 kg ha⁻¹. O Brasil vem logo atrás com produção de 113,92 milhões de toneladas e área plantada de 33,89 milhões de hectares, obtendo uma produtividade média de 3362 kg ha⁻¹.

Muitos países já atingiram quase a totalidade de área que pode ser cultivada. O Brasil ainda possui fronteiras agrícolas, porém essas regiões, em geral, apresentam baixa infraestrutura, o que dificulta o aumento rápido na produção agrícola (COSTA et al., 2015). Uma das alternativas para minimizar os efeitos da falta de alimentos é melhorar a produtividade por área, controlando de forma eficiente os processos envolvidos na produção. A presença de plantas daninhas é um importante fator que contribui com perdas de produtividade em espécies cultivadas (OERKE, 2004), em função da interferência com as mesmas por fatores do desenvolvimento, como água, luz e nutrientes, e também porque dificultam ou até mesmo inviabilizam a colheita (RADOSEVICH et al., 2007).

O uso de herbicidas para prevenir a interferência de plantas daninhas nas culturas se dá principalmente pela flexibilização na época de aplicação, no rendimento operacional elevado, na possibilidade de redução do tráfego de

máquinas e na pequena quantidade de mão-de-obra quando comparado a outros métodos de controle (OLIVEITA et al., 2011). O advento de novas tecnologias de resistência de culturas a herbicidas fez com que o uso indiscriminado de um mesmo herbicida, ou de produtos com o mesmo mecanismo de ação, acarrete em uma elevada pressão de seleção em população de plantas daninhas, o que provoca o aparecimento de plantas resistentes (SILVA, 2017; CHRISTOFFOLETI; NICOLAI, 2016).

O uso de herbicidas que permitem efeito residual no solo pode ser uma alternativa para reduzir a infestação de plantas daninhas na cultura implantada e, conseqüentemente, proporcionar economia nos custos de controle (CARVALHO et al., 2000). Dentre os herbicidas com efeito residual destacam-se os latifolicidas chlorimuron-ethyl, diclosulam, flumioxazin e saflufenacil. Os herbicidas chlorimuron-ethyl e diclosulam atuam inibindo a enzima acetolactato sintase (ALS), enquanto flumioxazin e saflufenacil atuam inibindo a enzima protoporfirinogênio oxidase (PROTOX). Pouco se sabe sobre a eficiência de controle de plantas daninhas e sobre o efeito residual no solo desses produtos, em uma abordagem comparativa.

A cobertura do solo com palhada é uma excelente ferramenta no manejo integrado de plantas daninhas pois um terreno com cobertura uniforme e espessa de resíduos, apresenta infestação bastante inferior àquela que se desenvolveria se o mesmo fosse descoberto (ALMEIDA, 1981). A presença de palha na superfície pode afetar o desempenho da cultura como um todo e, particularmente, apresenta a capacidade de afetar a dinâmica dos herbicidas no ambiente.

Nesse contexto, se faz necessário estudar o desempenho que distintos herbicidas pré-emergentes usados na cultura da soja tem sobre o controle de plantas daninhas e sobre a toxicidade sobre a cultura. Também, é importante conhecer melhor seu comportamento no ambiente em sistemas de manejo distintos.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Determinar a eficiência agronômica e a dinâmica ambiental de herbicidas pré-emergentes na cultura da soja em sistemas com e sem palha na superfície do solo.

2.1.1 Objetivos específicos

-Selecionar espécies para utilização para bioindicadoras da presença dos herbicidas chlorimuron-ethyl, diclosulam, flumioxazin e saflufenacil.

-Determinar doses dos herbicidas chlorimuron-ethyl, diclosulam, flumioxazin e saflufenacil eficazes para o controle de plantas daninhas em pré-emergência;

-Determinar doses dos herbicidas chlorimuron-ethyl, diclosulam, flumioxazin e saflufenacil em pré-emergência que não geram toxicidade para a cultura da soja;

-Determinar se a presença de palha na superfície do solo afeta a eficiência de controle de plantas daninhas e a toxicidade para a soja dos herbicidas chlorimuron-ethyl, diclosulam, flumioxazin e saflufenacil.

-Determinar ao longo do tempo, a persistência de chlorimuron-ethyl, diclosulam, flumioxazin e saflufenacil aplicados em sistemas de manejo com e sem palha na superfície de Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 CULTURA DA SOJA (*Glycine max* (L.) Merrill)

O complexo da soja correspondeu a 31,36% das exportações do agronegócio brasileiro no ano de 2017, representando 31,7 bilhões de dólares (AGROSTAT, 2018). A soja é cultivada no Brasil em diferentes sistemas, que incluem sistemas de rotação, integração lavoura-pecuária e sistemas de consórcio em algumas propriedades. O sistema mais comum é a sucessão de culturas, definido como a repetição sazonal de uma sequência de duas espécies vegetais no mesmo espaço produtivo, por vários anos (HIRAKURI, 2012).

O Brasil na safra 2016/2017 se apresentou como o segundo maior produtor mundial com produção de 113,92 milhões de toneladas, em uma área plantada de 33,89 milhões de hectares. A soja é cultivada em praticamente todo o território brasileiro, porém as maiores produções estão nos estados do Mato Grosso, Rio Grande do Sul e Paraná, com 30,51, 19,59 e 18,71 milhões de toneladas. As produtividades atingidas nestes estados são respectivamente de 3273, 3731 e 3360 kg ha⁻¹ (CONAB, 2018). O Sudoeste do Paraná conta com uma área plantada de 584 mil hectares e uma produção de 1,9 milhões de toneladas (DERAL, 2016).

3.1.1 Interferência de plantas daninhas na cultura da soja

A competição é, sem dúvida, a forma mais conhecida de interferência direta das plantas daninhas nas culturas agrícolas. Os recursos que mais frequentemente são passíveis de competição são os nutrientes minerais essenciais, a luz, a água e o espaço (RADOSEVICH et al., 2007). A presença de plantas daninhas resultam também em efeitos alelopáticos, depreciação na qualidade do produto colhido, intoxicação de animais, hospedagem de pragas, moléstias, plantas parasitas, entupimento de canais de irrigação, dificuldade em processos de colheita, tratos culturais e depreciação do valor da terra (PITELLI, 1987; CARVALHO, 2013).

Em níveis globais as interferências causadas pelas plantas daninhas podem chegar a uma redução potencial de 31,8%, entretanto, devido a utilização das mais variadas formas de controle essa redução é estimada em 9,4%, ou seja, a utilização de métodos de controle reduziu o potencial de perda em mais de 70% para uma média mundial (OERKE, 2004).

O período crítico de prevenção da interferência (PCPI), é o período que a cultura da soja deve ser mantida na ausência das plantas daninhas (PITELLI; DURIGAN, 1984), tem sido estudado por vários pesquisadores brasileiros, com resultados variados. A variação nos resultados ocorre, porque as condições de desenvolvimento em que foram conduzidos os ensaios são distintas, variando cultivares, condições climáticas e as composições específicas das comunidades infestantes (PITELLI, 1980). Os valores de PCPI para a soja podem ser diferentes de acordo com o sistema de manejo da cultura e cultivar utilizada. Comparando os sistemas de manejo de soja convencional e direto, MESCHEDE (2004) determinou que o PCPI de 34 a 76 DAE para o primeiro o sistema de plantio convencional e de 33 a 66 DAE para o sistema de semeadura direta. Para comunidades infestantes de de folhas largas o PCPI encontrado foi de 21 a 30 DAE (SPADOTTO, 1994). Comparando as cultivares de soja CD 201 e M-SOY-6101, no sistema de semeadura convencional, os valores de PCPI foram de 33 a 66 DAE e 34 a 76 DAE, respectivamente (NEPOMUCENO et al., 2007).

É importante ressaltar que os custos para o controle e a remuneração recebida pelo produto colhido, devem ser levados em consideração para a tomada de decisão do momento ideal para realizar o controle da comunidade de plantas daninhas (VIDAL, 2010; MACHADO et al. 2015). Deve-se também levar em consideração que a cultura pode sofrer interferência pela detecção precoce de vizinhos devido à alterações na qualidade de luz (VIDAL, 2010). Levando estes fatores em consideração devemos semear a cultura em área livre de plantas daninhas e assim mantê-la pelo maior período de tempo possível.

3.1.2 Manejo de plantas daninhas na cultura da soja

O manejo de plantas daninhas consiste na utilização de ferramentas

que reduzam o número de plantas daninhas a fim de impedir que a interferência sobre as plantas cultivadas cause impactos negativos na produção econômica, além de prevenir o aumento no número de propágulos (POOLE & GILL, 1987). O controle pode ser físico, cultural, biológico, mecânico ou químico.

O controle químico de plantas daninhas consiste na utilização de herbicidas, que podem ser seletivos ou não à cultura e que podem ser aplicados no manejo antes do plantio, em pré-plantio incorporado (PPI), em pré-emergência (Pré) da cultura e das plantas daninhas e em pós-emergência (Pós) da cultura e das plantas daninhas (DEUBER, 1997). A adoção deste método se dá, em função de vários fatores, tais como: disponibilidade no mercado a preços acessíveis; menor dependência de mão de obra; eficiência mesmo em época chuvosa; possibilidade de controle mesmo em altas densidades; controle de plantas daninhas na linha da cultura sem prejudicar o sistema radicular; possibilidade de adoção de sistemas conservacionistas, como o cultivo mínimo e o sistema de semeadura direta; possibilidade de controle de plantas daninhas de reprodução vegetativa; permite a semeadura a lanço e a redução no espaçamento nas entrelinhas (CONSTANTIN; OLIVEIRA JR; OLIVEIRA, 2013; SHAW, 1982).

Embora o controle químico apresente vantagens significativas aos agricultores, é preciso considerar que o manejo de plantas daninhas através da adoção de várias estratégias de controle de forma integrada têm resultado vantagens sobre a adoção de estratégias isoladas (BALBINOT JR; TREZZI, 2010). Assim, alternativas de manejo, como o controle cultural (uso de palhada, características da cultura, tratos culturais, rotação de cultura), manejo preventivo, mecânico, químico e biológico devem atuar em conjunto (EMBRAPA, 2012). A aplicação de herbicidas é essencial para o controle de plantas daninhas e no aumento da produtividade de diversas culturas (SILVA, 2016), entretanto, o controle químico deve ser bem monitorado, observando alguns parâmetros como atingir o alvo ao qual é dirigido, ser retido, absorvido e translocado pela planta (VICTORIA FILHO, 1982).

Nos sistemas de cultivo atuais, as infestações com plantas daninhas raramente se encontram isoladas, e com o aumento no número de plantas tolerantes ou resistentes a herbicidas não é difícil que se encontrem duas espécies que

necessitem de métodos distintos de controle na mesma área, como por exemplo o capim amargoso e a buva (LAMEGO, 2013; MELO et al., 2012). Aplicações de dois ou mais herbicidas em mistura no tanque de pulverização é usual entre os produtores, embora proibida por lei. As misturas podem ter efeitos de antagonismo, sinergismo ou efeito neutro, podendo haver várias possibilidades de misturas com efeitos benéficos e que podem auxiliar no manejo de plantas de difícil controle (VIDAL et al., 2016). As misturas de tanque podem permitir redução direta nos custos de aplicação, através da redução do número de aplicações, além de proporcionar menor exposição do aplicador, menor compactação dos solos e possivelmente, melhor controle das plantas daninhas no início de seu estabelecimento (VALENTE et al., 2000).

O sistema de semeadura direta, que segundo a FEBRAPDP (FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO E IRRIGAÇÃO, 2018) chega a 75% da área ocupada por lavouras anuais de grãos no país e pode se tornar alternativo ao controle químico, ou em alguns casos, atuando de forma sinérgica no manejo de plantas daninhas. A utilização de controle cultural de plantas daninhas é um dos fatores fundamentais para o sucesso deste sistema. Nesse sistema, a espécie cultivada pode ser implantada sobre áreas previamente cultivadas com culturas comerciais, como trigo, triticale, cevada e milho safrinha, ou introduzido sobre resteva de plantas com fins de manutenção e conservação de solo, como nabo, mucuna-preta, aveia branca, azevém sendo a aveia preta uma das espécies mais utilizadas, podem contribuir com o manejo integrado de plantas daninhas (DAHLEM, 2013).

Dentre os principais objetivos almejados com a utilização de plantas de cobertura durante determinado período do ano destacam-se a formação de cobertura vegetal para proteção do solo, manutenção da umidade e diminuição das oscilações de temperatura em superfície, facilitação da infiltração de água, melhoramento da estruturação do solo (agregação e aeração), promover a ciclagem de nutrientes e adição de nitrogênio pelo uso de leguminosas, possibilidade de aumentar a competição/supressão de plantas daninhas, além de, promover ao longo dos anos o aumento dos teores de matéria orgânica, proporcionando melhorias das características físicas, químicas e biológicas do solo (CALEGARI, 2004; VIOLA, et

al., 2013).

A cobertura morta reduz a densidade de plantas daninhas (PRIHAR et al., 1975; MAROCHI et al., 1995; FORNAROLLI et al., 1998), mas, mesmo com a sua redução, são necessárias medidas de controle, principalmente com o uso de herbicidas (PRIHAR et al., 1975). Entretanto a interação entre a cobertura de palha no solo e os herbicidas aplicados influi na eficácia do controle de plantas daninhas (NUNES, 2007).

O intervalo entre a colheita das culturas de inverno e a semeadura da soja é um ponto fundamental para o manejo de plantas daninhas. Quanto menor este intervalo, as chances de serem encontradas plantas daninhas em estádios avançados nas áreas será reduzida, sendo o melhor momento para interferência no sistema. A pesquisa atuando em conjunto com profissionais de extensão e produtores pode obter informações sobre os principais fluxos de emergência de determinada espécie daninha. Como por exemplo, os fluxos de emergência de buva (*Conyza* spp.) no oeste do Paraná ocorrem entre os meses de julho a setembro (ALONSO et al., 2013).

A utilização de herbicidas aplicados em pré-emergência das plantas daninhas com efeito residual é uma das alternativas para o manejo de plantas daninhas. São várias as vantagens para a utilização de herbicidas em pré-emergência. A primeira, reside no controle das plantas daninhas em estádios em que estão mais suscetíveis aos herbicidas. A fase de germinação/emergência de plantas daninhas é a fase mais suscetível a interferência por distúrbios de natureza física, química ou biológica (RADOSEVICH et al., 2007). A segunda, na precocidade de controle, de forma que evitam a competição inicial com a espécie cultivada. A terceira, no efeito residual de muitos herbicidas pré-emergentes, que proporciona controle de diferentes fluxos de emergência de plantas daninhas que estão no banco de sementes.

Deve-se levar em conta o período em que os herbicidas pré-emergentes atuam no solo, para evitar que haja efeito residual pronunciado à culturas subsequentes sensíveis. A persistência dos herbicidas no solo varia com a adsorção, lixiviação e degradação e/ou transformação biológica, pois esses fatores regulam a concentração, o fluxo e o tempo de permanência destas moléculas na

solução do solo (INOUE et al., 2011).

Atualmente no mercado de produtos químicos brasileiro existem variados princípios ativos com diferentes modos de ação sobre as plantas infestantes. Dentre os herbicidas pré-emergentes, com potencial efeito residual, destacam-se os princípios ativos como o chlorimuron-ethyl, diclosulam, flumioxazin e saflufenacil, principalmente por sua elevada eficiência sobre amplo espectro de espécies daninhas dicotiledôneas. O correto uso de herbicidas com efeito residual permite o controle de plantas daninhas e o aumento de produtividade das culturas, entretanto para o melhor aproveitamento dessa ferramenta, é preciso deter maior número de informações, sobre temas como a persistência, adsorção, lixiviação, degradação e dissipação.

3.2 Características dos herbicidas diclosulam, chlorimuron-ethyl, flumioxazin e saflufenacil

3.2.1 Diclosulam

O herbicida diclosulam é produzido pela empresa Dow Chemical Company em Midland, Michigan, EUA (atualmente empresa CORTEVA). O nome comum desse herbicida é N-(2,6-dichlorophenyl)-5-ethoxy-7-fluoro[1,2,4]triazolo[1,5-c]pyrimidine-2-sulfonamide (Figura 1) (ANVISA, 2016). Pertence ao grupo químico pirimidina sulfonilidas e atua na inibição da enzima acetolactato sintase (ALS), a qual é essencial para a síntese dos aminoácidos valina, leucina e isoleucina (RODRIGUES; ALMEIDA, 1998). Os sintomas, que se tornam evidente uma a duas semanas após a aplicação, incluem paralisação do crescimento, amarelecimento dos meristemas e redução do sistema radicular, com as raízes secundárias apresentando-se uniformemente curtas e engrossadas.

Apresenta amplo espectro de controle como latifolicida, sendo que também pode promover o controle de *Digitaria insularis* e a supressão do crescimento de algumas gramíneas, como *Cenchrus echinatus*, *Brachiaria plantaginea*, *Brachiaria decumbens*, *Digitaria horizontalis* e *Cyperys rotundus*

(RODRIGUES; ALMEIDA, 2011).

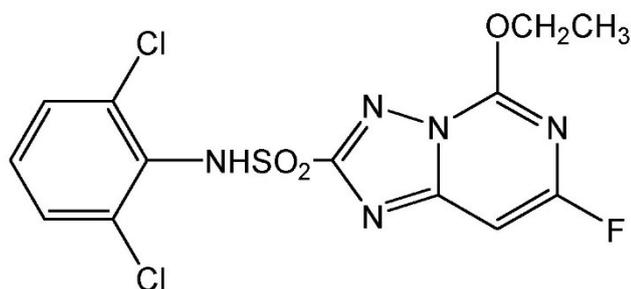


Figura 1 – Fórmula estrutural da molécula do herbicida diclosulam (ANVISA 2016).

Diclosulam tem uma massa molecular de $406,22 \text{ g mol}^{-1}$. É um pó esbranquiçado com uma pressão de vapor de $6,58 \times 10^{-8} \text{ mm Hg}$ (20°C). Seus valores de log Kow variam de $-0,448$, em pH 9, a $1,42$, em pH 5, indicando também baixa hidrofobicidade (YODER et al., 2000).

A solubilidade em água é dependente do pH, variando de $\sim 117 \text{ mg l}^{-1}$ (pH 5- 20°C) e 124 mg l^{-1} (pH 7 e 20°C) a $> 4000 \text{ mg l}^{-1}$ a pH 9 (SENSEMAN, 2007). Em solos agricultáveis o diclosulam é considerado um produto de alta solubilidade (DEUBER, 1992). O diclosulam necessita de pouca precipitação para transpor a palha e atingir seu alvo (MINOZZI, 2014). Simulação de 30 mm de chuva após a aplicação fizeram com que plantas de *Ipomoea grandifolia* e *Sida rhombifolia* tivessem melhores índices de controle (CARBONARI et al., 2008). A diminuição na umidade do solo interfere negativamente no efeito do herbicida (MONQUEIRO et al., 2013).

O pKa da molécula é de 4,09 a 20°C , indicando sua predominância na forma aniônica em valores de pH característicos de solos agricultáveis (YODER et al., 2000). O herbicida ficando na forma aniônica terá mais chance de ser transportado livremente através da solução do solo, apresentando grande mobilidade na palha, sendo indicado para o controle de plantas daninhas na cultura da soja no sistema de plantio direto (COBUCCI et al., 2004).

Dependendo da região ou país em que é comercializado pode ser aplicado em pré-plantio, pré-plantio incorporado e/ou em pré-emergência das ervas daninhas, além de poder ser empregado na modalidade de pós-emergência da soja. Produtos à base de diclosulam tem registro para comercialização na Argentina, Bolívia, Brasil, Chile, Paraguai, Estados Unidos e Uruguai, sendo utilizado para o

controle de ervas daninhas anuais e algumas perenes de folhas largas, ou utilizadas no controle cultural de ervas daninhas na cultura da soja, amendoim e cana-de-açúcar. A associação desse herbicida com gramínicidas fornece controle das ervas daninhas de largo espectro (DOW, 2012).

A meia-vida ($t_{1/2}$) de diclosulam pode variar entre 16 a 54 dias em estudos realizados em solos paranaenses, argentinos e americanos (YODER et al., 2000). Em diferentes sistemas de semeadura, os valores de meia-vida encontrados foram de 67 dias, para o sistema de semeadura direta, e de 87 dias, para o sistema de semeadura convencional (LAVORENTI et al., 2003). No entanto, algumas espécies podem apresentar maior sensibilidade a esse herbicida.

A degradação do diclosulam no solo é favorecida pela atividade microbiana (RODRIGUES et al., 2010), e as condições que favorecem ao aumento na atividade microbiana são as mesmas que favorecem a degradação de pesticidas: temperatura, umidade e aeração (MONQUEIRO, 2013).

Com relação a seletividade, o diclosulam se mostrou seletivo na dose de 35 g i.a. ha⁻¹ associado ou não ao glyphosate (TIMOSSI; DURIGAN; LEITE, 2006), na dose de 70 g i.a. ha⁻¹ as cultivares FT-Guaira, Embrapa-4 e BR-37 apresentaram redução no rendimento de grãos de 20,9%, 11,8% e 11% respectivamente, as cultivares Embrapa-48, ocepar-14, BR-16, Ocepar-13, BR-36 FT10-Princesa, FT-2000, FTAbysara e RS7-Jacuí não apresentaram redução no rendimento de grãos, em relação à testemunha sem aplicação (LEITE et al., 2000).

3.2.2 Chlorimuron-ethyl

Chlorimuron-ethyl é um herbicida de ação sistêmica pertencente ao grupo químico das sulfonilureias, recomendado para o controle de plantas daninhas de folhas largas na cultura da soja, sendo rapidamente absorvido através de folhas e raízes, com translocação por toda a planta. Age inibindo a enzima acetolactato sintase (ALS), é comercializado na forma de grânulos dispersíveis em água e sua fórmula química [ethyl 2-(4-chloro-6-methoxypyrimidin-2-ylcarbamoylsulfmoyl) benzoate] (FIGURA 2), seu ponto de fusão de 186°C, massa molecular 414,82 g mol⁻¹.

No Brasil são encontrados 17 produtos registrados (MAPA, 2018) e a forma de aplicação pode ser pré-plantio e/ou em pós-emergência da cultura da soja, porém nem todos os produtos tem registro para as duas modalidades, havendo a necessidade de se consultar a bula antes da aplicação. As principais espécies daninhas controladas são caruru (*Amaranthus hybridus*), erva-quente (*Blainvillea latifolia*), picão-preto (*Bidens pilosa*), corda-de-viola (*Ipomoea aristolochiaefolia*), entre outras.

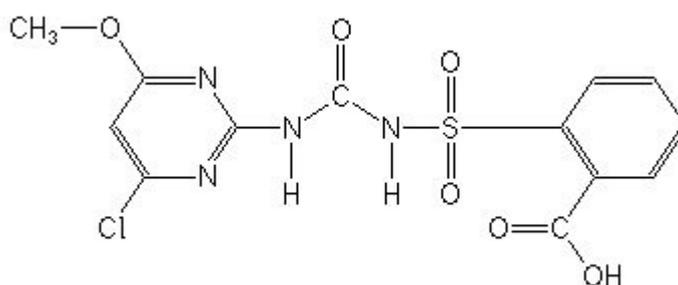


Figura 2 – Fórmula estrutural da molécula do herbicida chlorimuron-ethyl (ANVISA, 2016).

O herbicida chlorimuron-ethyl apresenta baixa solubilidade em solventes orgânicos, em água (25°C) 11 mg L⁻¹ (pH 5); 450 mg L⁻¹ (pH 6.5); 1200 mg L⁻¹ (pH 7) (SENSEMAN, 2007), na maioria dos solos agricultáveis apresenta solubilidade alta e é influenciada pelo pH do solo (CHRISTOFFOLETI et al., 2009), assim, em solos mais ácidos, o chlorimuron-ethyl permanece como uma molécula e tem maior retenção por colóides; em contraste, em solos mais alcalinos, a maior parte do produto permanecerá na sua forma iônica (aniônica) com menor retenção pelos colóides do solo (CARVALHO, 2015).

A constante de dissociação pKa deste herbicida é de 4,2, seu K_{ow} de 320 a pH 5 e 2,3 a pH 7, pressão de vapor 5X10⁻¹⁰ mm Hg a 25°C (SENSEMAN, 2007). em solos mais ácidos, o chlorimuron-ethyl permanece como uma molécula e tem maior retenção por colóides. Em contraste, em solos alcalinos, a maior parte do produto permanece na sua forma iônica com menor retenção pelos colóides, o produto apresenta maior taxa de lixiviação e menor persistência (CARVALHO, 2015).

Inicialmente, o herbicida chlorimuron-ethyl passou a ser utilizado como pós emergente da cultura da soja, entretanto, tem se mostrado eficiente quando

utilizado em pré-emergência das plantas daninhas e da cultura. Os produtos comerciais à base de chlorimuron-ethyl aplicados em pré-emergência demonstraram ser uma alternativa viável para uso conjunto com o glyphosate na dessecação que precede a semeadura da soja. Além de complementar o glyphosate no controle de plantas daninhas como picão-preto (*Bidens pilosa*) (VALENTE, 2000), buva (*Conyza bonariensis/C. canadenses*) e corriola (*Ipomoea grandifolia*), essa modalidade de aplicação possibilita ação residual sobre espécies daninhas sensíveis sem causar prejuízo ao desenvolvimento da soja (BIANCHI, 2010). Porém, deve-se levar em consideração a cultura seguinte, pois o chlorimuron-ethyl pode causar injúrias em culturas sensíveis ao herbicida (VIDAL; FLECK, 1994), como o sorgo, algodão, arroz (OLIVEIRA, 2001) e milho (ARTUZI; CONTIERO, 2006).

Chlorimuron-ethyl é seletivo para a cultura da soja, entretanto, é comum trabalhos que evidenciam sintomas de injúria em plantas. Apesar dos efeitos negativos provocados por alguns tratamentos no desenvolvimento vegetativo das plantas (altura e fechamento) ou mesmo no desenvolvimento reprodutivo (vagens por planta e massa de 100 grãos), em nenhum caso esses efeitos causaram injúrias suficientes a ponto de reduzir o rendimento de grãos (ALONSO et al., 2013; CORREIA et al., 2008).

3.2.3 Flumioxazin

Flumioxazin trata-se de herbicida seletivo, não sistêmico para aplicação em pré e pós emergência de plantas daninhas, pode ser aplicado em pré e pós-emergência das plantas infestantes na cultura de eucalipto, pinus e soja, pós-emergência das plantas infestantes nas culturas de algodão, café, citros, feijão e milho, pré-emergência das plantas infestantes nas culturas de alho, batata, cana-de-açúcar e cebola, além de aplicações em dessecação das culturas de feijão e soja (ANVISA, 2016). Entre as principais plantas daninhas controladas por este produto, estão o leiteiro (*Euphorbia heterophylla*), corda de viola (*Ipomoea grandifolia*), corda de viola (*Ipomoea nil*), caruru rasteiro (*Amaranthus deflexus*), entre outras.

O nome químico do herbicida flumioxazin é 2-[7-fluoro-3,4-dihidro-3-oxo-4-(2-propynyl)-2H-1,4-benzoxazin-6-yl]-4,5,6,7-tetrahydro-1H-isoindole-1,3(2H)-

dione (ANVISA, 2016). Pertence ao grupo químico ciclohexenodicarboximida (FIGURA 3), atua inibindo a ação da enzima protoporfirinogênio oxidase (PPO ou PROTOX). Quando aplicado ao solo, as plântulas tornam-se necrótica e morrem logo após a exposição à luz solar. Em plantas adultas, o contato foliar com flumioxazin provoca desidratação rápida e necrose dos tecidos vegetais expostos. O flumioxazin é absorvido pelas raízes e folhagem das plantas tratadas (SENSEMAN, 2007).

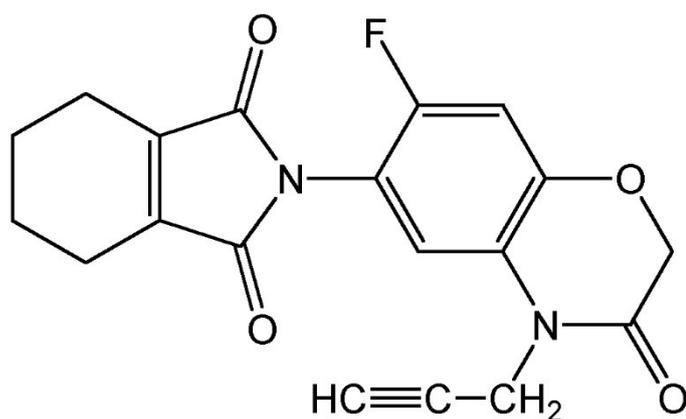


Figura 3 – Fórmula estrutural da molécula do herbicida flumioxazin (ANVISA, 2016).

As principais características de flumioxazin são o peso molecular de 354,34 g mol⁻¹, cor marrom-amarelada, inodora, densidade 1,54 g mL⁻¹ (20°C), ponto de fusão 201,8 a 203,8°C; pressão de vapor 3,21x10⁻⁴ Pa. Esse herbicida é estável a temperatura ambiente (SENSEMAN, 2007).

A solubilidade em água de 1,79 mg L⁻¹ (25°C) e log Kow de 2.55 (a 20°C) (SENSEMAN, 2007). O potencial de lixiviação é considerado baixo devido a alta adsorção do herbicida ao solo e sua baixa solubilidade em água (OLIVEIRA, 1995). OLIVEIRA et al., (1999) relataram que a mobilidade de flumioxazin, não ultrapassou os 5 cm superficiais em Latossolo Vermelho-Amarelo de textura média.

Estudos realizados em dois solos diferentes na região de Greenville, mostram que a dissipação do flumioxazin no solo sofre pouca influência com relação a temperatura, o t_{1/2} para o solo de textura argilosa foi de 17,9 dias e de 16 dias para o solo de textura arenosa o t_{1/2} foi de 13,6 e 12,9 a temperatura de 15 e 25°C, respectivamente (FERRELL, VENCILL, 2003). A atividade residual da aplicação de flumioxazin para controle de plantas daninhas em pré-emergência da soja não é suficiente para afetar negativamente o rendimento do milho (DAN, et al., 2011).

ALISTER et al. (2008) verificaram que apenas 24% do flumioxazin aplicado foi encontrado aos 90 dias após a sua aplicação.

A aplicação de flumioxazin em pós-emergência da soja é relatada por vários autores por causar severa toxicidade a cultura (COSTA; SILVA; FERREIRA, 1997; CARVALHO et al., 1999), assim, a aplicação deste herbicida em pré-emergência traz vantagens e segurança na aplicação em relação a possíveis fitotoxicidade à cultura (MACEDO, 2015).

A associação de glyphosate com herbicidas inibidores da PROTOX apresenta efeito sinérgico em alguns casos, acelerando o tempo entre a aplicação e a morte das plantas e reduzindo o tempo entre o manejo e a semeadura da cultura (JAREMTCHUK et al., 2008; CONSTANTIN et al., 2005; VIDAL et al., 2016). Além disso, esta associação é auxiliar no manejo de plantas daninhas resistentes ao glyphosate (VIDAL; SPADER, 1999), além de controlar as plantas emergidas em novo fluxo posterior ao manejo, postergando a necessidade da primeira aplicação para controle de plantas daninhas em pós-emergência da cultura (JAREMTCHUK et al., 2008; CONSTANTIN et al., 2005).

3.2.4 Saflufenacil

O saflufenacil foi comercialmente introduzido no Brasil em 2013 e em outros países em 2010, sendo recomendado para a dessecação de culturas, controle em pré-semeadura e como herbicida pré-emergente, para a maioria das plantas daninhas eudicotiledôneas (GROSSMANN et al., 2011). É um herbicida seletivo condicional de contato, desenvolvido para controle de plantas daninhas de folhas largas. Entre as principais plantas daninhas controladas estão o leiteiro (*Euphorbia heterophylla*), angiquinho (*Aeschynomene rudis*), apaga-fogo (*Alternanthera tenella*), buva, (*Conyza bonariensis*, *C. canadensis*), corda-de-viola, (*Ipomoea grandifolia*, *I. hederifolia*, *I. purpúrea*, *I. quamoclit*, *I. triloba*), entre outras (AGROFIT, 2018).

O nome químico do saflufenacil (FIGURA 4), 2-chloro-4-fluoro-5-[3-methyl-2,6-dioxo-4-(trifluoromethyl)pyrimidin-1-yl]-N-[methyl(propan-2-yl) sulfamoyl] benzamide (BASF, 2013), atua na inibição da enzima PROTOX, resultando em

rápido acúmulo de espécies reativas de oxigênio e a peroxidação lipídica das membranas celulares. Isso leva à perda de integridade das membranas e à rápida morte celular das plantas daninhas (DAYAN; WATSON, 2011).

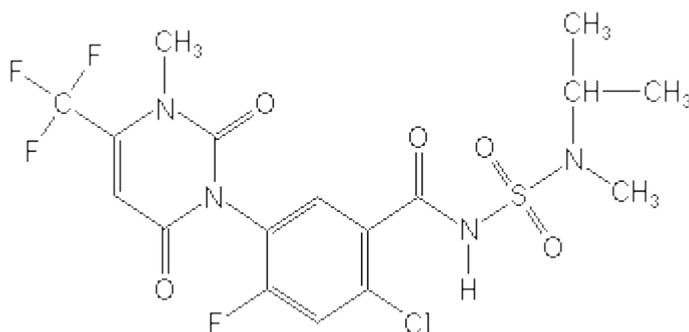


Figura 4 – Fórmula estrutural da molécula do herbicida saflufenacil (ANVISA 2016).

Esse herbicida apresenta-se a 20°C na forma de um sólido marrom claro. É inodoro, com ponto de fusão 189,9-193,4°C e densidade de 1,61 g cm⁻³. Apresenta alto potencial de deslocamento no solo, podendo atingir principalmente águas subterrâneas. Para Latossolo Vermelho Distroférico a persistência deste herbicida situa-se entre 25 e 35 dias após a aplicação do herbicida (DIESEL, 2013).

O herbicida saflufenacil é destinado ao manejo de plantas daninhas de folhas largas de difícil controle e vem sendo empregado na pré-semeadura da soja, juntamente com o glyphosate, ou em sequencial após o uso de glyphosate associado a 2,4-D. Em *C. bonariensis*, a aplicação isolada de saflufenacil não foi eficiente, e quando misturado com glyphosate a eficiência ultrapassou os 80 % evidenciando o efeito sinérgico entre os mesmos (DALAZEM, 2015). No caso de *C. canadensis*, a mistura de 900 g ha⁻¹ de glyphosate com 25 g ha⁻¹ de saflufenacil proporcionou controle superior a 95% das plantas (BYKER et al., 2013). Em outro trabalho, a adição de glyphosate permitiu a redução da dose de saflufenacil, sem que o controle de *C. canadensis* fosse prejudicado (MELLENDORF et al., 2013).

Algumas espécies apresentam baixo grau de tolerância ao saflufenacil. As espécies *M. cissoides*, *M. aterrima* e *R. communis* foram controladas com 50% da dose comercial de saflufenacil, enquanto que para *L. aegyptiana* bons níveis de controle foram observados apenas a partir de 100 g i.a. ha⁻¹ (MONQUERO et al., 2011). Em simulação de stress hídrico, a eficácia do produto se manteve em níveis próximos a 80% de controle, mesmo depois de 28 dias de estresses após a aplicação, porém ocorre acentuada queda no desempenho do herbicida após esse

período (MONQUERO et al., 2008).

3.3 COMPORTAMENTO DOS HERBICIDAS NO AMBIENTE

O momento da aplicação é apenas uma das etapas determinantes da eficiência ou não de um determinado produto. Entre os processos determinantes da dinâmica de herbicidas no ambiente estão a retenção (sorção, adsorção), transformação (decomposição, degradação) e transporte (absorção, deriva, volatilização, lixiviação e escoamento superficial) (MARCHESAN, 2016). Dentre as principais dúvidas apontadas por pessoas envolvidas com a recomendação e aplicação de herbicidas destaca-se a dinâmica dos produtos no solo e os fatores que afetam esta dinâmica (CHRISTOFFOLETTI; LÓPES, 2005).

Geralmente, a primeira barreira para que o herbicida chegue até o alvo (o solo no caso de herbicidas pré emergentes) é a deriva, sendo um dos principais motivos de perdas de agrotóxicos e consequente contaminação ambiental (COSTA et al., 2007). Deriva é definida como o deslocamento físico de partículas de herbicidas que não atingem o alvo (CHRISTOFFOLETTI, 1999), ou até mesmo atingindo um local não planejado (OZKAN, 1997). A intensidade de deriva é influenciada por fatores como a altura da barra de aplicação, tamanho de gota e aumento na velocidade do vento (CHRISTOFFOLETTI, 1999).

A volatilização é o processo responsável pela passagem do agrotóxico das superfícies do solo, planta ou da água para a atmosfera. Entre os principais fatores que influenciam a volatilização estão a temperatura, a velocidade do vento e as condições do solo, assim como as características de adsorção e a solubilidade em água do composto (OLIVEIRA; BRIGHENTI, 2011).

Após aplicação de determinado herbicida no solo, em sistema de plantio direto, grande parte do mesmo fica retido na palha superficial, que atua como uma barreira de retenção dos herbicidas (LANGENBACH; SCHROLL; SCHEUNERT, 2001). Desta forma, o herbicida fica vulnerável à volatilização e/ou fotólise, até ser lixiviado para o solo (LOCKE; BRYSON, 1997). A quantidade de herbicida que é lixiviada para o solo é dependente da capacidade da palha de cobrir o solo e reter este herbicida, das características físico-químicas do herbicida e do período e

quantidade de chuva após a aplicação (LAMOREAUX et al., 1993). Ao atingir o solo no sistema de plantio direto, o herbicida poderá se distribuir melhor e apresentar maior persistência, devido aos canais formados pelos restos vegetais ou por organismos do solo e, principalmente, pela amenização dos processos de degradação (JONES JR et al., 1990).

O coeficiente de partição octanol-água (K_{ow}), a pressão de vapor são os principais fatores que contribuem para a interação do herbicida com a palhada (CORREIA; REZENDE, 2002). O K_{ow} , por ser uma medida da lipofilicidade da molécula, está sendo utilizada como medida da interação entre herbicidas e material orgânico (OLIVEIRA et al., 2001). Outros fatores que exercem influência na retenção dos herbicidas pela palha são a quantidade e a época das chuvas que ocorrem após a aplicação (RODRIGUES, 1993). A capacidade diferenciada de adsorção dos herbicidas também pode ser atribuída às mudanças da composição química da palha e ao seu envelhecimento (CORREIA; REZENDE, 2002).

O processo de lixiviação ou percolação é uma das principais formas de transporte no solo das moléculas não-voláteis e solúveis em água. Essas moléculas se movimentam no perfil do solo, acompanhando o fluxo de água, pela diferença de potencial de água entre dois pontos (PRATA et al., 2003). Para que ocorra a lixiviação, é necessário que o herbicida esteja na solução do solo, livre ou adsorvido em pequenas partículas (FERRI et al., 2003). A lixiviação apresenta dois aspectos importantes: é fundamental para incorporação superficial da maioria dos herbicidas, atingindo sementes ou plantas em germinação, mas, quando excessiva, pode carregá-los para camadas do solo mais profundas, limitando sua ação e podendo, inclusive, promover contaminação do lençol freático (VELINI, 1992). A elevação do pH e a textura mais leve do solo aumentam o potencial de lixiviação do herbicida saflufenacil no solo (MONQUERO, 2012). A precipitação pluviométrica contribui para a lixiviação dos produtos da palha para a superfície do solo, dispondo-os em contato com as sementes das plantas daninhas (VALENTE et al., 2000).

O processo de sorção refere-se ao processo de retenção geral, sem distinção entre os processos específicos, como adsorção, absorção e precipitação (OLIVEIRA; BRIGHENTI, 2011). Pode-se definir a adsorção como a adesão de moléculas de um fluido a uma superfície sólida (OLIVEIRA JR, 1998), sendo

influenciada pelas propriedades químicas da molécula do produto além das propriedades do solo como tipo e quantidade de argila e matéria orgânica, superfície do solo, estrutura e pH do solo, temperatura, umidade e concentração salina (GUIMARÃES, 1987). Conforme PROCÓPIO et al. (2001), teores menores de água no solo favorecem a ligação das moléculas do herbicida à fase sólida, reduzindo a sua mobilidade no perfil do solo.

O tipo de solo e teor de matéria orgânica tem grande influência na atividade dos herbicidas aplicados. Quanto maior o K_{ow} , maior a adsorção e maior a persistência do herbicida no solo, favorecendo assim a ocorrência do efeito residual ou carryover. Em contrapartida, quanto menor o K_{ow} , maior a solubilidade do herbicida e menor sua sorção no solo, facilitando assim a movimentação desses em direção à região de germinação das plantas daninhas (MANCUSO et al., 2011). FREITAS et al. (2016) realizaram estudos para determinar as características físicas e químicas que interferem no processo de sorção do herbicida sulfentrazone e constatou que a sorção deste herbicida é influenciada pelo pH e teor de matéria orgânica do solo. O estudo de sulfentrazone em solos com características distintas, revelou a seguinte ordem crescente em relação à sorção: Planossolo Háplico < Latossolo Vermelho-Amarelo < Argissolo Vermelho < Cambissolo Húmico < Neossolo Regolítico. O herbicida diclosulam apresenta baixa taxa de sorção ao solo tanto em sistemas de semeadura direta como em sistemas de semeadura convencional (LAVORENTI et al., 2003).

3.3.1. Persistência dos herbicidas

A partir do momento em que o herbicida transpõe a palhada e atinge o solo, pode permanecer por longos períodos, desde meses até anos, dependendo das características físicas e químicas das moléculas e das condições edafoclimáticas que alteram os processos de degradação (biótica e abiótica), causando grande impacto ambiental (DAMS, 2006). A persistência de um herbicida pode ser definida como a habilidade que ele tem para manter a integridade de sua molécula e também suas características, físicas, químicas e biocidas no ambiente através do qual ele é transportado e distribuído após a sua liberação (MARCHESAN,

2016). Quando se utilizam produtos pré-emergentes, se busca em geral atividade residual, prevenindo o desenvolvimento das plantas daninhas de uma determinada área por certo período de tempo. Por outro lado, herbicidas com bioatividade muito prolongada podem causar injúrias a espécies sensíveis cultivadas em sucessão (DAN et al. 2012).

Alguns herbicidas persistem por pouco tempo no solo por serem degradados por meio de reações químicas (oxidação, redução, hidrólise, formação de sais insolúveis em água e complexos químicos) ou por processos físicos (fotodecomposição), especialmente a ultravioleta que é a mais destrutiva (RADOSEVICH et al., 1997). A hidrólise química é responsável, em geral, pelo início de uma série de atividades degradativas que ocorrem no solo e torna-se indispensável para os processos de transformação das moléculas no solo. A degradação de moléculas de herbicidas no solo e sua capacidade de sorção influenciam diretamente a persistência destes compostos no ambiente (OLIVEIRA; BRIGUENTI, 2011). Características como baixa volatilidade, ausência de fotodegradação, alta solubilidade, baixa adsorção aos colóides do solo e degradação principalmente via microbiana (solos secos) contribuem para manutenção da eficiência dos herbicidas no solo, uma vez que na condição de solo seco muitos microrganismos passam ao estágio de repouso e tornam-se inativos (GUIMARÃES, 1987).

A fitotoxicidade ou *carryover* na cultura em sucessão é citada por muitos autores que realizam trabalhos com herbicidas pré emergentes residuais, dependendo do herbicida utilizado, da cultura em sucessão e das condições ambientais após a aplicação. O planejamento da sucessão de culturas deve ser criterioso para evitar este problema, sendo que a situação ideal deve ser o controle com efeito residual até o “fechamento” da cultura (MANCUSO et al., 2011). Herbicidas de maior persistência no solo apresentam maiores riscos de contaminação do ambiente, seja por lixiviação, volatilização e erosão. Vários autores relatam a complexidade do comportamento de herbicidas no solo (OLIVEIRA JR. et al., 2006; INOUE et al., 2008; OLIVEIRA JR. et al., 2011). De forma semelhante, os efeitos residuais de herbicidas aplicados à cultura da soja sobre culturas em sucessão têm sido relatados nas culturas do arroz, (AVILA et al., 2010; PINTO et al.,

2011), algodão (GRICHAR et al., 2004; RODRIGUES; ALMEIDA, 2011), milho (YODER et al., 2000; ULBRICH et al., 2005; ARTUZI; CONTIEIRO, 2006; DAN et al., 2010), girassol (MEROTTO JR; VIDAL, 2001; BRIGHENTI et al., 2002), sorgo (SILVA et al., 1999; DAN et al., 2010), milheto (DAN et al., 2011) e olerícolas (SZMIGIELSKI et al., 2009).

Na literatura são encontrados intervalos variáveis entre 60 (ARTUZI; CONTIERO, 2006) e 97 dias (DAN, 2010) para que se obtenha segurança na semeadura de milho após aplicação de chlorimuron-ethyl. SIQUEIRA et al (2000), em estudos sobre as características agrônômicas do milheto em sucessão verificaram efeito visual de fitotoxicidade de 40% em milheto aos 21 e 28 DAS (dias após a semeadura) e de 20% aos 35 e 42 DAS. Áreas tratadas com diclosulam não devem ser cultivadas com girassol por 18 meses (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011), além de causarem redução do estande aos 75 e 90 dias após a sua aplicação (BRIGHENTI, 2002). Após a aplicação desse mesmo herbicida, detecta-se clorose internerval que evolui para pequenas manchas na forma de estrias, sendo esses efeitos mais evidentes aos 28 DAE (Dias Após a Emergência). Além disso, a aplicação do herbicida também causou redução de peso das plantas avaliadas aos 30 DAE. Em outro trabalho encontraram que os resíduos do herbicida flumioxazin conferiu os menores níveis de intoxicação ao sorgo (DAN et al., 2010)

A umidade do solo interfere no período de persistência de alguns herbicidas. O diclosulam apresentou efeito por período maior de tempo com a umidade de 100% CC (Capacidade de Campo), já em solo com 60% CC a porcentagem de intoxicação das espécies bioindicadora foi menor, provavelmente, esta condição favorece a sorção deste herbicida. Independente da umidade do solo, a presença desse herbicida foi detectada até 90 DAA (Dias Após a Aplicação) (MONQUERO et al., 2013). Observa-se ainda que, em relação a solos de plantio direto e convencional, pode-se observar que a dissipação do diclosulam é maior no plantio direto do que no convencional (MONQUERO et al., 2013).

A permanência de herbicidas no solo pode ser avaliada por meio de plantas indicadoras da presença dos mesmos, em técnica denominada bioensaio. Os bioensaios propiciam a detecção de resíduos biologicamente ativos presentes no solo. Características de espécies indicadoras favoráveis para a condução de

bioensaios muitas vezes são encontradas em espécies cultivadas (NUNES; VIDAL, 2009). Dentre as características de espécies que favorecem os bioensaios está a elevada taxa de crescimento, pois permite a visualização rápida dos sintomas ocorridos. Além disso, a ampla distribuição geográfica permite que a espécie cultivada seja empregada para estudos em outros locais.

Muitas espécies de plantas cultivadas são bioindicadoras da presença de determinados herbicidas no solo. O pepino (*Cucumis sativus*), soja (*Glycine Max*), milho (*Zea mays*) e feijão (*Phaseolus vulgaris*) são exemplos de espécies que foram utilizados por GUERRA et al. (2011) como bioindicadoras da presença de trifloxissulfurom-sódico e piritiobaque-sódico. Nunes; Vidal (2009) avaliaram o potencial da aveia branca (*Avena sativa* L.), melancia (*Cucumis sativus* L.), pepino (*Cucurbita pepo* L.), cevada (*Hordeum vulgare* L.), alface (*Lactuca sativa* L.), nabo forrageiro (*Raphanus sativus* var. *oleiferus* Metzger), rabanete (*Raphanus sativus* var. *sativus* L.) e trigo (*Triticum aestivum* L.) como indicadoras de herbicidas residuais no solo (atrazina, cloransulam, imazaquin, metribuzin e s-metolacoloro). Aveia branca, trigo, quiabo (*Abelmoschus esculentus*), tomate (*Solanum lycopersicum*), ervilha (*Pisum sativum* L.) e rabanete foram utilizados como bioindicadores da presença do herbicida atrazina (MARCHESAN et al., 2011).

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.1 SELEÇÃO DE ESPÉCIES BIOINDICADORAS PARA USO EM BIOENSAIO DE PERSISTÊNCIA DE CHLORIMURON-ETHYL, DICLOSULAM, FLUMIOXAZIN E SAFLUFENACIL NO SOLO

Quatro experimentos, um para cada herbicida, foram realizados em casa de vegetação da Universidade Tecnológica Federal (UTFPR), Campus Pato Branco (26°07'S e 52°41'W). O solo utilizado, classificado como Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico, foi coletado na Área Experimental da UTFPR, Campus Pato Branco, peneirado (peneira malha 6 mm) para retirada de partículas grosseiras e depositado em vasos com capacidade de 300 ml.

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com três repetições. Os experimentos com os herbicidas saflufenacil e chlorimuron-ethyl foram arranjados em esquema trifatorial 8 x 3 x 2, em que o primeiro fator foi constituído pelas concentrações dos herbicidas (para saflufenacil 0; 1; 1,5; 3; 4,5; 6; 8,5 e 11 g ha⁻¹ e para chlorimuron-ethyl 0; 2; 4,5; 11; 16,5; 22; 27,5 e 33 g ha⁻¹), o segundo fator pelas espécies bioindicadoras pepino, alface e tomate, e o terceiro fator pelos períodos de avaliação (14 e 28 DAA). Os experimentos com os herbicidas flumioxazin e diclosulam foram arranjados em esquema trifatorial 8 x 4 x 2, sendo o primeiro fator constituído pelas concentrações dos herbicidas (para flumioxazin 0; 1; 3; 5; 7; 9; 12 e 15 g ha⁻¹ e para diclosulam 0; 1; 2; 3,5; 7; 10,5; 14 e 18,5 g ha⁻¹), o segundo fator pelas espécies bioindicadoras pepino, alface, rabanete e tomate e o terceiro fator pelos períodos de avaliação (14 e 28 DAA).

As sementes foram pré-germinadas em caixas gerbox, com camada dupla de papel germitest, alocadas em BOD com temperatura de 25 °C e período de 12 horas com luz e 12 horas no escuro. As sementes foram colocadas para pré-germinar por períodos de tempo variáveis, até a emissão da radícula: 2 dias para pepino, 3 dias para alface e rabanete e 4 dias para tomate. Após, duas sementes pré-germinadas foram transplantadas por vaso, a uma profundidade de 2 a 3 centímetros. Aspergiu-se os herbicidas saflufenacil, chlorimuron-ethyl, flumioxazin e diclosulam em pré-emergência, em solo úmido, empregando-se pulverizador costal,

à pressão constante com CO₂, utilizando-se barra com 1,5 m de largura, com bicos tipo leque 110.02, distanciados entre si de 0,50 m, totalizando volume de calda aspergida de 200 L ha⁻¹.

Foram determinadas a fitotoxicidade visual e altura aos 7, 14 e 28 dias após a aplicação (DAA) e as massas da parte aérea verde e seca das plantas aos 28 DAA. A fitotoxicidade foi determinada de forma visual, com base em escala percentual, em que 100% representa a morte das plantas e 0% representa ausência de sintomas (FRANS et al., 1986). A altura foi determinada com régua milimétrica, medindo-se a distância entre o colo da planta e a última folha (MARCHESAN et al., 2011). Para determinar a massa da parte aérea verde (MPAV), as plantas foram cortadas rente ao solo e pesadas logo em seguida. Para a determinação da massa da parte aérea seca (MPAS), as plantas foram secas em estufa a 60 °C até se atingir peso constante (MARCHESAN et al., 2011). Os dados de todas as variáveis foram relativizados, considerando-se a testemunha sem herbicida como 100%.

Procedeu-se a análise da variância dos dados pelo teste F a 5% de probabilidade de erro experimental, sendo as médias de variáveis qualitativas comparadas pelo teste de Tukey (p<0,05), com auxílio do programa estatístico WinStat (MACHADO; CONCEIÇÃO, 2005). A relação entre níveis de fator quantitativo foram ajustados através da equação logística de três ($y=a/(1+(x/c)^b$) e quatro parâmetros ($y = d + ((a-d)/((1+(x/c)^b))$) em que:

y= variável dependente; x a concentração do herbicida; a = média da resposta da testemunha; b = declividade da curva; c = concentração que proporciona 50% do valor da variável dependente (I50); d = média da resposta sob doses elevadas.

4.2 DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DE CHLORIMURON-ETHYL, DICLOSULAM, FLUMIOXAZIN E SAFLUFENACIL

Dois experimentos foram realizados para determinação da eficiência agronômica dos herbicidas chlorimuron-ethyl, diclosulam, flumioxazin e saflufenacil. O primeiro experimento de campo foi implantado na safra 2016/2017, na Área Experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco

(PR), localizada no município de Pato Branco(PR), (26°07'S e 52°41'W). O segundo experimento foi implantado na safra 2017/2018, na área experimental da UNISEP (União de Ensino do Sudoeste do Paraná), localizada no município de Dois Vizinhos – PR, (26°46'S e 53°02'W).

Para determinação de atributos químicos e a distribuição granulométrica do solo foram coletadas amostras de solo no local dos experimentos e as médias estão apresentadas nas Tabelas 1 (Pato Branco-PR) e 2 (Dois vizinhos-PR).

Tabela 1 – Distribuição granulométrica e atributos químicos do solo localizado em Pato Branco – PR.

Distribuição Granulométrica		Atributos químicos	
Componente	%	Componente	Valor/ Un. medida
Areia	20,3	MO ^{*1}	48,92 g dm ⁻³
Silte	20,35	P ₂ O ₅ ^{*2}	7,13 mg dm ⁻³
Argila	59,35	K ₂ O ^{*3}	0,40 cmol _c dm ⁻³
		CTC ^{*4}	12,98
		pH ^{*5}	4,97
		H+Al ^{*6}	5,3 cmol _c dm ⁻³

*1 -Matéria orgânica; *2 – Fósforo; *3 – Potássio; *4 – Capacidade de trocas catiônicas; *5 – pH do solo; *6 – Acidez trocável

Tabela 2 – Distribuição granulométrica e atributos químicos do solo localizado em Dois Vizinhos – PR.

Distribuição Granulométrica		Atributos químicos	
Componente	%	Componente	Valor/ Un. medida
Areia	18,75	MO ^{*1}	51,39 g dm ⁻³
Silte	17,50	P ₂ O ₅ ^{*2}	26,78 mg dm ⁻³
Argila	63,75	K ₂ O ^{*3}	0,75 cmol _c dm ⁻³
		CTC ^{*4}	15,23
		pH ^{*5}	6,1
		H+Al ^{*6}	4,61 cmol _c dm ⁻³

*1 – Matéria orgânica; *2 – Fósforo; *3 – Potássio; *4 – Capacidade de trocas catiônicas; *5 – pH do solo; *6 – Acidez trocável

O solo de Pato Branco-PR é classificado como Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico, enquanto o solo de Dois Vizinhos-PR pertence a classe Nitossolo vermelho Distroférico. O clima, de acordo com a classificação de Köppen-Geiger, Cfa - Clima subtropical úmido (mesotérmico) temperatura média no mês mais frio inferior a 18 °C e temperatura média no mês mais quente acima de 22 °C, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das

chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida (Cfa) (IAPAR, 2018).

O delineamento utilizado foi blocos ao acaso com parcelas sub-subdivididas com três repetições, em um esquema fatorial 4 x 2 x 5. Nas parcelas principais foram alocados quatro herbicidas: chlorimuron-ethyl, diclosulam, flumioxazin e saflufenacil). Nas sub-parcelas, dois sistemas de manejo de solo: sem cobertura de solo ou com cobertura de aveia preta (*Avena strigosa*); e nas sub-sub-parcelas cinco proporções de doses recomendadas dos herbicidas (0X, 0,3X, 0,6X, 1,0X e 2,0X). As doses efetivas de herbicidas utilizadas por hectare encontram-se descritas na Tabela 3.

Cada unidade experimental (sub-sub-parcela) foi composta por 7 linhas espaçadas entre si de 0,45 m com 3 m de comprimento, totalizando uma área de 9 m². A área útil de cada sub-sub-parcela foi composta por 5 linhas centrais com 2,5 m de comprimento.

Tabela 3 – Doses (g ia ha⁻¹) de flumioxazin, diclosulam, saflufenacil e chlorimuron-ethyl utilizados no experimento.

Proporção da dose recomendada no rótulo	Flumioxazin	Diclosulam	Saflufenacil	Clorimuron-ethyl
0X	0,0	0,0	0,0	0,0
0,3X	15,0	10,5	10,5	6,0
0,6X	30,0	21,0	21,0	12,0
1X	50,0	35,0	35,0	20,0
2X	100,0	70,1	70,0	40,0

No inverno anterior à implantação dos experimentos em Pato Branco e Dois Vizinhos, o solo foi cultivado com aveia preta (*Avena strigosa*), com o objetivo de formação de palha para posterior implantação da cultura da soja. As sub-parcelas onde foram alocados os tratamentos sem a presença de palha foram mantidas sem a presença de plantas durante todo o período de inverno. Cerca de 30 dias antes da semeadura da soja e implantação do experimento, a área foi dessecada com Roundup Original DI® (glyphosate) na dose de 1110 g i.a. ha⁻¹, em todo o experimento. Nas parcelas com cobertura de solo, a massa seca da aveia preta obtida foi de 4700 kg ha⁻¹ e 4500 kg ha⁻¹, para o experimento de Pato Branco e Dois

Vizinhos, respectivamente.

No experimento de Pato Branco-PR foram semeadas espécies daninhas de picão-preto (*Bidens pilosa*), corda-de-viola (*Ipomoea* spp.), guaxuma (*Sida rhombifolia*) e nabo (*Raphanus raphanistrum*) para garantir a infestação. As sementes foram lançadas manualmente na superfície do solo logo após a semeadura da soja. No experimento em Dois Vizinhos – PR, a flora daninha era composta pelas seguintes espécies: Milhã (*Digitaria Horizontalis*), Leiteiro (*Euphorbia heterophylla*), Guaxuma (*Sida Rhombifolia*), com predominância de plantas de milhã (*Digitaria Horizontalis*).

Os tratamentos com os herbicidas foram aplicados no mesmo dia da semeadura da soja, no dia 25 de outubro de 2016 (Pato Branco) e 06 de novembro de 2017 (Dois Vizinhos), utilizando a cultivar BMX Elite IPRO, com ciclo de aproximadamente 135 dias, com genes de resistência ao glyphosate e de tolerância às principais lagartas da cultura da soja. A adubação de base utilizada foi de 400 kg ha⁻¹ da fórmula 05-25-25 (N-P₂O₅-K₂O). A semeadura foi realizada com 35 sementes por metro quadrado, com população esperada de 330.000 plantas por ha.

O manejo de pragas foi efetuado aos 30, 45, 60 e 80 dias após a semeadura da soja, por meio da aplicação dos inseticidas tiametoxam (200 ml ha⁻¹ de p.c.), imidacloprido+beta-ciflutrina (1 L ha⁻¹ de p.c.), bifentrina+carbosulfano (300 ml ha⁻¹ de p.c.) e zeta-cipermetrina+bifentrina (100 ml ha⁻¹ de p.c.), respectivamente. Aos 45, 60 e 80 dias após a semeadura foi realizado manejo de doenças com a mistura azoxistrobina+benzovindiflupir (200 gr ha⁻¹ de p.c.)+mancozebe (2 kg ha⁻¹ de p.c.), trifloxistrobina+protioconazol (400 ml ha⁻¹ de p.c.)+mancozebe (2 kg ha⁻¹ de p.c.) e trifloxistrobina+ciproconazol (200 ml ha⁻¹ de p.c.)+mancozebe (2 kg ha⁻¹ de p.c.), respectivamente.

4.2.1 Determinações

Foram realizadas determinações dos níveis de controle de espécies daninhas e da fitotoxicidade em plantas de soja aos 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA). Para avaliação do controle e da injúria, atribuíram-se notas de zero a cem (ausência de controle e controle total; ausência de

fitotoxicidade e morte da planta, respectivamente), conforme metodologia adaptada de FRANS et al. (1986) (Tabela 4).

Tabela 4 – Escala de avaliação de controle de plantas daninhas e injúria a plantas cultivadas.

Nota	Descrição das categorias principais	Controle (plantas daninhas)	Injúria (cultura)
0	Ausência de efeitos	Sem danos visíveis	Nenhuma injúria
10	Efeito leve	Controle muito pobre	Leve descoloração ou atrofia
20		Controle pobre	Alguma descoloração e atrofia
30		Controle pobre a deficiente	Injúria mais pronunciada, mas não definitiva
40	Efeito moderado	Controle deficiente	Injúria moderada, geralmente recupera
50		Controle deficiente a moderado	Injúria mais permanente, recuperação duvidosa
60		Controle moderado	Injúria permanente, sem recuperação
70	Efeito severo	Controle pouco satisfatório	Injúria pesada e perda de stand
80		Controle satisfatório a bom	Quase destruídas, poucas plantas sobreviventes
90		Controle bom a excelente	Ocasionalmente algumas poucas sobreviventes
100	Efeito completo (morte)	Controle total	Destruição total da cultura

Fonte: Adaptado de Frans et al. (1986)

No estádio V₈ da cultura e no momento da colheita foram realizadas avaliações de estatura de plantas de soja com o auxílio de régua milimetrada, tomando-se a medida desde a base da planta até o ponto de inflexão da última folha.

No momento da colheita foram realizadas avaliações de rendimento de grãos de soja, colhendo-se as três linhas centrais desprezando-se 25 centímetros em cada extremidade da parcela. O peso de mil grãos foi realizado por meio da contagem de 400 grãos e sua pesagem com balança de precisão. Também foram efetuadas a contagem do número de nós produtivos, número de vagens por planta e foi calculado o número de grãos por legume.

4.2.2 Análises estatísticas

Os dados foram submetidos a análise de variância pelo teste F, com o auxílio do programa WinStat®. Em caso de significância, para fatores qualitativos as médias dos tratamentos foram comparadas pelos testes DMS e de Tukey a 5% de probabilidade de erro experimental ($P \geq 0,05$). As relações entre os níveis de fatores quantitativos e variáveis dependentes foram ajustadas através dos modelos linear (EQUAÇÃO 1), quadrático (EQUAÇÃO 2), exponencial decrescente (EQUAÇÃO 3) ou exponencial tendendo a um máximo (EQUAÇÃO 4).

$$y = b + ax \dots\dots\dots \text{(Equação 1)}$$

$$y = y_0 + ax + bx^2 \dots\dots\dots \text{(Equação 2)}$$

$$y = y_0 * (1 - e^{-bx}) \dots\dots\dots \text{(Equação 3)}$$

$$y = a(1 - e^{-bx}) \dots\dots\dots \text{(Equação 4)}$$

4.3 PERSISTÊNCIA DE CHLORIMURON-ETHYL, DICLOSULAM, FLUMIOXAZIN E SAFLUFENACIL EM NITOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO LATOSSÓLICO

4.3.1 Coleta de amostra de solo para avaliação de persistência

A determinação de persistência dos herbicidas chlorimuron-ethyl, diclosulam, flumioxazin e saflufenacil no solo, foi realizada apenas no solo de Pato Branco-PR, onde foram coletadas amostras de solo de uma área de aproximadamente 25 cm² a uma profundidade entre 0 e 5 cm, nas sub-sub-parcelas que receberam a dose 2X dos herbicidas, logo após, depositadas em potes plásticos de 300 ml e levadas ao freezer e mantidas congeladas até o final de todas as coletas. As amostras foram coletadas aos 0, 5, 10, 15, 20, 32, 46 e 60 dias DAA (dias após a aplicação dos herbicidas no solo).

4.3.2 Bioensaio em casa de vegetação

Após a coleta de todas as amostras, as mesmas foram descongeladas por 24 horas e levadas para casa de vegetação para realização de bioensaio para determinação da persistência. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em um fatorial 4 x 2 x 8. O primeiro fator foi constituído pelos quatro herbicidas (chlorimuron-ethyl, diclosulam, flumioxazin e saflufenacil), o segundo fator foi constituído pelos sistemas de com e sem palha de aveia preta e o terceiro fator foram alocadas os períodos de coleta dos herbicidas após a aplicação a campo (0, 5, 10, 15, 20, 32, 46 e 60 dias).

Para o bioensaio, sementes de pepino híbrido Pioneer® foram alocadas em caixas gerbox esterilizadas com álcool 70, previamente preparadas com duas folhas de papel filtro. As caixas foram depositadas em BOD por 36 horas, regulada para 12 horas de luz e 12 horas de escuro, a temperatura de 25 °C. Com este procedimento, conseguiu-se uniformizar a emissão da radícula das sementes. Foram transplantadas duas sementes que emitiram a radícula em cada vaso contendo o solo amostrado.

A casa de vegetação foi climatizada para que a temperatura fosse mantida entre 25 e 30 °C. A irrigação foi realizada de forma manual duas vezes ao dia, com o objetivo de manter boa disponibilidade hídrica para as plantas.

4.3.3 Avaliações

Foram determinadas a altura de planta e fitotoxicidade aos 7, 14 e 21 dias após o transplante (DAT). A altura de planta foi medida com o auxílio de régua milimetrada, medindo-se da base da planta até o ponto de inflexão da última folha. As determinações de fitotoxicidade em plantas de pepino foram efetuadas utilizando a escala de Frans (Tabela 4).

Ao final do experimento, aos 21 DAT, foram determinadas a massa de planta verde, por meio da pesagem das plantas imediatamente após o corte das mesmas. Após a pesagem, as plantas foram levadas a estufa de secagem até peso constante e foi efetuada a determinação de massa de planta seca. Ambas as

pesagens foram efetuadas com o auxílio de balança de precisão.

4.3.4 Biodisponibilidade

A biodisponibilidade dos herbicidas chlorimuron-ethyl, diclosulam, flumioxazin e saflufenacil no solo foi realizada através de curvas de calibração. Sementes de pepino foram submetidas ao processo de pré germinação, descrito no item 4.3.2, então, foi coletado solo não contaminado em área adjacente ao experimento de campo, o mesmo foi peneirado e alocado em vasos com capacidade para 300 cm³. A este solo foram aplicadas oito doses de cada um dos herbicidas para ajuste e calibração da curva para determinação da biodisponibilidade dos herbicidas no solo (Tabela 5).

Tabela 5 – Doses dos herbicidas em g i.a. ha⁻¹ utilizados para a calibração da curva de biodisponibilidade.

Saflufenacil	Diclosulam	Chlorimuron-ethyl	Flumioxazin
Doses (g i.a. ha⁻¹)			
0,00*	0,00	0,00	0,00
0,70	0,84	0,50	0,50
1,05	1,68	1,13	1,50
1,40	2,94	1,75	2,50
2,10	5,88	2,75	3,50
3,50	8,82	4,13	4,50
4,90	11,76	5,50	6,00
6,30	15,54	6,88	7,50

* g ia ha⁻¹

Duas plântulas de pepino pré-germinadas, após período de 36 horas de BOD, foram transplantadas para cada vaso e mantidas com irrigação manual duas vezes ao dia, para manter boa disponibilidade hídrica. As avaliações realizadas foram as mesmas descritas no item 4.3.3.

Para a obtenção dos valores de biodisponibilidade, foram utilizados os segmentos lineares das equações, determinados através das curvas de calibração. Ao analisar os dados de forma preliminar, optou-se por calcular a biodisponibilidade dos herbicidas utilizando as avaliações de massa de planta verde. Então, os valores de massa verde obtidas no experimento de persistência foram substituídos nas

equações para determinar a proporção de herbicidas biodisponível no solo.

A persistência dos herbicidas chlorimuron-ethyl, diclosulam, flumioxazin e saflufenacil foi determinada pela equação de cinética da dissipação de herbicidas (PAUL & CLARK, 1989):

$$\ln([C_f]/[C_i]) = -kt \quad (1) \quad \text{(Equação 5)}$$

Em que $[C_f]$ e $[C_i]$ correspondem as concentrações de herbicidas indicadas pelo bioensaio no tempo inicial e final, respectivamente; k é a taxa de dissipação do herbicida no tempo; e t é o tempo. Para determinar o t_i foi considerado o tempo após a aplicação em que ocorreu a maior disponibilidade de herbicida detectado pelo método de bioensaio e, o c_i é a quantidade de herbicida detectado em função do t_i .

A meia-vida ($t^{1/2}$) na solução do solo foi calculado pela equação 6. A $[C_i]$ foi considerada a partir da data após a aplicação dos herbicidas em que houve a máxima quantidade disponível na solução do solo.

$$T^{1/2} = 0,693/k \quad \text{(Equação 6)}$$

4.3.5 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram convertidos para porcentagem em relação a testemunha sem herbicida. Os dados foram submetidos a análise de variância pelo teste F, com o auxílio do programa Genes[®]. Em caso de significância as médias dos tratamentos foram comparadas entre si pelo teste DMS a 5% de probabilidade de erro experimental ($P \geq 0,05$). O ajuste das curvas de calibração foi efetuado pela regressão polinomial, com auxílio do programa SigmaPlot[®].

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 SELEÇÃO DE ESPÉCIES BIOINDICADORAS PARA USO EM BIOENSAIO DE PERSISTÊNCIA DE CHLORIMURON-ETHYL, DICLOSULAM, FLUMIOXAZIN E SAFLUFENACIL NO SOLO

As análises da variância para as variáveis resposta altura de planta e fitotoxicidade, identificaram interação significativa para doses x espécies x períodos ao nível de 5% de significância. Para as variáveis resposta MPAV e MPAS, houve interação significativa para doses x espécies (Apêndices 1, 2, 3 e 4). As equações e parâmetros das equações ajustadas para altura, fitotoxicidade, massa da parte aérea verde (MPAV) e seca (MPAS) para os quatro herbicidas constam nas apêndices 5, 6, 7 e 8. Os dados dessas variáveis respostas foram ajustados por meio de equação logística de três e quatro parâmetros.

5.1.1 Bioensaio com chlorimuron-ethyl

A presença de chlorimuron-ethyl no solo provocou reduções expressivas na altura de plantas das espécies bioindicadoras avaliadas. A resposta das espécies ao herbicida foi variável de acordo com o período de avaliação. Em uma avaliação comparativa entre os períodos, observa-se que o efeito desse herbicida sobre a altura de planta foi mais rápido no pepino, intermediário na alface e mais lento no tomate (Figuras 5 A, B e C). Aos 7 e 14 DAA (Figura 5 A e B) o pepino apresentou maior redução da altura, em comparação às outras duas espécies, cuja sensibilidade foi menor. Porém, aos 28 DAA, foram detectadas menores diferenças de altura de planta entre as espécies avaliadas (Figura 5 C).

O incremento das doses de chlorimuron-ethyl resultou aumento dos níveis de toxicidade para as três espécies bioindicadoras (Figura 6 A, B e C). Aos 7 e 14 DAA (Figura 5 A e B) observa-se que o pepino apresentou maior toxicidade, atingindo 49 e 55% aos 7 e 14 DAA para a dose 33 g i.a. ha⁻¹, respectivamente. Aos 28 DAA (Figura 6 C), verifica-se que as espécies bioindicadoras apresentaram o

mesmo comportamento quanto a sensibilidade a chlorimuron-ethyl no solo, apenas na dose 4,5 g de i.a. ha⁻¹ do herbicida, o pepino apresentou maior fitotoxicidade (81%), em relação à alface (50%) e tomate (50%).

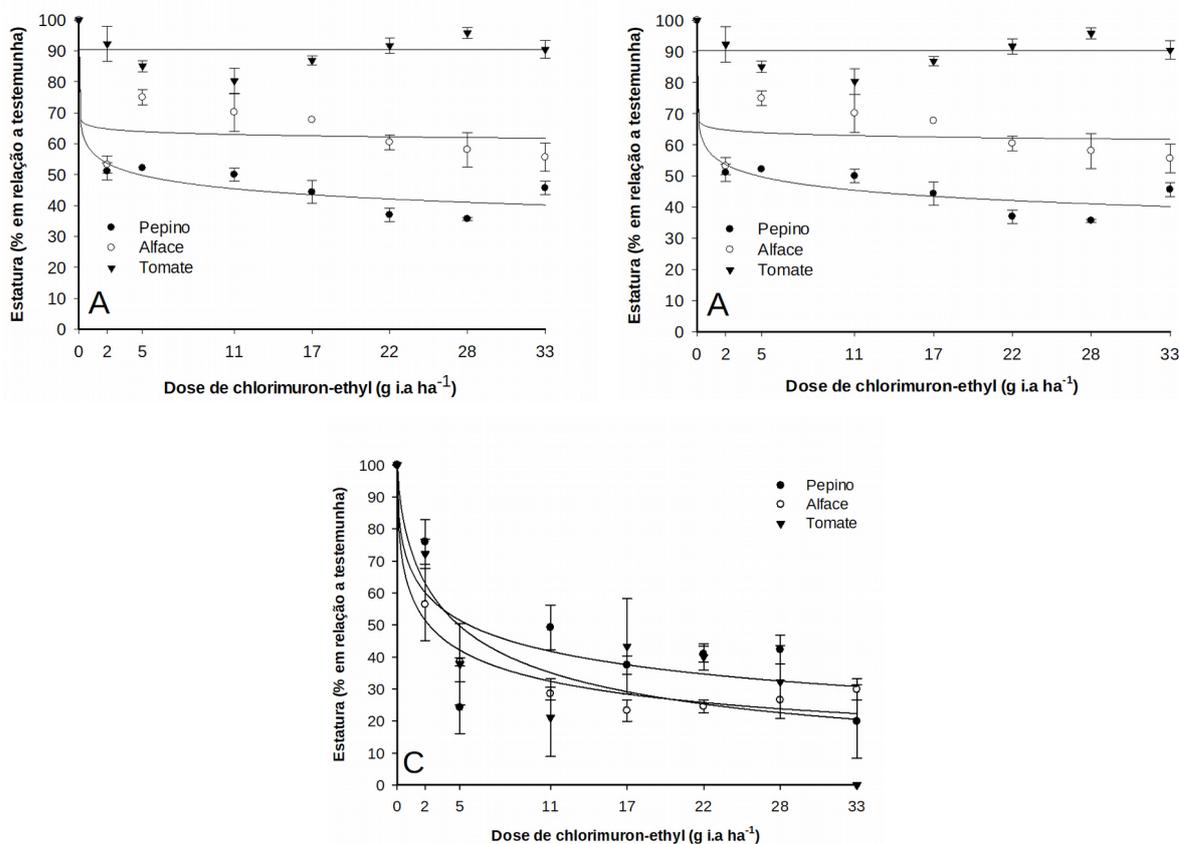


Figura 5 – Altura relativa de pepino, alface e tomate aos 7 (A), 14 (B) e 28 (C) dias após a aplicação de doses do herbicida chlorimuron-ethyl em Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2018.

O aumento das doses do herbicida chlorimuron-ethyl levou a reduções expressivas em MPAV e MPAS para todas as espécies bioindicadoras avaliadas. Tomate e alface foram as espécies que apresentaram as maiores reduções de biomassa, o que não foi observado, porém, para todas as doses testadas (Figura 7 A e B). O pepino apresentou a menor redução de biomassa, entre as três espécies avaliadas, porém foi detectada redução expressiva da biomassa dessa espécie com o aumento da dose do herbicida (Figura 7 A e B). Assim, é possível concluir que, à medida que o tempo passa, as diferenças de sensibilidade das espécies ao chlorimuron-ethyl são reduzidas e aumenta a tolerância relativa do pepino, em relação à alface e ao tomate.

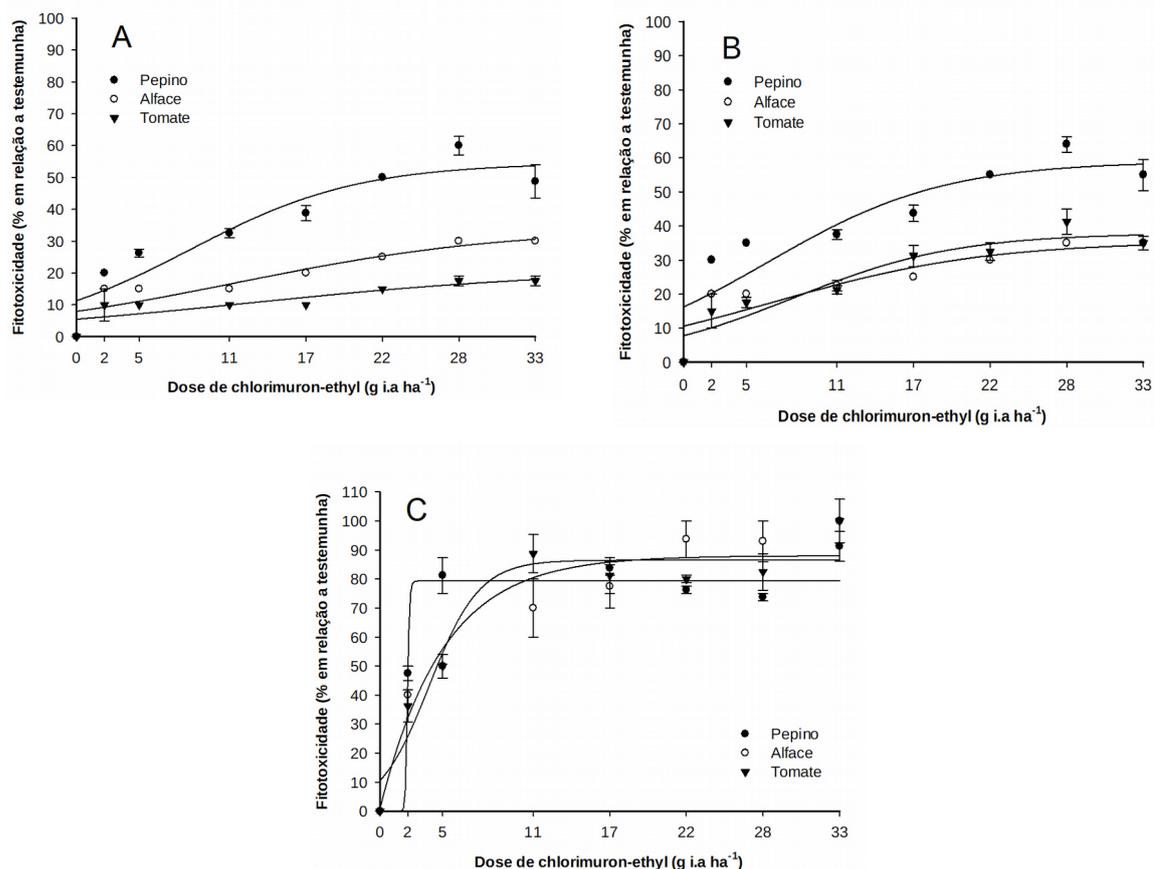


Figura 6 – Toxicidade sobre pepino, alface e tomate aos 7 (A), 14 (B) e 28 (C) DAS após a aplicação de doses do herbicida chlorimuron-ethyl em Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2018.

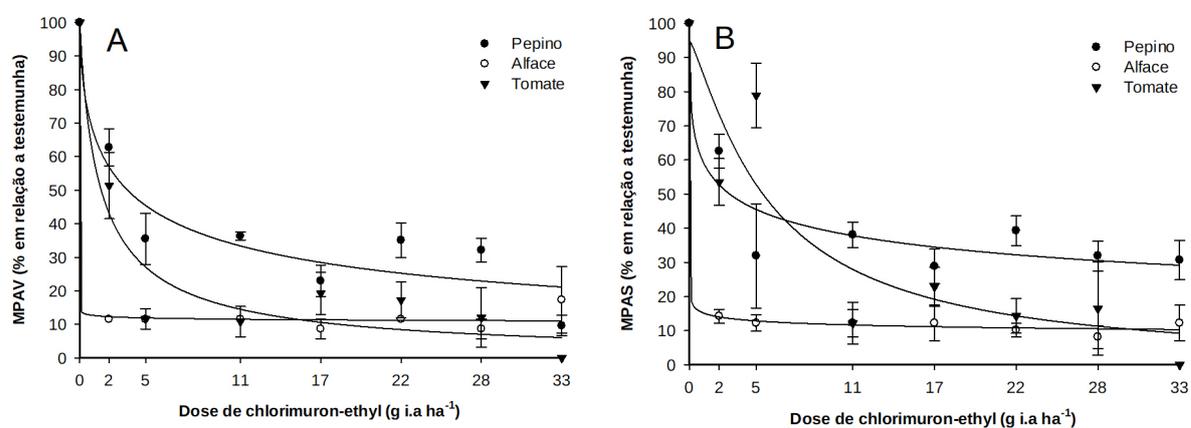


Figura 7 – Massa da parte aérea verde (A) e seca (B) de pepino, alface e tomate em resposta à aplicação de doses do herbicida chlorimuron-ethyl em Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2018.

5.1.2 Bioensaio com diclosulam

A altura das espécies bioindicadoras foi influenciada negativamente pela aplicação de diclosulam em pré-emergência (Figura 8 A, B e C). Em todas as avaliações efetuadas, destaca-se a menor redução da estatura do tomate, em relação às demais espécies. As avaliações efetuadas aos 7 e 14 DAA foram eficientes em detectar a maior tolerância do tomate mas não diferenciaram as demais espécies entre si.

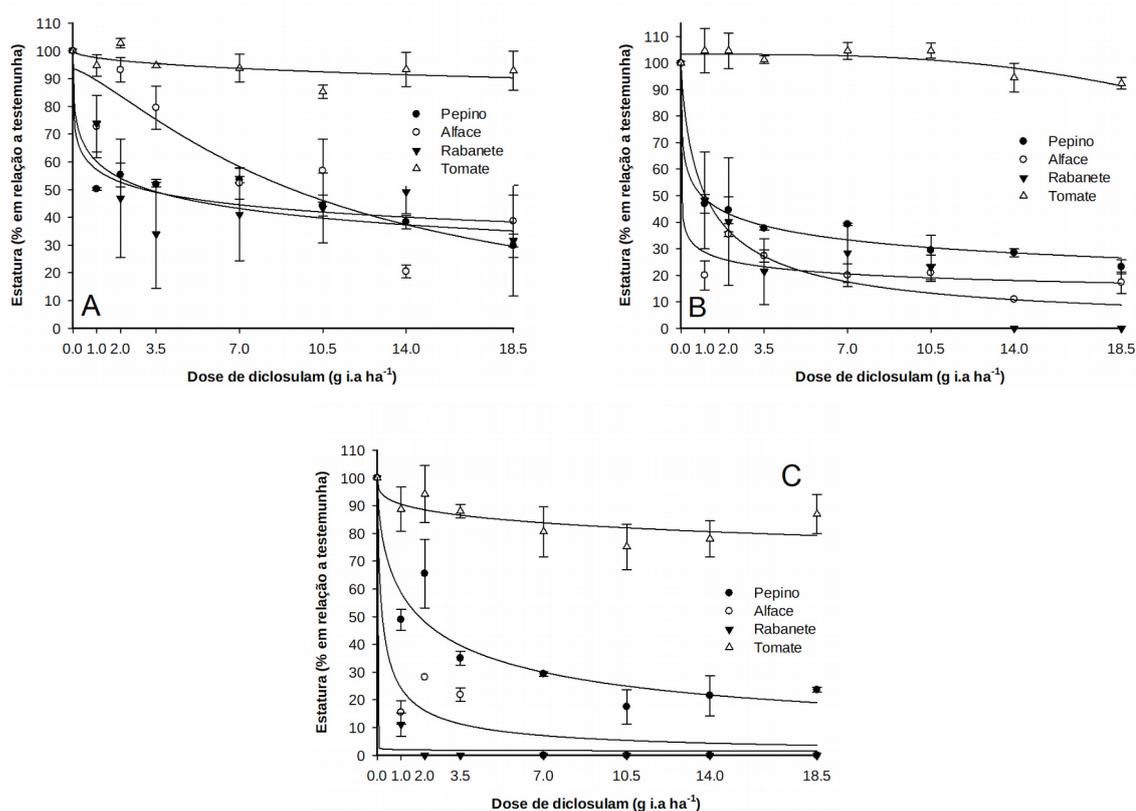


Figura 8 – Altura relativa de pepino, alface e tomate aos 7 (A), 14 (B) e 28 (C) dias após a aplicação de doses do herbicida diclosulam em Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2018.

A avaliação efetuada aos 28 DAA (Figura 8 C) foi mais efetiva na diferenciação das espécies testadas. Nesta avaliação, foi possível detectar a maior redução de altura em alface e rabanete, redução intermediária em pepino e menor redução de altura de tomate na presença do herbicida.

O incremento das doses de diclosulam produziu toxicidade expressiva nas espécies bioindicadoras pepino, alface e rabanete, enquanto para o tomate evidenciou-se pequeno incremento da fitotoxicidade apenas a partir da dose de 14 g

i.a. ha⁻¹, em todos os períodos avaliados (Figura 9 A, B e C). O pepino apresentou toxicidade intermediária, comparativamente às demais espécies avaliadas (Figura 9 C).

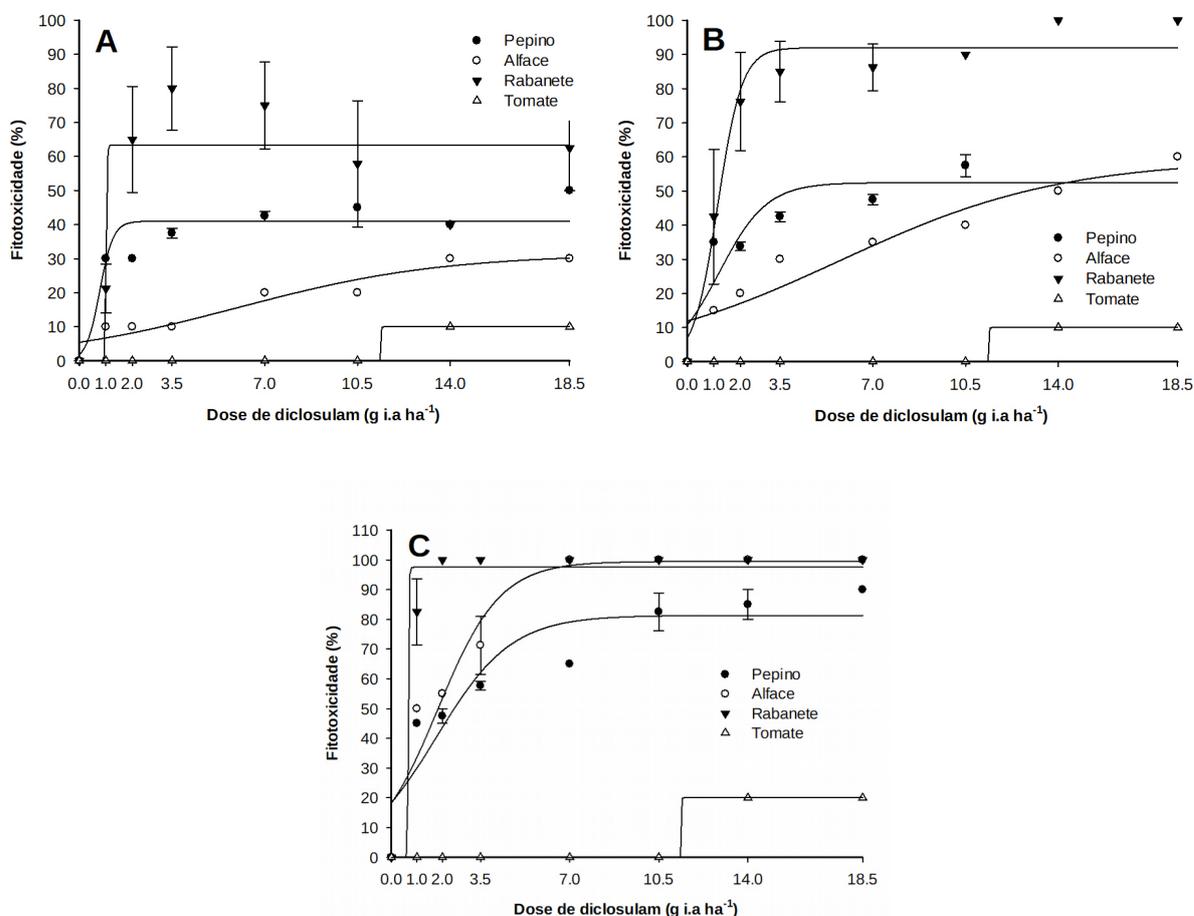


Figura 9 – Toxicidade sobre as espécies pepino, alface e tomate aos 7 (A), 14 (B) e 28 DAA (C) em resposta à aplicação de doses do herbicida diclosulam em Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2018.

As espécies alface e rabanete apresentaram maiores reduções em MPAV e MPAS em resposta a presença de diclosulam no solo (Figura 10 A e B). O rabanete, a espécie mais sensível, apresentou 100% de redução da MPAV e MPAS a partir do uso de 2 g i.a. ha⁻¹, efeito que somente ocorreu para alface, a segunda espécie mais sensível, com 7 g i.a. ha⁻¹. As espécies pepino e tomate apresentaram reduções menos expressivas quando comparado com alface e rabanete. A maior dose de diclosulam (18,5 g i.a. ha⁻¹) provocou reduções de 80 e 16% para MPAV e 80,3 e 23% para MPAS de pepino e tomate, respectivamente.

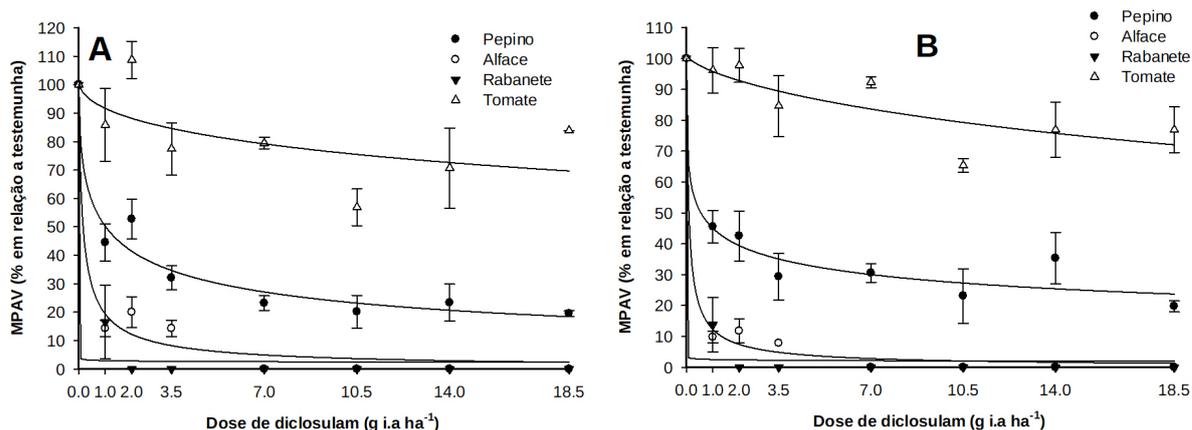


Figura 10 – Massa da parte aérea verde (A) e seca (B) de pepino, alface, rabanete e tomate em resposta à aplicação de doses do herbicida diclosulam em Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2018.

5.1.3 Bioensaio com flumioxazin

A exemplo do herbicida chlorimuron-ethyl, também foi constatada variação na resposta das espécies bioindicadoras ao herbicida flumioxazin. A alface foi a espécie que apresentou maiores reduções de altura nos três períodos avaliados (Figura 11 A, B e C), destacando-se das demais espécies. A redução de altura de planta de alface atingiu valores elevados com a dose mais baixa de flumioxazin (1 g i.a. ha⁻¹) desde a avaliação efetuada aos 7 DAA. O rabanete apresentou o segundo maior nível de sensibilidade, como é constatado na avaliação efetuada aos 21 DAA. Na sequência, as espécies pepino e tomate apresentaram menor sensibilidade ao herbicida.

As espécies bioindicadoras apresentaram aumento da fitotoxicidade a medida que incrementou-se as doses do herbicida flumioxazin (Figura 12 A, B e C). Aos 7 DAA (Figura 12 A), alface e rabanete apresentaram níveis mais expressivos de toxicidade, enquanto pepino e tomate apresentaram baixos níveis de toxicidade (Figura 12 A). Aos 14 DAA (Figura 12 B), evidencia-se níveis de toxicidade distintas entre as espécies bioindicadoras estudadas, especialmente na dose de 3 g i.a ha⁻¹, que provocou níveis de toxicidade de 30, 57, 80 e 100% para pepino, tomate, rabanete e alface, respectivamente, (Figura 12 B). Aos 28 DAA (Figura 12 C), as diferenças de toxicidade entre as espécies foram muito reduzidas, destacando-se

apenas a alface pelo elevado grau de toxicidade em relação às demais espécies avaliadas.

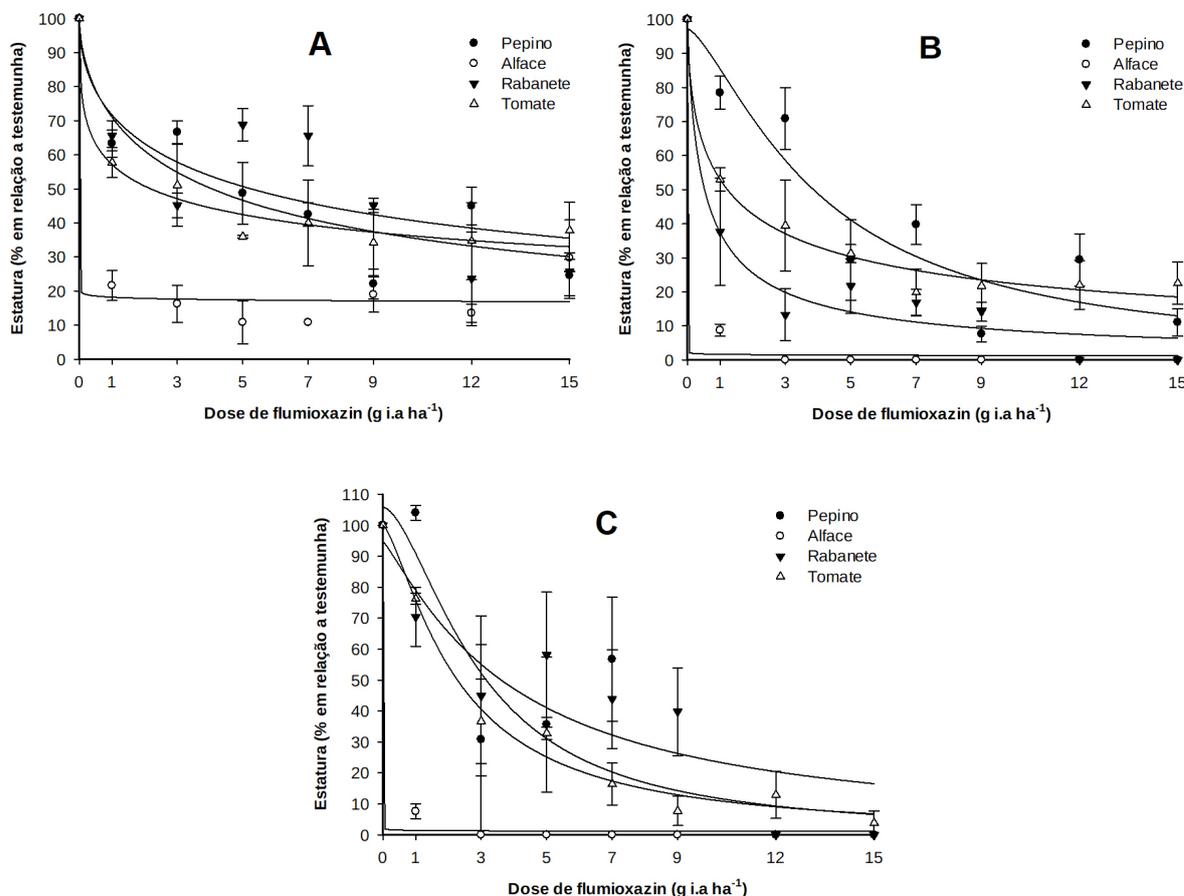


Figura 11 – Estatura relativa de pepino, alface e tomate aos 7 (A), 14 (B) e 28 (C) dias após a aplicação de doses do herbicida flumioxazin em Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2018.

A alface apresentou redução de 81 e 90% da MPAV e MPAS (Figura 13 A e B), respectivamente com a primeira dose de flumioxazin (1 g i.a. ha⁻¹), destacando-se pela maior sensibilidade ao herbicida. A partir dessa dose obteve-se 100% de redução de MPAV e MPAS dessa espécie. O rabanete apresentou a menor redução da MPAV e MPAS, embora as diferenças entre essa espécie e as demais, com exceção de alface, não tenham sido significativas (Figura 13 A e B).

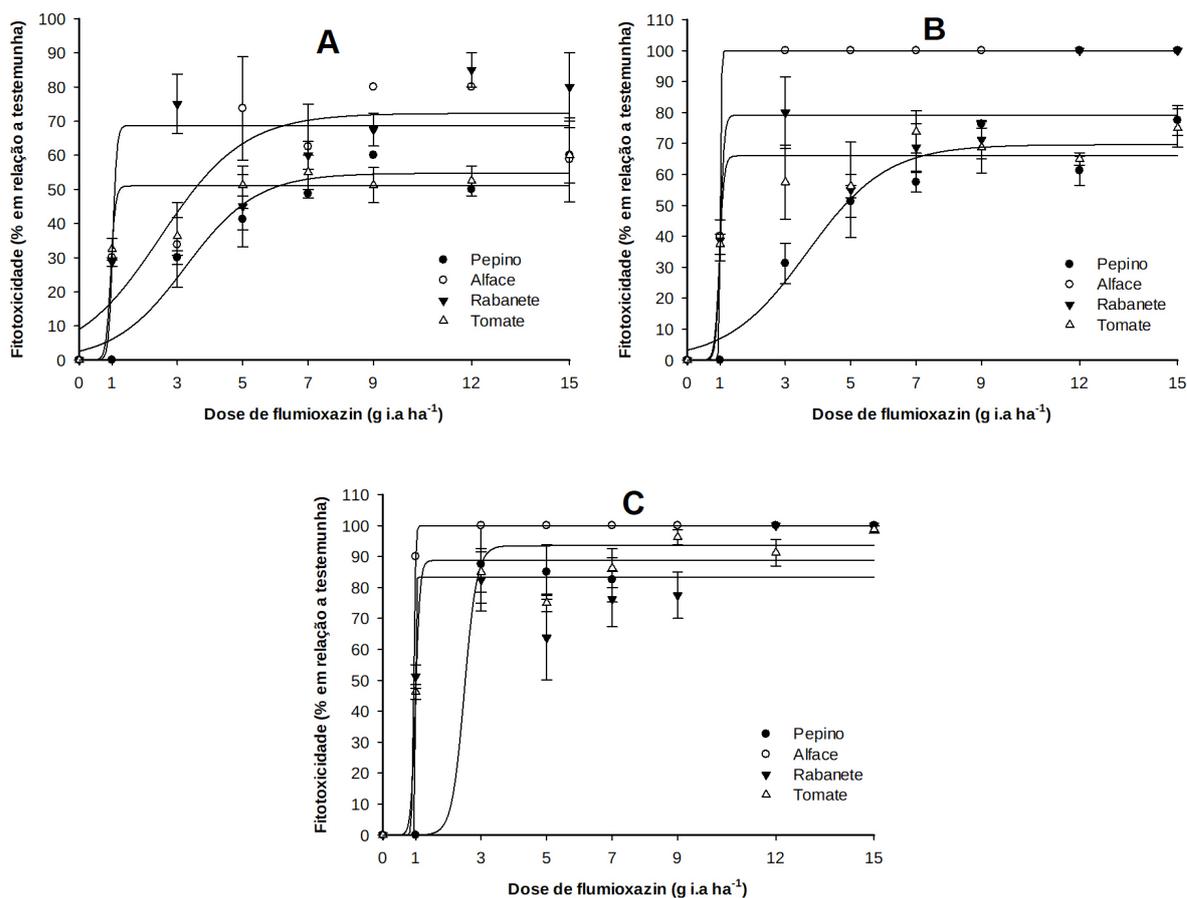


Figura 12 – Toxicidade sobre pepino, alface e tomate aos 7 (A), 14 (B) e 28 (C) dias após a aplicação de doses do herbicida flumioxazin em Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2018.

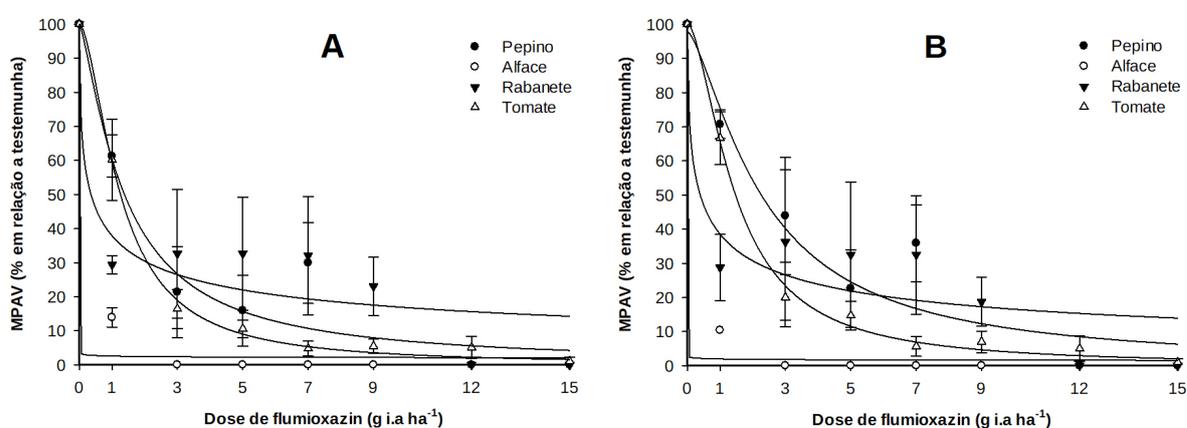


Figura 13 – Massa da parte aérea verde (A) e seca (B) de pepino, alface e tomate em resposta à aplicação de doses do herbicida flumioxazin em Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2018.

5.1.4 Bioensaio com saflufenacil

A altura de planta (Figura 14) e fitotoxicidade (Figura 15) das espécies bioindicadoras foram afetadas negativamente com a presença do herbicida saflufenacil no solo nos períodos avaliados (7, 14 e 28 DAA). O incremento de doses de saflufenacil resultou decréscimo acentuado na altura (Figura 14 A, B e C). Observa-se nível de sensibilidade diferente entre as três espécies estudadas, sendo maior em alface, intermediária em pepino e menor em tomate (Figura 14 A, B e C). Aos 28 DAA (Figura 14 C), para reduzir totalmente a altura de planta foram necessárias pelo menos 2, 6 e 9 g i.a. ha⁻¹ de saflufenacil, respectivamente para alface, pepino e tomate.

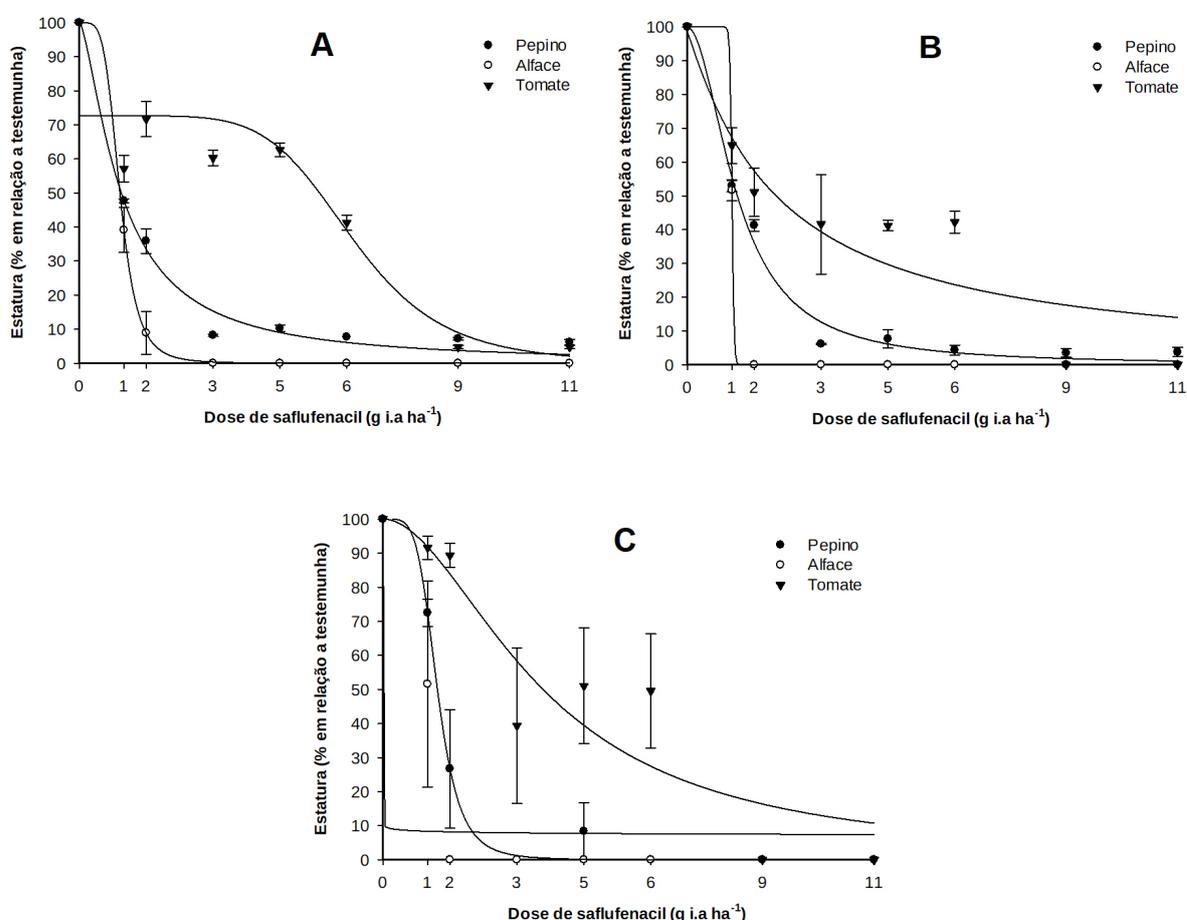


Figura 14 – Altura relativa de pepino, alface e tomate aos 7 (A), 14 (B) e 28 (C) dias após a aplicação de doses do herbicida saflufenacil em Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2018.

A toxicidade gerada por saflufenacil em alface foi elevada. Em avaliação precoce, efetuada aos 7 DAA, a dose 1,5 g i.a ha⁻¹ de saflufenacil foi

suficiente para provocar fitotoxicidade de 84% para essa espécie (Figura 15 A). No entanto, nível similar de toxicidade para pepino e tomate somente foram atingidos aos 28 DAA, com doses de 1,5 e 6 g i.a. ha⁻¹ (Figura 15 C), respectivamente, demonstrando a toxicidade intermediária e inferior destas espécies, em comparação com a alface.

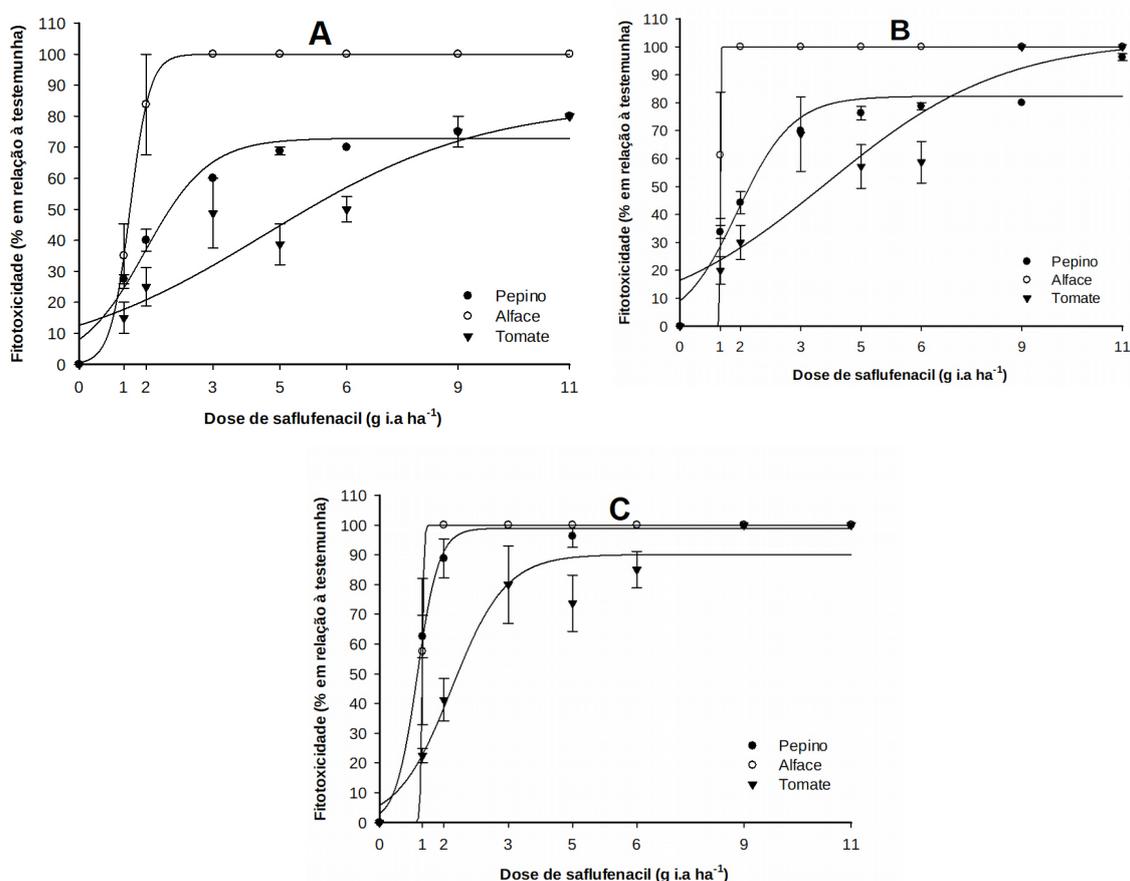


Figura 15 – Toxicidade sobre pepino, alface e tomate aos 7 (A), 14 (B) e 28 (C) dias após a aplicação de doses do herbicida saflufenacil em Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2018.

As variáveis massa da parte aérea verde (MPAV) e massa da parte aérea seca (MPAS) apresentaram reduções acentuadas com o incremento das doses de saflufenacil (Figura 16 A e B). Em geral, essas variáveis respaldam os níveis de sensibilidade das espécies ao herbicida descritos anteriormente em outras variáveis, que atribuem maior sensibilidade à alface, sensibilidade intermediária ao pepino e menor ao tomate. A dose de 9 i.a. g ha⁻¹ provocou 100% de redução da MPAV e MPAS para todas as espécies bioindicadoras estudadas.

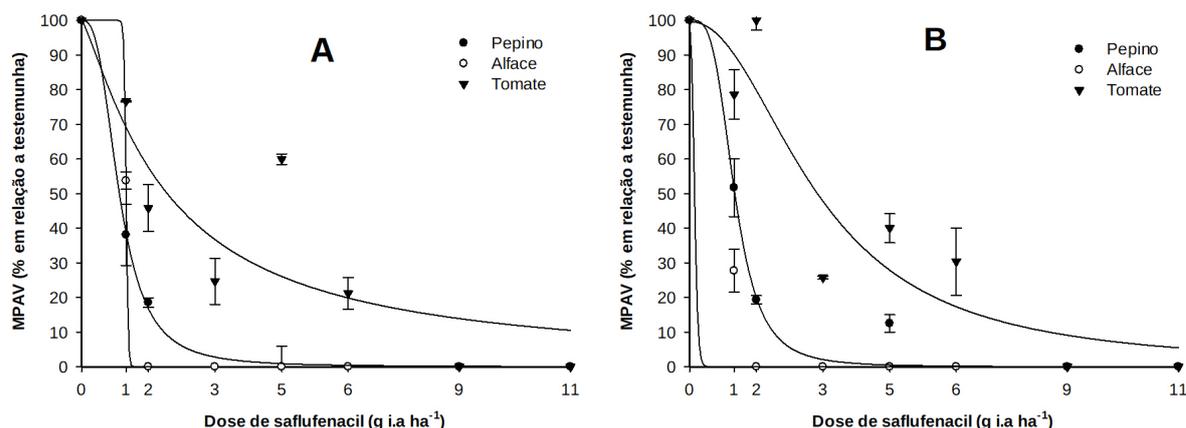


Figura 16 – Massa da parte aérea verde (A) e seca (B) de pepino, alface e tomate em resposta à aplicação de doses do herbicida saflufenacil em Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2018.

5.1.5 Discussão

De uma forma geral, o estudo para seleção de espécies bioindicadoras para serem empregadas em bioensaios com saflufenacil, chlorimuron-ethyl, flumioxazin e diclosulam em Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico aponta importantes informações sobre o comportamento das espécies bioindicadoras pepino, alface, rabanete e tomate na presença destes herbicidas no solo em doses crescentes. A técnica de bioensaios permite detectar diferenças de efeito residual em função da espécie bioindicadora e da variável biológica utilizada. Além da sensibilidade diferencial das espécies aos herbicidas, mensurada por diferentes variáveis biológicas, o trabalho detectou a velocidade em que os processos ocorrem, pela realização de determinações ao longo do tempo. Essas informações serão importantes para utilização em futuros trabalhos de pesquisa.

As espécies utilizadas em bioensaios devem ser capazes de detectar quantidades pequenas de herbicida no solo, entretanto, não devem apresentar baixa sensibilidade ou sensibilidade excessiva.

As espécies cultivadas empregadas no presente estudo apresentaram respostas de sensibilidade diferenciadas a presença dos herbicidas saflufenacil, chlorimuron-ethyl, diclosulam e flumioxazin.

As espécies que apresentaram maior e menor sensibilidade ao

herbicida saflufenacil foram a alface e tomate, respectivamente, apresentando o pepino sensibilidade intermediária ao herbicida. Quanto a resposta ao herbicida chlorimuron-ethyl, o pepino apresentou maior sensibilidade nas avaliações precoces de fototoxicidade, embora a sensibilidade relativa dessa espécie ao herbicida tenha sido reduzida nas avaliações efetuadas mais tardiamente. Já o tomate apresentou sensibilidade intermediária a esse herbicida.

Para o herbicida flumioxazin, a alface foi a espécie com maior sensibilidade, rabanete e pepino apresentaram sensibilidade intermediária e o tomate a menor sensibilidade. Quanto ao herbicida diclosulam, o tomate foi a espécie mais tolerante, o pepino apresentou sensibilidade intermediária e a alface e rabanete apresentaram a maior sensibilidade.

Os resultados acima apresentados indicam que o pepino apresenta um bom perfil como espécie bioindicadora dos quatro herbicidas (saflufenacil, chlorimuron-ethyl, flumioxazin e diclosulam) no solo, pois foi capaz de indicar a redução do desenvolvimento ao longo do espectro de doses utilizadas, não apresentando sensibilidade nem tolerância exagerada. Bioensaio conduzido por DIESEL et al., (2012) para selecionar espécies bioindicadoras para o herbicida saflufenacil, classificar as espécies quanto a sensibilidade ao herbicida, concluíram que abobrinha (*Cucurbita pepo*) e cabotiá (*Cucurbita maxima* x *Cucurbita moschata*) apresentam baixa sensibilidade, melancia (*Citrullus lanatus*) média sensibilidade, já beterraba (*Beta vulgaris*) e pepino (*Cucumis sativus*) apresentaram sensibilidade mais acentuada a presença de saflufenacil no solo. Outros bioensaios já utilizaram a espécie pepino como bioindicadora da presença de herbicidas no solo (GUERRA et al., 2011; MONQUERO et al., 2012).

As espécies bioindicadoras podem ser mais eficientes em detectar pequenas quantidades de herbicida em solos, do que equipamentos usados para determinar a concentração de herbicidas na solução do solo, como a cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE). Analisando os resultados de lixiviação de ametrina em colunas de solo, mediante bioensaios e CLAE, Andrade et al. (2010) observaram que em algumas regiões da coluna as plantas indicadoras apresentaram sintomas de intoxicação entre 20 e 40%, enquanto a CLAE não permitiu a quantificação da presença do herbicida. Possível justificativa para tal fato seria a concentração do

herbicida estar abaixo do limite de detecção do equipamento (0,01 mg L⁻¹).

O fato das espécies cultivadas empregadas no presente estudo apresentaram respostas de sensibilidade diferenciadas a presença dos herbicidas saflufenacil, chlorimuron-ethyl, diclosulam e flumioxazin pode estar associado à capacidade diferencial entre elas de metabolizar as moléculas, transformando-a em um metabólito menos tóxico para a planta (MEROTTO Jr.; VIDAL, 2001). No entanto, outros mecanismos podem determinar a tolerância diferencial entre as espécies, como a reduzida absorção ou translocação, local de ação alterado, compartimentalização do herbicida, entre outros.

As variáveis resposta avaliadas no presente estudo foram a altura de planta, fitotoxicidade, MPAV e MPAS. A sensibilidade em detectar a presença do herbicida variou de acordo com a variável utilizada e também com o período em que a mesma foi efetuada, havendo maior correspondência entre algumas variáveis e períodos de avaliação do que para outros. Em termos gerais, a altura de planta esteve correlacionada negativamente com a fitotoxicidade, para um mesmo período de avaliação. Também em termos gerais, para praticamente todos os herbicidas, a avaliação de toxicidade aos 21 DAA apresentou maior poder discriminatório das espécies bioindicadoras do que a avaliação da toxicidade aos 28 DAA. Isso reflete as diferenças de sensibilidade da variável resposta em detectar modificações no desenvolvimento das plantas em resposta à presença do herbicida e também é explicado em função da evolução dos sintomas que ocorre ao longo do tempo.

Consultando a literatura, observa-se muitos trabalhos desenvolvidos para avaliar o efeito residual dos herbicidas saflufenacil, chlorimuron-ethyl, flumioxazin e diclosulam em solos brasileiros, porém os trabalhos consultados não apresentam como objetivo a seleção de forma comparativa de espécies para serem empregadas em bioensaios.

5.2 DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DE CHLORIMURON-ETHYL, DICLOSULAM, FLUMIOXAZIN E SAFLUFENACIL.

O primeiro experimento, realizado na Área Experimental da UTFPR, Campus Pato Branco-PR não apresentou infestações de plantas daninhas, embora tenha sido efetuada a semeadura manual das espécies daninhas nas sub-sub-parcelas e portanto não foi possível determinar a densidade e os níveis de controle das mesmas. A ausência de espécies infestantes provavelmente ocorreu em função dos baixos índices de precipitação durante o período inicial do experimento (FIGURA 17).

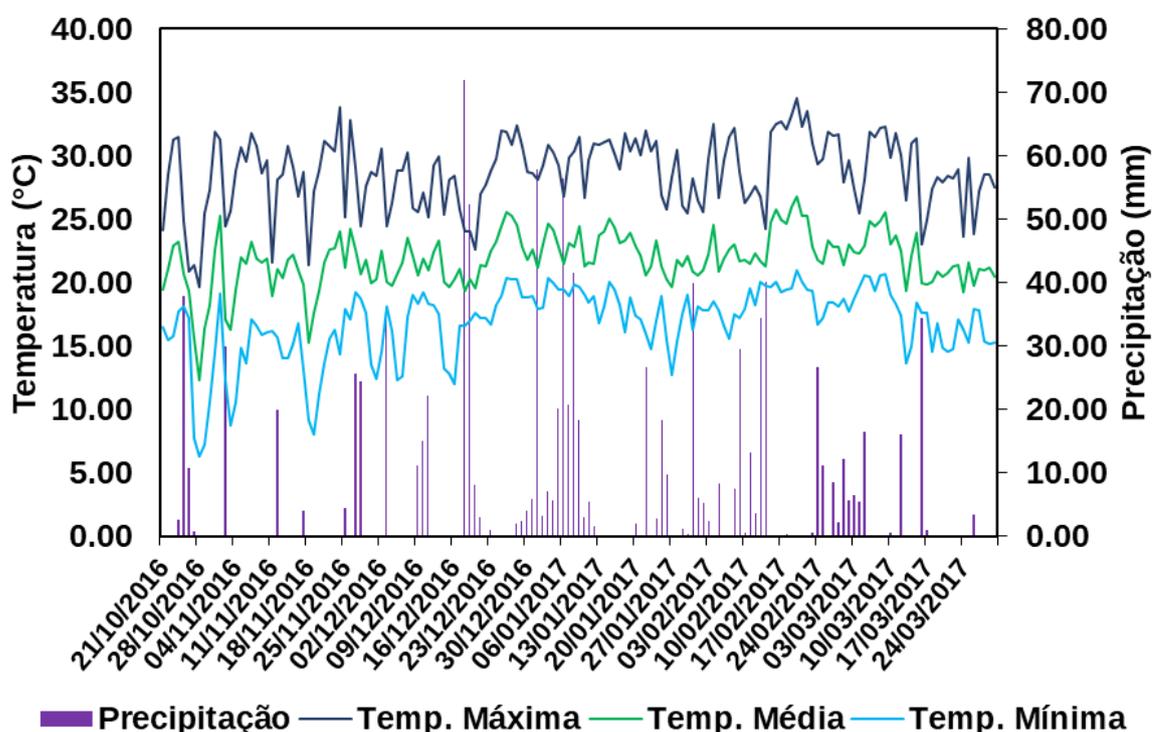


Figura 17 – Precipitação, temperatura máxima, mínima e média durante o período experimental. Experimento em Pato Branco-PR. Dados coletados na Estação Meteorológica SIMEPAR – Sistema Meteorológico do Paraná.

O experimento realizado no município de Dois Vizinhos-PR, apresentou alta infestação natural de plantas daninhas, predominantemente de milhã (*Digitaria horizontalis*), que representou aproximadamente 90% da infestação na testemunha sem palha e 95% na testemunha com palha de aveia preta na superfície do solo. Também foram encontradas plantas de capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea*), guaxuma (*Sida rhombifolia*) e leiteiro (*Euphorbia heterophylla*), porém, com pouca expressividade. Neste experimento, as condições de umidade após a implantação

da cultura foram satisfatórias para o seu desenvolvimento (FIGURA 18).

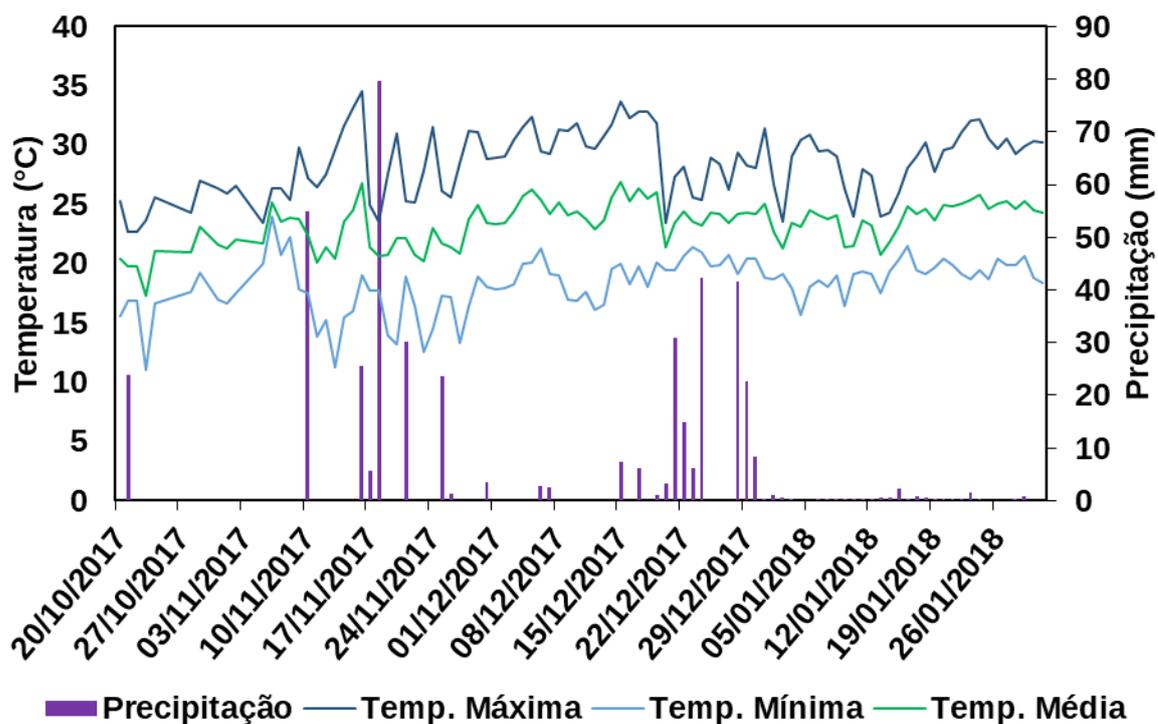


Figura 18 – Precipitação, temperatura máxima, mínima e média durante o período experimental. Experimento em Dois Vizinhos-PR. Dados coletados na Estação Meteorológica GEBIOMET - Grupo de Estudos em Biometeorologia - UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do Paraná do Campus de Dois Vizinhos-PR.

5.2.1 Toxicidade dos herbicidas às plantas de soja

5.2.1.1. Experimento em Pato Branco

A análise da variância para toxicidade a plantas de soja, demonstrou significância para as interações entre os fatores Herbicida x Dose para todas as épocas avaliadas (14, 21, 24, 28, 35, 42). O fator Palha não apresentou significância estatística (Apêndice 16).

Em todas as avaliações, a relação entre toxicidade à soja e doses dos herbicidas se ajustaram ao modelo quadrático, com exceção do herbicida flumioxazin.

A toxidade em soja apresentou comportamento semelhante entre as

diferentes épocas, o que pode ser atribuído aos baixos níveis de fitotoxicidade observados (Figura 19 A, B, C, D e E). O herbicida flumioxazin não apresentou sintomas de toxicidade às plantas de soja.

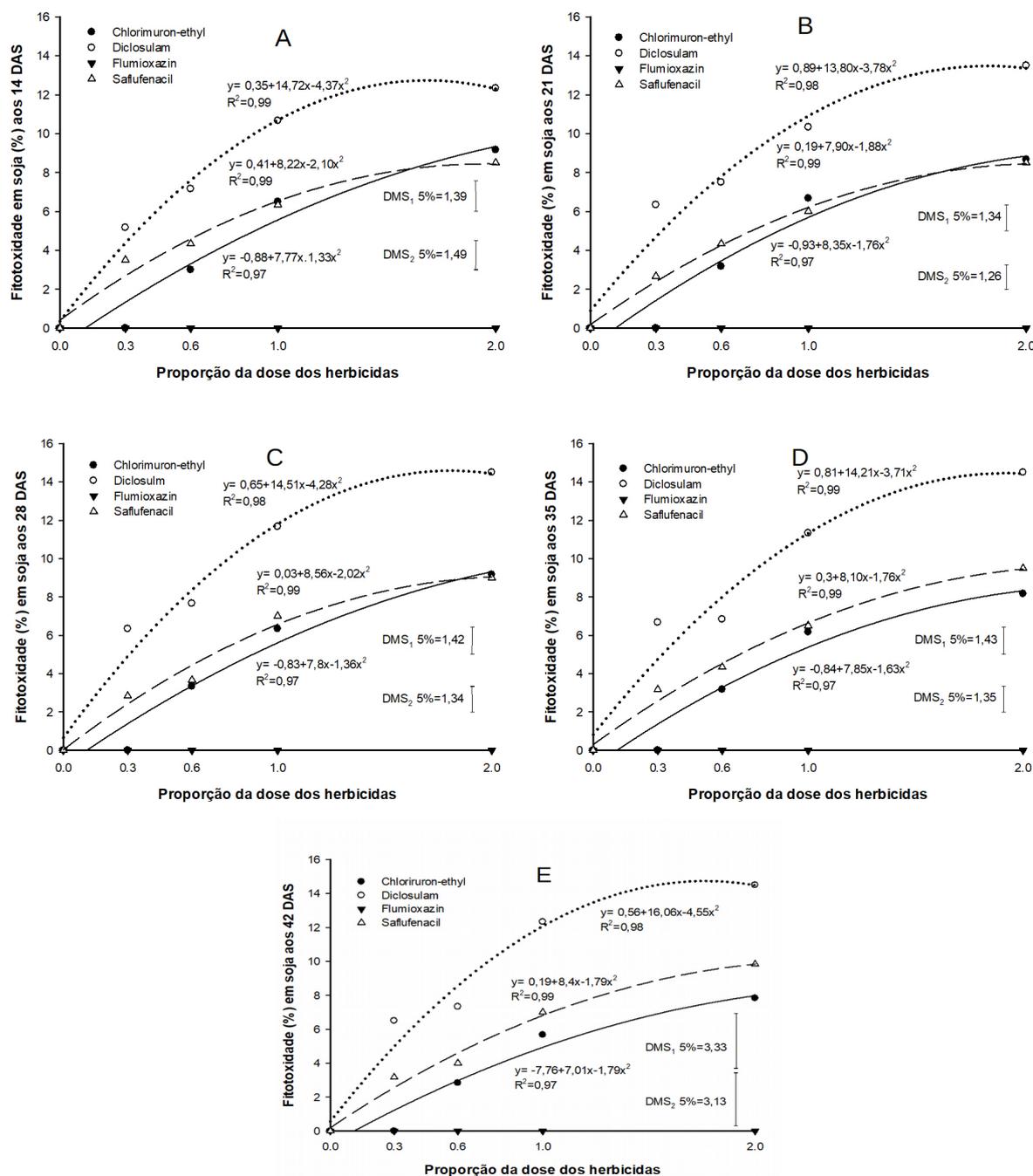


Figura 19 – Toxicidade a plantas de soja em função da aplicação dos herbicidas chlorimuron-ethyl, diclosulam, flumioxazin e saflufenacil, em cinco proporções da dose recomendada, na média dos tratamentos com e sem palha, avaliados aos 14 (A), 21 (B), 28 (C), 35 (D) e 42 (E) DAA dos herbicidas no campo. Experimento em Pato Branco. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

Os demais herbicidas apresentaram sintomas e os níveis de toxicidade

foram incrementados com o aumento nas doses utilizadas. Em todas as avaliações, destacou-se o diclosulam pelos maiores níveis de toxicidade à soja, seguido por chlorimuron-ethyl e saflufenacil (Figura 19 A, B, C, D, e E). Os níveis de fitotoxicidade máximos observados foram considerados baixos e não ultrapassaram 14%, para diclosulam (Figura 19 A). Chlorimuron-ethyl e saflufenacil atingiram toxicidade máxima de aproximadamente 9%, para ambos os herbicidas. Os principais sintomas observados foram de redução no desenvolvimento inicial e amarelecimento das plantas, especialmente dos seus meristemas apicais.

5.2.1.2. Experimento em Dois Vizinhos

Para o experimento realizado em Dois Vizinhos-PR, a análise da variância para toxicidade a plantas de soja na avaliação realizada aos 14 DAA apresentou significância das interações herbicida x dose e palha x dose (Figura 20 A e B) (Apêndice 25). A avaliação de toxicidade aos 21 DAA apresentou significância estatística para a interação tripla herbicida x palha x dose. Para avaliação aos 28 DAA, houve significância para as interações herbicida x palha, palha x dose e herbicida x dose (Apêndice 26). Na avaliação aos 35 DAA houve significância para herbicida x palha e herbicida x dose (Apêndice 27). Por fim, aos 42 DAA, houve significância estatística para a interação herbicida x palha e para o fator isolado dose (Apêndice 28).

Ao contrário do que ocorreu em Pato Branco, o herbicida flumioxazin provocou toxicidade sobre a soja no experimento de Dois Vizinhos-PR.

A avaliação de fitotoxicidade no experimento de Dois Vizinhos-PR, realizada aos 14 DAA (Figura 20 A), demonstra que o herbicida flumioxazin apresentou os menores níveis de fitotoxicidade, atingindo máximo de 5%, na maior dose aplicada (dobro da dose recomendada). Diclosulam apresentou os maiores níveis de toxicidade à soja, atingindo 15% na maior dose. Os herbicidas chlorimuron-ethyl e saflufenacil apresentaram níveis de toxicidade intermediários. Os principais sintomas observados foram a redução do desenvolvimento dos trifólios em relação a testemunha, amarelecimento dos ponteiros e encarquilhamento das folhas.

A cobertura de palha de aveia preta, no sistema com palha, provavelmente contribuiu para redução dos níveis de fitotoxicidade aos 14 DAA com relação aos tratamentos sem cobertura de solo (Figura 20 B). Isso ocorre provavelmente pelo fato dos herbicidas ficarem retidos sobre a palhada. Mesmo com períodos de precipitação após a aplicação dos herbicidas, parte do produto poderá ficar retido na palha, fazendo com que haja redução da sua disponibilidade para as plantas de soja.

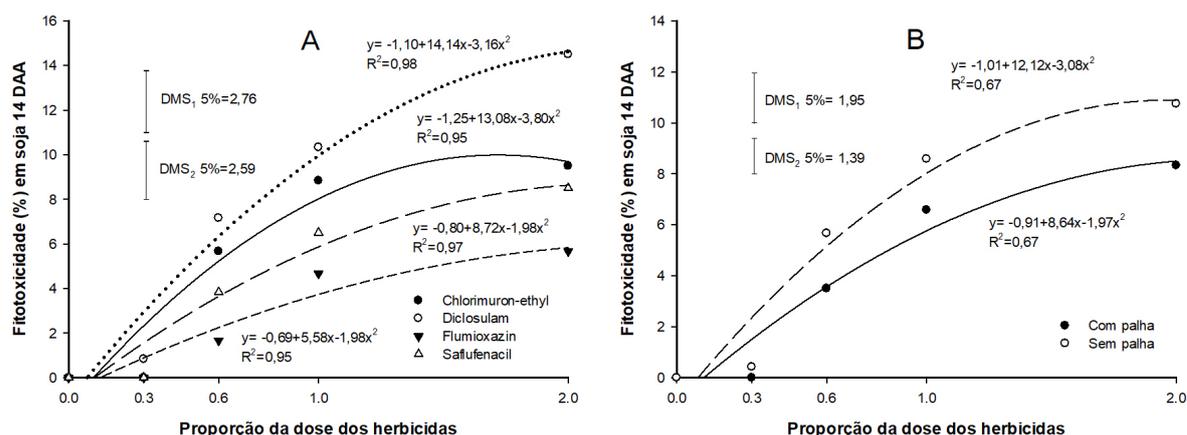


Figura 20 – Toxicidade a plantas de soja avaliada aos 14 dias após a aplicação, (A) em função da aplicação de quatro herbicidas em cinco proporções de doses, na média da ausência e presença da cobertura de solo e (B) em função da presença ou ausência de palha na superfície e proporções de doses, na média dos quatro herbicidas (B). (A)= DMS₁= Dose; DMS₂= Herbicida; (B)= DMS₁= Dose; DMS₂= Palha. Experimento em Dois Vizinhos. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

As diferenças entre os sistemas com presença e ausência de palha de aveia preta na superfície do solo foram expressas até a avaliação realizada aos 35 DAA (Tabela 8). Na avaliação realizada aos 42 DAA (Figura 23 B), esta diferença não foi expressa. Por ser um ano com altos índices de precipitação (Figura 18), os herbicidas inicialmente retidos na palhada podem ter ultrapassado a barreira de palha e atingido o solo, ou sofrido processos de degradação ficando indisponível para as plantas. Os herbicidas diclosulam e saflufenacil aumentaram seus níveis de fitotoxicidade no período entre 14 e 21 DAA (Figuras 20 B e 21).

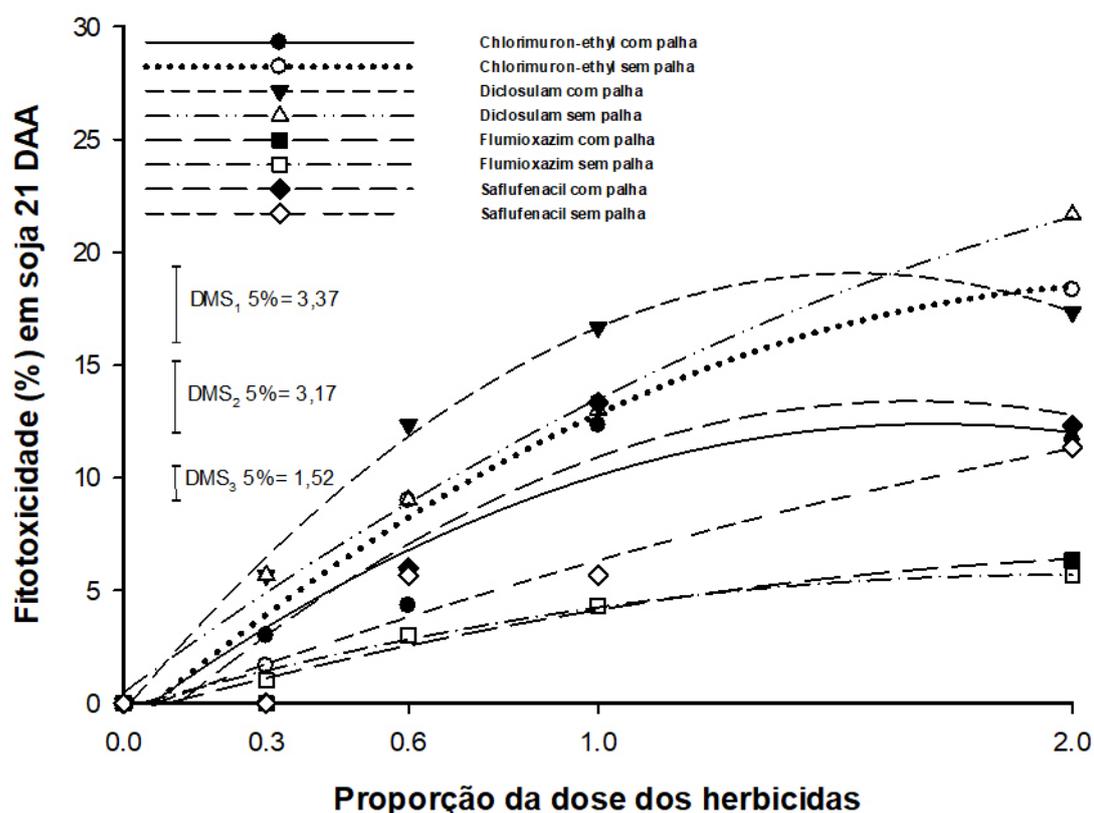


Figura 21 – Toxicidade (%) em plantas de soja avaliada aos 21 dias após a aplicação, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. $DMS_1 = DOSES$; $DMS_2 = HERBICIDAS$; $DMS_3 = PALHA$. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

Tabela 6 – Equações referentes a avaliação de fitotoxicidade em soja avaliado aos 21 DAA. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

Tratamento	Equações	R ²
Chlorimuron-ethyl com palha	$y = -0,90 + 15,53x - 4,54x^2$	0,95
Chlorimuron-ethyl sem palha	$y = -1,13 + 18,11x - 4,15x^2$	0,98
Diclosulam com palha	$y = -0,34 + 25,18x - 8,17x^2$	0,99
Diclosulam sem palha	$y = 0,49 + 15,46x - 2,46x^2$	0,99
Flumioxazin com palha	$y = -0,54 + 5,88x - 1,21x^2$	0,97
Flumioxazin sem palha	$y = -0,21 + 5,98x - 1,51x^2$	0,99
Saflufenacil com palha	$y = -2,07 + 18,56x - 5,57x^2$	0,94
Saflufenacil sem palha	$y = -0,52 + 7,79x - 0,94x^2$	0,96

Como tratamentos com palha por vezes apresentaram níveis de toxicidade superior ao sem palha, é possível que os herbicidas tenham ultrapassado

a barreira de palha e ficando mais disponíveis para as plantas. Em experimento realizado por REDDDY et al. (1995) para avaliar a capacidade de sorção e dessorção do herbicida chlorimuron-ethyl em solos cobertos com palha de ervilhaca e centeio, relatam que em condições de campo qualquer resíduo de palha na superfície do solo no momento da aplicação de chlorimuron-ethyl pode interceptar e reter o herbicida. A quantidade retida de herbicida pode variar, dependendo do tipo de resíduo e da quantidade de palha na superfície. No mesmo experimento os autores afirmam que a retenção de herbicidas por resíduos de plantas pode retardar o movimento lateral e descendente do herbicida, podendo então causar impactos adversos ao meio ambiente. Alternativamente, a retenção de herbicidas pela palhada presente no solo poderia passar por processos de dessorção ao longo do tempo, promovendo controle de plantas daninhas ao longo do tempo.

Porém, há muitos fatores que podem estar envolvidos na disponibilidade de herbicidas, atuando de forma complexa e determinando diferenças entre os sistemas com e sem palha na superfície do solo. Em experimento com o objetivo de avaliar o efeito de herbicidas aplicados como dessecantes, para controle de plantas daninhas em soja de plantio direto, ROMAN (2002) não observou toxicidade em plantas de soja ao avaliar os herbicidas chlorimuron-ethyl e diclosulam. A fitotoxicidade observada em plantas de soja pode variar de acordo com a variedade e condições climáticas após a aplicação do herbicida, chuvas no momento em que as sementes estejam no processo de germinação, pois o herbicida pode ser absorvido durante o processo de embebição das sementes ou entrar em contato com o hipocótilo, podendo ocasionar intoxicação as plantas, principalmente em sistemas de semeadura convencional (MAJUMDAR., 2018).

A presença de palha na superfície pode afetar características do ambiente, como a disponibilidade hídrica no solo e, indiretamente, a disponibilidade de herbicidas às plantas, não estando afastada, portanto, a possibilidade de que este fator esteja contribuindo para aumento da fitotoxicidade no sistema com palha. Além disso, é possível que a adsorção dos herbicidas no solo no sistema sem palha seja superior ao sistema com palha, reduzindo sua disponibilidade às plantas de soja.

Aos 28 DAA, a toxicidade dos herbicidas à soja foi reduzida em relação às avaliações efetuadas anteriormente. O herbicida diclosulam apresentou maiores médias de fitotoxicidade, não diferindo entre os sistemas com e sem palha na superfície (Tabela 7). Saflufenacil foi o único herbicida que apresentou diferenças entre os sistemas com e sem palha, com maior toxicidade a plantas de soja no sistema com palha.

Tabela 7 – Toxicidade (%) a plantas de soja avaliada aos 28 dias após a aplicação, em função da aplicação de quatro herbicidas, na presença e ausência de palha na superfície, na média de cinco níveis dos herbicidas. Experimento em Dois Vizinhos. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

	Fitotoxicidade (%)	
	Com palha	Sem palha
Chlorimuron-ethyl	6,27 bA	6,87 bA
Diclosulam	10,27 aA	9,67 aA
Flumioxazin	2,07 cA	2,80 cA
Saflufenacil	5,8 bA	4,07 cB

*Médias seguidas por mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey 5% de probabilidade do erro.

As toxicidades sobre a soja aos 28, 35 e 42 DAA resultantes da aplicação dos quatro herbicidas estão descritas na Tabela 8 e nas Figuras 22 A e 23 A e B. Os resultados apresentam similaridade com a avaliação efetuada aos 14 DAA. A fitotoxicidade superior do herbicida diclosulam se destaca desde as primeiras (0,3X) até a última dose (2X). Na sequência, pela ordem de toxicidade, estão diclosulam, chlorimuron-ethyl, saflufenacil e flumioxazin. Os principais sintomas observados a campo nas últimas avaliações efetuadas foi encarquilhamento das folhas e menor desenvolvimento dos trifólios, em relação à parcela testemunha.

Aos 28 DAA, foram substancialmente reduzidas as diferenças de toxicidade à soja entre os sistemas com e sem palha (Figura 22 B) em comparação à avaliação efetuada aos 14 DAA (Figura 20 B). As diferenças entre os sistemas podem ser atribuídas à maior toxicidade do herbicida saflufenacil no sistema com palha, em comparação ao sistema sem palha (Tabela 8, avaliação aos 35 DAA), efeito não observado para os demais herbicidas.

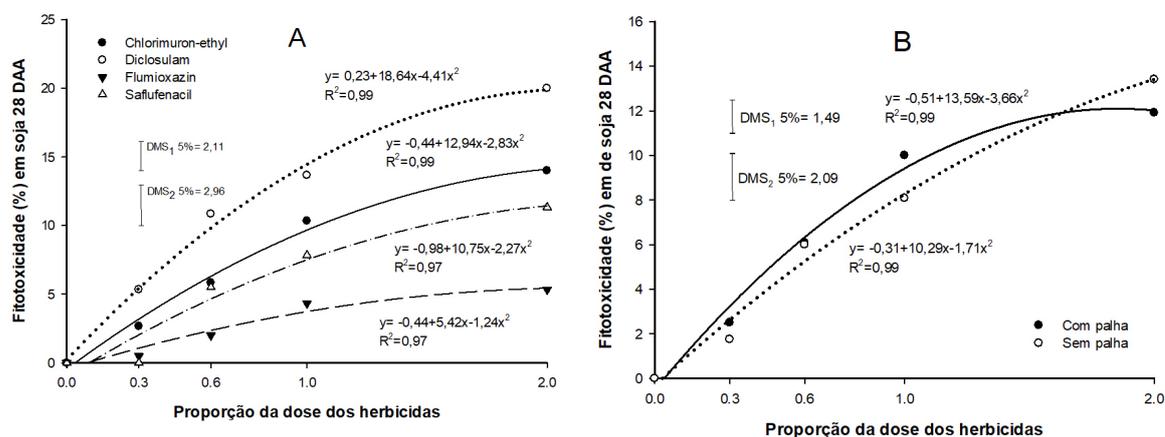


Figura 22 – Toxicidade (%) em plantas de soja avaliados aos 28 dias após a aplicação, (A) em função da aplicação de quatro herbicidas em cinco níveis distintos na média de com e sem palha na superfície do solo e (B) em função da aplicação de cinco níveis distintos de herbicidas, com e sem palha na superfície do solo, na média de quatro herbicidas. (A) DMS₁=Herbicida; DMS₂=Dose; (B) DMS₁=Dose; DMS₂= Palha. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

Tabela 8 – Toxicidade sobre plantas de soja aos 35 dias após a aplicação, em função da aplicação de chlorimuron-ethyl, diclosulam, flumioxazin e saflufenacil, em sistema com e sem palha na superfície, na média de cinco níveis dos herbicidas. Experimento em Dois Vizinhos. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

	Com palha	Sem palha
Chlorimuron-ethyl	7,00 bA	6,87 bA
Diclosulam	9,93 aA	8,80 aA
Flumioxazin	1,87 cA	2,80 cA
Saflufenacil	5,60 bA	4,07 cB

*Médias seguidas por mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey 5% de probabilidade do erro.

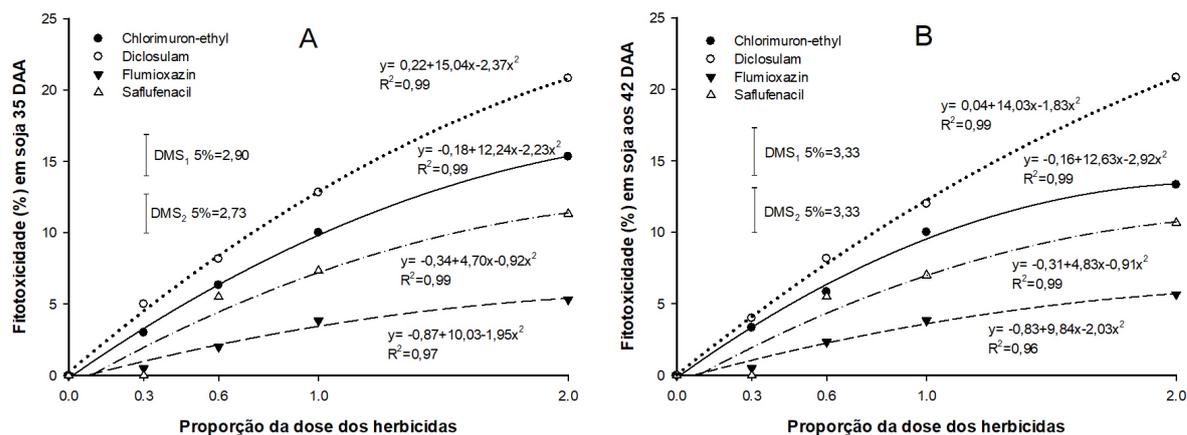


Figura 23 – Toxicidade (%) em plantas de soja avaliados aos 35 (A) e 42 (B) dias após a aplicação, em função da aplicação de quatro herbicidas em cinco doses distintas, na média de ausência ou presença de palha na superfície. DMS₁= Dose; DMS₂= herbicida. Experimento em Dois Vizinhos. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

5.2.2 Controle de plantas daninhas no experimento de Dois Vizinhos (PR)

A flora daninha que emergiu no Experimento em Dois Vizinhos foi composta pelas seguintes espécies: Milhã (*Digitaria Horizontalis*), Leiteiro (*Euphorbia heterophylla*), Guaxuma (*Sida Rhombifolia*), com predominância de plantas de milhã (*Digitaria Horizontalis*).

Para o controle de plantas daninhas, houve significância para a interação tripla entre os fatores herbicida x palha x dose, nas avaliações realizadas aos 14 DAA, 21 DAA e 28 DAA (Apêndice 31, 32 e 33). Para avaliações realizadas aos 35 DAA e 42 DAA, houve significância para a interação palha x dose (Apêndice 34 e 35).

É importante considerar que a testemunha sem palha sobre o solo foi utilizada como referência para atribuir os níveis de controle tanto no sistema com quanto no sistema sem palha sobre a superfície do solo. Para todas as avaliações de controle visual (Figura 24), o aumento das doses de herbicidas resultou em incremento nos níveis de controle de plantas daninhas, nitidamente com efeito superior no sistema com palha sobre o solo do que no sistema sem palha sobre o solo.

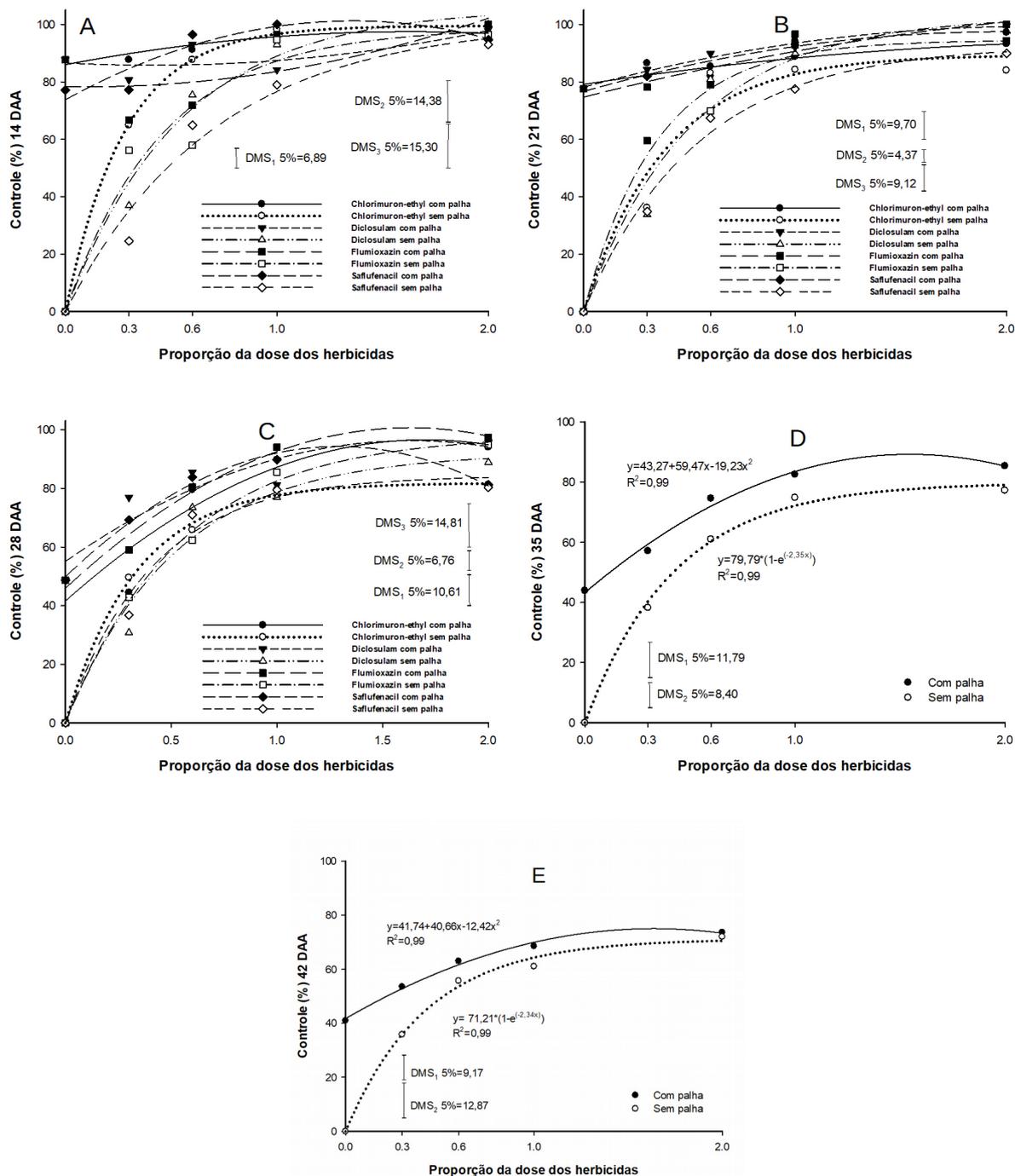


Figura 24 – Controle (%) de plantas daninhas em função dos herbicidas utilizados, da dose e da presença ou ausência de palha na superfície do solo, aos 14 (A), 21 (B), 28 (C), 35 (D) e 42 (E) DAA. (A) = DMS₁= Palha; DMS₂= Dose; DMS₃= Herbicida; (B) DMS₁= Dose; DMS₂= Herbicida; DMS₃= Palha; (C)= DMS₁= Dose; DMS₂= Palha; DMS₃= Herbicida, (D)= DMS₁= Dose, DMS₂= Palha; (E)= DMS₁= Palha, DMS₂= Dose. Experimento em Dois Vizinhos. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

Os níveis de controle de plantas daninhas, proporcionados pela presença somente da palha de aveia preta na superfície do solo, sem aplicação de

herbicidas (dose 0x), foram em média de 81,2%, 75,56%, 46,06% e 41,74, respectivamente aos 14, 21, 28, 35 e 42 DAA (Figura 24).

Os níveis de controle proporcionados pela palha isoladamente, foram reduzidos de aproximadamente 80%, em época precoce de avaliação, para aproximadamente 40% em avaliações mais tardias, o que reflete o efeito que o grau de decomposição da palha tem sobre a infestação de plantas daninhas.

Em todas as avaliações efetuadas, a partir da dose 1X dos herbicidas, a diferença entre os sistemas com e sem palha de aveia preta não foi significativa, mostrando que os herbicidas utilizados nas doses recomendadas pelos fabricantes são eficientes nos dois sistemas de cultivo, complementando o controle proporcionado pela presença da palha (sistema com palha) e controlando as infestações no sistema sem palha.

Nas avaliações de controle aos 35 e 42 DAA (Figura 24 D e E), não foi possível verificar diferenças entre os herbicidas. Esperava-se que alguns herbicidas se destacassem principalmente nas últimas avaliações, em função do maior efeito residual, entretanto este fato não ocorreu. Isso pode ser explicado (Figura 24 A e B) porque nas primeiras avaliações grande parte do fluxo de emergência das plantas daninhas já havia ocorrido, nivelando o desempenho dos herbicidas com efeito residual mais curto e mais longo.

Tabela 9 – Equações para controle de plantas daninhas avaliados aos 14 dias após a aplicação, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

Tratamento	Equações	R ²
Chlorimuron-ethyl com palha	$y=85,99+14,09x-4,32x^2$	0,91
Chlorimuron-ethyl sem palha	$y=99,54*(1-e^{-3,56x})$	0,97
Diclosulam com palha	$y=86,61-3,95x+4,8x^2$	0,74
Diclosulam sem palha	$y=105,73*(1-e^{-1,84x})$	0,99
Flumioxazin com palha	$y=78,38-1,34x+6,63x^2$	0,68
Flumioxazin sem palha	$y=98,73*(1-e^{-2,15x})$	0,97
Saflufenacil com palha	$y=73,82+40,47x-14,93x^2$	0,91
Saflufenacil sem palha	$y=101,01*(1-e^{-1,42x})$	0,99

Tabela 10 – Equações para controle de plantas daninhas avaliados aos 21 dias após a aplicação, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

Tratamento	Equações	R ²
Chlorimuron-ethyl com palha	$y = 79,15 + 11,25x - 2,11x^2$	0,89
Chlorimuron-ethyl sem palha	$y = 89,43 * (1 - e^{-2,58x})$	0,97
Diclosulam com palha	$y = 78,46 + 25,26x - 7,39x^2$	0,92
Diclosulam sem palha	$y = 103,01 * (1 - e^{-1,94x})$	0,98
Flumioxazin com palha	$y = 70,00 + 18,23x - 1,19x^2$	0,82
Flumioxazin sem palha	$y = 94,56 * (1 - e^{-2,87x})$	0,97
Saflufenacil com palha	$y = 74,62 + 37,94x - 18,30x^2$	0,89
Saflufenacil sem palha	$y = 92,78 * (1 - e^{-1,86x})$	0,99

Trabalhos com o herbicida diclosulam nas doses de 21,8 g i.a. ha⁻¹, aplicados sobre resíduos de palha de sorgo apresenta níveis de controle aos 14 DAA de *Sida rhombifolia* de 97,5% nos tratamentos com simulação 30 mm de chuva, e para a simulação de 2,5 mm de chuva o controle observado foi de 83,3%, enquanto que no tratamento que não recebeu chuva e onde a aplicação foi sobre a palha úmida, os níveis de controle foram, respectivamente, de apenas 26,3% e 22,5% (CARBONARI, et al., 2008).

Tabela 11 – Equações para controle de plantas daninhas avaliados aos 28 dias após a aplicação, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

Tratamento	Equações	R ²
Chlorimuron-ethyl com palha	$y = 41,58 + 64,62x - 18,99x^2$	0,92
Chlorimuron-ethyl sem palha	$y = 81,86 * (1 - e^{-2,98x})$	0,99
Diclosulam com palha	$y = 55,11 + 50,40x - 15,43x^2$	0,91
Diclosulam sem palha	$y = 92,14 * (1 - e^{-1,93x})$	0,98
Flumioxazin com palha	$y = 45,97 + 67,23x - 20,65x^2$	0,99
Flumioxazin sem palha	$y = 98,28 * (1 - e^{-1,83x})$	0,99
Saflufenacil com palha	$y = 41,58 + 64,62x - 18,99x^2$	0,92
Saflufenacil sem palha	$y = 84,34 * (1 - e^{-2,44x})$	0,99

Ressalta-se no presente trabalho o efeito residual do herbicida saflufenacil sobre *Digitaria* spp.. Essa informação é importante, já que nos sistemas

de produção do Sul do Brasil, saflufenacil é muitas vezes associado ao glyphosate e a outros herbicidas com efeito residual no solo para controle de buva (*Conyza* spp.) na pré-semeadura emergência da soja.

Avaliando a aplicação de saflufenacil em sequencial 15 dias após glyphosate+2,4D, para o controle de *Conyza* em pré-semeadura da soja, FORNAROLLI, et al., (2011), não constataram efeito residual dos herbicidas após a emergência da cultura. No mesmo trabalho, a utilização dos imazethapyr, chlorimuron-ethyl e diclosulam contribuíram com efeito residual para controle de dicotiledôneas presentes na área. A aplicação de saflufenacil em mistura com imazethapyr após os 75 DAA foi considerada excelente no controle de plantas de buva (FORNAROLLI, et al., 2011).

A análise de variância para a densidade de plantas daninhas, avaliada aos 14 DAA, 35 DAA e 42 DAA, mostrou significância estatística para a interação entre palha x dose, enquanto para as avaliações realizadas aos 21 DAA e 28 DAA houve significância da interação tripla herbicida x dose x palha.

Na ausência de herbicida, é possível observar que a densidade de plantas daninhas nas avaliações efetuadas aos 14, 21 e 28 DAA (Apêndice 36, 37 e 38) foram elevadas (Figura 25 A, B, C), mantendo-se constante a partir das avaliações efetuadas aos 35 e 42 DAA (Figuras 25 D e E) (Apêndice 39 e 40). Na dose recomendada (1X) e no dobro da dose recomendada (2X), na média dos herbicidas, percebe-se incremento na densidade de plantas daninhas aos 35 e 42 dias (Figura 25 D e E), em relação às avaliações anteriores (Figura 25 A, B, C). Isso pode significar que o efeito residual dos herbicidas foi reduzido a ponto de permitir novos fluxos de plantas daninhas. Em estudos realizados por PERREIRA, et al., (2000), com o objetivo de comparar a incidência de plantas daninhas na cultura da soja, submetida a diferentes modalidades de aplicação de herbicidas, nos sistemas direto e convencional, observaram que, já na primeira avaliação, foram atingidas densidades populacionais médias máximas, e após 35 dias da semeadura as parcelas não tiveram novas infestações. Esses resultados indicam a importância de produtos com residual na pré semeadura das culturas, pois além de flexibilizarem o momento de entrada para controle de plantas daninhas, em alguns casos podem eliminar a necessidade de utilização de herbicidas pós-emergentes. Os resultados

obtidos nas condições do presente trabalho indicam que, em áreas com alta infestação e banco de sementes elevado, a utilização de herbicidas em pós-emergência da cultura não é descartada.

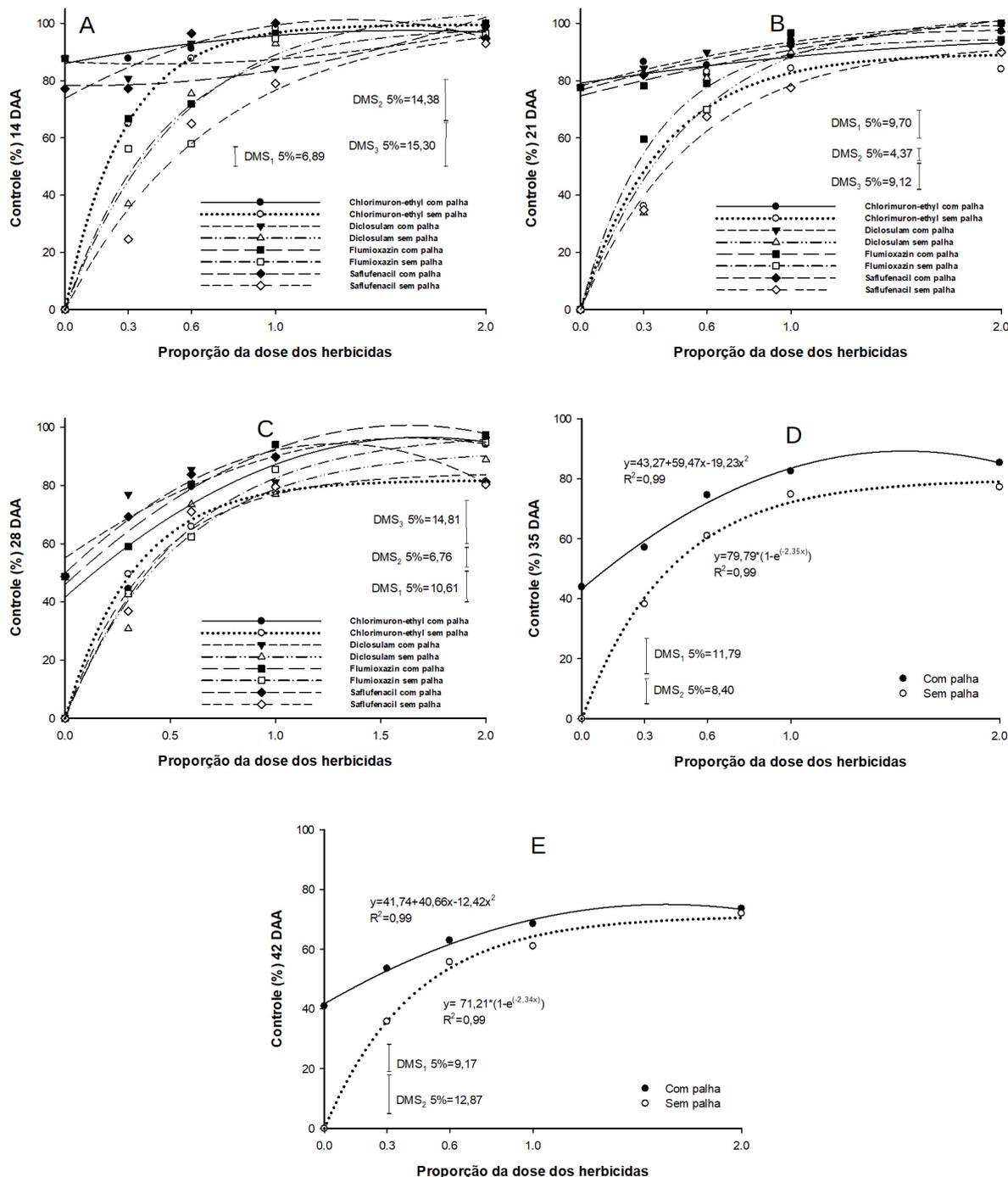


Figura 25 – Densidade de plantas daninhas (pl m⁻²) em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície do solo, avaliados aos 14 (A), 21 (B), 28 (C), 35 (D) e 42 (E) DAA. (A; B; D; E) = DMS₁= Dose; DMS₂= Palha; (C) DMS₁= Palha; DMS₂= Dose; DMS₃= Herbicida. Experimento em Dois Vizinhos. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

A diferença de densidade de plantas daninhas observadas na avaliação de 14 DAA (Figura 25 A), entre o sistema com e sem palha de aveia preta na superfície do solo foi relevante nas doses inferiores a dose recomendada dos herbicidas (0X, 0,3X e 0,6X). A partir da dose recomendada pelo fabricante (1X) e o dobro da dose (2X), não foi possível observar diferenças.

Na avaliação realizada aos 28 DAA (Figura 25 C) foi possível observar diferenças entre os herbicidas utilizados com relação a redução no número de plantas daninhas presentes na área. As diferenças foram mais evidentes no sistema com palha em doses abaixo da recomendada. O herbicida flumioxazin apresentou a menor redução na densidade de plantas daninhas, seguido por chlorimuron-ethyl e saflufenacil com redução semelhante. O herbicida diclosulam foi o mais eficiente em reduzir a densidade de plantas daninhas em doses abaixo da recomendada.

Para a avaliação aos 42 DAA (Figura 25 E) a presença de palha na superfície sem a aplicação dos herbicidas, foi suficiente para reduzir a presença de plantas daninhas em 38,79 %, o que indica que a palha de aveia preta auxilia efetivamente no controle químico de plantas daninhas.

Tabela 12 – Equações para número de plantas daninhas (pl m⁻²) avaliados aos 28 dias após a aplicação, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

Tratamento	Equações	R ²
Chlorimuron-ethyl com palha	$y = 16,88 - 18,67x + 5,48x^2$	0,92
Chlorimuron-ethyl sem palha	$y = 27,00 - 35,27x + 12,33x^2$	0,98
Diclosulam com palha	$y = 12,97 - 14,55x + 4,45x^2$	0,91
Diclosulam sem palha	$y = 28,59 - 36,06x + 11,76x^2$	0,98
Flumioxazin com palha	$y = 15,60 - 19,42x + 5,96x^2$	0,98
Flumioxazin sem palha	$y = 27,94 - 35,64x + 11,24x^2$	0,99
Saflufenacil com palha	$y = 14,46 - 19,88x + 7,71x^2$	0,99
Saflufenacil sem palha	$y = 28,27 - 37,24x + 13,04x^2$	0,99

A análise de variância para massa seca de plantas daninhas, avaliada no estágio R₆ da soja, mostrou significância para a interação tripla herbicida x dose x palha (Apêndice 41).

A presença de palha na superfície do solo, sem o uso de herbicidas, reduziu em 34% a massa seca de plantas daninhas presentes na área, em relação à testemunha sem palha (Figura 26). No sistema com palha de aveia preta na superfície do solo, o herbicida que apresentou maior redução na massa seca de plantas daninhas, em relação ao tratamento sem herbicida e sem palha (tratamento com maior massa seca de plantas daninhas) foi o chlorimuron-ethyl seguido por diclosulam, flumioxazin e saflufenacil, com redução de 87,74%, 75,64%, 63,56% e 56,36%, respectivamente. Os herbicidas chlorimuron-ethyl e saflufenacil tiveram maior redução na massa seca de plantas daninhas na dose de 1X quando combinados com a palha de aveia preta na superfície do solo, sendo um incremento de 33,36% e 18,68%. Nenhum dos herbicidas testados teve a capacidade de manter a área sem a presença de plantas daninhas até o final do ciclo da cultura mesmo nas doses 2X. Esses dados reforçam que, a aplicação de herbicidas pré-emergentes não resultou em eliminação total das plantas daninhas, seja pela existência de escapes à ação do herbicida e também porque os herbicidas possuem residual limitado, não impedindo totalmente os novos fluxos de emergência de plantas daninhas. Para que a área esteja livre de plantas daninhas, portanto, a associação entre herbicida pré-emergente e palha não é suficiente para dispensar a aplicação de herbicidas em pós emergência da cultura. Entretanto, em trabalho realizado por MINOZZI et al. (2014), com o objetivo de avaliar a eficácia dos diferentes manejos com misturas de herbicidas pós-emergentes e residuais no controle de plantas daninhas, na cultura da soja transgênica, relatam que a utilização de produtos com residual reduziu a necessidade de aplicação de glyphosate de duas para uma única aplicação. Este é um resultado importante, pois com os problemas já relatados de novos casos de plantas daninhas resistente ao glyphosate, a redução no número de aplicações sucessivas deste produto pode retardar o aparecimento de novos casos.

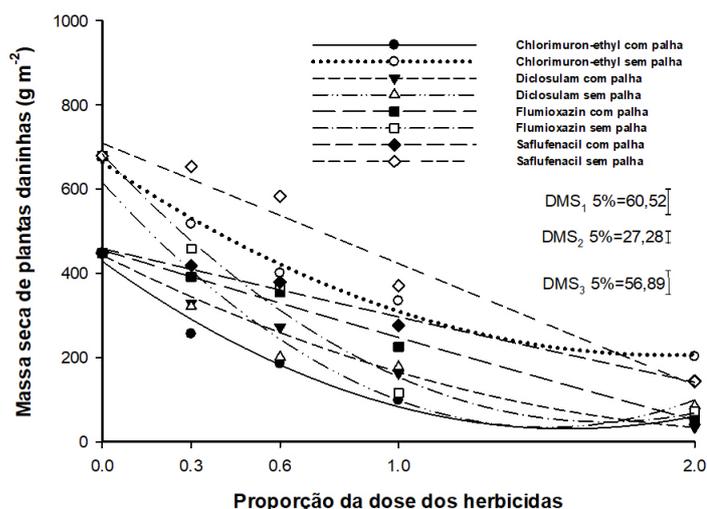


Figura 26 – Massa seca de plantas daninhas (g m^{-2}) avaliada no estágio R6 da cultura, em função dos herbicidas, dose, e presença ou ausência de palha na superfície. DMS_1 = Dose; DMS_2 = Palha; DMS_3 = Herbicida. Experimento em Dois Vizinhos. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

Na ausência de palha na superfície do solo, as reduções de massa seca de plantas daninhas que os herbicidas chlorimuron-ethyl, diclosulam, flumioxazin e saflufenacil proporcionaram em relação à testemunha sem palha, foram de 54,39%, 75,64%, 63,56% e 56,36%, respectivamente (Figura 26). Ou seja, o herbicida diclosulam foi o mais eficiente na redução da biomassa de plantas daninhas na condição sem palha, seguido de flumioxazin, saflufenacil e chlorimuron-ethyl.

Tabela 13 – Equações para número de plantas daninhas (pl m^{-2}) avaliados aos 28 dias após a aplicação, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

Tratamento	Equações	R ²
Chlorimuron-ethyl com palha	$y = 428,52 - 506,62x + 161,30x^2$	0,99
Chlorimuron-ethyl sem palha	$y = 664,53 - 480,80x + 125,90x^2$	0,99
Diclosulam com palha	$y = 442,90 - 350,52x + 72,99x^2$	0,99
Diclosulam sem palha	$y = 616,18 - 776,89x + 259,14x^2$	0,95
Flumioxazin com palha	$y = 455,11 - 213,50x + 5,72x^2$	0,99
Flumioxazin sem palha	$y = 683,23 - 751,58x + 221,97x^2$	0,99
Saflufenacil com palha	$y = 459,05 - 166,75x + 3,96x^2$	0,99
Saflufenacil sem palha	$y = 709,24 - 284,68x - 1,49x^2$	0,98

Considerando os tratamentos com e sem palha, para a dose 2x, o herbicida diclosulam associado a presença de palha de aveia preta na superfície do solo apresentou a maior redução na massa seca de plantas daninhas, seguida por flumioxazin com palha, chlorimuron-ethyl com palha, flumioxazin sem palha, diclosulam sem palha, saflufenacil sem palha, saflufenacil com palha e chlorimuron-ethyl sem palha, com reduções de 95,02%, 92,49%, 91,09%, 89,99%, 85,42%, 80,27%, 79,17% e 69,58%, respectivamente (Figura 26). Os herbicidas diclosulam e flumioxazin tiveram sua eficiência reduzida quando na presença de palha de aveia preta na superfície do solo, sendo 9,86% e 13,8%, respectivamente.

5.2.2 Altura de planta de soja

5.2.2.1 Altura no estágio V₈

Para a variável altura de planta de soja no estágio V₈ da cultura da soja, a análise da variância detectou significância apenas para o fator cobertura com palha, nos dois locais avaliados (Apêndice 12 e 19). Os tratamentos com a presença de palha de aveia preta sobre a superfície do solo apresentaram incremento da altura de planta quando avaliada no estágio V₈ da cultura em 3,85% e 11,38%, para os experimentos de Pato Branco-PR e Dois Vizinhos-PR, respectivamente, em comparação à ausência de cobertura com palha (Figura 27).

É provável a existência de mais de um fenômeno diferencial entre sistemas com e sem presença de palha na superfície, justificando dessa forma o crescimento diferencial da cultura. Primeiramente, é possível que a presença de palha incremente o crescimento das plantas de soja, fenômeno denominado inicialismo (VIDAL, 2010). Segundo esse autor, a presença de palha é capaz de modificar a relação vermelho:vermelho extremo, efeito percebido pelos fitocromos das plantas, desencadeando uma resposta típica de incremento do crescimento da parte aérea e redução do crescimento do sistema radicular das plantas. Em segundo lugar, a dinâmica de mineralização da palha pode apresentar diferenças entre o

sistema com e sem palha na superfície. No sistema sem palha na superfície, no período que antecedeu a cultura da soja não foi implantada a cultura da aveia e houve o impedimento do desenvolvimento das plantas espontâneas sobre a área, por meio de aplicações do herbicida glyphosate. É provável que a mineralização da palha da aveia preta no sistema com palha tenha incrementado os níveis de nutrientes disponíveis para o desenvolvimento da cultura. Em terceiro lugar, o início do desenvolvimento da cultura foi marcado por período de baixa disponibilidade hídrica (Figura 17). É conhecida a capacidade que sistemas com palha na superfície tendem a manter melhor condição de disponibilidade hídrica às culturas (BRAGAGNOLO & MIELNICZUK, 1990; MARIANO et al., 2016). Dessa forma essa seria uma terceira possibilidade a justificar o maior desenvolvimento das plantas de soja em sistema com palha de aveia preta.

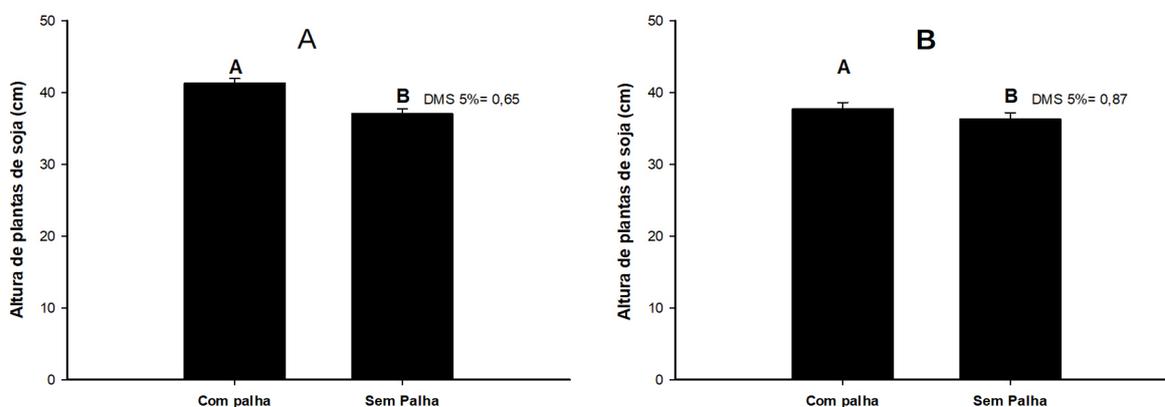


Figura 27 – Altura de planta de soja (cm) avaliada no estágio V_8 ((A) Pato Branco-PR; (B) Dois Vizinhos-PR) da cultura em função da presença ou ausência de palha na superfície do solo, na média quatro herbicidas e cinco doses. UTFPR, Pato Branco, 2018.

5.2.2.2 Altura de plantas no momento da colheita

A análise de variância para altura de planta de soja na colheita, no experimento realizado em Pato Branco-PR, demonstrou significância estatística apenas para o fator herbicida. No experimento realizado em Dois Vizinhos-PR, houve significância estatística para as interações herbicida x palha, palha x dose e herbicida x dose.

Em Pato Branco (PR), as menores alturas de planta de soja na colheita

ocorreram nos tratamentos com diclosulam e chlorimuron-ethyl, com redução de, 7,20% e 3,82%, em relação aos herbicidas saflufenacil e flumioxazin, respectivamente (Tabela 14).

Tabela 14 – Altura final de planta de soja em função da aplicação de quatro herbicidas, na média da presença ou ausência de palha na superfície e de cinco níveis de herbicidas. Experimento em Pato Branco-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

Herbicidas	Altura de planta final (cm)
Saflufenacil	98,79 A
Flumioxazin	98,78 A
Chlorimuron-ethyl	95,01 B
Diclosulam	91,67 B

*Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey 5% de probabilidade do erro.

Em Dois Vizinhos-PR, a altura de planta de soja foi superior no sistema com palha na superfície, em relação ao sistema sem palha, para todos os herbicidas (Tabela 15). Houve diferença entre os herbicidas apenas nos tratamentos sem palha de aveia preta (Tabela 15), em que chlorimuron-ethyl resultou em redução da altura de planta em relação aos demais herbicidas, que não diferiram entre si. Com relação ao diclosulam NETO et al (2009), observaram redução na altura de plantas, realizada no momento da colheita, quando aplicado glyphosate+diclosulam em pós emergência da cultura. Estes dados estão de acordo com os encontrados por BARROS et al. (2005), que verificaram desenvolvimento reduzido e menor porte de algumas cultivares de soja, (GOIÂNIA, GOBR 93-122243 RNC e LUZIÂNIA; GOBR 93-122243 RCN, GOIÂNIA, LUZIANIA, EMGOPA 316, SANTA CRUZ e CRIXÁS) em solos tratados com diclosulam e avaliados no momento da colheita da soja.

Tabela 15 – Altura final de planta de soja em função da aplicação de quatro herbicidas com e sem palha na superfície, na média de 5 níveis dos herbicidas. Experimento em Dois Vizinhos. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

Herbicidas	Altura de planta final (cm)	
	Com palha	Sem palha
Chlorimuron-ethyl	95.21 a A	85.68 b B
Diclosulam	95.21 a A	89.09 a B
Flumioxazin	97.41 a A	91.46 a B
Saflufenacil	94.87 a A	91.39 a B

*Médias seguidas por mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey 5% de probabilidade do erro.

A resposta da altura de planta final se ajustou às doses dos herbicidas por meio do modelo quadrático. A dose influenciou a altura final de planta final de soja de maneira distinta conforme o herbicida. Para o diclosulam, as plantas de soja responderam negativamente ao incremento na dose, enquanto que, para os herbicidas chlorimuron-ethyl, flumioxazin e saflufenacil houve incremento na altura de plantas com o aumento na dose (Figura 28 A). No sistema com palha, houve incremento da altura final com o aumento da dose, na média dos herbicidas, enquanto no sistema sem a presença de palha na superfície, houve decréscimo da altura da soja com incremento da dose (Figura 28 B).

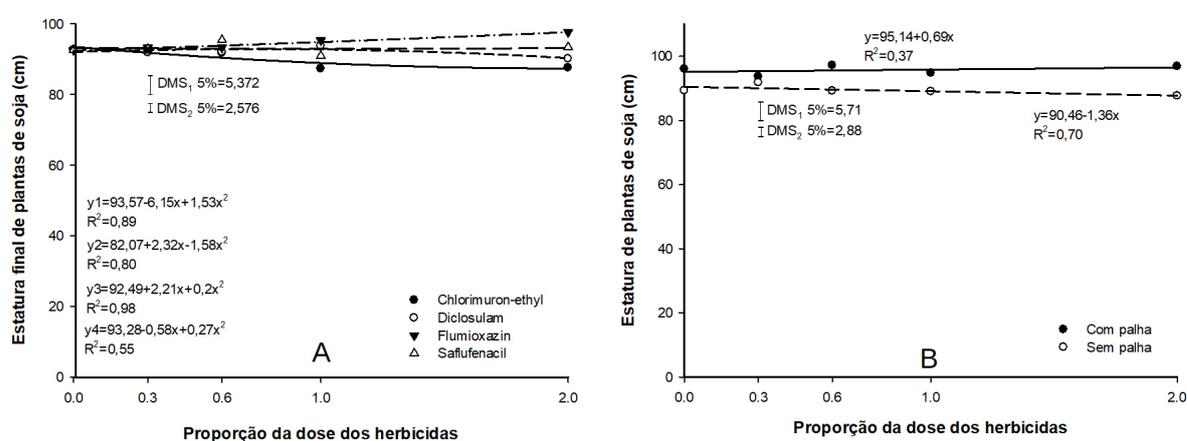


Figura 28 – Altura de soja no momento da colheita (A) em função da aplicação de quatro herbicidas em cinco níveis distintos na média de com e sem palha e (B) em função da presença ou ausência de palha na superfície na média de quatro herbicidas, aplicados em 5 doses distintas. (A)= y_1 =chlorimuron-ethyl; y_2 = diclosulam; y_3 =flumioxazin; y_4 =saflufenacil. DMS₁= Doses; DMS₂= Herbicidas. Experimento em Dois Vizinhos. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

A resposta da altura à dose do herbicida é decorrente do efeito direto do herbicida sobre o desenvolvimento das plantas e também do efeito competitivo das plantas daninhas remanescentes na área onde foram aplicados os herbicidas, uma vez que a aplicação dos herbicidas não resultou em controle completo das plantas daninhas. Como no experimento em Pato Branco não ocorreu infestação com plantas daninhas, o efeito redutor da altura da soja proporcionado por diclosulam e chlorimuron-ethyl pode ser atribuído apenas à ação inibitória causada por esses herbicidas.

Parcelas tratadas com haloxyfop-methyl apresentaram altura ligeiramente superior à do tratamento sem aplicação de herbicida (OLIVEIRA JR et al., 2010). Nos resultados de avaliação de altura de plantas observados por LEITE,

et al. (2000) a maioria dos tratamentos com herbicidas resultou em incremento na altura de plantas e atribuiu este estímulo no crescimento das plantas, ao efeito do herbicida.

5.2.3 Rendimento e componentes do rendimento de grãos de soja

5.2.3.1 Componentes do rendimento

No experimento conduzido em Pato Branco-PR, para a variável estande final de plantas de soja, houve significância da interação tríplice herbicida x palha x dose (Apêndice 11).

Nesse experimento, reduções no estande, embora de pequena magnitude, ocorreram em alguns tratamentos. As diferenças entre tratamentos são evidenciadas em dose correspondente ao dobro da recomendada em bula (2,0X), onde, os tratamentos chlorimuron-ethyl com palha, diclosulam sem palha, flumioxazin com palha, saflufenacil com e sem palha resultaram em redução no estande de plantas de 3,78%, 7,96%, 8,65%, 0,97% e 13,91%, respectivamente, em relação à testemunha (Figura 29). Os tratamentos chlorimuron-ethyl sem palha, diclosulam com palha e flumioxazin sem palha, tiveram aumento no número de plantas de soja em relação à testemunha em 18,10%, 6,92% e 6,96%, respectivamente.

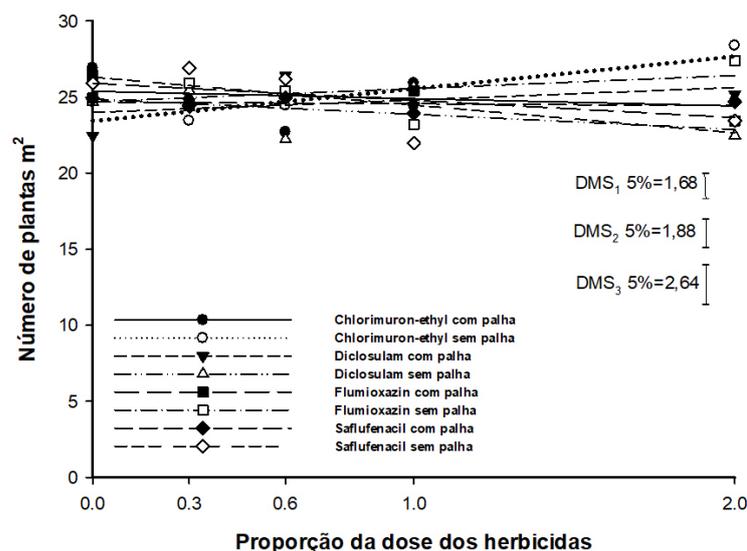


Figura 29 – Número de plantas de soja (pl m²), avaliados no momento da colheita, em função da aplicação de cinco níveis de quatro herbicidas, com e sem palha na superfície do solo. DMS₁= Herbicida; DMS₂= Palha; DMS₃= Dose. Experimento em Pato Branco. UTFPR, Pato Branco, 2018.

Tabela 16 – Equações para número de plantas de soja (pl m²), em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Pato Branco. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

Tratamento	Equação	R ²
Chlorimuron-ethyl com palha	$y = 25,39 - 0,48 x$	0,23
Chlorimuron-ethyl sem palha	$y = 23,43 + 2,12 x$	0,86
Diclosulam com palha	$y = 24 + 0,83 x$	0,44
Diclosulam sem palha	$y = 24,87 - 0,99 x$	0,47
Flumioxazin com palha	$y = 25,91 - 1,12 x$	0,77
Flumioxazin sem palha	$y = 24,71 + 0,86 x$	0,44
Saflufenacil com palha	$y = 24,68 - 0,12 x$	0,22
Saflufenacil sem palha	$y = 26,31 - 1,83 x$	0,68

A avaliação do efeito de épocas de aplicação de saflufenacil anteriormente à semeadura da soja concluiu que, embora saflufenacil tenha registro para dessecação antecedendo a implantação da cultura, aplicações efetuadas sete dias antes da semeadura e no dia da semeadura reduziram o estande de plantas das cultivares BG 4377 e TMG 132 (BEN, 2016). Neste mesmo trabalho, o autor demonstrou que em solo arenoso a redução de estande foi superior em comparação a solos argilosos. Em aplicação associada ao herbicida glyphosate o uso de

flumioxazin em solo franco-argiloso, foi possível observar que os tratamentos que receberam o herbicida flumioxazin tiveram redução no estande de plantas de soja em relação a parcela não aplicada, além de apresentar sintomas de redução no desenvolvimento de plantas, entretanto, esses efeitos não foram suficientes para afetar o rendimento de grãos (NETO et al., 2009).

Para o experimento realizado em Dois Vizinho-PR, houve significância estatística para a interação entre herbicida x dose e palha x dose.

Na média dos quatro herbicidas, o sistema com palha apresentou resultados superiores de estande de soja, em todas as doses testadas (Figura 30). Este resultado pode estar relacionado a uma maior disponibilidade do herbicida na solução do solo logo após a aplicação, fazendo com que as sementes, no processo de germinação possam ter absorvido quantidade suficiente de produto para não concluir o processo de germinação. Na dose avaliada 2X, o tratamento que apresentou maior redução no número de plantas de soja, foi o saflufenacil com palha na superfície do solo.

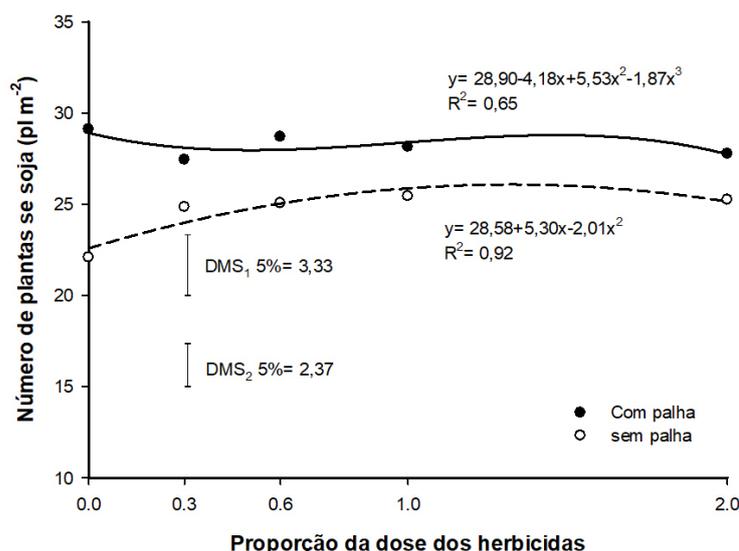


Figura 30 – Número de plantas de soja (pl m⁻²) avaliados no momento da colheita, em função da aplicação da presença ou ausência de cobertura de solo e cinco níveis na média de quatro herbicidas. Experimento em Dois Vizinhos. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

Com o incremento na dose dos herbicidas no sistema sem palha, houve aumento de 4,7% no estande para a dose 2X, em relação a testemunha sem herbicida (Figura 30). Esse resultado pode ser explicado pela maior infestação de plantas daninhas, principalmente em doses baixas, o que intensifica o processo

competitivo e resulta em incremento na mortalidade de plantas de soja ao longo do ciclo.

Para a variável número de nós por planta de soja, nos dois locais avaliados, a análise da variância não detectou significância para nenhum dos três fatores testados nem para as suas interações. Isso indica que para as condições deste experimento os herbicidas utilizados, as doses testadas e os sistemas de com e sem palha de aveia preta na superfície do solo, não interferiram no número de nós por planta.

No experimento realizado em Pato Branco-PR, a análise da variância para as variáveis número de legumes por planta e número de grãos por legume não demonstrou significância estatística para nenhuma causa de variação.

No experimento de Dois Vizinhos-PR a análise da variância para a variável número de legumes por planta demonstrou significância da interação palha x dose. Para a variável número de grãos por legume houve significância estatística para a interação herbicida x palha e para o fator dose.

O número de legumes por planta foi afetado nos tratamentos com a presença de palha (Figura 31). O tratamento sem palha na superfície e sem aplicação de herbicida sofreu redução de 26% no número de legumes, em relação ao tratamento com palha e sem herbicida. Este resultado pode ser explicado pela competição por água, luz e nutrientes entre as plantas de soja e plantas daninhas. O número de vagens é o mais importante componente da produção por planta, por ser diretamente influenciado pelo arranjo populacional das plantas na área de produção (HEIFFIG et al., 2003).

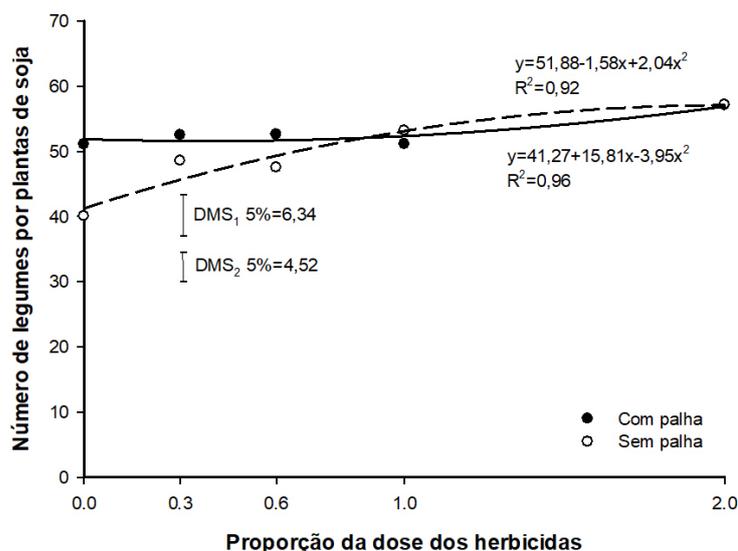


Figura 31 – Número de legumes por planta de soja, em função da aplicação da presença ou ausência de cobertura de solo e cinco níveis na média de quatro herbicidas. Experimento em Dois Vizinhos. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

O número de grãos por legume de soja respondeu de maneira quadrática à dose dos herbicidas (Figura 32). Para as dose 0,3X, 0,6X, 1X e 2X o incremento no número de grãos por vagem com o acréscimo na média da dose dos herbicidas aplicados foi de 17%, 26,18%, 31,81% e 23,72%, respectivamente.

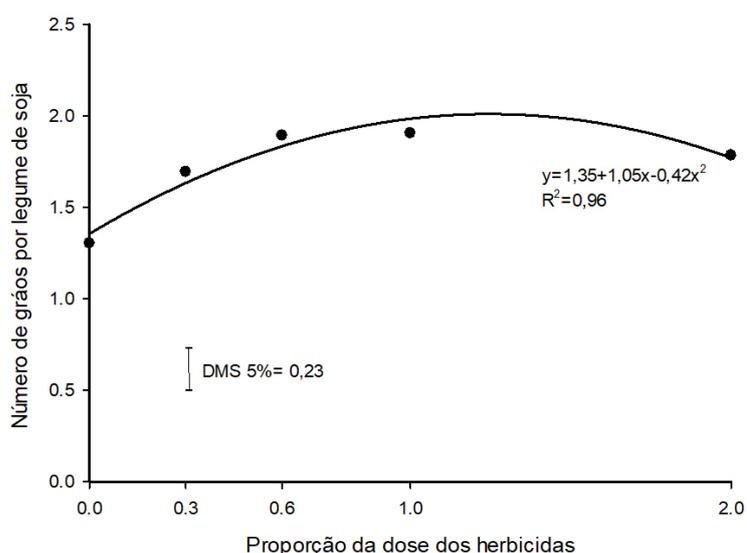


Figura 32 – Número de grãos por legume de soja em função de cinco níveis de herbicidas, na média de quatro herbicidas com e sem palha na superfície do solo. Experimento em Dois Vizinhos. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

As diferenças no número de grãos por legume só foi estatisticamente

diferente entre os herbicidas, na ausência de cobertura no solo. As maiores médias foram do herbicida chlorimuron-ethyl seguido saflufenacil, diclosulam e flumioxazin (Tabela 17). No sistema sem palha, chlorimuron-ethyl e saflufenacil apresentaram número de grãos por legume 28 e 15% superiores, respectivamente, ao sistema com palha.

Tabela 17 – Número de grãos por legume de soja em função da aplicação de quatro herbicidas com e sem palha de aveia preta na superfície do solo, a média de cinco doses distintas. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

Número de grãos por legume		
	Com palha	Sem palha
Chlorimuron-ethyl	1.57a B	2.02a A
Diclosulam	1.57a A	1.72b A
Flumioxazin	1.73a A	1.71b A
Saflufenacil	1.58a B	1.82ab A

*Médias seguidas por mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey 5% de probabilidade do erro.

A análise da variância para a variável peso de mil grãos constatou significância apenas para o fator palha, para os dois experimentos realizados. As parcelas com presença de palha na superfície apresentaram 2,27 e 3,82% de incremento no peso de mil sementes, superior em relação aos tratamentos sem cobertura com palha, para os experimentos de Pato Branco-PR e Dois Vizinho-PR, respectivamente (Figura 33 (A) e (B)). Esse efeito pode estar associado à possível maior disponibilidade de nutrientes às plantas devido ao processo de mineralização da palha e também à maior disponibilidade hídrica durante o desenvolvimento inicial das plantas de soja, já discutidos para explicar as diferenças entre sistemas da variável altura de planta.

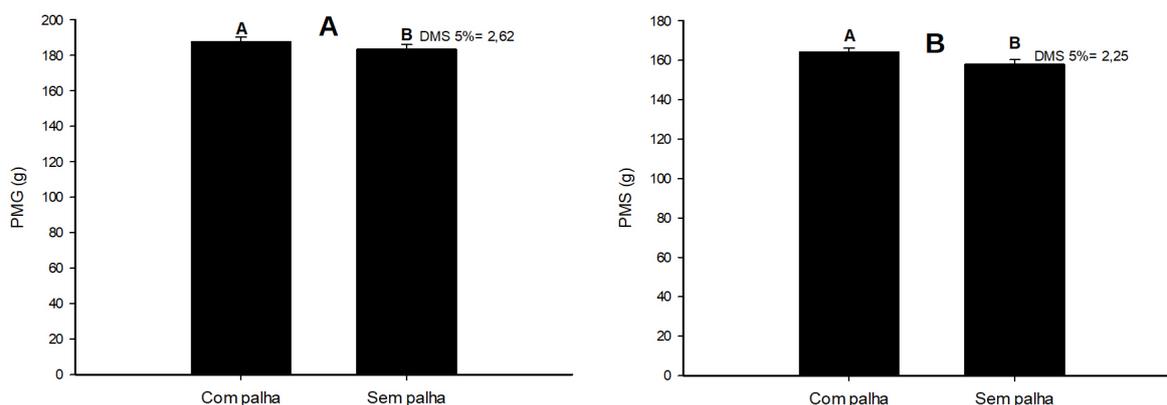


Figura 33 – Peso de mil grãos (PMG) de soja com e sem palha na superfície, na média de quatro herbicidas e cinco proporções de doses. (A) Pato Branco-PR; (B) Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Pato Branco, 2018.

O experimento de Dois Vizinho-PR, o peso de mil grãos de soja respondeu de forma quadrática à proporção de dose, na média dos quatro herbicidas, (Figura 34). A melhor dose foi 1X com um incremento no PMG de 4% seguida pela dose 2X com 3,29%, dose 0,6X com 3% e dose 0,3X com incremento de 1,74%.

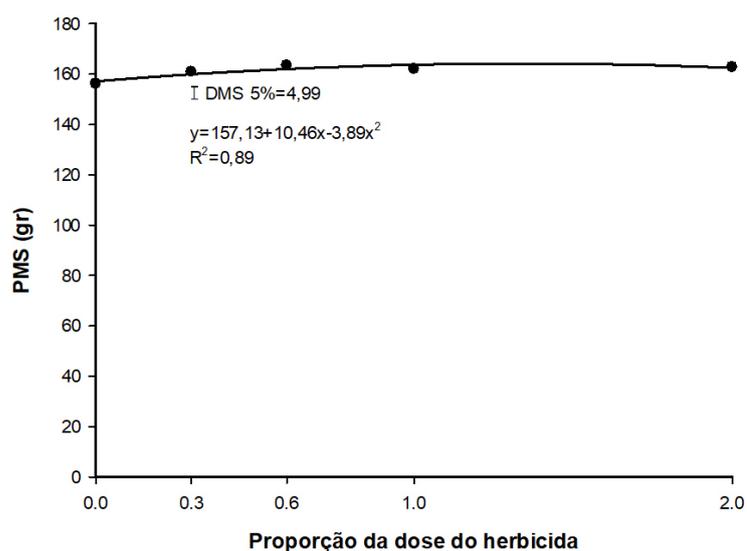


Figura 34 – Peso de mil sementes de soja em função da aplicação de cinco níveis de herbicidas na média de quatro herbicidas, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

A resposta dos componentes do rendimento número de legumes por planta, número de grãos por legume e peso de mil grãos à dose dos herbicidas em geral foi quadrática, em que, de uma forma geral, as proporções 1X e 2X atingiram

os melhores resultados. Esse efeito provavelmente está relacionado ao desempenho superior dos herbicidas nessas doses sobre o controle de plantas daninhas, o que se reflete nos componentes do rendimento e no rendimento de grãos.

5.2.3.2 Rendimento de grãos

No experimento realizado em Pato Branco-PR, a análise da variância do rendimento de grãos não apresentou significância estatística para os fatores testados nem para interações (Apêndice 10).

No experimento de Dois Vizinhos-PR, houve significância estatística para as interações herbicida x palha e palha x dose (Apêndice 18).

Os rendimentos obtidos no experimento de Pato Branco-PR (Tabela 18), foram elevados, acima da média nacional, atingindo 3942 kg ha⁻¹ em média. Estes resultados podem ser explicados pela falta de infestação com plantas daninhas, e aos baixos níveis de fitotoxicidade dos herbicidas (Figura 19), indicando que os herbicidas avaliados foram seletivos para a cultivar BMX ELITE IPRO mesmo em dose acima da recomendada (2X). Com base nos resultados deste experimento, não foi possível definir sobre qual o melhor herbicida. Em doses normais utilizadas pelos produtores, os herbicidas chlorimuron-ethyl, diclosulam, flumioxazin e saflufenacil foram seguros tanto para os sistemas com e sem cobertura de palha de aveia preta na superfície do solo.

Tabela 18 – Rendimento de grãos de soja em função da aplicação de cinco níveis de quatro herbicidas, com e sem palha na superfície. Experimento em Pato Branco-PR. UTFPR, Pato Branco, 2018.

	Rendimento de grãos (kg ha ⁻¹)							
	Saflufenacil		Chlorimuron-ethyl		Flumioxazin		Diclosulam	
	Com palha	Sem palha	Com palha	Sem palha	Com palha	Sem palha	Com palha	Sem palha
0 X	3879,20*	4004,96	4058,28	3815,04	3821,46	4379,62	4181,48	4089,08
0,3 X	3928,12	3811,59	4015,26	3994,35	3681,27	3717,23	3673,36	4215,04
0,6 X	3987,33	4151,55	4136,51	4051,34	3993,78	4162,40	4068,10	3832,47
1 X	3933,64	3524,30	3958,43	3949,21	4276,39	3746,22	3939,69	3663,44
2 X	4441,83	3881,77	3766,02	3811,61	3845,39	4025,71	3389,76	3870,59

*ns= as médias não diferem entre si estatisticamente pelo teste F.

No experimento em Pato Branco, as diferenças observadas no peso de 1000 grãos e número de plantas por metro quadrado não foram suficientes para expressar diferenças entre os herbicidas estudados e sistemas com e sem palha na superfície do solo. Pode-se considerar a possibilidade de efeitos positivos terem sido contrabalançados com efeitos negativos, não sendo alterado o rendimento da cultura.

A presença de palha na superfície não demonstrou impedimento para o desenvolvimento da cultura nem possíveis efeitos alelopáticos. Devemos levar em consideração que, cobertura do solo com palhada é fundamental no controle da erosão (CARVALHO et al., 2012), e redução no número de plantas daninhas (VIDAL et al., 1998), diminuição da temperatura do solo, retarda a evaporação de água da superfície do solo (BORTOLUZZI & ELTZ, 2000), além de aumentar a disponibilidade de nutrientes nas camadas superficiais do solo (CALEGARI et al., 1992).

Com relação ao experimento de Dois Vizinhos-PR, houve diferenças no rendimento de grãos de soja, entre os herbicidas, somente na presença de palha de aveia preta na superfície do solo (Tabela 24). O herbicida chlorimuron-ethyl apresentou a maior média de produtividade, seguido por flumioxazin, diclosulam e saflufenacil, respectivamente. A aplicação do herbicida chlorimuron-ethyl no sistema sem palha na superfície do solo reduziu o rendimento de grãos em 789 kg ha⁻¹ (18,97%) em relação ao sistema com palha, reforçando ainda mais a importância da associação desta prática ao manejo de plantas daninhas e aos sistemas de cultivo.

Tabela 19 – Rendimento de grãos de soja em função da aplicação de quatro herbicidas com e sem palha na superfície, na média de cinco proporções de doses dos herbicidas. Experimento em Dois Vizinhos. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

Herbicida	Com palha	Sem palha
Chlorimuron-ethyl	4163.14a A	3373.50a B
Diclosulam	3852.40ab A	3621.88a A
Flumioxazin	3899.89ab A	3603.08a A
Saflufenacil	3641.29b A	3414.43a A

*Médias seguidas por mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey 5% de probabilidade do erro.

No experimento em Dois Vizinhos, a resposta do rendimento de grão em relação ao incremento na dose dos herbicidas obedeceu ao modelo quadrático, (Figura 35), em que os pontos de máxima para o sistema com palha foi de 4737,92

kg ha⁻¹, na dose de 1,3X, e para o sistema sem palha foi de 4662,12 kg ha⁻¹, na dose de 1,5X. Estes resultados evidenciam a necessidade de maior dose dos herbicidas nos sistemas sem palha, em relação ao sistema com palha, para fazer frente às maiores infestações de plantas daninhas. As diferenças de rendimento em relação aos dois sistemas além de estar diretamente ligada ao melhor controle das plantas daninhas, pode estar relacionado a ciclagem de nutrientes e posterior liberação para as plantas de soja, garantindo melhores condições de enchimento de grãos e desenvolvimento das plantas de soja.

Comparando-se apenas as parcelas sem aplicação de herbicidas (dose 0X), podemos observar que o tratamento com presença de palha de aveia preta na superfície do solo obteve rendimento de grãos de soja 27,26% superior. Substituindo valores na equação ajustada para o sistema sem palha na superfície, observa-se que, para que o sistema sem palha atinja rendimento de grãos equivalente à ausência de herbicida no sistema com cobertura de aveia preta, nas condições observadas neste experimento, é necessária utilização de aproximadamente 25% da dose recomendada (0,25X) na média dos herbicidas utilizados. Ou seja, o efeito supressor da palha equivale a aproximadamente 25% da dose, na média dos herbicidas utilizados.

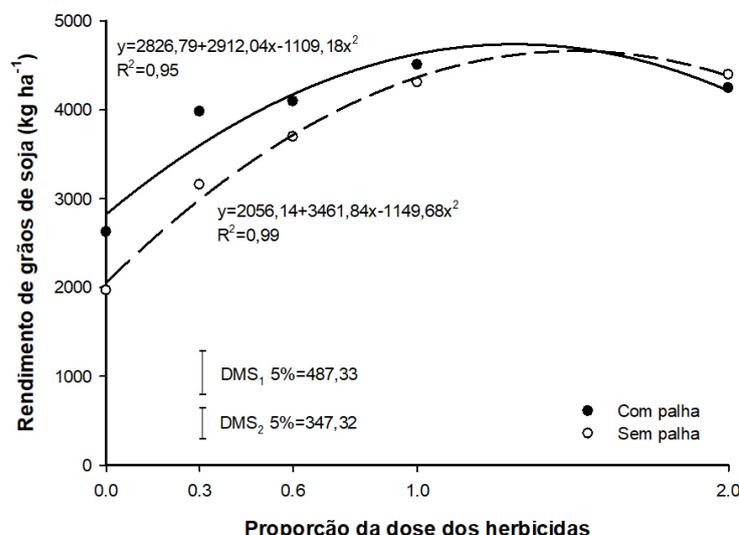


Figura 35 – Rendimento de grãos de soja em função da aplicação de cinco níveis de herbicidas, com e sem cobertura de solo na média de quatro herbicidas. DMS₁= Herbicidas, 2= DMS₂= Palha. Experimento em Dois Vizinhos. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

5.3 PERSISTÊNCIA DE CHLORIMURON-ETHYL, DICLOSULAM, FLUMIOXAZIN E SAFLUFENACIL EM NITOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO LATOSSÓLICO

A precipitação pluvial acumulada registrada durante o período de coleta das amostras para determinação da persistência, entre 0 e 60 dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas foi de 322 mm (Figura 36). No período entre 0 e 28 DAA, a precipitação foi baixa e irregular. A partir de 28 DAA, os índices pluviométricos foram melhor distribuídos. As temperaturas máxima, média e mínima foram normais para o período.

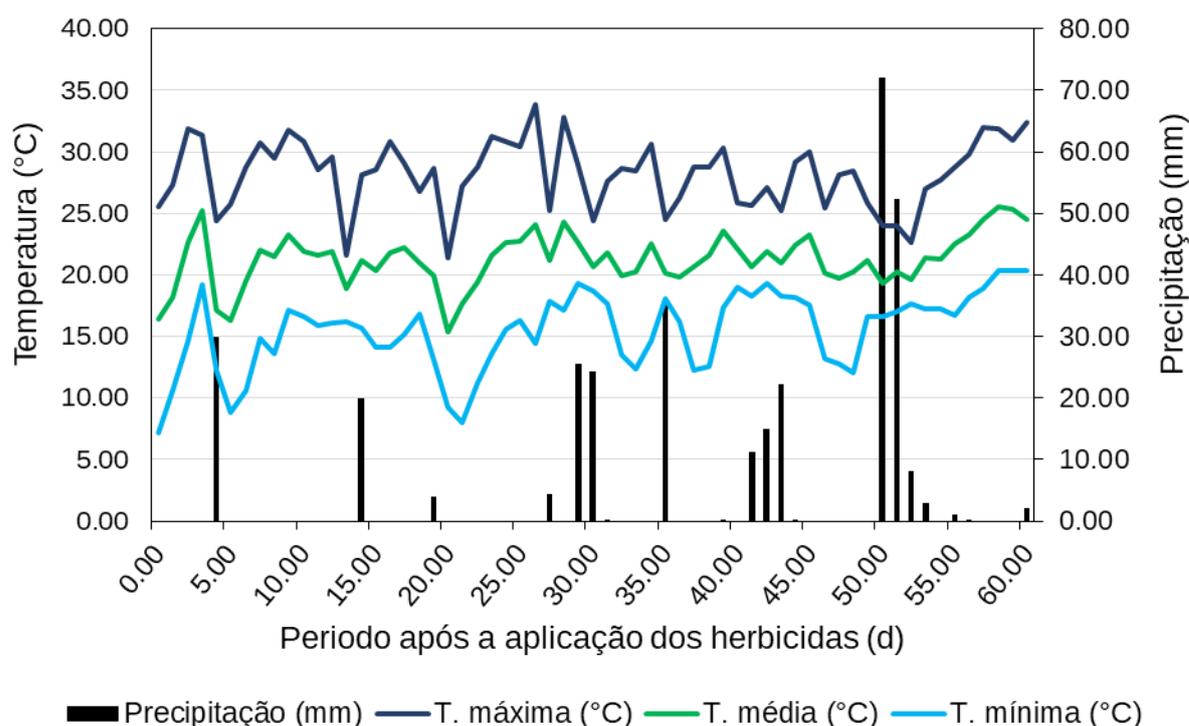


Figura 36 – Precipitação pluvial (mm) e temperaturas máxima, média e mínima (°C), durante o período de coleta das amostras para avaliação de persistência dos herbicidas. UTFPR, Pato Branco-PR.

5.3.1 Massa de planta verde de pepino

Para a variável massa verde de plantas de pepino avaliada aos 21 DAT, normalizada em relação a testemunha, houve significância estatística das interações Herbicida x Avaliação, Herbicida x Palha e Palha x Avaliação. Não sendo significativa interação tríplice entre os fatores (Apêndice 42).

Para todos os herbicidas avaliados, houve menor redução da massa de planta verde nos tratamentos sem palha em relação ao tratamento com palha. Na avaliação realizada no dia da aplicação dos herbicidas, esses resultados podem ser explicados pelo fato de não ter sido registrado precipitação no período entre a aplicação e a coleta das amostras de solo (Figura 36). O primeiro registro de precipitação ocorreu aos 4 DAA. Assim, na segunda avaliação (5 DAA), foi possível observar que houve transposição dos herbicidas pela palha e os mesmos passaram ao solo, em níveis suficientes para reduzir a massa de plantas verdes de pepino. Dentre os quatro herbicidas avaliados, chlorimuron-ethyl (Figura 37 A) e diclosulam (Figura 37 B) causaram maior redução na massa de plantas verde na avaliação aos 5 DAA, nas parcelas com palha, em relação ao tratamento sem palha.

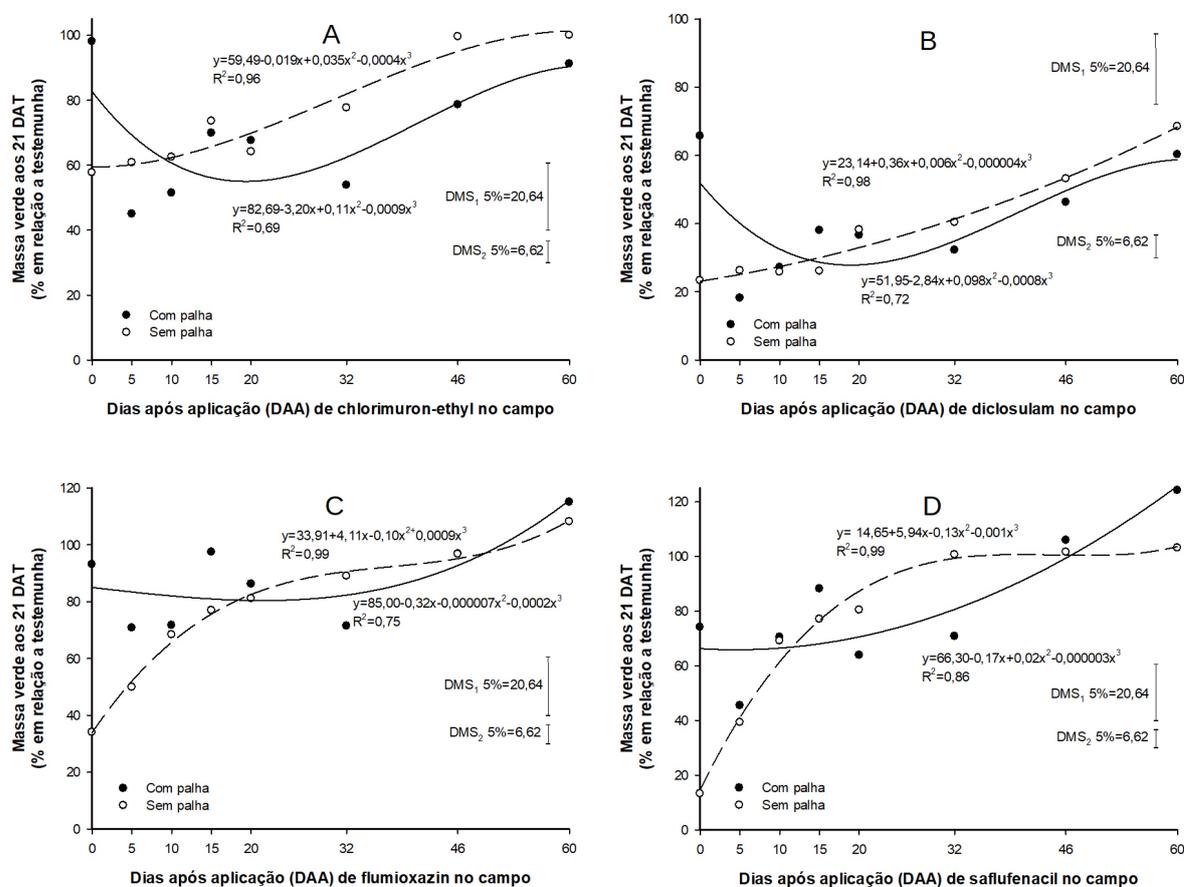


Figura 37 – Massa verde de plantas de pepino (% em relação a testemunha) avaliados aos 21 dias após o transplante em função de solo tratados com 4 herbicidas (A= Chlorimurum; B= Diclosulam; C= Flumioxazin; D= Saflufenacil) e oito épocas de coleta do solo (0, 5, 10, 15, 20, 32, 46 e 60 dias após a aplicação do herbicida no campo), com e sem palha de aveia preta na superfície do solo. DMS1= Avaliações; DMS2=Palha. UTFPR, Pato Branco, 2018.

É possível que nas parcelas sem palha chlorimuton esteja mais exposto a degradação por luz. Observa-se também que na avaliação aos 46 DAA no tratamento sem palha o herbicida praticamente não influenciou na massa de plantas verdes, enquanto que no tratamento com palha aos 60 DAA ainda houve influência do herbicida chlorimuron-ethyl sobre as plantas de pepino (Figura 37 A).

O herbicida chlorimuron-ethyl possui Kow de 320 a pH 5 e 2,3 a pH 7; este herbicida é um ácido fraco com pKa de 4,2 (RODRIGUES & ALMEIDA, 2011). Para herbicidas ionizáveis, o efeito residual e a persistência no ambiente dependem da argila, da matéria orgânica e do pH do solo (MILANOVA & GRIGOROV, 1996). A solubilidade desta molécula é considerada alta e influenciada pelo pH do solo (CHRISTOFFOLETI et al., 2009). Em solução aquosa a pH 5,0, a solubilidade é de 11 mg L⁻¹; a pH 6,5, 450 mg L⁻¹; e em pH 7,0, 1.200 g L⁻¹ (RODRIGUES & ALMEIDA, 2011). Assim, em solos mais ácidos, como os da realização deste experimento (pH 4,9), o herbicida chlorimuron-ethyl permanece na forma molecular e tem maior retenção pelos colóides do solo, o que lhe confere a capacidade de lixiviar menos e persistir por mais tempo no sistema.

O herbicida diclosulam (Figura 37 B), apresentou liberação gradativa a partir da avaliação de 20 DAA, no tratamento com presença de palha de aveia preta na superfície do solo. Ao final da última avaliação aos 60 DAA, as plantas de pepino tiveram sua massa verde reduzida em 49,6% e 31,5% para os tratamentos com e sem palha, respectivamente. A maior redução observada foi de 55% na avaliação de 10 DAA no tratamento com palha. Ao avaliar a interferência da aplicação de diclosulam no solo sobre a cultura do girassol semeada aos 75 e 90 DAA, BRIGHENTI et al. (2002) concluíram que a aplicação do diclosulam causa redução total do estande de girassol nas suas épocas semeadas.

O herbicida diclosulam necessita de aproximadamente 50 mm de chuva para transpor a palha de cana-de-açúcar, alcançando uma transposição máxima, de 65% (NEGRISOLI et al., 2002; PERIM L., 2014). Ao avaliar o comportamento do herbicida diclosulam sobre a palha de cana-de-açúcar, através do método cromatográfico, encontrou-se resultados semelhantes, em que a presença de palha na superfície do solo, proporcionou liberação gradativa para a solução do solo, além de reduzir o potencial de lixiviação. Neste mesmo experimento

demonstrou que após 140 DAA ainda é possível detectar a presença de diclosulam no solo, nos dois sistemas, com e sem palha (PERIM, 2014). Devido a alta persistência na solução do solo do diclosulam, o mesmo apresenta potencial significativo de ocasionar efeitos negativos na cultura do milho caso a semeadura seja realizada em intervalos menores que 120 dias após a aplicação desse herbicida (DAN et al., 2011).

O herbicida flumioxazin, sofreu elevada influência da presença de palha na superfície do solo, provavelmente a precipitação registrada tenha sido insuficiente para deslocar o herbicida da palha para o solo deixando disponível para cumprir com seu papel de controle de plantas daninhas (Figura 37C). É possível observar que aos 15 DAA o efeito do herbicida sobre a massa de planta verde é praticamente nulo e aos 32 dias é possível novamente observar efeitos sobre as plantas de pepino, esse resultado pode estar ligado a nova ocorrência de precipitação (Figura 36), o que demonstra uma maior dependência de água para transpor a palha.

Aos 60 DAA, não foi possível observar redução no desenvolvimento das plantas de pepino em nenhum dos tratamentos com e sem palha. É possível que os resultados obtidos estejam ligados a elevada taxa de degradação microbiana e da rápida adsorção desse herbicida no complexo orgânico do solo, onde cerca de 80% das moléculas do herbicida se apresentam sorvidas em apenas 72 horas (FERRELL et al., 2005). Dados de literatura indicam que plantas de milho semeadas em períodos superiores a 80 DAA não apresentaram sintomas de intoxicação (DAN et al., 2011). Aos 90 DAA, respectivamente 24,9, 14,4, 21,6 e 9,6% do flumioxazin aplicado em quatro diferentes solos de vinhedos do Chile (Pelequen, Rancagua, Las Cabras e Casablanca), permaneceram no solo, e a quantidade final observada foi inversamente proporcional a precipitação observada (ALISTER et al., 2008). Portanto, um aumento nos eventos de chuva e uma redução no tempo entre a aplicação do herbicida e o primeiro evento de chuva pesada devem resultar em um aumento da flumioxazin em solução do solo.

O herbicida saflufenacil juntamente com flumioxazin, apresentou períodos curtos de redução de massa de planta verde de pepino (Figura 37 C). No tratamento sem palha, a partir da avaliação de 32 DAA não foi possível mais

identificar redução na massa verde de pepino. No tratamento com palha se observa que este herbicida é liberado ao solo após precipitação pluvial. Esse comportamento fez com que os efeitos sobre as plantas de pepino fossem observadas por mais tempo até os 46 DAA com redução da massa de planta verde, de 29% em relação a testemunha. A ausência de efeitos do herbicida saflufenacil, a partir dos 32 DAA pode estar ligada à lixiviação deste, para locais fora do alcance das coletas. Em solo com pH de 5,2 (pH deste experimento 4,97) a maior concentração do saflufenacil ficou a 15 cm de profundidade (MONQUEIRO et al., 2012).

5.3.2 Curva de calibração a partir da massa de plantas verde

Segmentos lineares das curvas de dose-resposta dos herbicidas foram utilizadas para estimar a biodisponibilidade dos mesmos nas amostras de solo, ao longo do tempo. Para o herbicida chlorimuron-ethyl, foi utilizado o segmento linear da curva de calibração entre 0 e 2,75 g i.a. ha⁻¹ (Figura 38 A); para o herbicida diclosulam, o ajuste do segmento linear esteve entre 0 e 2,94 g i.a. ha⁻¹ (Figura 38 B), para o herbicida flumioxazin, o segmento linear foi ajustado entre as doses 0 e 4,5 g i.a. ha⁻¹ (Figura 38 C) e para o herbicida saflufenacil o segmento linear foi ajustado entre as doses 0 e 3,5 g i.a. ha⁻¹ (Figura 38 D).

As equações seguiram um modelo linear para a variável massa de plantas verdes de pepino, com R² de 0,98, 0,90, 0,98 e 0,87, respectivamente, para os herbicidas chlorimuron-ethyl, diclosulam, flumioxazin e saflufenacil.

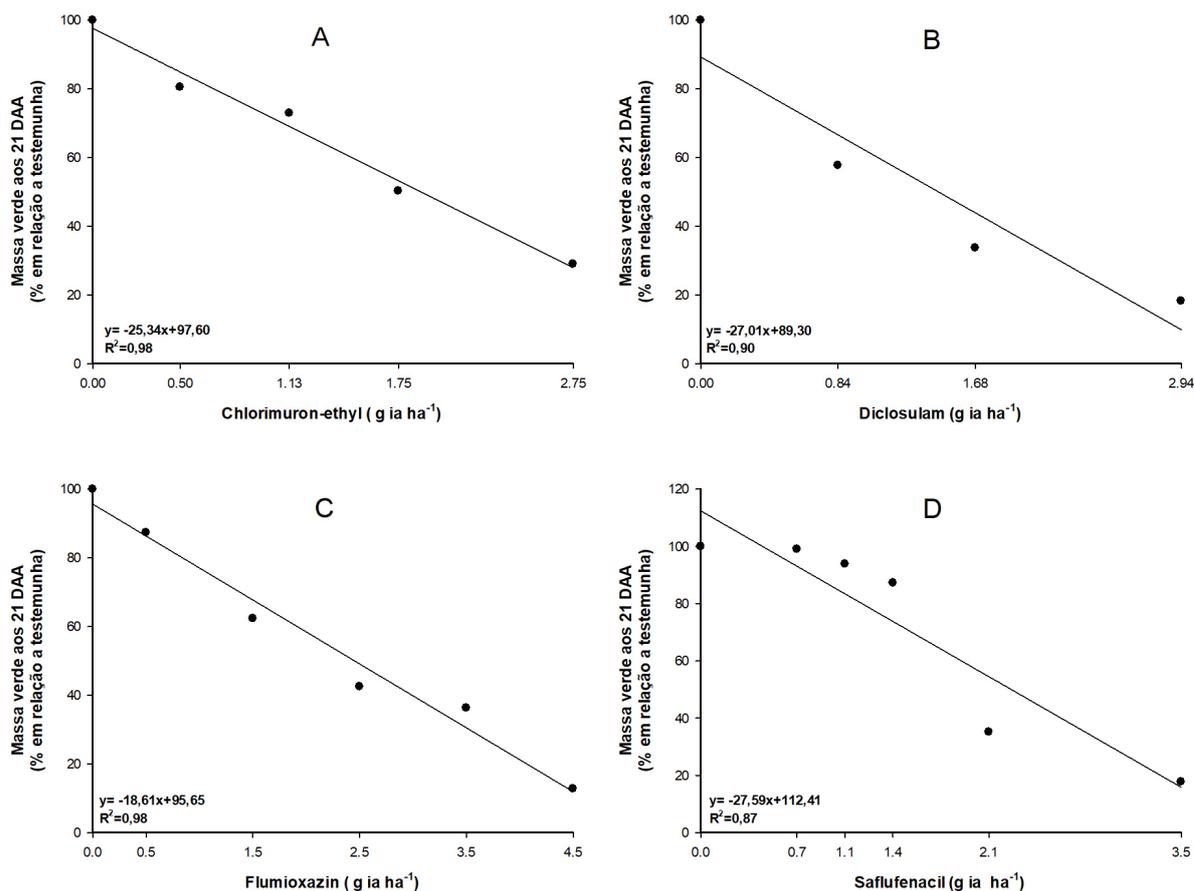


Figura 38 – Massa de planta verde (% em relação a testemunha) de pepino, em função de doses de quatro herbicidas ((A) Chlorimuron-ethyl, (B) Diclosulam, (C) Flumioxazin e (D) Saflufenacil), avaliado aos 21 dias após o transplante (DAT). UTFPR, Pato Branco, 2009.

5.3.3 Biodisponibilidade a partir da massa de planta verde

A maior biodisponibilidade do herbicida chlorimuron-ethyl observada no tratamento sem palha, na avaliação realizada no dia da aplicação dos herbicidas, está associado a falta de precipitação para lixiviar o herbicida da palha para o solo. Após 5 DAA, o herbicida ultrapassou a palha e atingiu o solo, apresentando maior biodisponibilidade no tratamento com palha em relação ao tratamento sem palha. O tratamento sem palha tem a sua biodisponibilidade no solo diminuída de forma constante com o passar do tempo, enquanto que no tratamento com palha no solo existem variações que se relacionam aos níveis pluviométricos. Nos dois primeiros registros de precipitação, pode-se observar que mais herbicida é lixiviado da palha para o solo. No tratamento sem palha na superfície do solo, ao final da última

avaliação, aos 60 DAA, não foi mais detectado chlorimuron no solo, enquanto que, no tratamento com palha ainda foi possível detectar a sua presença. A maior biodisponibilidade de chlorimuron-ethyl no solo, de 5,2% em relação à dose aplicada a campo, foi detectada aos 5 DAA, no tratamento com palha, . Ao final dos 60 DAA, foi possível identificar que apenas 1,53% do total de chlorimuron-ethyl aplicado ao solo ainda estava disponível.

O herbicida diclosulam ficou retido na palha de aveia preta no intervalo entre a aplicação e a primeira avaliação aos 5 DAA (Figura 39 (B)). Após o primeiro registro de chuva de 30 mm o comportamento do herbicida foi bastante semelhante ao do tratamento sem palha, ficando ligeiramente mais disponível. Na amostra coletada aos 60 DAA foram detectados 1,53% e 0,11% do total aplicado de diclosulam no solo, nos sistemas com e sem palha, respectivamente. O nível máximo de herbicida detectado no sistema com palha foi aos 5 DAA , com 3,75% do total aplicado. Aos 20 DAA no tratamento sem palha se percebe aumento na biodisponibilidade em relação a avaliação aos 15 DAA. Uma provável explicação para isso é que, em condição da baixa disponibilidade hídrica, há menor disponibilidade de herbicida para as plantas e assim menor quantidade é absorvida pelas plantas daninhas. Quando a umidade no solo é restabelecida ocorre a dessorção do herbicida voltando a solução do solo (HARTZLER, 2009).

A biodisponibilidade do herbicida flumioxazin no sistema com palha na superfície foi bastante irregular ao longo do tempo (Figura 39 (C)). As maiores disponibilidades desse herbicida detectado no solo no sistema com palha ocorreram logo após a primeira precipitação, aos 5 DAA e também aos 32 DAA, ambas não atingindo 1,5% do total aplicado a campo. Enquanto que a no sistema com palha 3,31% do herbicida foi detectado já na primeira avaliação no dia da aplicação, e a disponibilidade foi reduzida de forma paulatina até 45 DAA, quando não foi possível mais detectar a presença do herbicida no solo. No sistema com palha, a transposição do herbicida da palha para o solo se deu em dois períodos que coincidiram com eventos de chuva registrados no experimento, demonstrando assim a dependência que esse herbicida tem dos níveis de precipitação para ocorrer a transposição da palha para o solo. No sistema com palha a disponibilidade do herbicida foi prolongada em relação ao sistema sem palha (Figura 39 C).

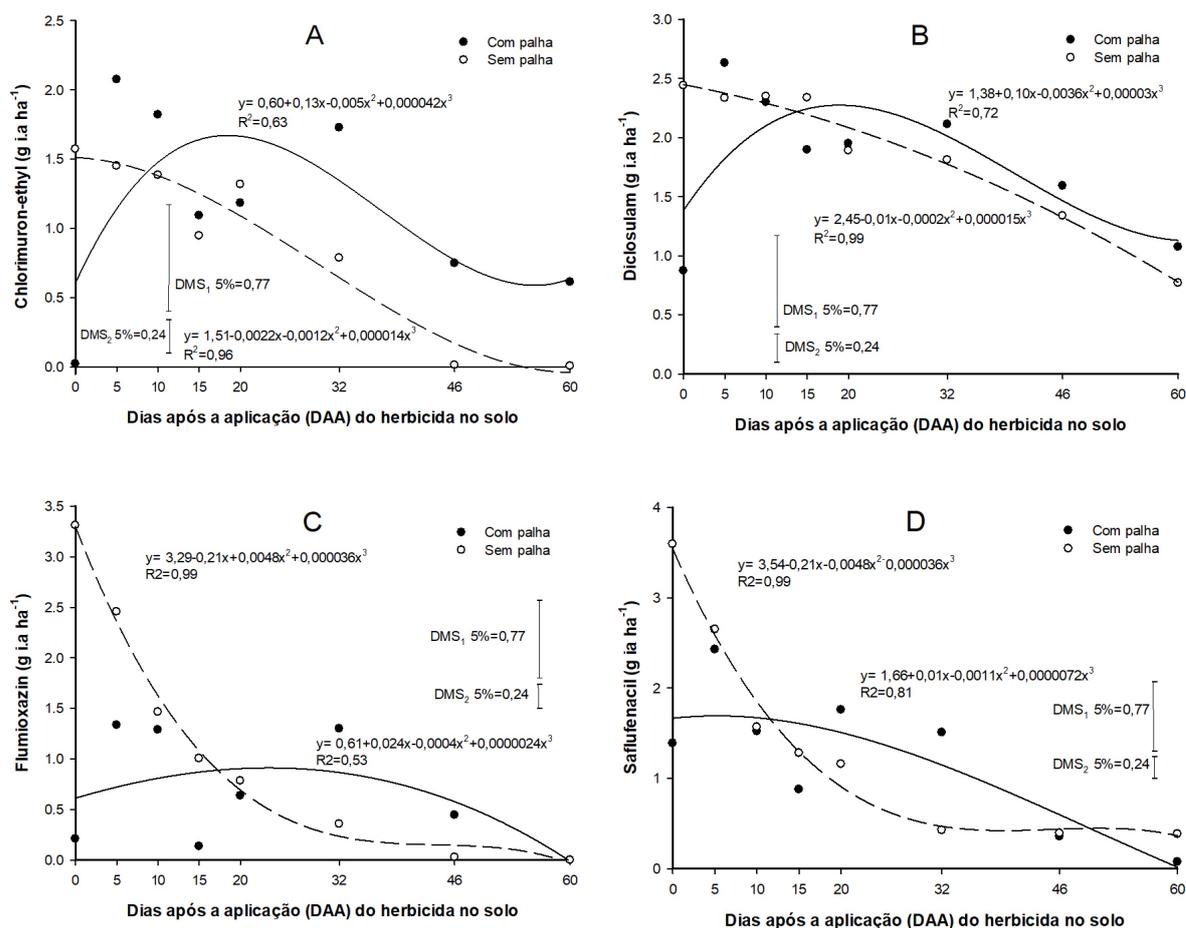


Figura 39 – Biodisponibilidade dos herbicidas chlorimuron-ethyl (A), diclosulam (B), flumioxazin (C) e saflufenacil (D), obtida através da variável massa de plantas verdes aos 21 DAT de plantas de pepino em amostras de solo com até 60 DAA dos herbicidas no solo a campo. UTFPR, Pato Branco, 2009.

A biodisponibilidade do herbicida saflufenacil, para o tratamento sem palha (Figura 39 (D)), na avaliação realizada no dia da aplicação, foi de 5,13% em relação a dose inicial aplicada no campo, e decresceu paulatinamente até a avaliação de 32 DAA. Nas amostragens que se seguiram, apenas traços do produto foram detectados. No tratamento com palha, foram detectados três picos de biodisponibilidade, que coincidiram com os eventos de chuva. Nas avaliações de 46 e 60 DAA a biodisponibilidade entre os sistemas com e sem palha de aveia preta na superfície foram semelhantes.

Com base nos dados obtidos neste trabalho, para o herbicida chlorimuron-ethyl, foi necessário um período entre 46 e 60 dias para sua total dissipação no sistema sem palha, enquanto que para o sistema com palha o período de tempo de 60 dias não foi suficiente para dissipar 100% deste herbicida. Para o

herbicida diclosulam, aos 60 dias ainda havia a presença do herbicida no solo nos sistemas com e sem palha de aveia preta na superfície do solo, em percentuais superiores aos demais herbicidas, o que caracteriza o seu elevado efeito residual no solo, superior a 60 DAA.

O herbicida flumioxazin necessitou de um período entre 32 e 46 dias para que ocorresse a completa dissipação na camada de solo avaliada de 5 cm, para o tratamento sem palha, enquanto que para o sistema com palha o tempo necessário para completa dissipação ficou situado entre 46 e 60 dias.

O herbicida saflufenacil necessitou de um período de tempo entre 32 e 46 dias para que ocorresse a completa dissipação na camada de solo estudada, para o sistema sem palha no solo, e para o sistema com palha de aveia preta na superfície do solo o tempo necessário para sua completa dissipação foi superior a 60 dias. De maneira geral o efeito residual dos herbicidas no solo foi aumentado com a presença da palhada de aveia preta na superfície do solo.

As diferenças entre os sistemas com e sem palha na superfície do solo podem ser explicadas por fatores além do impedimento físico inicial para transposição e de posterior liberação do herbicida para a solução do solo, Os dois sistemas podem apresentar variação no pH do solo, que podem influenciar o estado de ionização dos herbicidas, interferindo assim na sua adsorção aos colóides orgânicos e minerais do solo, o que afeta a degradação, persistência e, principalmente sua atividade, pois menor quantidade de herbicida poderá estar disponível para absorção pelas raízes das plantas (BAYLEY; WHITE, 1970; KHAN, 1978; REDDY et al., 1997). Além disso, a retenção dos herbicidas pelos resíduos das plantas pode minimizar as perdas por erosão hídrica e lixiviação (REDDY et al., 1995), liberando o herbicida lentamente ao solo (VELINI; NEGRISOLI, 2000). Assim, a atividade residual dos herbicidas pode sofrer variação com o incremento de palhada na superfície do solo (ROBINSON, 1986).

5.3.4 Cinética da dissipação dos herbicidas chlorimuron-ethyl, diclosulam, flumioxazin e saflufenacil

Utilizando-se os dados de biodisponibilidade dos herbicidas ao longo

do tempo, calculada através dos dados de massa de planta verde de pepino avaliados aos 21 dias após o transplante (DAT), foi possível calcular a cinética da dissipação (Tabela 20) dos herbicidas no solo. O tempo inicial (t_i) significa o número de dias após a aplicação em que houve elevada disponibilidade do ingrediente ativo e a concentração inicial (c_i) indica a quantidade de ingrediente ativo do herbicida disponível no dia t_i .

Com relação ao herbicida chlorimuron-ethyl foi possível avaliar que a constante de dissipação foi inferior no sistema com palha (0,0189) em relação ao sem palha (0,0303) (Tabela 20). O tempo de meia vida ($t_{1/2}$) do herbicida chlorimuron-ethyl, foi de 41,67 e 22,88 para os sistemas de com e sem palha de aveia preta na superfície de solo, respectivamente, indicando que a presença de palhada no sistema aumentou a persistência deste herbicida no solo.

Tabela 20 – Concentração inicial (c_i), constante de dissipação (k) e meia-vida ($t_{1/2}$) dos herbicidas chlorimuron-ethyl, diclosulam, flumioxazin e saflufenacil nos sistemas de com e sem palha de aveia preta na cobertura do solo, através da avaliação de massa de plantas verdes aos 21 DAT. UTFPR, Campus Pato Branco, 2011.

Herbicida	Cobertura solo	t_i (dias)	$c_i \pm ep$	$k \pm ep$	R^2	Meia-vida ($t_{1/2}$) (dias)
Chlorimuron-ethyl	Com palha	5	1,894 \pm 0.265	0,0189 \pm 0,0078	0,79	41,67
	Sem palha	0	1,731 \pm 0.219	0,0303 \pm 0,0094	0,89	22,88
Diclosulam	Com palha	5	2,484 \pm 0.159	0,0124 \pm 0,003	0,90	60,90
	Sem palha	0	2,636 \pm 0.128	0,0153 \pm 0,0024	0,95	45,30
Flumioxazin	Com palha	5	1.084 \pm 0.396	0,0158 \pm 0,0227	0,34	48,87
	Sem palha	0	3,598 \pm 0.096	0,0821 \pm 0,004	0,99	8,44
Saflufenacil	Com palha	5	2,149 \pm 0.414	0,0324 \pm 0,0147	0,82	26,39
	Sem palha	0	3,741 \pm 0.207	0,0694 \pm 0,0072	0,99	9,99

O herbicida diclosulam apresentou constante de dissipação para o sistema com palha (0,0124), inferior ao tratamento sem palha (0,0153), assim o tempo de meia-vida para as condições deste experimento foi de 60,90 dias para o tratamento com palha e 45,30 dias para o tratamento sem palha (Tabela 20).

Dados de meia vida do herbicida diclosulam indicam um tempo de meia-vida ($t_{1/2}$) de 67 dias em áreas cultivadas em sistema de plantio direto e 87 dias para solos cultivados no sistema convencional (LAVORENTI et al., 2003). Em solos brasileiros, argentinos e americanos, a meia-vida desse herbicida varia de 16 a 54 dias (YODER et al., 2000). Resultados encontrados em que se adotou um nível

aleatório, hipotético e aceitável de 10% de redução de massa da matéria seca de plantas de girassol, o tempo de dissipação foi de, no mínimo 70 dias para o flumioxazin, sendo considerado o herbicida de menor atividade residual em estudo (DAN et al., 2012). A baixa atividade residual do flumioxazin ocorre em função da elevada taxa de degradação microbiana e da rápida adsorção do herbicida no complexo orgânico do solo, onde aproximadamente 80% das moléculas do herbicida são sorvidas em apenas 72 horas (FERRELL et al., 2005).

Os dados obtidos para o herbicida flumioxazin indicam a maior diferença entre os tempos de meia-vida em relação aos sistemas de com e sem palha. A constante de dissipação para o sistema com palha (0,0158) foi inferior ao sistema sem palha (0,0821) (Tabela 20). Os tempos de meia-vida ($t_{1/2}$) obtidos foram de 48,87 e 8,44 dias, respectivamente, para os tratamentos com e sem palha de aveia preta na superfície do solo, indicando que o residual do produto no solo foi favorecido pela presença de palha de aveia preta no sistema. Dados da literatura indicam que o tempo de meia-vida do flumioxazin está entre 11,9 e 17,5 dias (TAYLOR et al., 2001). A rápida dissipação do herbicida no sistema sem palha pode estar associado a capacidade do herbicida se ligar aos colóides do solo e ficar indisponível para a absorção pelas plantas (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005).

O herbicida saflufenacil, apresentou constante de dissipação superior para o tratamento com palha, de 0,0324, e para o tratamento sem palha de 0,0694 (Tabela 20). Os valores de meia-vida ($t_{1/2}$) obtidos foram de 9,99 e 26,39 para os tratamentos sem palha e com palha de aveia preta na superfície do solo, respectivamente. Os dados encontrados neste experimento estão de acordo com as informações do fabricante, em que o saflufenacil apresenta uma meia-vida ($t_{1/2}$) de uma a cinco semanas. A eficácia do produto é mantida em níveis próximos a 80% de controle mesmo depois de 28 dias de seca após a aplicação, porém ocorre acentuada queda no desempenho do herbicida após esse período (MONQUEIRO et al., 2012). Esses dados corroboram com os dados de literatura que indicam que a persistência do saflufenacil no solo situa-se entre 25 e 35 DAA (DIESEL, 2014).

6 CONCLUSÕES GERAIS

A utilização de plantas bioindicadoras foi eficiente para detectar a presenças dos herbicidas no solo.

O grau de sensibilidade aos herbicidas chlorimuron-ethyl, diclosulam, flumioxazin e saflufenacil variou de acordo com a espécie testada. A alface destacou-se pela maior sensibilidade a todos os herbicidas testados. O tomate foi a espécie mais tolerante aos herbicidas diclosulam, flumioxazin e saflufenacil. O pepino apresentou sensibilidade intermediária a todos os herbicidas avaliados, sendo selecionado para o bioensaio para determinação da biodisponibilidade e persistência no solo.

A toxicidade dos herbicidas para a cultura da soja foi, em geral, considerada baixa, não ultrapassando 20%, e não variou significativamente entre os ambientes de Pato Branco e Dois Vizinhos. Entre os herbicidas, a ordem de seletividade para a soja foi de flumioxazin > chlorimuron-ethyl > saflufenacil > diclosulam.

Para Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico e Nitotossolo Vermelho Distroférico, os herbicidas chlorimuron-ethyl, diclosulam, flumioxazin e saflufenacil foram seletivos para a cultivar BMX ELITE RR, nos sistemas de com e sem palha na superfície do solo.

A presença de palha promove supressão de plantas daninhas, porém, áreas com alta infestação não dispensam o uso de outras ferramentas para o manejo integrado das plantas daninhas. Os herbicidas chlorimuron-ethyl, diclosulam, flumioxazin e saflufenacil, aplicados em sub-doses e a palha de aveia preta atuaram complementarmente sobre o controle de plantas daninhas.

A presença de palhada de aveia preta na superfície do solo suprime a germinação e desenvolvimento de plantas daninhas em até 80%, em avaliações precoces, e em até 40% em avaliações tardias.

Para altas infestações de plantas daninhas, mesmo com o uso de práticas integradas de controle, como a adoção da palha e aplicação de herbicidas, não foi possível de se obter controle de 100% das plantas daninhas.

Com a aplicação da dose recomendada ou do dobro da dose

recomendada dos herbicidas chlorimuron-ethyl, diclosulam, flumioxazin e saflufenacil, o sistema sem palha foi tão efetivo quanto o sistema com palha no controle de plantas daninhas em avaliações iniciais.

Ocorre maior resposta na redução da densidade de plantas daninhas com o aumento na dose dos herbicidas. Entretanto, doses acima da recomendada apresentaram pouco incremento no controle, especialmente em condição em que os fluxos de emergência de plantas daninhas ocorre em períodos precoces, logo após a aplicação dos herbicidas.

De maneira geral os herbicidas chlorimuron-ethyl, diclosulam, flumioxazin e saflufenacil persistem por mais tempo no sistema com a presença de palha na superfície do solo, em comparação a ausência de palha.

A ordem crescente de persistência dos herbicidas no solo na média de com e sem palha foi de saflufenacil<flumioxazin<chlorimuron-ethyl<diclosulam.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho fornece dados importantes para com relação a utilização de espécies bioindicadoras do residual de herbicidas no solo. Esta técnica é bastante discutida na literatura, porém com poucos resultados comparativos entre herbicidas. A técnica de bioensaio se mostrou prática e de baixo custo, além de ser eficiente neste estudo comparativo. Comparativamente a técnica cromatográfica, o bioensaio leva desvantagem no tempo de execução e necessidade de armazenagem por longos períodos das amostras em freezer, já que para as amostras cromatográficas, pode-se realizar a coleta, fazer a análise e posteriormente comparar entre os períodos.

A principal dificuldade encontrada foi a detecção da melhor espécie bioindicadora, possível de ser usada para os quatro herbicidas testados. Entretanto com o avanço em novos trabalhos, é possível que esta etapa seja facilitada. O pepino demonstrou desempenho adequado para a avaliação da biodisponibilidade dos herbicidas chlorimuron-ethyl, diclosulam, flumioxazin e saflufenacil. Outra dificuldade é conhecer o histórico de aplicação de produtos na área testada, pois são conhecidos produtos com efeito residual extremamente longos, que podem mascarar os efeitos dos herbicidas. É importante que cada tratamento tenha uma testemunha posicionada o mais próximo possível da parcela tratada, para que possíveis efeitos da fertilidade do solo sejam minimizados.

Estudos comparativos de herbicidas residuais são importantes, primeiramente para conhecer os possíveis impactos ambientais, além de auxiliar na tomada de decisão por recomendantes para aplicação no campo. Os dados obtidos neste trabalho deixam claro a diferença entre o comportamento dos herbicidas na presença ou ausência de palha de aveia preta na superfície do solo. O conhecimento destas diferenças entre herbicidas e sistemas de manejo é fundamental para o planejamento do sistema de rotação de culturas e princípios ativos utilizados.

O utilização de mais de uma técnica para o manejo integrado de plantas daninhas é fundamental, tanto para o manejo de resistência, como para uma maior eficiência no controle. O conhecimento do comportamento dos herbicidas com

efeito residual no solo, não apenas é necessário para a escolha de um herbicida adequado, e sim, para a correta adoção destas ferramentas de manejo para que se tenha o menor impacto ambiental possível, sem erros de manejo e prejuízos a culturas em sucessão.

Finalmente consideramos que devem ser realizados mais estudos comparativos entre sistemas de manejo e herbicidas com efeito residual no solo, que permitam conhecer melhor os efeitos de distintas doses sobre a eficiência agrônômica e sobre seus possíveis efeitos sobre espécies cultivadas em sucessão.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/38a2b2804745906a991ddd3fbc4c6735/d43.pdf?MOD=AJPERES>>. Acesso em 24 abr. 2016.

ALISTER, C.; ROJAS, S.; GOMEZ, P.; KOGAN, M. Dissipation and movement of flumioxazin in soil of four field sites in Chile. **Pest Management Sci.**, v.64, n.5, p.579-583, 2008.

ALMEIDA, F. S. de; RODRIGUES, B. N. **Guia de herbicidas: contribuicao para o uso adequado em plantio direto e convencional**. Londrina: IAPAR, 1985. 468 p.

ALMEIDA, F.S. Controle de ervas. In: Fundação Instituto Agrônômico do Paraná, Londrina, PR. Plantio direto no Estado do Paraná. Londrina, 1981. p. 101-44. (Circular IAPAR, 23).

ALONSO, D. G. et al. Seletividade de glyphosate isolado ou em misturas para soja RR em aplicações sequenciais. **Planta daninha**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 203-212, Mar. 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582013000100022&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 13 mai. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582013000100022>.

ALONSO, DIEGO G.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.. **Potencial de carryover de herbicidas com atividade residual usados em manejo outonal. Buva: Fundamentos e recomendações para manejo**. Curitiba: Omnipax, p. 91-104, 2013.

ANDRADE, S. R. B. et al. Lixiviação do ametryn em Argissolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho-Amarelo, com diferentes valores de pH. **Planta daninha**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 655-663, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582010000300023&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 13 mai. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582010000300023>.

ARTUZI, J. P.; CONTIERO, R. L. Herbicidas aplicados na soja e produtividade do milho em sucessão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 2, p. 1119-1123, 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2006000700007>>. Acesso em: 06 ago. 2016.

AVILA, L.A. et al. Retorno da produção de arroz irrigado com cultivares convencionais após o uso do sistema Clearfield®. **Planta daninha**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 123-129, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582010000100015&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 13 mai. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582010000100015>.

BAILEY, G.W.; WHITE, J.L. Factors influencing the adsorption, desorption and movement of pesticides in soil. **Residue Reviews**, New York, v. 32, n. 1, p. 29-92, 1970.

BALBINOT JR, A.A.; TREZZI, M. Ecofisiologia e manejo de plantas daninhas na cultura do milho. In: WORDELL FILHO, J.; ELIAS, H. A cultura do milho em santa catarina. Florianópolis. EPAGRI, p. 7-46, 2010.

BANKS, A. P.; ROBINSON, E. L. Soil reception and activity of acetochlor, alachlor, and metolachlor as affected by wheat (*Triticum aestivum*) straw and irrigation. **Weed Science**, Champaign, v. 34, n. 4, p. 607-611, 1986.

BASF. Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico. Data/revisada: 14.02.2013. Versão: 2.0. Produto: HEAT. Disponível em: <http://www.agro.basf.com.br/agr/ms/apbrazil/pt_BR/function/conversions:/publish/content/APBrazil/solutions/herbicidas/FISPQ/FISPQ_HEAT.pdf> Acesso em: 06 ago. 2016.

BEN, Ronei. **Avaliação da seletividade do herbicida saflufenacil em pré-emergência da cultura da soja**. 2016. 89 f. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Botucatu, SP. 2016.

BIANCHI, M.A.; ROCKENBACH, D.; SCHNEIDER, T. Seletividade de herbicidas a base de clorimurrom-etílico aplicados em pré e em pós-emergência da soja. Seminário Interinstitucional de Ensino, Pesquisa e Extensão, 3, 2010. Cruz Alta-RS. **Resumos...** Universidade de Cruz Alta, 2010. p.3.0

BORTOLUZZI, E. C.; ELTZ, F. L. F.. Efeito do manejo mecânico da palhada de aveia preta sobre a cobertura, temperatura, teor de água no solo e emergência da soja em sistema plantio direto. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 449-457, Jun. 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832000000200021&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 13 Mai. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832000000200021>.

BRAGAGNOLO, N.; MIELNICZUK, J. Cobertura do solo por resíduos de oito seqüências de cultura e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo, germinação e crescimento inicial do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.14, p.91-98, 1990.

BRIGHENTI, Alexandre Magno et al. Persistência e fitotoxicidade de herbicidas aplicados na soja sobre o girassol em sucessão. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 37, n. 4, p. 559-565, Abril. 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2002000400019&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 13 mai. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2002000400019>.

BYKER, H. P. et al. Control of glyphosate-resistant Canada fleabane [*Conyza canadensis* (L.) Cronq.] with preplant herbicide tankmixes in soybean [*Glycine max* (L.) Merr.]. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 93, n. 4, p. 659-667, 2013.

CALEGARI, A. Alternativa de rotação de culturas para plantio direto. **Revista Plantio Direto**, v. 80, p. 62-70, 2004.

CALEGARI, A.; FERRO, M.; GRZESIUK, F.; JACINTO JUNIOR, L. Plantio direto e rotação de culturas: experiência em Latossolo Roxo/1985–1992. Paraná, COCAMAR/ZENECA Agrícola, 1992, 64p.

CARBONARI, C. A. et al. Eficácia do herbicida diclosulam em associação com a palha de sorgo no controle de *Ipomoea grandifolia* e *Sida rhombifolia*. **Planta daninha**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 657-664, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582008000300022&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 13 mai. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582008000300022>.

CARVALHO, B. L. **PLANTAS DANINHAS**. v. 6. Edição. O AUTOR, LAGES-SC 2013.

CARVALHO, F. T. de; CAVAZZANA, M. A.. Eficácia de herbicidas no manejo de plantas daninhas para o plantio direto de soja. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 1, n. 2, p. 167-172, ago. 2000. ISSN 2236-1065. Disponível em: <<http://www.rbherbicidas.com.br/index.php/rbh/article/view/332>>. Acesso em: 12 mai. 2018. <https://doi.org/10.7824/rbh.v1i2.332>.

CARVALHO, J. A. et al. Controle pós-emergente de plantas daninhas com flumioxazin no cultivo da soja 'CAC-1'. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, Londrina, 1999. **Resumos...** Londrina, PR: [s.n.], 1999. p. 408.

CARVALHO, M. A. R. de et al. Escoamento superficial na interação: cobertura vegetal e práticas de controle de erosão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 6, p. 1116-1125, Dez. 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162012000600013&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 13 mai. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162012000600013>.

CARVALHO, S. J. P. et al. Soil Persistence of Chlorimuron-Ethyl and Metsulfuron-Methyl and Phytotoxicity to Corn Seeded as a Succeeding Crop. **Planta daninha**, Viçosa, v. 33, n. 2, p. 331-339, Jun. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582015000200331&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 13 mai. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-83582015000200019>.

CHRISTOFFOLETI, P. J. et al. **Resistência de plantas daninhas a herbicidas:**

Termos e definições importantes. p. 11-32, set. 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/307967746_Resistencia_de_plantas_daninhas_a_herbicidas_Termos_e_definicoes_importantes>. Acesso em: 12 mai. 2018.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; LÓPEZ, O. **Comportamento dos herbicidas aplicados ao solo na cultura da cana-de-açúcar.** 1ª ed. Piracicaba, SP. 2008.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; LÓPES, O. **Dinâmica dos herbicidas aplicados ao solo na cultura da cana-de-açúcar.** Piracicaba: BASF, 2005: 49 p.

CHRISTOFFOLETTI, J. C. Considerações sobre tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas. São Paulo: **Teejet South America**, 1999. 14 p. (Boletim técnico, 5).

COBUCCI, T. **Manejo e controle de plantas daninhas em feijão.** In: VARGAS, L.; ROMAN, E.S. Manual de manejo e controle de plantas daninhas. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2008. p.453-480.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Acompanhamento Da Safra Brasileira Grãos. Monitoramento Agrícola - Safra 2017/18, v. 5, n. 7, p. 1–139, 2018. Disponível em: <<http://doi.org/ISSN 2318-6852>>. Acesso em 13 mai. 2018.

CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JR, R. S.; OLIVEIRA, N. BUVA: Fundamentos e Recomendações para Manejo. Curitiba: **Editora Omnipax**, 2013.

CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. C.; LEITE, G. J.. Seletividade da soja transgênica tolerante ao glyphosate e eficácia de controle de *Commelina benghalensis* com herbicidas aplicados isolados e em misturas. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 3, p. 663-671, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052008000300015&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 13 mai. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052008000300015>.

CORREIA, N. M.; REZENDE, P. M. **Manejo integrado de plantas daninhas na cultura da soja.** Lavras: Editora UFLA, 2002.

COSTA, A.G.F. et al . Efeito da intensidade do vento, da pressão e de pontas de pulverização na deriva de aplicações de herbicidas em pré-emergência. **Planta daninha**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 203-210, mar. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582007000100023&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 14 mai. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582007000100023>.

COSTA, E. R., SILVA, A. A., FERREIRA, F. A. Tolerância da cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) ao herbicida flumioxazin aplicado em pós emergência. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 21, 1997,

Caxambu. **Resumos...** Caxambu, MG: Editora SBCPD, 1997. p. 72.

DAHLEM, Ana R. **Plantas de cobertura de inverno em sistemas de produção de milho sob plantio direto no Sudoeste do Paraná.** 2013. Dissertação (Mestrado em Agronomia) 94f.. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013.

DALAZEN, G. et al. Sinergismo na combinação de glifosato e saflufenacil para o controle de buva. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.45, n.2, p.249-256, Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-40632015v4533708>. Acesso em: 06 ago. 2016.

DAMS, R. I. Pesticidas: Usos e perigos à saúde e ao meio ambiente. **Revista Saúde e Ambiente**, v. 7, n. 2, p. 37-44, 2009.

DAN, H. A., et al. Resíduos de herbicidas utilizados na cultura da soja sobre o milho cultivado em sucessão. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 1, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/2163>. Acesso em 13 de mai. 2018.

DAN, H.A et al . Atividade residual de herbicidas aplicados em pós-emergência na cultura da soja sobre o milheto cultivado em sucessão. **Planta daninha**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 663-671, Set. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582011000300021&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 13 mai. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582011000300021>.

DAN, H.A. et al. Residual activity of herbicides used in soybean agriculture on grain sorghum crop succession. **Planta daninha**, Viçosa, v.28, n. spe, p. 1087-1095, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582010000500016>>. Acesso em: 06 ago. 2016.

DAYAN, Franck E.; WATSON, Susan B. Plant cell membrane as a marker for light-dependent and light-independent herbicide mechanisms of action, **Pesticide Biochemistry and Physiology**, Volume 101, 3 ed., 2011, p. 182-190, ISSN 0048-3575. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048357511001416>>. Acesso em 13 mai. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2011.09.004>.

DEPARTAMENTO DE ECONOMIA RURAL (DERAL). Soja – análise da conjuntura agropecuária – Novembro 2016. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/2017/Soja_2016_17.pdf>. Acesso em: 12 de maio de 2018.

DEUBER, R. **Ciência das plantas daninhas: fundamentos.** Jaboticabal: FUNEP, 1992. v. 1, 431p

DEUBER, R. et al. Controle de plantas infestantes e fitotoxicidade de herbicidas pós-emergentes em milho safrinha. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 8., 2005, Assis. **Anais...** Campinas: Instituto Agrônômico, 2005. p. 61-175.

DIESEL, Francielli et al. SELEÇÃO DE ESPÉCIES DA FAMÍLIA CUCURBITACEAE E CHENOPODIACEAE PARA INDICAÇÃO DA PRESENÇA DE SAFLUFENACIL NO SOLO. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 22, dez. 2012. ISSN 0103-7277. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/pesticidas/article/view/30794>>. Acesso em: 13 mai. 2018. doi:<http://dx.doi.org/10.5380/pes.v22i1.30794>.

DIESEL, Francielli. **Persistência no solo, seletividade para espécies cultivadas e interação de saflufenacil com herbicidas causadores de estresse oxidativo**. 2013. 105 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013.

DOW. Product Safety Assessment - Diclosulam. The Dow Chemical Company, 2012. Disponível em: http://msdssearch.dow.com/PublishedLiteratureDOWCOM/dh_08b1/0901b803808b1f7f.pdf?filepath=productsafety/pdfs/noreg/233-00953.pdf&fromPage=GetDoc. Acesso em: 06 ag. 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA), 2012. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/download/Capim_amargoso.pdf>. Acesso em: 06 ago. 2016.

ESTATÍSTICAS DE COMERCIO EXTERIOR DO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO (AGROSTAT). Disponível em <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/pages/AGROSTAT.html>>. Acesso em: 12 mai. 2018.

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO E IRRIGAÇÃO (FEBRAPDP). Disponível em: <<http://www.febrapdp.org.br/>>. Acesso em: 13 de maio de 2018.

FERRELL, Jason A.; WITT, William W.; VENCILL, William K. Sulfentrazone Absorption by Plant Roots Increases as Soil or Solution PH Decreases. **Weed Science**. 51 ed, no. 5. 2003. 826-30. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/4046567>>. Acesso em 13 mai. 2018. <https://doi.org/10.1614/P2002-149>.

FERRI, Miguel Vicente Weiss et al. LIXIVIAÇÃO DO HERBICIDA ACETOCLOR EM SOLO SUBMETIDO À SEMEADURA DIRETA E AO PREPARO CONVENCIONAL. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, [S.l.], v. 13, dez. 2003. ISSN 0103-7277. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/pesticidas/article/view/3174>>. Acesso em 13 mai. 2018. doi:<http://dx.doi.org/10.5380/pes.v13i0.3174>.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Estatistical Pocketbook**. 2015. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i4691e.pdf>>. Acesso em 15 de maio 2018.

FORNAROLLI, D. A. et al. **Herbicida saflufenacil no manejo de biotípos de Conyza sp. resistente ao herbicida glifosato**. EMBRAPA SOJA. 2011. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/50973/1/herbicida.pdf>>. Acesso em 13 mai. 2018.

FORNAROLLI, Donizeti A. et al. Influência da cobertura morta no comportamento do herbicida atrazine. **Planta daninha**, Viçosa, v. 16, n. 2, p. 97-107, Dec. 1998. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83581998000200003&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 13 Mai. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83581998000200003>

FRANS, R.; TALBERT, R.; MARX, D.; CROWLEY, H. Experimental design and techniques for measuring and analysing plant responses to weed control practices. In: CAMPER, N.D. **Research Methods in Weed Science**. Third Edition. Champaign: Southern Weed Science Society. 1986, p. 29-46.

GRICHAR, W. J. et al. Cotton Response to Imazapic and Imazethapyr Residues. Following Peanut. **The Texas Journal of Agriculture and Natural Resource**, v. 17, n. 1, p. 1-8, 2004

GROSSMANN, K., et al. Saflufenacil (Kixor™): Biokinetic Properties and Mechanism of Selectivity of a New Protoporphyrinogen IX Oxidase Inhibiting Herbicide. **Weed Science**, 59(3), 290-298. Disponível em: <<https://www.cambridge.org/core/journals/weed-science/article/div-classtitle/saflufenacil-kixor-biokinetic-properties-and-mechanism-of-selectivity-of-a-new-protoporphyrinogen-ix-oxidase-inhibiting-herbicide/div/A240DBBE6F664C1573F740FEA2047B48>>. Acesso em 13 de mai. 2018. doi:10.1614/WS-D-10-00179.1

GUERRA, Naiara et al. Seleção de espécies bioindicadoras para os herbicidas trifloxysulfuron-sodium e pyriithiobac-sodium. **Revista Brasileira de Herbicidas**, [S.l.], v. 10, n. 1, p. 37-48, abr. 2011. ISSN 2236-1065. Disponível em: <<http://www.rbherbicidas.com.br/index.php/rbh/article/view/89>>. Acesso em 13 mai. 2018. doi:<https://doi.org/10.7824/rbh.v10i1.89>.

GUIMARÃES, G. L. **Impactos ecológicos do uso de herbicidas ao meio ambiente**. Série Técn. IPEF, v. 4, n.12, p. 159-180, 1987.

HEIFFIG, Lília S. **Plasticidade da cultura da soja (Glycine max (L.) Merrill) em diferentes arranjos espaciais**. 2002. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003. doi:10.11606/D.11.2003.tde-20022003-151548. Acesso em 13 mai. 2018.

Herzler, B. (2002): **Absorption of soil-applied herbicides**. Iowa Stat University. Disponível em: <<http://www.weeds.iastate.edu/mgmt/2002/soilabsorption.htm>>. Acesso em 16 mai. 2018.

HIRAKURI, M.H. **Sistema de Produção: conceitos e definições no contexto agrícola**. EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agrícola, LONDRINA - PR: Embrapa Soja, 2012, 24 p.

INOUE, Miriam H. et al. Lixiviação e degradação de diuron em dois solos de textura contrastante. **Acta Scientiarum Agronomy (Online)**, Maringá, v. 30, p. 631-638, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1807-86212008000500005&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 13 mai. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S1807-86212008000500005>.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ (IAPAR). **Classificação Climática – Segundo Koppen**. Disponível em: <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=597>. Acesso em 13 mai. 2018.

JAREMTCHUK, Carla C. et al. Efeito de sistemas de manejo sobre a velocidade de dessecação, infestação inicial de plantas daninhas e desenvolvimento e produtividade da soja. **Acta Scientiarum Agronomy**., Maringá, v. 30, n. 4, p. 449-455, dez. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1807-86212008000400002&lng=es&nrm=iso>. Acesso em 13 mai. 2018. <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v30i4.5297>

JONES JR, R. E.; BANKS, P. A.; RADCLIFFE, D. E. Alachlor and metribuzin movement and dissipation in a soil profile as influenced by soil surface condition. **Weed Science**, p. 589-597, 1990.

KHAN, S.U. **Soil organic matter**. New York: Elsevier Science, 1978. The interaction of organic matter with pesticide: p. 319.

LAMEGO, F. P. et al. Manejo de *Conyza bonariensis* resistente ao glyphosate: coberturas de inverno e herbicidas em pré-semeadura da soja. **Planta daninha**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 433-442, Jun. 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582013000200022&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 13 mai. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582013000200022>.

LAMOREAUX, R. J. et al. Efficacy of dimethenamid, metolachlor and encapsulated alachlor in soil covered with crop residue. **Weed Science**, v. 3, p. 1015-20, 1993.

LANGENBACH, T.; SCHROLL, R.; SCHEUNERT, I. Fate of the herbicide 14C-terbuthylazine in Brazilian soils under various climatic conditions. **Chemosphere**, v.

45, n. 387, p. 398, 2001.

LAVORENTI, A. et al. Comportamento do diclosulam em amostras de um latossolo vermelho distroférico sob plantio direto e convencional. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 183-190, Fev. 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832003000100019&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 13 mai. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832003000100019>.

LEITE, C. R. F.; ALMEIDA, J. C. V.; PRETE, C. E. C.. Sensibilidade de cultivares de soja (*Glycine max*) aos herbicidas diclosulam e flumetsulam. **Planta daninha**, Viçosa, v. 18, n. 1, p. 103-122, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582000000100011&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 28 Abr. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582000000100011>.

LOCKE, Martin A.; BRYSON, Charles T.. Herbicide-Soil Interactions in Reduced Tillage and Plant Residue Management Systems. **Weed Science**, vol. 45, no. 2, p. 307–320, 1997. Disponível em: <www.jstor.org/stable/4046093>. Acesso em 13 mai. 2018.

MACEDO, Gabrielle de Castro. **Efeitos de sistemas de manejo pré-semeadura da soja sobre a dinâmica no solo e eficácia de herbicidas**. 2015. 113 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, 2015. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/126487>>. Acesso em 13 mai. 2018.

MACHADO, A. A.; CONCEIÇÃO, A. R. WinStat: sistema de análise estatística para Windows. Versão Beta. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2005. (Software).

MACHADO, A.B. et al. Rendimento de grãos de feijão e nível de dano econômico sob dois períodos de competição com *Euphorbia heterophylla*. **Planta daninha**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 41-48, Mar. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582015000100041&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 12 Mai. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582015000100005>.

MAJUNDAR, A. Soybean varietal response to saflufenacil (Sharpen® herbicide). Disponível em: <https://sites.aces.edu/group/crops/blog/Lists/Posts/Post.aspx?List=93b27053-563c-4a66-b5db-09c41227b355&ID=191&Web=89eff7f6-d4b3-4cf8-9191-103ef5cc38d3>. Acesso em 13 mai. 2018.

MANCUSO, M. A. C.; NEGRISOLI, E.; PERIM, L.. Efeito residual de herbicidas no solo (“Carryover”). **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 10, n. 2, p. 151-164, ago. 2011. ISSN 2236-1065. Disponível em: <<http://www.rbherbicidas.com.br/index.php/rbh/article/view/106>>. Acesso em: 13

maio 2018. doi:<https://doi.org/10.7824/rbh.v10i2.106>.

MARCHESAN, Eli D. et al. Integration mulches with atrazine for weed management in corn. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v. 11, n. 1, p. 1-7, 2016. ISSN 1981-1160. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=119045655001>>. Acesso em 13 mai. 2018. doi:10.5039/agraria.v11i1a5353.

MARCHESAN, Eli D.. Seleção de espécies bioindicadoras para uso em bioensaios de lixiviação e persistência de atrazina no solo. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, [S.l.], v. 21, dez. 2011. ISSN 0103-7277. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/pesticidas/article/view/25937>>. Acesso em: 13 mai. 2018. doi:<http://dx.doi.org/10.5380/pes.v21i0.25937>.

MARIANO, D. C., de Freitas, et al. Evaporation of soil water based on the quantity and uniformity of crop waste distribution in soil superficies. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 46, p. 4726-4734, 2016. Disponível em: <<http://www.academicjournals.org/journal/AJAR/article-abstract/521E55561710>>. Acesso em 13 de maio de 2018. <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11413>.

MAROCHI A.I.; MIERLO C.V.; GALLO P. Eficiência de flumetsulam aplicados sobre diferentes quantidades de palha, em sistema de plantio direto, no controle de dicotiledôneas na cultura da soja. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. XX, 1994, Florianópolis. **Resumos...** p. 76-8, 1994.

MELLENDORF, Tracy G., et al. Influence of Plant Height and Glyphosate on Saflufenacil Efficacy on Glyphosate-Resistant Horseweed (*Conyza Canadensis*). **Weed Technology**, vol. 27, no. 3, 2013, p. 463–467. Disponível em: <www.jstor.org/stable/43702623>. Acesso em 13 de mai. 2018.

MELO, Marcel S. Cabral de 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, ago. 2012. ISSN 2236-1065. Disponível em: <<http://www.rbherbicidas.com.br/index.php/rbh/article/view/145>>. Acesso em: 13 mai. 2018. doi:<https://doi.org/10.7824/rbh.v11i2.145>.

MEROTTO JÚNIOR, A.; VIDAL, R. A. Herbicidas inibidores de Protox. In: VIDAL, R. A.; MEROTTO JÚNIOR, A. (Ed.). **Herbicidologia**. Porto Alegre: Evangraf, 2001. 152 p.

MESCHEDE, D. K. et al. Período anterior a interferência de plantas daninhas em soja: estudo de caso com baixo estande e testemunhas duplas. **Planta daninha**, Viçosa, v. 22, n. 2, p. 239-246, Jun. 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582004000200010&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 13 mai. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582004000200010>.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Sistemas de agrotóxicos fitossanitários**. Disponível em: <<http://agrofit.agricultura.gov.br>>. Acesso em 13 de maio de 2018.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (AGROFIT). Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/agrotoxicos/agrofit>>. Acesso em 13 mai. 2018.

MINOZZI, G. B., MONQUERO, P. A., PEREIRA, P. A., Eficácia de diferentes manejos das plantas daninhas na cultura da soja transgênica. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v.9, n.3, p. 406-412, 2014. ISSN (on line) 1981-0997. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=119032103015>> ISSN 1981-1160>. Acesso em 13 de mai. 2018. doi:10.5039/agraria.v9i3a4499.

MONQUEIRO, P.A. et al. Lixiviação de saflufenacil e residual após períodos de seca. **Planta daninha**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 415-423, Jun. 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582012000200022&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 13 mai. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582012000200022>.

MONQUERO, P. A. COSTA, V. D.; KROLIKOWSKI, V.. Saflufenacil no controle de *Luffa aegyptiana*, *Merremia cissoides*, *Mucuna aterrima* e *Ricinus communis*. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 10, n. 3, p. 176-182, dez. 2011. ISSN 2236-1065. Disponível em: <<http://www.rbherbicidas.com.br/index.php/rbh/article/view/115>>. Acesso em 13 mai. 2018. <https://doi.org/10.7824/rbh.v10i3.115>.

MONQUERO, P. A.; MUNHOZ, W. S.; HIRATA, A. C. da Silva. Persistência de imazaquim e diclosulam em função da umidade do solo. **REVISTA AGRO@MBIENTE ON-LINE**, v. 7, n. 3, p. 331-337, dez. 2013. ISSN 1982-8470. Disponível em: <<https://revista.ufr.br/agroambiente/article/view/1311>>. Acesso em 13 mai. 2018. <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v7i3.1311>.

MONQUERO, P.A. et al. Eficiência de herbicidas pré-emergentes após períodos de seca. **Planta daninha**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 185-193, Mar. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582008000100019&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 13 mai. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582008000100019>.

NEPOMUCENO, M. et al. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da soja nos sistemas de semeadura direta e convencional. **Planta daninha**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 43-50, Mar. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582007000100005&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 13 mai. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582007000100005>.

NETO, M.E.F. et al. Seletividade de herbicidas pós-emergentes aplicados na soja geneticamente modificada. **Planta daninha**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 345-352, Jun. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582009000200018&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 24 abr. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582009000200018>.

NUNES, A. L. **Persistência e lixiviação dos herbicidas residuais S-metolochlor e imazaquin associados ao paraquat ou glyphosate**. 2007. 120 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

NUNES, Anderson L.; VIDAL, Ribas A.. Seleção de plantas quantificadoras de herbicidas residuais. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 19, dez. 2009. ISSN 0103-7277. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/pesticidas/article/view/16550/11031>>. Acesso em 13 mai. 2018. <http://dx.doi.org/10.5380/pes.v19i0.16550>.

OERKE, E.-C.; DEHNE, H.-W. Safeguarding production—losses in major crops and the role of crop protection. **Crop protection**, v. 23, n. 4, p. 275-285, 2004. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261219403002540>>. Acesso em: 13 mai. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2003.10.001>.

OLIVEIRA JR, R.S.; CONSTANTIN, J. **Plantas Daninhas e seu Manejo. Guaíba: Agropecuária**, 362p. 2001.

OLIVEIRA JR., R. S. et al. Sorption-Desorption of Aminocyclopyrachlor in Selected Brazilian Soils. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, n.2, p. 1103-1112, 2011. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21384924>>. Acesso em 13 mai. 2018. <http://dx.doi.org/doi:10.1021/jf104992w>.

OLIVEIRA JR., R. S. **Relação entre propriedades químicas e físicas do solo e sorção, dessorção e potencial de lixiviação de herbicidas**. 1998. 83 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

OLIVEIRA JR., R.S. et al. Influência do período de restrição hídrica na atividade residual de isoxaflutole no solo. **Planta daninha**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 733-740, Dez. 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582006000400014&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 13 mai. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582006000400014>.

OLIVEIRA JÚNIOR, P. R. et al. Subdoses de herbicida e potássio em cobertura no sistema integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 3, p.242-250, 2010. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/pat/article/view/4717>>. Acesso em 13 mai. 2018.

OLIVEIRA, M. F. **Adsorção, lixiviação e persistência de flumioxazin e metribuzin em diferentes solos**. 1995. 71 p. (Tese de Mestrado). Viçosa - MG, Universidade Federal de Viçosa. 1995.

OLIVEIRA, M. F.; BRIGHENTI, A. M. Comportamento dos herbicidas no ambiente. OLIVEIRA JR., RS; CONSTANTIN, J.; INOUE, MH. *Biologia e manejo de plantas daninhas*. Curitiba: **Ominipax**, v. 20, 2011.

OLIVEIRA, Maurílio F. de et al. Efeito da palha e da mistura atrazine e metolachlor no controle de plantas daninhas na cultura do milho, em sistema de plantio direto. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 37-41, jan. 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2001000100005&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 13 mai. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2001000100005>.

OLIVEIRA, Maurílio F. de et al. Lixiviação de flumioxazin e metribuzin em dois solos em condições de laboratório. **Planta daninha**, Viçosa, v. 17, n. 2, p. 207-215, Ago. 1999. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83581999000200005&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 13 mai. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83581999000200005>.

OZKAN, H. E. et al. Shields to reduce spray drift. **J. Agric. Engng. Res.**, v. 67, p. 311-322, 1997.

PAUL, E.A.; CLARK, F.E.. **Soil Microbiology and Biochemistry**. San Diego, Academic Press. 1989.

PEREIRA, Eduardo de Sá et al. Avaliações qualitativas e quantitativas de plantas daninhas na cultura da soja submetida aos sistemas de plantio direto e convencional. **Planta daninha**, Viçosa, v. 18, n. 2, p. 207-216, ago. 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582000000200003&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 13 mai. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582000000200003>.

PEREIRA, Eduardo de Sá et al. Avaliações qualitativas e quantitativas de plantas daninhas na cultura da soja submetida aos sistemas de plantio direto e convencional. **Planta daninha**, Viçosa, v. 18, n. 2, p. 207-216, ago. 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582000000200003&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 13 mai. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582000000200003>.

PITELLI, R. A.; DURIGAN, J. C. Terminologia para períodos de controle e de convivência das plantas daninhas em culturas anuais e bianuais. In: Congresso Brasileiro de Herbicidas e Plantas Daninhas. 1984. p. 37.

PITELLI, Robinson A.. **Competição e controle das plantas daninhas em áreas agrícolas**. Série técnica IPEF, v. 4, n. 12, p. 1-24, 1987.

PITELLI, Robinson A.. **Efeitos do período de competição das plantas daninhas sobre a produtividade do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) e o teor de macronutrientes em suas sementes**. Piracicaba, 1980. 89p. Dissertação de Mestrado - ESALQ/USP, 1980.

POOLE, M. L.; GILL, G. S. Competition between crops and weeds in Southern Australia. **Plant Protection Quart**, v. 2, p. 8696, 1987.

PRIHAR, S.S.; SANDHU, K.S.; KHERA, K.L. Maize (*Zea mays* L.) and weed growth as affected by levels of straw mulching and without herbicide under conventional and minimum tillage. **Indian Journal Ecological**, v. 2, p. 13-22, 1975.

PROCOPIO, S. O. et al. Sorção do herbicida atrazine em complexos organominerais. **Planta daninha**, Viçosa, v. 19, n. 3, p. 391-400, dez. 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582001000300012&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 13 mai. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582001000300012>.

RADOSEVICH, S. R.; HOLT, J. S.; GHERSA, C. M. **Ecology of weeds and invasive plants: relationship to agriculture and natural resource management**. John Wiley & Sons, 2007.

RADOSEVICH, S. R.; HOLT, J. S.; GHERSA, C. M. **Ecology of weeds and invasive plants: relationship to agriculture and natural resource management**. John Wiley & Sons, 2007.

REDDY, K.N.; ZABLOTOWICZ, R.M.; LOCKE, M.A. Chlorimuron adsorption, desorption and degradation in soils from conventional tillage and no-tillage systems. **Journal of Environmental Quality**, v.24, p.760-767, 1995.

REDDY, Krishna N. et al. Chlorimuron-ethyl sorption and desorption kinetics in soils and herbicide-desiccated cover crop residues. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v.43, n. 20, p. 2752-2757. 1995. Disponível em: <<https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf00058a038?journalCode=jafcau>>. Acesso em 13 de mai. 2018. <http://dx.doi.org/10.1021/jf00058a038>

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

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 6ª ed. Londrina, PR: Edição dos autores, 2011. 697 p.

RODRIGUES, Benedito N.. Influência da cobertura morta no comportamento dos herbicidas imazaquin e clomazone. **Planta daninha**, Viçosa, v. 11, n. 1-2, p. 21-28, 1993. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83581993000100004&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 12 mai. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83581993000100004>.

RODRIGUES, N. R. et al. Biodegradação do diclosulam por bactérias isoladas de solos cultivados com soja. **Planta daninha**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 373-400, Jun. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582010000200019&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 13 mai. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582010000200019>.

ROMAN, Erivelton Scherer. Eficácia de herbicidas na dessecação e no controle residual de plantas daninhas no sistema desseque e plante. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 3, n. 1, p. 45-50, abr. 2002. ISSN 2236-1065. Disponível em: <<http://www.rbherbicidas.com.br/index.php/rbh/article/view/371>>. Acesso em 27 abr. 2018. <https://doi.org/10.7824/rbh.v3i1.371>.

SENSEMAN S. A. et al. **Herbicide Handbook**. Weed Science Society of America, 2007.

SHAW, W. C. Integrated Weed Management Systems Technology for Pest Management. **Weed Science**, v. 30, p. 2-12, fev. 1981. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/4043545>. Acesso em 13 mai. 2018.

SILVA, A. F. Da et al. Percepção da ocorrência de plantas daninhas resistentes a herbicidas por produtores de soja-milho safrinha no Estado de Mato Grosso. Sete Lagoas: **Embrapa Milho e Sorgo**, abr. 2017. 26 p. ISSN 1518-4277 (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 209). Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/160022/1/doc-209.pdf>>. Acesso em 14 mai. 2018.

SILVA, Antônio A. da et al. Efeito residual no solo dos herbicidas imazamox e imazethapyr para as culturas de milho e sorgo. **Planta daninha**, Viçosa, v. 17, n. 3, dez. 1999. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83581999000300003&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 13 mai. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83581999000300003>.

SILVA, Fábila Barbosa et al. Deriva da aplicação de herbicidas sobre plantas cultivadas e nativas: uma revisão. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 15, n. 1, p. 79-88, mar. 2016. ISSN 2236-1065. Disponível em: <<http://www.rbherbicidas.com.br/index.php/rbh/article/view/436>>. Acesso em 13 mai. 2018. doi:<https://doi.org/10.7824/rbh.v15i1.436>.

SIQUEIRA, L. de. et al. Efeito de herbicidas aplicados na cultura da soja sobre as características agronômicas do milho em sucessão. In: CONGRESSO

BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22, 2000, Foz do Iguaçu. **Resumos ...** Londrina: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2000. p. 526.

SPADOTTO, Claudio A. et al. Determinação do período crítico para prevenção da interferência de plantas daninhas na cultura de soja: uso do modelo "broken-stick". **Planta daninha**, Viçosa, v. 12, n. 2, p. 59-62, 1994. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83581994000200001&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 13 mai. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83581994000200001>.

SZMIGIELSKI, A. M. et al. Development of a laboratory bioassay and effect of soil properties on sulfentrazone phytotoxicity in soil. **Weed Technology**, v. 23, n. 5, p. 486-491, 2009. Disponível em: <<http://www.bioone.org/doi/abs/10.1614/WT-08-122.1>>. Acesso em 13 mai. 2018. <https://doi.org/10.1614/WT-08-122.1>.

TAYLOR-LOVELL, S.; WAX, L. M.; NELSON, R. Phytotoxic response and yield of soybean (*Glycine max*) varieties treated with sulfentrazone or flumioxazin. **Weed Technologi.**, v. 5, n. 1, p. 5-102, 2001.

TIMOSSI, P.C.; DURIGON, J.C.; LEITE, G.J.. Eficácia de glyphosate em plantas de cobertura. **Planta daninha**, Viçosa, v. 24, n. 3, p. 475-480, Set. 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582006000300008&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 13 mai. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582006000300008>.

ULBRICH, Adolfo V.; RODRIGUES, Benedito N.; LIMA, João de. Efeito residual dos herbicidas imazaquin e imazethapyr, aplicados na soja, sobre o milho safrinha. **Planta daninha**, Viçosa, v. 16, n. 2, p. 137-147, Dez. 1998. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83581998000200007&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 13 mai 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83581998000200007>.

UNITED STATE DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **World Agricultural Supply and Demand Estimates**. 2016. Disponível em: <<http://www.usda.gov/oce/commodity/wasde/>>. Acesso em: 06 ago. 2016.

VALENTE, Tarcísio de O.; CAVAZZANA, Maurício A.. Efeito residual de chlorimuron-ethyl aplicado em mistura com glyphosate na dessecação de plantas daninhas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 1, n. 2, p. 173-178, ago. 2000. ISSN 2236-1065. Disponível em: <<http://www.rbherbicidas.com.br/index.php/rbh/article/view/333>>. Acesso em 13 mai. 2018. <https://doi.org/10.7824/rbh.v1i2.333>.

VELINI, E. D. Comportamento de herbicidas no solo. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE MANEJO DE PLANTAS DANINHAS EM HORTALIÇAS, 1992, Botucatu.

Resumos... Botucatu: 1992. p. 44-64.

VICTÓRIA FILHO, R. **Controle de plantas daninhas**. In: CREA-SP. Controle integrado de plantas daninhas. São Paulo: 1982. p. 77-89.

VIDAL, R. A. **Interação negativa entre plantas: inicialismo, alelopatia e competição**. Porto Alegre: Evangraf, 2010. p. 33-49.

VIDAL, Ribas A. et al. Associação de glyphosate com outros agroquímicos: síntese do conhecimento. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 15, n. 1, p. 39-47, mar. 2016. ISSN 2236-1065. Disponível em: <<http://www.rbherbicidas.com.br/index.php/rbh/article/view/428>>. Acesso em 13 mai. 2018. <https://doi.org/10.7824/rbh.v15i1.428>.

VIDAL, Ribas A. et al. Palha no sistema de semeadura direta reduz a infestação de gramíneas anuais e aumenta a produtividade da soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 28, n. 3, p. 373-377, Set. 1998. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84781998000300004&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 13 mai. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84781998000300004>.

VIDAL, Ribas A.; FLECK, Nilson G.. Injúria potencial de herbicidas de solo ao girassol: IV - rendimento de aquênios e componentes do rendimento. **Planta daninha**, Viçosa, v. 12, n. 1, p. 44-51, 1994. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83581994000100007&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 13 mai. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83581994000100007>.

VIDAL, Ribas A.; SPADER, Vitor. HERBICIDOGRAMA PARA *Commelina benghalensis*. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 9, dez. 1999. ISSN 0103-7277. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/pesticidas/article/view/39641>>. Acesso em: 13 mai. 2018. <http://dx.doi.org/10.5380/pes.v9i0.39641>.

VIOLA, Ricardo et al. Adubação verde e nitrogenada na cultura do trigo em plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 72, n. 1, p. 90-100, Mar. 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052013000100012&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 13 mai. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052013005000013>.

YODER, R. N. et al. Aerobic metabolism of diclosulam on US and South American soils. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 48, n. 9, p. 4335-4340, 2000.

ÍNDICE DE APÊNDICES E ANEXOS

- Apêndice 1 – Resumo da análise de variância para as variáveis resposta altura, fitotoxicidade, MPAV e MPAS no bioensaio para seleção de espécies cultivadas para serem empregadas com bioindicadoras da presença de saflufenacil em Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico - UTFPR, Pato Branco - PR, 2018.....133**
- Apêndice 2 – Resumo da análise de variância para as variáveis resposta altura, fitotoxicidade, MPAV e MPAS no bioensaio para seleção de espécies cultivadas para serem empregadas com bioindicadoras da presença de chlorimuron-ethyl em Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico - UTFPR, Pato Branco - PR, 2018.....133**
- Apêndice 3 – Resumo da análise de variância para as variáveis resposta altura, fitotoxicidade, MPAV e MPAS no bioensaio para seleção de espécies cultivadas para serem empregadas com bioindicadoras da presença de flumioxazin em Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico. Experimento em Pato Branco-PR - UTFPR, Pato Branco - PR, 2018.....134**
- Apêndice 4 – Resumo da análise de variância para as variáveis resposta altura, fitotoxicidade, MPAV e MPAS no bioensaio para seleção de espécies cultivadas para serem empregadas com bioindicadoras da presença de diclosulam em Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico - UTFPR, Pato Branco - PR, 2018.....134**
- Apêndice 5 – Parâmetros das equações ajustadas para altura, fitotoxicidade, MPAV e MPAS em resposta a aplicação de chlorimuron-ethyl em Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico na pré-emergência das espécies cultivadas pepino, alface e tomate, para o bioensaio para seleção de espécies cultivadas para serem empregadas com bioindicadoras da presença de diclosulam em Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico. UTFPR, Pato Branco – PR, 2018.135**
- Apêndice 6 – Parâmetros das equações ajustadas para altura, fitotoxicidade, MPAV e MPAS em resposta a aplicação de saflufenacil em Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico na pré-emergência das espécies cultivadas pepino, alface, rabanete e tomate, para o bioensaio para seleção de espécies cultivadas para serem empregadas com bioindicadoras da presença de diclosulam em Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico. UTFPR, Pato Branco – PR, 2018.....136**
- Apêndice 7 – Parâmetros das equações ajustadas para altura, fitotoxicidade, MPAV e MPAS em resposta a aplicação de saflufenacil em Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico na pré-emergência das espécies cultivadas pepino, alface, rabanete e tomate, para o bioensaio para seleção de espécies cultivadas para serem empregadas com bioindicadoras da presença de diclosulam em Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico. UTFPR, Pato Branco – PR, 2018.....137**
- Apêndice 8 – Parâmetros das equações ajustadas para altura, fitotoxicidade, MPAV e MPAS em resposta a aplicação de saflufenacil em Nitossolo Vermelho**

Distrófico Latossólico na pré-emergência das espécies cultivadas pepino, alface e tomate, para o bioensaio para seleção de espécies cultivadas para serem empregadas com bioindicadoras da presença de diclosulam em Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico. UTFPR, Pato Branco – PR, 2018. 138

Apêndice 9: Resumo da análises de variância do peso de mil sementes de soja, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em dois Pato Branco-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018..... 139

Apêndice 10 – Resumo da análises de variância do rendimento de soja, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em dois Pato Branco-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018..... 139

Apêndice 11 – Resumo da análises de variância para número de plantas de soja, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018..... 140

Apêndice 12 – Resumo da análises de variância para altura de plantas de soja avaliada no estágio V8 da cultura, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em dois Pato Branco-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018..... 140

Apêndice 13 – Resumo da análises de variância para altura final de plantas de soja, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em dois Pato Branco-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018..... 141

Apêndice 14 – Resumo da análises de variância para número de nós produtivos em plantas de soja, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em dois Pato Branco-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018..... 141

Apêndice 15 – Resumo da análises de variância para número de legumes por planta de soja, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em dois Pato Branco-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018..... 142

Apêndice 16 – Resumo da análises de variância para fitotoxicidade de plantas de soja em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície, avaliados aos 14 (A), 21 (B), 28 (C), 35 (D) e 42 (E) dias após a semeadura. Experimento em dois Pato Branco-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018..... 143

Apêndice 17 – Resumo da análises de variância para peso de mil sementes de soja, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018..... 144

Apêndice 18 – Resumo da análises de variância para rendimento de grãos de soja, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018..... 144

Apêndice 19 – Resumo da análises de variância para estatura de plantas avaliada no estágio V8, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.....	145
Apêndice 20 – Resumo da análises de variância para estatura final de plantas de soja, avaliada no momento da colheita, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.....	145
Apêndice 21 – Resumo da análises de variância para estande de plantas de soja, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.....	146
Apêndice 22 – Resumo da análises de variância para número de legumes por planta de soja, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.....	146
Apêndice 23 – Resumo da análises de variância para número de nós por planta de soja, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.....	147
Apêndice 24 – Resumo da análises de variância para número de grãos por legume de soja, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.....	147
Apêndice 25 – Fitotoxicidade (%) em plantas de soja avaliadas aos 14 dias após a aplicação em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.....	148
Apêndice 26 – Fitotoxicidade (%) em plantas de soja avaliadas aos 21 dias após a aplicação em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.....	148
Apêndice 27 – Fitotoxicidade (%) em plantas de soja avaliadas aos 28 dias após a aplicação em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.....	149
Apêndice 28 – Fitotoxicidade (%) em plantas de soja avaliadas aos 35 dias após a aplicação em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.....	149
Apêndice 29 – Fitotoxicidade (%) em plantas de soja avaliadas aos 42 dias após a aplicação em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.....	150

Apêndice 30 – Resumo da análises de variância para peso de mil sementes de soja, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.....	150
Apêndice 31 – Resumo da análises de variância para controle de plantas daninha avaliados aos 14 DAA, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.....	151
Apêndice 32 – Resumo da análises de variância para controle de plantas daninha avaliados aos 21 DAA, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.....	151
Apêndice 33 – Resumo da análises de variância para controle de plantas daninha avaliados aos 28 DAA, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.....	152
Apêndice 34 – Resumo da análises de variância para controle de plantas daninha avaliados aos 35 DAA, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.....	152
Apêndice 35 – Resumo da análises de variância para controle de plantas daninha avaliados aos 42 DAA, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.....	153
Apêndice 36 – Resumo da análise de variância para número de plantas daninhas (pl m⁻²) avaliados aos 14 DAA, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.....	153
Apêndice 37 – Resumo da análise de variância para número de plantas daninhas (pl m⁻²) avaliados aos 21 DAA, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.....	154
Apêndice 38 – Resumo da análise de variância para número de plantas daninhas (pl m⁻²) avaliados aos 28 DAA, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.....	154
Apêndice 39 – Resumo da análise de variância para número de plantas daninhas (pl m⁻²) avaliados aos 35 DAA, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.....	155
Apêndice 40 – Resumo da análise de variância para número de plantas daninhas (pl m⁻²) avaliados aos 42 DAA, em função dos herbicidas utilizados,	

da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.....155

Apêndice 41 – Resumo da análise de variância para massa seca de plantas daninhas (g m^{-2}), avaliado no estágio R6 da soja, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.....156

Apêndice 42 – Resumo das análises de variância para massa verde de plantas de pepino (% em relação a testemunha) avaliados aos 21 dias após o transplante em função de solo tratados com 4 herbicidas (A= Chlorimurrom; B= Diclosulam; C= Flumioxazin; D= Saflufenacil) e oito épocas de coleta do solo (5, 10, 15, 20, 25, 37, 51 e 65 dias após a aplicação do herbicida no campo). UTFPR, Pato Branco, 2018.....156

APÊNDICES

Apêndice 1 – Resumo da análise de variância para as variáveis resposta altura, fitotoxicidade, MPAV e MPAS no bioensaio para seleção de espécies cultivadas para serem empregadas com bioindicadoras da presença de saflufenacil em Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico - UTFPR, Pato Branco - PR, 2018.

Causas da variância	GL	Quadrado médio			
		Altura	Fitotoxicidade	MPAV	MPAS
Período	4	587,94*	17384,08*	-	-
Dose	7	70417,5*	59862,6*	14473,9*	14234,23*
Espécie	2	29348,94*	30462,79*	4828,63*	8385,70*
Período x dose	28	697,81*	528,25*	-	-
Espécie x dose	14	5491,75*	2112,09*	652,40*	1320,89*
Período x espécie	8	989,35*	1041,51*	-	-
Período x espécie x dose	56	234,96*	243,97*	-	-
Resíduo	360	52,96	144,80	306,85	663,66
Total	479				
CV (%)		21	19	65	61

* Teste F significativo a 5%

Apêndice 2 – Resumo da análise de variância para as variáveis resposta altura, fitotoxicidade, MPAV e MPAS no bioensaio para seleção de espécies cultivadas para serem empregadas com bioindicadoras da presença de chlorimuron-ethyl em Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico - UTFPR, Pato Branco - PR, 2018.

Causas da variância	GL	Quadrado médio			
		Altura	Fitotoxicidade	MPAV	MPAS
Período	4	23812,48*	45928,5*	-	-
Dose	7	17092,63*	17867,38*	10452,26*	4969,73*
Espécie	2	13911,1*	7825,91*	3148,47*	9526,37*
Período x dose	28	1260,79*	1370,21*	-	-
Espécie x dose	14	1122,66*	528,13*	444,55*	403,40*
Período x espécie	8	4954,95*	2006,24*	-	-
Período x espécie x dose	56	427,69*	296,74*	-	-
Resíduo	360	231,69	47,72	92,26	26,37
Total	479				
CV (%)		24	19	31	15

* Teste F significativo a 5%

Apêndice 3 – Resumo da análise de variância para as variáveis resposta altura, fitotoxicidade, MPAV e MPAS no bioensaio para seleção de espécies cultivadas para serem empregadas com bioindicadoras da presença de flumioxazin em Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico. Experimento em Pato Branco-PR - UTFPR, Pato Branco - PR, 2018.

Causas da variância	GL	Quadrado médio			
		Altura	Fitotoxicidade	MPAV	MPAS
Período	4	7505,35*	47782,93*	-	-
Dose	7	62824,86*	60073,62*	17393,81*	17348,48*
Espécie	3	24080,73*	8459,93*	1785,65*	2578,85*
Período x dose	28	1124,81*	1288,68*	-	-
Espécie x dose	21	3746,88*	2004,37*	500,71*	688,64*
Período x espécie	12	1655,54*	1718,59*	-	-
Período x espécie x dose	84	499,71*	281,07*	-	-
Resíduo	480	126,54	119,11	211,08	265,50
Total	639				
CV (%)		28	19	58	61

* Teste F significativo a 5%

Apêndice 4 – Resumo da análise de variância para as variáveis resposta altura, fitotoxicidade, MPAV e MPAS no bioensaio para seleção de espécies cultivadas para serem empregadas com bioindicadoras da presença de diclosulam em Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico - UTFPR, Pato Branco - PR, 2018.

Causas da variância	GL	Quadrado médio			
		Altura	Fitotoxicidade	MPAV	MPAS
Período	4	20489,2*	28945,28*	-	-
Dose	7	34120*	25939,89*	10991,54*	10353,86*
Espécie	3	119390,9*	113350,1*	31348,2*	40217,6*
Período x dose	28	568,18*	993,72*	-	-
Espécie x dose	21	3597,62*	3920,58*	846,56*	1140,52*
Período x espécie	12	3467,59*	4040,57*	-	-
Período x espécie x dose	84	343,42*	324,09*	-	-
Resíduo	480	209,33	87,33	339,43	365,15
Total	639				
CV (%)		27	24	47	47

* Teste F significativo a 5%

Apêndice 5 – Parâmetros das equações ajustadas para altura, fitotoxicidade, MPAV e MPAS em resposta a aplicação de chlorimuron-ethyl em Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico na pré-emergência das espécies cultivadas pepino, alface e tomate, para o bioensaio para seleção de espécies cultivadas para serem empregadas com bioindicadoras da presença de diclosulam em Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico. UTFPR, Pato Branco – PR, 2018.

Variável resposta	Período de avaliação	Espécie bioindicadora	Parâmetros da equação				R ²
			a	b	c (I ₅₀)	d	
Altura	7 DAA	Pepino	99,97	0,19	4,31	-	0,96
		Alface (*)	37,10	0,006	1,46	100	0,75
		Tomate ^{n.s.}	-	-	-	-	-
	14 DAA	Pepino	100	0,11	0,78	-	0,98
		Alface (*)	52,46	0,05	0,04	116,46	0,78
		Tomate (*)	36	0,06	2,03	64	0,78
	28 DAA	Pepino	100,53	0,43	5,02	-	0,74
		Alface	100,28	0,47	2,25	-	0,97
		Tomate	100,73	0,67	4,33	-	0,79
Fitotoxicidade	7 DAA	Pepino	54,56	6,08	8,14	-	0,88
		Alface	34,00	9,76	11,56	-	0,83
		Tomate	20,95	11,78	12,16	-	0,74
	14 DAA	Pepino	58,99	6,31	6,09	-	0,80
		Alface	35,47	7,68	6,51	-	0,77
		Tomate	37,87	5,86	7,90	-	0,89
	28 DAA	Pepino (*)	79,37	0,004	1,99	79,37	0,95
		Alface (*)	79,38	27,05	1,97	1,65	0,95
		Tomate	86,54	1,80	3,53	-	0,93
MPAV	-	Pepino	100,27	0,57	3,24	-	0,91
	-	Alface	99,79	0,04	4,78	-	0,99
	-	Tomate	100,48	0,88	1,45	-	0,93
MPAS	-	Pepino	100,26	0,36	2,68	-	0,91
	-	Alface	100	0,12	8,42	-	0,99
	-	Tomate	95,05	1,23	5,39	-	0,84

(*): Equação logística de quatro parâmetros: $y = d + ((a-d)/((1+(x/c)^b))$, em que: y = variável dependente; x = concentração do herbicida; a = média da resposta da testemunha; b = declividade da curva; c = concentração que proporciona 50% do valor da variável dependente (I₅₀); d = média da resposta sob doses elevadas. Equação logística de três parâmetros: $y = a/(1+(x/c)^b)$. n.s. = não significativo ao nível de 5%.

Apêndice 6 – Parâmetros das equações ajustadas para altura, fitotoxicidade, MPAV e MPAS em resposta a aplicação de saflufenacil em Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico na pré-emergência das espécies cultivadas pepino, alface, rabanete e tomate, para o bioensaio para seleção de espécies cultivadas para serem empregadas com bioindicadoras da presença de diclosulam em Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico. UTFPR, Pato Branco – PR, 2018.

Variável resposta	Período de avaliação	Espécie bioindicadora	Parâmetros da equação				R ²
			a	b	c (I ₅₀)	d	
Altura	7 DAA	Pepino	99,77	0,26	3,09	-	0,93
		Alface	93,56	1,31	10,27	-	0,82
		Rabanete	100,52	0,35	3,11	-	0,83
		Tomate	100,32	0,47	7,18	-	0,42
	14 DAA	Pepino	99,93	0,33	0,88	-	0,99
		Alface	99,97	0,23	0,02	-	0,96
		Rabanete	99,74	0,81	1,03	-	0,94
		Tomate	103,30	3,21	34,87	-	0,72
	28 DAA	Pepino	99,57	0,62	1,80	-	0,91
		Alface	99,87	0,73	0,21	-	0,95
		Rabanete	99,97	0,09	8,26	-	0,99
		Tomate	100,28	0,31	17,40	-	0,67
Fitotoxicidade	7 DAA	Pepino	40,98	0,25	0,77	-	0,86
		Alface	31,35	3,85	5,99	-	0,91
		Rabanete	63,40	0,02	1,01	-	0,82
		Tomate	10,00	0,005	11,39	-	0,99
	14 DAA	Pepino	52,48	0,90	1,21	-	0,83
		Alface	59,25	4,17	5,76	-	0,90
		Rabanete	91,99	0,46	1,15	-	0,97
		Tomate	10,00	0,005	11,39	-	0,99
	28 DAA	Pepino	81,31	1,46	1,78	-	0,85
		Alface	99,47	1,22	1,82	-	0,93
		Rabanete	97,50	0,02	0,67	-	0,97
		Tomate	20,00	0,005	11,39	-	0,99
MPAV	-	Pepino	99,88	0,51	1,02	-	0,96
	-	Alface	99,95	0,78	0,16	-	0,98
	-	Rabanete	99,78	0,08	2,66	-	0,97
	-	Tomate	101,37	0,49	89,48	-	0,42
MPAS	-	Pepino	100,03	0,33	0,55	-	0,96
	-	Alface	99,98	0,80	0,09	-	0,99
	-	Rabanete	99,91	0,08	1,08	-	0,98
	-	Tomate	101,22	0,67	70,76	-	0,68

(*):Equação logística de três parâmetros: $y = a/(1+(x/c)^b)$, em que: y= variável dependente; x a concentração do herbicida; a = média da resposta da testemunha; b = declividade da curva; c = concentração que proporciona 50% do valor da variável dependente (I₅₀).

Apêndice 7 – Parâmetros das equações ajustadas para altura, fitotoxicidade, MPAV e MPAS em resposta a aplicação de saflufenacil em Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico na pré-emergência das espécies cultivadas pepino, alface, rabanete e tomate, para o bioensaio para seleção de espécies cultivadas para serem empregadas com bioindicadoras da presença de diclosulam em Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico. UTFPR, Pato Branco – PR, 2018.

Variável resposta	Período de avaliação	Espécie bioindicadora	Parâmetros da equação				R ²
			a	b	c (I ₅₀)	d	
Altura	7 DAA	Pepino	98,95	0,65	4,20	-	0,86
		Alface	99,78	0,03	5,86	-	0,96
		Rabanete	98,39	0,58	5,57	-	0,72
		Tomate	100,08	0,37	2,18	-	0,97
	14 DAA	Pepino	97,28	1,42	4,02	-	0,89
		Alface (*)	100	17,66	0,88	100	0,99
		Rabanete	99,97	0,80	0,53	-	0,97
		Tomate	100,05	0,59	1,23	-	0,99
	28 DAA	Pepino	93,50	0,19	2,49	-	0,98
		Alface	100	0,03	0,94	-	0,99
		Rabanete (*)	91,06	1,13	20,16	84,64	0,86
		Tomate	88,75	0,07	0,99	-	0,95
Fitotoxicidade	7 DAA	Pepino (*)	51,89	2,5	4,89	0,03	0,94
		Alface (*)	31,55	4,58	3,37	4,87	0,95
		Rabanete	36,34	8,28	65,27	-	0,49
		Tomate	39,17	0,07	0,95	-	0,86
	14 DAA	Pepino (*)	89,54	1,79	2,87	18,14	0,96
		Alface (*)	100	20,62	1,02	0,0001	0,99
		Rabanete	79,17	0,06	1	-	0,79
		Tomate	66,04	0,07	0,98	-	0,93
	28 DAA	Pepino	93,50	0,19	2,49	-	0,98
		Alface	100	0,03	0,94	-	0,99
		Rabanete (*)	91,06	1,13	20,15	84,64	0,86
		Tomate	88,75	0,07	0,99	-	0,95
MPAV	-	Pepino	100,11	1,31	1,38	-	0,94
	-	Alface	99,94	0,08	1,31	-	0,98
	-	Rabanete	99,70	0,48	0,36	-	0,87
	-	Tomate	100,17	1,67	1,26	-	0,99
MPAS	-	Pepino	97,94	1,43	2,33	-	0,93
	-	Alface	99,82	0,09	2,23	-	0,99
	-	Rabanete	99,64	0,50	0,40	-	0,87
	-	Tomate	100,29	1,66	1,47	-	0,99

(*): Equação logística de quatro parâmetros: $y = d + ((a-d)/(1+(x/c)^b)$, em que: y = variável dependente; x a concentração do herbicida; a = média da resposta da testemunha; b = declividade da curva; c = concentração que proporciona 50% do valor da variável dependente (I₅₀); d = média da resposta sob doses elevadas. Equação logística de três parâmetros: $y = a/(1+(x/c)^b)$.

Apêndice 8 – Parâmetros das equações ajustadas para altura, fitotoxicidade, MPAV e MPAS em resposta a aplicação de saflufenacil em Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico na pré-emergência das espécies cultivadas pepino, alface e tomate, para o bioensaio para seleção de espécies cultivadas para serem empregadas com bioindicadoras da presença de diclosulam em Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico. UTFPR, Pato Branco – PR, 2018.

Variável resposta	Período de avaliação	Espécie bioindicadora	Parâmetros da equação				R ²
			a	b	c (I ₅₀)	d	
Altura	7 DAA	Pepino	100,11	1,48	0,94	-	0,99
		Alface	99,99	4,66	0,91	-	0,99
		Tomate	72,69	6,03	6,15	-	0,86
	14 DAA	Pepino	99,77	1,96	1,12	-	0,99
		Alface	100,20	0,05	3,41	-	0,77
		Tomate	98,42	1,07	2,05	-	0,86
	28 DAA	Pepino	100,03	4,86	1,22	-	0,99
		Alface	100,20	0,06	3,45	-	0,77
		Tomate	100,09	1,89	3,58	-	0,87
Fitotoxicidade	7 DAA	Pepino	72,93	0,71	1,48	-	0,97
		Alface	99,99	0,22	1,14	-	0,99
		Tomate	84,17	2,42	4,19	-	0,90
	14 DAA	Pepino	82,30	0,69	1,43	-	0,95
		Alface	100	0,01	0,99	-	0,99
		Tomate	102,57	2,20	3,64	-	0,86
	28 DAA	Pepino	98,92	0,25	0,88	-	0,99
		Alface	100	0,02	0,99	-	0,99
		Tomate	90,11	0,63	1,68	-	0,95
MPAV	-	Pepino	99,95	2,81	0,85	-	0,99
	-	Alface (*)	100	0,02	1	100	0,99
	-	Tomate (*)	100,01	1,23	1,93	0,0001	0,80
MPAS	-	Pepino	100,07	3,56	1,01	-	0,98
	-	Alface	107,28	0,04	0,11	-	0,91
	-	Tomate	99,63	2,13	2,89	-	0,88

(*): Equação logística de quatro parâmetros: $y = d + ((a-d)/((1+(x/c)^b))$, em que: y= variável dependente; x a concentração do herbicida; a = média da resposta da testemunha; b = declividade da curva; c = concentração que proporciona 50% do valor da variável dependente (I₅₀); d = média da resposta sob doses elevadas. Equação logística de três parâmetros: $y = a/(1+(x/c)^b)$.

Apêndice 9: Resumo da análises de variância do peso de mil sementes de soja, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em dois Pato Branco-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

Causas da variação	G.L	QM	Prob.>F
Herbicida (A)	3	163,93	0,3777 ^{ns}
Palha (B)	1	517,26	0,0024*
Dose (C)	4	78,08	0,8271 ^{ns}
Herbicida x Palha	3	109,69	0,5555 ^{ns}
Herbicida x Dose	12	208,29	0,9810 ^{ns}
Palha x Dose	4	107,25	0,7267 ^{ns}
Herbicida x Palha x Dose	12	374,09	0,8392
Resíduo	78	4080,58	
Total	117	6155,95	
Coeficiente de variação (A)%		5,42	
Coeficiente de variação (B)%		5,42	
Coeficiente de variação (C)%		3,48	

Apêndice 10 – Resumo da análises de variância do rendimento de soja, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em dois Pato Branco-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

Causas da variação	G.L	QM	Prob.>F
Herbicida (A)	3	100081,41	0,8946 ^{ns}
Palha (B)	1	5786,44	0,8520 ^{ns}
Dose (C)	4	749410,58	0,3462 ^{ns}
Herbicida x Palha	3	317269,57	0,5911 ^{ns}
Herbicida x Dose	12	1716205,53	0,5834 ^{ns}
Palha x Dose	4	683215,34	0,3947 ^{ns}
Herbicida x Palha x Dose	12	1883405,42	0,5021 ^{ns}
Resíduo	78	12874127,10	
Total	117	19699156,27	
Coeficiente de variação (A)%		15.49	
Coeficiente de variação (B)%		11.45	
Coeficiente de variação (C)%		9.51	

Apêndice 11 – Resumo da análises de variância para número de plantas de soja, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

Causas da variação	G.L	QM	Prob.>F
Herbicida (A)	3	1233057122	0,5159 ^{ns}
Palha (B)	1	5601165	0,9188 ^{ns}
Dose (C)	4	841775848	0,8132 ^{ns}
Herbicida x Palha	3	375278350	0,8728 ^{ns}
Herbicida x Dose	12	7812830317	0,2881 ^{ns}
Palha x Dose	4	1732475649	0,5236 ^{ns}
Herbicida x Palha x Dose	12	12383381821	0,0436*
Resíduo	78	41790889012	
Total	117	68782233040	
Coeficiente de variação (A)%		10,73	
Coeficiente de variação (B)%		9,57	
Coeficiente de variação (C)%		9,14	

Apêndice 12 – Resumo da análises de variância para altura de plantas de soja avaliada no estágio V8 da cultura, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em dois Pato Branco-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

Causas da variação	G.L	QM	Prob.>F
Herbicida (A)	3	42,88	0,0668 ^{ns}
Palha (B)	1	58,80	0,0020*
Dose (C)	4	12,49	0,7047 ^{ns}
Herbicida x Palha	3	33,77	0,1273 ^{ns}
Herbicida x Dose	12	84,72	0,2800 ^{ns}
Palha x Dose	4	16,10	0,5945 ^{ns}
Herbicida x Palha x Dose	12	64,62	0,5159 ^{ns}
Resíduo	78	448,64	
Total	117	811,17	
Coeficiente de variação (A)%		9,75	
Coeficiente de variação (B)%		12,13	
Coeficiente de variação (C)%		4,88	

Apêndice 13 – Resumo da análises de variância para altura final de plantas de soja, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em dois Pato Branco-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

Causas da variação	G.L	QM	Prob.>F
Herbicida (A)	3	1055,14	0,0001*
Palha (B)	1	84,00	0,0997 ^{ns}
Dose (C)	4	270,54	0,0728 ^{ns}
Herbicida x Palha	3	97,68	0,3642 ^{ns}
Herbicida x Dose	12	470,21	0,2386 ^{ns}
Palha x Dose	4	25,84	0,9302 ^{ns}
Herbicida x Palha x Dose	12	374,46	0,4296 ^{ns}
Resíduo	78	2360,31	
Total	117	5137,04	
Coeficiente de variação (A)%		9,38	
Coeficiente de variação (B)%		6,94	
Coeficiente de variação (C)%		5,07	

Apêndice 14 – Resumo da análises de variância para número de nós produtivos em plantas de soja, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em dois Pato Branco-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

Causas da variação	G.L	QM	Prob.>F
Herbicida (A)	3	4,4667	0,1407 ^{ns}
Palha (B)	1	0,0013	0,9674 ^{ns}
Dose (C)	4	3,1233	0,4217 ^{ns}
Herbicida x Palha	3	3,6387	0,2140 ^{ns}
Herbicida x Dose	12	7,9167	0,6187 ^{ns}
Palha x Dose	4	5,3487	0,1621 ^{ns}
Herbicida x Palha x Dose	12	11,5850	0,2877 ^{ns}
Resíduo	78	61,9380	
Total	117	106,8800	
Coeficiente de variação (A)%		8,61	
Coeficiente de variação (B)%		4,37	
Coeficiente de variação (C)%		3,88	

Apêndice 15 – Resumo da análises de variância para número de legumes por planta de soja, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em dois Pato Branco-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

Causas da variação	G.L	QM	Prob.>F
Herbicida (A)	3	93,17	0,7614 ^{ns}
Palha (B)	1	0,13	0,9675 ^{ns}
Dose (C)	4	104,66	0,8587 ^{ns}
Herbicida x Palha	3	213,53	0,4497 ^{ns}
Herbicida x Dose	12	1273,91	0,2198 ^{ns}
Palha x Dose	4	180,42	0,6891 ^{ns}
Herbicida x Palha x Dose	12	682,59	0,7354 ^{ns}
Resíduo	78	6231,83	
Total	117	8969,87	
Coefficiente de variação (A)%		24,10	
Coefficiente de variação (B)%		19,53	
Coefficiente de variação (C)%		15,35	

Apêndice 16 – Resumo da análises de variância para fitotoxicidade de plantas de soja em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície, avaliados aos 14 (A), 21 (B), 28 (C), 35 (D) e 42 (E) dias após a semeadura. Experimento em dois Pato Branco-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

Causas da variação	G.L	QM	Prob.>F
Herbicida	3	4555,70	0,0001*
Palha	1	1,82	0,0720 ^{ns}
Dose	4	4577,39	0,0001*
Avaliação	2	6,41	0,0034*
Herbicida x Palha	3	3,22	0,1251 ^{ns}
Herbicida x Dose	12	1970,66	0,0001*
Herbicida x Avaliação	6	45,91	0,0001*
Palha x Dose	4	1,79	1,0000 ^{ns}
Palha x Avaliação	2	3,36	0,0502 ^{ns}
Dose x Avaliação	8	26,99	0,0001*
Herbicida x Palha x Dose	12	18,87	0,0001*
Herbicida x Palha x Avaliação	6	6,51	0,0725 ^{ns}
Herbicida x Dose x Avaliação	24	54,56	0,0001*
Palha x Dose x Avaliação	8	1,91	1,0000 ^{ns}
Herbicida x Palha x Dose x Avaliação	24	20,23	0,0584 ^{ns}
Resíduo	476	265,71	
Total	599	11566,52	
Coeficiente de variação		18,81	

Apêndice 17 – Resumo da análises de variância para peso de mil sementes de soja, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

Causas da variação	G.L	QM	Prob.>F
Herbicida (A)	3	23.50	0.6089 ^{ns}
Palha (B)	1	1104.53	0.0001*
Dose (C)	4	196.61	0.0010*
Herbicida x Dose	12	33.60	0.5743 ^{ns}
Palha x Dose	4	72.88	0.1189 ^{ns}
Herbicida x Palha	3	28.47	0.5301 ^{ns}
Herbicida x Palha x Dose	12	24.70	0.7983 ^{ns}
Resíduo	78	38.36	
Total	119		
Coeficiente de variação (A)%		4.26	
Coeficiente de variação (B)%		2.97	
Coeficiente de variação (C)%		3.99	

Apêndice 18 – Resumo da análises de variância para rendimento de grãos de soja, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

Causas da variação	G.L	QM	Prob.>F
Herbicida (A)	3	382732.70	0.1075 ^{ns}
Palha (B)	1	4468907.00	0.0001*
Dose (C)	4	17464410.00	0.0001*
Herbicida x Dose	12	117521.90	0.7986 ^{ns}
Palha x Dose	4	883738.00	0.0015*
Herbicida x Palha	3	550947.40	0.0348*
Herbicida x Palha x Dose	12	280927.30	0.1285 ^{ns}
Resíduo	78	182612.20	
Total	119		
Coeficiente de variação (A)%		16.31	
Coeficiente de variação (B)%		8.72	
Coeficiente de variação (C)%		11.27	

Apêndice 19 – Resumo da análises de variância para estatura de plantas avaliada no estágio V8, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

Causas da variação	G.L	QM	Prob.>F
Herbicida (A)	3	2.43	0.5216 ^{ns}
Palha (B)	1	532.82	0.0001*
Dose (C)	4	0.15	0.9957 ^{ns}
Herbicida x Dose	12	2.88	0.5542 ^{ns}
Palha x Dose	4	6.71	0.0899*
Herbicida x Palha	3	5.56	0.1672 ^{ns}
Herbicida x Palha x Dose	12	4.45	0.1905 ^{ns}
Resíduo	78	3.21	
Total	119		
Coeficiente de variação (A)%		2.99	
Coeficiente de variação (B)%		3.30	
Coeficiente de variação (C)%		4.82	

Apêndice 20 – Resumo da análises de variância para estatura final de plantas de soja, avaliada no momento da colheita, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

Causas da variação	G.L	QM	Prob.>F
Herbicida (A)	3	84.80	0.0004*
Palha (B)	1	1180.77	0.0001*
Dose (C)	4	5.72	0.7678 ^{ns}
Herbicida x Dose	12	29.98	0.0111*
Palha x Dose	4	46.78	0.0079 ^{ns}
Herbicida x Palha	3	46.45	0.0152*
Herbicida x Palha x Dose	12	14.94	0.3054 ^{ns}
Resíduo	78	12.55	
Total	119		
Coeficiente de variação (A)%		3.88	
Coeficiente de variação (B)%		6.18	
Coeficiente de variação (C)%		3.42	

Apêndice 21 – Resumo da análises de variância para estande de plantas de soja, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

Causas da variação	G.L	QM	Prob.>F
Herbicida (A)	3	18.04	0.1042 ^{ns}
Palha (B)	1	408.93	0.0001*
Dose (C)	4	6.63	0.5421 ^{ns}
Herbicida x Dose	12	4.02	0.9249 ^{ns}
Palha x Dose	4	21.97	0.0435*
Herbicida x Palha	3	73.47	0.0001*
Herbicida x Palha x Dose	12	10.36	0.2863 ^{ns}
Resíduo	78	8.50	
Total	119		
Coeficiente de variação (A)%		10.03	
Coeficiente de variação (B)%		16.35	
Coeficiente de variação (C)%		10.29	

Apêndice 22 – Resumo da análises de variância para número de legumes por planta de soja, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

Causas da variação	G.L	QM	Prob.>F
Herbicida (A)	3	81.95	0.0543 ^{ns}
Palha (B)	1	384.17	0.0007*
Dose (C)	4	416.67	0.0001*
Herbicida x Dose	12	21.83	0.7399 ^{ns}
Palha x Dose	4	154.46	0.0012*
Herbicida x Palha	3	51.98	0.1773 ^{ns}
Herbicida x Palha x Dose	12	16.53	0.8852 ^{ns}
Resíduo	78	30.87	
Total	119		
Coeficiente de variação (A)%		4.02	
Coeficiente de variação (B)%		21.23	
Coeficiente de variação (C)%		9.25	

Apêndice 23 – Resumo da análises de variância para número de nós por planta de soja, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

Causas da variação	G.L	QM	Prob.>F
Herbicida (A)	3	1.26	0.1671 ^{ns}
Palha (B)	1	1.56	0.1473 ^{ns}
Dose (C)	4	1.44	0.1061 ^{ns}
Herbicida x Dose	12	0.14	0.9986 ^{ns}
Palha x Dose	4	0.50	0.5993 ^{ns}
Herbicida x Palha	3	1.30	0.1564 ^{ns}
Herbicida x Palha x Dose	12	0.34	0.9292 ^{ns}
Resíduo	78	0.73	
Total	119		
Coeficiente de variação (A)%		6.22	
Coeficiente de variação (B)%		5.32	
Coeficiente de variação (C)%		4.89	

Apêndice 24 – Resumo da análises de variância para número de grãos por legume de soja, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

Causas da variação	G.L	QM	Prob.>F
Herbicida (A)	3	0.12	0.2348 ^{ns}
Palha (B)	1	1.30	0.0002*
Dose (C)	4	1.45	0.0001*
Herbicida x Dose	12	0.07	0.6302 ^{ns}
Palha x Dose	4	0.14	0.1727 ^{ns}
Herbicida x Palha	3	0.29	0.0201*
Herbicida x Palha x Dose	12	0.03	0.9616 ^{ns}
Resíduo	78	0.08	
Total	119		
Coeficiente de variação (A)%		17.65	
Coeficiente de variação (B)%		18.07	
Coeficiente de variação (C)%		16.23	

Apêndice 25 – Fitotoxicidade (%) em plantas de soja avaliadas aos 14 dias após a aplicação em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

Causas da variação	G.L	QM	Prob.>F
Herbicida (A)	3	92.54	0.0001*
Palha (B)	1	58.80	0.0001*
Dose (C)	4	441.20	0.0001*
Herbicida x Dose	12	15.33	0.0001*
Palha x Dose	4	7.36	0.0483*
Herbicida x Palha	3	3.76	0.2866 ^{ns}
Herbicida x Palha x Dose	12	3.98	0.2035 ^{ns}
Resíduo	78	2.93	
Total	119		
Coeficiente de variação (A)%		38.19	
Coeficiente de variação (B)%		38.96	
Coeficiente de variação (C)%		39.14	

Apêndice 26 – Fitotoxicidade (%) em plantas de soja avaliadas aos 21 dias após a aplicação em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

Causas da variação	G.L	QM	Prob.>F
Herbicida (A)	3	290.05	0.0001
Palha (B)	1	0.01	0.9653 ^{ns}
Dose (C)	4	718.32	0.0001*
Herbicida x Dose	12	32.28	0.0001*
Palha x Dose	4	18.28	0.0040*
Herbicida x Palha	3	20.92	0.0041*
Herbicida x Palha x Dose	12	10.38	0.0115*
Resíduo	78	4.37	
Total	119		
Coeficiente de variação (A)%		32.78	
Coeficiente de variação (B)%		34.59	
Coeficiente de variação (C)%		32.25	

Apêndice 27 – Fitotoxicidade (%) em plantas de soja avaliadas aos 28 dias após a aplicação em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

Causas da variação	G.L	QM	Prob.>F
Herbicida (A)	3	299.12	0.0001*
Palha (B)	1	1.88	0.4581 ^{ns}
Dose (C)	4	628.26	0.0001*
Herbicida x Dose	12	32.81	0.0001*
Palha x Dose	4	9.27	0.0339*
Herbicida x Palha	3	10.03	0.0367*
Herbicida x Palha x Dose	12	6.04	0.0642 ^{ns}
Resíduo	78	3.37	
Total	119		
Coeficiente de variação (A)%		36.48	
Coeficiente de variação (B)%		40.27	
Coeficiente de variação (C)%		28.69	

Apêndice 28 – Fitotoxicidade (%) em plantas de soja avaliadas aos 35 dias após a aplicação em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

Causas da variação	G.L	QM	Prob.>F
Herbicida (A)	3	269.40	0.0001*
Palha (B)	1	6.53	0.1604 ^{ns}
Dose (C)	4	656.32	0.0001*
Herbicida x Dose	12	36.95	0.0001*
Palha x Dose	4	2.47	0.5547 ^{ns}
Herbicida x Palha	3	9.13	0.0450*
Herbicida x Palha x Dose	12	4.93	0.1362 ^{ns}
Resíduo	78	3.25	
Total	119		
Coeficiente de variação (A)%		41.72	
Coeficiente de variação (B)%		39.18	
Coeficiente de variação (C)%		28.23	

Apêndice 29 – Fitotoxicidade (%) em plantas de soja avaliadas aos 42 dias após a aplicação em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

Causas da variação	G.L	QM	Prob.>F
Herbicida (A)	3	231.12	0.0001*
Palha (B)	1	7.50	0.1888 ^{ns}
Dose (C)	4	604.70	0.0001*
Herbicida x Dose	12	36.01	0.0001*
Palha x Dose	4	4.33	0.4046 ^{ns}
Herbicida x Palha	3	5.97	0.2496 ^{ns}
Herbicida x Palha x Dose	12	5.24	0.2788 ^{ns}
Resíduo	78	4.27	
Total	119		
Coeficiente de variação (A)%		50.05	
Coeficiente de variação (B)%		45.98	
Coeficiente de variação (C)%		33.61	

Apêndice 30 – Resumo da análises de variância para peso de mil sementes de soja, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

Causas da variação	G.L	QM	Prob.>F
Herbicida (A)	3	23.50	0.6089 ^{ns}
Palha (B)	1	1104.53	0.0001*
Dose (C)	4	196.61	0.0010*
Herbicida x Dose	12	33.60	0.5743 ^{ns}
Palha x Dose	4	72.88	0.1189 ^{ns}
Herbicida x Palha	3	28.47	0.5301 ^{ns}
Herbicida x Palha x Dose	12	24.70	0.7983 ^{ns}
Resíduo	78	38.36	
Total	119		
Coeficiente de variação (A)%		4.26	
Coeficiente de variação (B)%		2.97	
Coeficiente de variação (C)%		3.99	

Apêndice 31 – Resumo da análises de variância para controle de plantas daninha avaliados aos 14 DAA, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

Causas da variação	G.L	QM	Prob.>F
Herbicida (A)	3	133.43	0.0155*
Palha (B)	1	23770.14	0.0001*
Dose (C)	4	12453.77	0.0001*
Herbicida x Dose	12	95.94	0.0050*
Palha x Dose	4	5918.06	0.0001*
Herbicida x Palha	3	135.49	0.0144*
Herbicida x Palha x Dose	12	99.32	0.0038*
Resíduo	78	36.22	
Total	119		
Coeficiente de variação (A)%		9.39	
Coeficiente de variação (B)%		11.34	
Coeficiente de variação (C)%		7.67	

Apêndice 32 – Resumo da análises de variância para controle de plantas daninha avaliados aos 21 DAA, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

Causas da variação	G.L	QM	Prob.>F
Herbicida (A)	3	193.69	0.0327*
Palha (B)	1	21453.50	0.0001*
Dose (C)	4	11898.83	0.0001*
Herbicida x Dose	12	205.32	0.0008*
Palha x Dose	4	5809.14	0.0001*
Herbicida x Palha	3	159.86	0.0630 ^{ns}
Herbicida x Palha x Dose	12	236.56	0.0002*
Resíduo	78	63.10	
Total	119		
Coeficiente de variação (A)%		18.34	
Coeficiente de variação (B)%		18.71	
Coeficiente de variação (C)%		10.71	

Apêndice 33 – Resumo da análises de variância para controle de plantas daninha avaliados aos 28 DAA, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

Causas da variação	G.L	QM	Prob.>F
Herbicida (A)	3	68.86	0.5002 ^{ns}
Palha (B)	1	11845.90	0.0001*
Dose (C)	4	17483.44	0.0001*
Herbicida x Dose	12	113.19	0.2317 ^{ns}
Palha x Dose	4	1805.93	0.0001*
Herbicida x Palha	3	76.91	0.4511 ^{ns}
Herbicida x Palha x Dose	12	179.76	0.0281*
Resíduo	78	86.59	
Total	119		
Coeficiente de variação (A)%		14.15	
Coeficiente de variação (B)%		18.37	
Coeficiente de variação (C)%		13.77	

Apêndice 34 – Resumo da análises de variância para controle de plantas daninha avaliados aos 35 DAA, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

Causas da variação	G.L	QM	Prob.>F
Herbicida (A)	3	142.30	0.2701 ^{ns}
Palha (B)	1	10218.16	0.0001*
Dose (C)	4	14765.53	0.0001*
Herbicida x Dose	12	140.43	0.2277 ^{ns}
Palha x Dose	4	1339.51	0.0001*
Herbicida x Palha	3	72.48	0.5679 ^{ns}
Herbicida x Palha x Dose	12	128.17	0.2986 ^{ns}
Resíduo	78	106.86	
Total	119		
Coeficiente de variação (A)%		19.52	
Coeficiente de variação (B)%		19.93	
Coeficiente de variação (C)%		16.82	

Apêndice 35 – Resumo da análises de variância para controle de plantas daninha avaliados aos 42 DAA, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

Causas da variação	G.L	QM	Prob.>F
Herbicida (A)	3	120.21	0.4240 ^{ns}
Palha (B)	1	6750.60	0.0001*
Dose (C)	4	10186.28	0.0001*
Herbicida x Dose	12	104.71	0.6277 ^{ns}
Palha x Dose	4	1465.03	0.0001*
Herbicida x Palha	3	182.37	0.2401 ^{ns}
Herbicida x Palha x Dose	12	126.72	0.4622 ^{ns}
Resíduo	78	127.44	
Total	119		
Coeficiente de variação (A)%		31.58	
Coeficiente de variação (B)%		27.05	
Coeficiente de variação (C)%		19.50	

Apêndice 36 – Resumo da análise de variância para número de plantas daninhas (pl m^{-2}) avaliados aos 14 DAA, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

Causas da variação	G.L	QM	Prob.>F
Herbicida (A)	3	11.85	0.0932 ^{ns}
Palha (B)	1	453.92	0.0001*
Dose (C)	4	245.31	0.0001*
Herbicida x Dose	12	4.74	0.5651 ^{ns}
Palha x Dose	4	141.75	0.0001*
Herbicida x Palha	3	6.37	0.3194 ^{ns}
Herbicida x Palha x Dose	12	3.59	0.7744 ^{ns}
Resíduo	78	5.35	
Total	119		
Coeficiente de variação (A)%		34.02	
Coeficiente de variação (B)%		58.86	
Coeficiente de variação (C)%		68.38	

Apêndice 37 – Resumo da análise de variância para número de plantas daninhas (pl m^{-2}) avaliados aos 21 DAA, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

Causas da variação	G.L	QM	Prob.>F
Herbicida (A)	3	9.35	0.2154 ^{ns}
Palha (B)	1	1036.06	0.0001*
Dose (C)	4	574.68	0.0001*
Herbicida x Dose	12	9.91	0.1051 ^{ns}
Palha x Dose	4	280.66	0.0001*
Herbicida x Palha	3	7.72	0.2951 ^{ns}
Herbicida x Palha x Dose	12	11.43	0.0528 ^{ns}
Resíduo	78	6.15	
Total	119		
Coeficiente de variação (A)%		32.69	
Coeficiente de variação (B)%		47.46	
Coeficiente de variação (C)%		40.61	

Apêndice 38 – Resumo da análise de variância para número de plantas daninhas (pl m^{-2}) avaliados aos 28 DAA, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

Causas da variação	G.L	QM	Prob.>F
Herbicida (A)	3	5.76	0.5030 ^{ns}
Palha (B)	1	988.77	0.0001*
Dose (C)	4	1459.06	0.0001*
Herbicida x Dose	12	9.45	0.2370 ^{ns}
Palha x Dose	4	150.77	0.0001*
Herbicida x Palha	3	6.42	0.4548 ^{ns}
Herbicida x Palha x Dose	12	15.00	0.0295*
Resíduo	78	7.29	
Total	119		
Coeficiente de variação (A)%		26.17	
Coeficiente de variação (B)%		34.49	
Coeficiente de variação (C)%		25.5	

Apêndice 39 – Resumo da análise de variância para número de plantas daninhas (pl m^{-2}) avaliados aos 35 DAA, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

Causas da variação	G.L	QM	Prob.>F
Herbicida (A)	3	13.12	0.2985 ^{ns}
Palha (B)	1	942.48	0.0001*
Dose (C)	4	1361.85	0.0001*
Herbicida x Dose	12	12.96	0.2774 ^{ns}
Palha x Dose	4	123.54	0.0001*
Herbicida x Palha	3	6.68	0.5946 ^{ns}
Herbicida x Palha x Dose	12	11.82	0.3543 ^{ns}
Resíduo	78	10.52	
Total	119		
Coeficiente de variação (A)%		28.66	
Coeficiente de variação (B)%		27.54	
Coeficiente de variação (C)%		25.97	

Apêndice 40 – Resumo da análise de variância para número de plantas daninhas (pl m^{-2}) avaliados aos 42 DAA, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

Causas da variação	G.L	QM	Prob.>F
Herbicida (A)	3	11.82	0.4324 ^{ns}
Palha (B)	1	663.64	0.0001*
Dose (C)	4	1001.40	0.0001*
Herbicida x Dose	12	10.28	0.6440 ^{ns}
Palha x Dose	4	144.13	0.0001*
Herbicida x Palha	3	17.93	0.2478 ^{ns}
Herbicida x Palha x Dose	12	12.45	0.4796 ^{ns}
Resíduo	78	12.77	
Total	119		
Coeficiente de variação (A)%		34.79	
Coeficiente de variação (B)%		29.04	
Coeficiente de variação (C)%		21.91	

Apêndice 41 – Resumo da análise de variância para massa seca de plantas daninhas (g m^{-2}), avaliado no estágio R6 da soja, em função dos herbicidas utilizados, da dose do herbicida, com e sem palha na superfície. Experimento em Dois Vizinhos-PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

Causas da variação	G.L	QM	Prob.>F
Herbicida (A)	3	101181.20	0.0001*
Palha (B)	1	392608.20	0.0001*
Dose (C)	4	767649.10	0.0001*
Herbicida x Dose	12	13782.41	0.0001*
Palha x Dose	4	32216.09	0.0001*
Herbicida x Palha	3	55061.77	0.0001*
Herbicida x Palha x Dose	12	9587.08	0.0001*
Resíduo	78	1514.68	
Total	119		
Coeficiente de variação (A)%		8.72	
Coeficiente de variação (B)%		15.1	
Coeficiente de variação (C)%		11.62	

Apêndice 42 – Resumo das análises de variância para massa verde de plantas de pepino (% em relação a testemunha) avaliados aos 21 dias após o transplante em função de solo tratados com 4 herbicidas (A= Chlorimurrom; B= Diclosulam; C= Flumioxazin; D= Saflufenacil) e oito épocas de coleta do solo (5, 10, 15, 20, 25, 37, 51 e 65 dias após a aplicação do herbicida no campo). UTFPR, Pato Branco, 2018.

Causas da variação	G.L	QM	Prob.>F
Herbicida	3	17774.610	0.0001*
Palha	1	906.244	0.0106*
Avaliação	7	6543.041	0.0001*
Herbicida x Avaliação	21	524.475	0.0001*
Palha x Avaliação	7	2536.496	0.0001*
Herbicida x Palha	3	649.374	0.0032*
Herbicida x Palha x Avaliação	21	128.305	0.5238 ^{ns}
Resíduo	126	134.469	
Total	191		
Coeficiente de variação %		17.2	