

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**  
**Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel**  
**Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade**



Dissertação

**Habilidade competitiva e controle de soja voluntária Enlist™, buva e nabo**

**Juliano Gazola**

Pelotas, 2019

**Juliano Gazola**

**Habilidade competitiva e controle de soja voluntária Enlist™, buva e nabo**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências (área de conhecimento: Herbologia).

Orientador: Dr. Dirceu Agostinetto

Co-Orientador: Luis Antonio de Avila, Ph.D.

Pelotas, 2019

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas  
Catalogação na Publicação

G291h Gazola, Juliano

Habilidade competitiva e controle de soja voluntária Enlist<sup>TM</sup>, buva e nabo / Juliano Gazola ; Dirceu Agostinetto, orientador ; Luis Antonio de Avila, coorientador. — Pelotas, 2019.

84 f.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2019.

1. Competitividade. 2. Herbicida alternativo. 3. *Euphorbia heterophylla*. 4. *Amaranthus viridis*. 5. *Conyza* spp. I. Agostinetto, Dirceu, orient. II. Avila, Luis Antonio de, coorient. III. Título.

CDD : 633.34

Juliano Gazola

Habilidade competitiva e controle de soja voluntária Enlist™, buva e nabo

Dissertação aprovada, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências (área de conhecimento: Herbologia), Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da defesa: 09 de setembro de 2019.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Dirceu Agostinetto (Orientador)

Doutor em Fitotecnia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Dr. Leandro Vargas

Doutor em Fitotecnia pela Universidade Federal de Viçosa.

Dr. Mario Antonio Bianchi

Doutor em Fitotecnia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. Dr. Theodoro Schneider

Doutor em Agronomia pela Universidade de Passo Fundo.

**Dedico este trabalho ao meu filho Luiz Henrique, a minha esposa Fernanda, aos meus pais João Carlos e Gelsomina e ao meu irmão Rodrigo.**

## **Agradecimentos**

A Deus, pelo dom da vida, por todos os obstáculos e dificuldades colocados em meu caminho, embora por vezes não tenha compreendido, mas ao chegar ao final da jornada, reconheço nos machucados a lição designada.

À minha esposa Fernanda Gomes Nascimento e ao meu filho Luiz Henrique Nascimento Gazola, por serem pessoas especiais, por me mostrarem o caminho, quando eu já não tinha mais certeza para onde ir, por me fazer sorrir, quando os problemas da vida me deixaram triste, pelo incentivo, apoio, compreensão, carinho e amor. Agora, graças a vocês já tenho onde ir, porque conseguimos esboçar, rabiscar com êxito o caminho para alcançar os objetivos das nossas vidas.

Aos meus pais e meu irmão pelo apoio e incentivo, na realização do objetivo.

À cooperativa de crédito Sicredi Planalto Gaúcho, que através do programa social Universidade para Associados, me proporcionou o acesso gratuito ao ensino superior.

À Universidade de Cruz Alta - UNICRUZ, pela formação profissional, em especial ao professor Dr. Mario Antonio Bianchi pelos ensinamentos ao longo da graduação e pelo incentivo na busca por qualificação.

Ao Professor Dr. Dirceu Agostinetti, pelos conselhos, incentivo, amizade, pelo conhecimento compartilhado, pela oportunidade de crescimento profissional, além do exemplo de competência e profissionalismo.

À Universidade Federal de Pelotas e ao Centro de Herbologia (CEHERB) pela acolhida, ao Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade pela oportunidade de realização do curso e todos professores que contribuíram para minha formação profissional.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de Mestrado.

À amiga e colega Lais Tessari Perboni pela amizade, torcida, pelas conversas conselhos, apoio e incentivo incondicional durante toda trajetória.

Aos demais colegas e amigos da pós-graduação: Adriana Almeida do Amarante, Alcimar Mazon, Andrés Monge Vargas, Andressa Pitol, Cristiano Piasecki, Daniela Tessaro, Edna Souza, Francisco Goulart, Jéssica Rodrigues Garcia, Joanei Cechin, Jonas Rodrigo Henckes, Maicon Fernando Scmitz, Nixon Westendorff, Renan Ricardo Zandoná, pela amizade, incentivo e auxílio na execução dos experimentos.

Aos bolsistas e estagiários, do Centro de Estudos em Herbologia (CEHERB), Alessandro Neutzling, Jonathan Torchelsen, José Vitor Silva da Silva, Roberto Avila Neto, Sílvio Thiago de Oliveira Raphaelli, Kevin Kickhofel Weissshahn, pela amizade, incentivo, momentos de convívio e auxílio na execução dos experimentos.

A todos os que contribuíram e não mediram esforços para a realização deste trabalho. A todos, o meu muito obrigado!

*"Somos todos iguais, o que nos diferencia é a vontade de  
realizar os nossos desejos".*

*Fernandão*

## Resumo

GAZOLA, Juliano. **Habilidade competitiva e controle de soja voluntária Enlist™, buva e nabo**. Orientador: Dirceu Agostinetto. 2019. 84 f. Dissertação (Mestrado em Fitossanidade) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2019.

Os avanços em biotecnologia e na indústria química, resultaram na soja Enlist™, a qual é resistente à auxina sintética 2,4-D e aos novos herbicidas Enlist Colex-D e EnlistDuo® Colex-D, flexibilizando o manejo de plantas daninhas eudicotiledôneas na pós-emergência da soja. Porém, com a expansão do uso das novas tecnologias, preocupações surgem com o risco de plantas voluntárias nas culturas subsequentes, bem como, o potencial competitivo das culturas em convivência com plantas daninhas e o comportamento dos herbicidas no manejo de plantas daninhas de difícil controle, como a buva. Assim, os objetivos com a pesquisa foram 1) avaliar a fitotoxicidade na cultura do trigo e a eficiência de controle da soja voluntária Enlist™ e nabo na pós-emergência do trigo com pyroxsulam, saflufenacil, metribuzin, triclopyr, saflufenacil, MCPA, quinclorac, dicamba, e as associações de pyroxsulam + saflufenacil e/ou bentazon e/ou metribuzin, saflufenacil + bentazon e/ou metribuzin, metsulfuron + metribuzin e/ou metsulfuron; 2) avaliar a eficiência de controle da buva com herbicidas Enlist Colex-D (0; 456; 912; 1824; 3648g e.a.ha<sup>-1</sup>) e EnlistDuo® Colex-D (0; 585+615; 1170+1230; 2340+2460; 4680+4920g e.a.ha<sup>-1</sup>) correspondente a 0x; 1/2x; 1x; 2x e 4x a dose, em diferentes estaturas; e, 3) avaliar a habilidade competitiva da soja Enlist™ com leiteira e caruru-de-mancha. Considerando os resultados dos dois anos de condução dos experimentos, os herbicidas isolados pyroxsulam, saflufenacil, triclopyr, MCPA, quinclorac, dicamba e as associações de pyroxsulam + saflufenacil e/ou bentazon e/ou metribuzin, metsulfuron + metribuzin e/ou bentazon são seletivos para cultivar de trigo Toruk. O herbicida dicamba e as associações de metribuzin + pyroxsulam e/ou metsulfuron e pyroxsulam + saflufenacil controlam eficientemente a soja voluntária Enlist™. Os herbicidas, triclopyr, saflufenacil, MCPA, dicamba e as associações de metribuzin + pyroxsulam e/ou metsulfuron, bentazon + pyroxsulam e/ou metsulfuron são altamente eficientes no controle de nabo na cultura do trigo. O Enlist Colex-D e EnlistDuo® Colex-D nas doses 1x, 2x e 4x são eficientes no controle de buva no estágio de 1-2cm. O EnlistDuo® Colex-D na dose 4x controla buva nos estágios de desenvolvimento entre 10-12cm e 20-25cm. Na competição entre plantas, a soja Enlist™ apresentou-se mais competitiva que a leiteira e menos competitiva que o caruru-de-mancha. A competição interespecífica é mais prejudicial para soja Enlist™, leiteira e/ou caruru-de-mancha. A competição intraespecífica interfere negativamente nos parâmetros fotossintético da soja Enlist™ e na leiteira, enquanto a interespecífica é mais pronunciada para o caruru-de-mancha.

Palavras-chave: Competitividade. Herbicida alternativo. *Euphorbia heterophylla*. *Amaranthus viridis*. *Conyza* spp.

## Abstract

GAZOLA, Juliano. **Competitive ability and control of Enlist™ volunteer soybean, fleabane and turnip.** Advisor: Dirceu Agostinetto. 2019. 84 f. Dissertation (Master of Plant Health) - Faculty of Agronomy Eliseu Maciel, Federal University of Pelotas, Pelotas, 2019.

Advances in biotechnology and the chemical industry have resulted in Enlist™ soybean, which is resistant of 2,4-D synthetic auxin and the new Enlist Colex-D and EnlistDuo® Colex-D herbicides, flexibilizing the management of eudicotyledonous weed in the postemergence of soybean. However, with the expansion of the use of new technologies, concerns arise about the risk of volunteer plants in subsequent crops, as well as the competitive potential of crops growing with weeds and the behavior of herbicides in the management of difficult-to-control weeds, such as fleabane. Thus, the objectives of the research were 1) to evaluate the phytotoxicity in wheat crop and the control efficiency of Enlist™ volunteer soybean and turnip in the postemergence of wheat with pyroxsulam, saflufenacil, metribuzin, triclopyr, saflufenacil, MCPA, quinclorac, dicamba, and the associations of pyroxsulam + saflufenacil and / or bentazon and / or metribuzin, saflufenacil + bentazon and / or metribuzin, metsulfuron + metribuzin and / or metsulfuron; 2) to evaluate the efficiency of fleabane control with herbicides Enlist Colex-D (0; 456; 912; 1824; 3648g e.a.ha<sup>-1</sup>) and EnlistDuo® Colex-D (0; 585 + 615; 1170 + 1230; 2340 + 2460; 4680 +4920g e.a.ha<sup>-1</sup>) corresponding to 0x; 1/2x; 1x; 2x and 4x the dose in different height; and 3) to evaluate the competitive ability of Enlist™ soybean with wild poinsettia and slender amaranth. Considering the results of the two years of conducting the experiments, the isolated herbicides pyroxsulam, saflufenacil, triclopyr, MCPA, quinclorac, dicamba and the combinations of pyroxsulam + saflufenacil and / or bentazon and / or metribuzin, metsulfuron + metribuzin and / or bentazon are selective of Toruk wheat. The herbicide dicamba and the combinations of metribuzin + pyroxsulam and / or metsulfuron and pyroxsulam + saflufenacil efficiently control Enlist™ volunteer soybean. The herbicides, triclopyr, saflufenacil, MCPA, dicamba and the combinations of metribuzin + pyroxsulam and / or metsulfuron, bentazon + pyroxsulam and / or metsulfuron are highly efficient in the control of turnip in wheat crop. Enlist Colex-D and EnlistDuo® Colex-D at doses 1x, 2x and 4x are effective in controlling the fleabane of 1-2cm. EnlistDuo® Colex-D at 4x dose controls fleabane at developmental stages between 10-12cm and 20-25cm. In plant competition, Enlist™ soybean was more competitive than wild poinsettia and less competitive than slender amaranth. Interspecific competition is most detrimental to Enlist™ soybeans, wild poinsettia and / or slender amaranth. Interspecific competition negatively interferes with photosynthetic parameters of Enlist™ soybean and wild poinsettia, while interspecific competition is more pronounced for slender amaranth.

Keywords: Competitiveness. Alternative herbicide. *Euphorbia heterophylla*. *Amaranthus viridis*. *Conyza* spp.

## Lista de Figuras

- Figura 1 Figura 1 - Controle de buva com Enlist Colex-D na dose de registro (912g e.a.ha<sup>-1</sup>) e EnlistDuo<sup>®</sup> Colex-D (1170g e.a.ha<sup>-1</sup> 2,4-D sal colina + 1230g e.a.ha<sup>-1</sup> glifosato sal de dimetilamina) e, 1/2x, 2x e 4x a dose, nas estaturas E1 (1-2cm), E3 (10-12cm) e E3 (25-30cm) aos 7, 14, 28 e 56 dias após os tratamentos (DAT). Unicruz, Cruz Alta/RS, 2018..... 48
- Figura 2 Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para o índice relativo de clorofila (A), estatura (B), área foliar (C) e massa de matéria seca da parte aérea (D) de soja EnlistTM e leiteira em função da proporção entre as espécies na população. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2019..... 58
- Figura 3 Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para o índice relativo de clorofila (A), estatura (B), área foliar (C) e massa de matéria seca da parte aérea (D) de soja EnlistTM e caruru-de-mancha em função da proporção entre as espécies na população. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2019..... 63

## Lista de Tabelas

Tabela 1	Tratamentos testados na cultura do trigo, cultivar Toruk para controle de soja voluntária Enlist™. Capão do Leão/RS, 2017.....	25
Tabela 2	Tratamentos testados na cultura do trigo, cultivar Toruk para controle de soja voluntária Enlist™ e nabo. Capão do Leão/RS, 2018.....	26
Tabela 3	Fitotoxicidade de herbicidas ao trigo aos 7, 14, 21 e 28 dias após os tratamentos (DAT). CAP/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2017.....	29
Tabela 4	Controle de soja voluntária Enlist™ na cultura do trigo aos 7, 14, 21 e 28 dias após os tratamentos (DAT). CAP/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2017.....	31
Tabela 5	Componentes de rendimento da cultura do trigo, número de espiguetas espiga <sup>-1</sup> (NEE), número de espigas área <sup>-1</sup> (NEA) e produtividade (kg ha <sup>-1</sup> ). CAP/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2017.....	32
Tabela 6	Fitotoxicidade de herbicidas ao trigo aos 10, 20 e 30 dias após os tratamentos (DAT). CAP/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2018.....	34
Tabela 7	Estatura de plantas (cm) aos 10, 20 e 30 dias após tratamentos (DAT) da cultura do trigo. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2018.....	36
Tabela 8	Componentes de rendimento da cultura do trigo, peso hectolitro (PH), peso de mil sementes (PMS) e produtividade (kg ha <sup>-1</sup> ). CAP/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2018.....	37
Tabela 9	Controle de nabo aos 7, 14, 21 e 28 dias após os tratamentos (DAT). FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2018.....	39

Tabela 10 Controle de soja voluntária Enlist™ aos 7, 14, 21 e 28 dias após os tratamentos (DAT). FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2018.....	40
Tabela 11 Controle de buva em diferentes estaturas aos 07, 14, 28 e 56 dias após os tratamentos (DAT). Unicruz, Cruz Alta/RS, 2018.....	46
Tabela 12 Diferenças relativas de produtividade (PR) e produtividade relativa total (PRT) para índice relativo de clorofila (CLO), estatura (EST), área foliar (AF) e massa de matéria seca da parte aérea (MMSPA) nas proporções de plantas de soja Enlist™ e leiteira. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2019.....	59
Tabela 13 Respostas para índice relativo de clorofila (CLO), estatura (EST), área foliar (AF) e massa de matéria seca da parte aérea (MMSPA) de soja Enlist™ competindo com leiteira, sob diferentes proporções de plantas. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2019.....	60
Tabela 14 Índices de competitividade de soja Enlist™ competindo com leiteira, expressos por competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e de competitividade (C). FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2019.....	61
Tabela 15 Fotossíntese líquida (A), condutância estomática (Gs), concentração de CO <sub>2</sub> subestomática (Ci), taxa de transpiração (E), eficiência da carboxilação (CE) e eficiência do uso da água (EUA) de plantas de soja Enlist™ e leiteira em competição. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2019.....	61
Tabela 16 Diferenças relativas de produtividade (PR) e produtividade relativa total (PRT) para as variáveis índice relativo de clorofila (CLO), estatura (EST), área foliar (AF) e massa de matéria seca da parte aérea (MMSPA) nas proporções de plantas de soja Enlist™ e caruru-de-mancha. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2019.....	64

Tabela 17 Respostas para índice relativo de clorofila (CLO), estatura (EST), área foliar (AF) e massa de matéria seca da parte aérea (MMSPA) de soja Enlist™ competindo com caruru-de-mancha, sob diferentes proporções de plantas. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2019.....	65
Tabela 18 Índices de competitividade de soja Enlist™ competindo com caruru-de-mancha, expressos por competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e de competitividade (C). FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2019.....	66
Tabela 19 Fotossíntese líquida (A), condutância estomática (Gs), concentração de CO <sub>2</sub> subestomática (Ci), taxa de transpiração (E), eficiência da carboxilação (CE) e eficiência do uso da água (EUA) de plantas de soja Enlist™ e caruru-de-mancha em competição. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2019.....	67

## Sumário

<b>1 Introdução Geral</b> .....	16
<b>2 Capítulo 1 - Controle e seletividade de herbicidas utilizados no controle de soja voluntária Enlist™ e nabo na cultura do trigo</b> .....	22
2.1 Introdução .....	22
2.2 Materiais e métodos .....	24
2.2.1 Experimento I: Controle da soja voluntária Enlist™ e fitotoxicidade dos herbicidas ao trigo.....	24
2.2.2 Experimento II: Seletividade de herbicidas ao trigo.....	26
2.2.3 Experimento III: Controle de nabo.....	27
2.2.4 Experimento IV: Controle de soja voluntária Enlist™ .....	28
2.3 Resultado e discussão.....	28
2.3.1 Experimento I: Controle da soja voluntária Enlist™ e fitotoxicidade dos herbicidas ao trigo.....	28
2.3.2 Experimento II: Seletividade de herbicidas ao trigo.....	33
2.3.3 Experimento III: Controle de nabo.....	38
2.3.4 Experimento IV: Controle de soja voluntária Enlist™ .....	39
2.4 Conclusões.....	41
<b>3 Capítulo 2 - Eficiência dos herbicidas Enlist Colex-D e EnlistDuo® Colex-D no controle de <i>Conyza</i> spp. em diferentes estaturas</b> .....	42
3.1 Introdução .....	42
3.2 Material e métodos .....	44
3.3 Resultados e discussão.....	45
3.4 Conclusões.....	51
<b>4 Capítulo 3 - Habilidade competitiva de <i>Euphorbia heterophylla</i>, <i>Amaranthus viridis</i> com <i>Glycine max</i> Enlist™</b> .....	52
4.1 Introdução .....	52
4.2 Material e métodos .....	54
4.3 Resultados e discussão.....	57
4.3.1 Experimento I: Soja x leiteira.....	57
4.3.2 Experimento II: Soja x caruru-de-mancha.....	62
4.4 Conclusões.....	68
<b>5 Considerações finais</b> .....	69
<b>Referências</b> .....	70

## 1 Introdução

O trigo (*Triticum aestivum* L.) e a soja [*Glycine max* (L.) Merr.] são culturas economicamente importantes e estratégicas para suprimento de alimentos no mundo, visto ser a base alimentar para bilhões de habitantes. Atualmente, a produção anual dessas culturas é de aproximadamente 762 e 341 milhões de toneladas de trigo e soja, respectivamente (USDA, 2019). No Brasil, a produção anual de soja e trigo é superior a 114 e 5,5 milhões de toneladas, movimentando expressivamente o agronegócio e o setor de serviços (CONAB, 2019; ENGHAD et al., 2017).

Com forte investimento em pesquisa, o cultivo dessas culturas se expandiu para diversas áreas do país devido à adaptação a diferentes ambientes e ao desenvolvimento de cultivares com elevado potencial produtivo e com tolerância e/ou resistência a herbicidas e insetos, proporcionando incremento na produção e promovendo crescimento socioeconômico.

Em sistemas agrícolas, o controle de plantas daninhas é prática indispensável para garantir elevada produtividade, pois sua presença causa interferência ao crescimento e desenvolvimento das culturas devido aos efeitos da competição pelos recursos limitados no ambiente (AGOSTINETTO et al., 2015). Dentro desse contexto, planta daninha pode ser definida como qualquer planta que causa danos econômicos, sociais ou ambientais.

Na maioria dos casos, a redução dos efeitos negativos das plantas daninhas é realizada com herbicidas, considerado o método de controle prático, econômico e eficiente comparado a outros métodos (SHANER; BECKIE, 2014). O manejo de plantas daninhas foi facilitado com os avanços ocorridos nas últimas décadas, em conjunto com uso de práticas agrícolas adequadas de controle, garantindo elevadas produtividades nas culturas.

As principais inovações incluem a introdução de cultivares transgênicos com resistência ao herbicida glifosato (Roundup Ready® RR) em soja e milho que contribuiu no manejo de plantas daninhas. O uso crescente da tecnologia RR ocorreu pela flexibilidade de uso e amplo espectro de ação do herbicida glifosato, com elevada eficácia, redução de custo e possibilidade de uso na pós-emergência dos cultivos. Outras práticas conservacionistas como o sistema de semeadura direta, aliado ao uso intensivo do herbicida glifosato em culturas resistentes, com duas a três aplicações por ciclo dentro de uma mesma área, foram consideradas práticas que aumentaram a

pressão de seleção e favoreceu o surgimento de biótipos resistentes e a evolução da resistência (VARGAS et al., 2013).

A resistência de plantas daninhas caracteriza-se pela capacidade adquirida de alguns indivíduos de mesma população em sobreviver e reproduzir-se após a exposição de herbicida na dose de registro, normalmente letal para a maioria da população sob condições normais (AGOSTINETTO; VARGAS, 2014). Atualmente, a resistência de plantas daninhas a herbicidas causa grande preocupação a técnicos e produtores devido ao número crescente dos casos, especialmente para o glifosato após utilização da soja e milho RR e, para os herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS), amplamente utilizados em diversos cultivos.

No Brasil, a resistência de plantas daninhas engloba 50 casos, destacando *Conyza bonariensis*, *Conyza canadensis* e *Conyza sumatrensis* (buva), *Lolium multiflorum* (azevém), *Raphanus raphanistrum* (nabo) e outras de ocorrência frequente em sistemas de cultivo como *Amaranthus retroflexus* e *Amaranthus viridis* (caruru-de-mancha) e *Euphorbia heterophylla* (leiteira) (HEAP, 2019). Além do complexo de plantas daninhas comumente relatadas como causadoras de interferência, a ocorrência de plantas voluntárias oriundas de perdas da colheita tem contribuído para a redução da produtividade das culturas (ADEGAS et al., 2014; MARQUARDT et al., 2013).

A ampla evolução da resistência em espécies de plantas daninhas tem ameaçado a sustentabilidade do uso dos herbicidas para manejo químico, evidenciando a necessidade do desenvolvimento de novas ferramentas e estratégias de controle (WALSH; NEWMAN; POWLES, 2013). Na busca por soluções, as empresas de biotecnologia intensificaram pesquisas a partir da metade da década de 90, com o desenvolvimento de culturas geneticamente modificadas ou transgênicas, muitas vezes combinando materiais com resistência a herbicidas (HEAP; DUKE, 2018). Um dos casos é a soja Enlist™, cujas cultivares são resistentes aos herbicidas glifosato, 2,4-D e glufosinato de amônio, através do empilhamento de genes que conferem resistência a múltiplos herbicidas. O desenvolvimento dessa técnica visa auxiliar o manejo da resistência ao glifosato de diversas plantas daninhas (BONNY, 2016; GREEN, 2018).

A tecnologia teve início na década de 80 com a identificação de algumas estirpes de bactérias de solo com capacidade de degradar o 2,4-D. O gene *tfdA* da bactéria *Cupriavidus necator* foi identificado como responsável pela degradação do

2,4-D e, utilizado para conferir tolerância ao 2,4-D em *Nicotiana tabacum*, *Gossypium hirsutum* e *Brassica juncea* (QUEIROZ; VIDAL, 2014). A proteína ariloxialcanoato dioxigenase (AAD-12) é derivada da bactéria de solo gram-negativa *Delftia acidovorans* a qual metaboliza rapidamente o 2,4-D (diclorofenoxiacético) para 2,4-diclorofenol (DCP), composto sem atividade herbicida. As dioxigenases são enzimas que utilizam o oxigênio e  $\alpha$ -cetoglutarato como substratos na catálise de ampla gama de processos oxidativos como hidroxilações, epoxidações, desaturações e formação de anéis benzeno em bactérias e plantas (WRIGHT et al., 2010).

A soja Enlist™, evento DAS-44406-6 expressa três proteínas resistentes a herbicidas, além da AAD12, a dupla enzima 5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintase (2mEPSPS) codificada por versão modificada do gene EPSPs do milho (*Zea mays*), que fornece resistência ao glifosato e, a enzima fosfinotricina acetiltransferase (PAT) de *Streptomyces viridochromogenes* que fornece resistência ao herbicida glufosinato de amônio (PAPINENI et al., 2017).

No programa da Corteva Agriscience™, o controle de plantas daninhas com a tecnologia Colex-D em cultivares de soja é realizado com formulações de 2,4-D sal colina (Enlist Colex-D), ou ainda, pela mistura comercial de 2,4-D sal colina mais glifosato (EnlistDuo® Colex-D). O espectro de controle de plantas daninhas é semelhante do glifosato e 2,4-D, mas com a flexibilidade de aplicação até o florescimento pleno na cultura da soja. Essas características proporcionam maior rotação de mecanismos ao longo do ciclo da cultura e diminui a pressão de seleção de biótipos resistentes (CHAHAL et al., 2015). Ainda, as formulações são de baixa volatilidade, associada as pontas de pulverizações utilizadas podem reduzir até 65% a deriva comparada a formulação convencional (HAVENS, 2018).

A introdução de cultivares de soja Enlist™ no Brasil com resistência até três mecanismos de ação distintos requer mudanças quanto as estratégias de manejo, especialmente para plantas voluntárias oriundas de perdas que ocorrem durante a colheita (ADEGAS et al., 2014), visto que estas permanecem sobre a superfície do solo e emergem em diferentes fluxos quando a umidade e temperatura forem adequadas, podendo ocasionar interferência (BERNARDS; SANDELL; WRIGHT, 2014).

A soja voluntária demonstra ter grande capacidade competitiva quando estabelecida dentro das culturas e exige estratégias adequadas de controle, por terem vários genes inseridos que confere tolerância e/ou resistência aos principais

herbicidas usados no controle das principais plantas daninhas. Estudos evidenciam que a soja voluntária pode reduzir a produtividade do milho entre 22% e 40% dependendo da densidade (ADEGAS et al., 2014). Outras pesquisas relatam que a soja voluntária é tão competitiva quanto as espécies de *Setaria* spp. e *Echinochloa crus-galli*, em densidades equivalentes, na cultura do milho, com reduções médias de 56% (ALMS et al., 2016). Pesquisadores apontam para o fato que esta medida não seja negligenciada, sob o risco de comprometer os rendimentos das culturas.

Na cultura do trigo, a redução da produtividade é mais acentuada quando a competição ocorre nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura, podendo variar de 12 a 24 dias após a emergência da cultura, dependendo da espécie daninha (AGOSTINETTO et al., 2008). No entanto, fluxos de emergência de soja Enlist™ voluntária podem ocorrer na fase inicial de desenvolvimento do trigo, salientando a necessidade de realizar controle adequado a fim de evitar perdas da produtividade. Além da soja voluntária, outras plantas daninhas como nabo resistente aos herbicidas inibidores da ALS, são frequentemente encontrados em áreas de trigo do Rio Grande do Sul (CECHIN et al., 2016), devendo ser preconizadas medidas de controle em estádios iniciais, visto que o nabo apresenta maior habilidade competitiva que o trigo (LAMEGO et al., 2013; RIGOLI et al., 2008).

Em muitos casos, a redução dos níveis de controle ocorre pela aplicação de herbicidas sob condições meteorológicas adversas e estádios de desenvolvimento inadequados das plantas daninhas, ausência da rotação de culturas e em doses inferiores àquelas preconizadas (VARGAS et al., 2013). Resultados de pesquisa evidenciam que o controle químico deve ser realizado em estádios precoces, com plantas apresentando estatura inferior a 5cm ou até nove folhas, dependendo da espécie (BRESSANIN et al., 2014; SCHNEIDER, 2018; ZOBIOLE et al., 2018). Aplicações realizadas em estágio de desenvolvimento avançado podem resultar em controle insatisfatório, permitindo o rebrote e sobrevivência da planta daninha (MOREIRA et al., 2010). Situação similar ocorre no controle de milho voluntário resistente ao glifosato, onde o atraso da aplicação pode reduzir a eficácia de herbicidas usados em mistura em mais de 25% (PERTILE et al., 2018).

Existem diversas opções registradas para os cultivos subsequentes à colheita da soja. Tanto a atrazina para o controle na cultura do milho, metsulfuron metílico em trigo, o trifloxysulfuron para algodão, proporcionaram controle acima de 90% da soja voluntária, além do herbicida paraquat para dessecação. Outras opções de controle

com Arylex™ (halauxifen-methyl) e Rinskor™ (arylpicolinato) também são efetivas (ZOBIOLE; KALSING, 2017).

Vale ressaltar que o desafio exige compromisso de agências de financiamento, pesquisadores e estudantes para transformar novas tecnologias em soluções de manejo duráveis e sustentáveis. A integração de tecnologias modernas, aliadas às boas práticas de manejo já adotadas pode auxiliar na gestão mais diversificada das plantas daninhas, com base na melhor compreensão da biologia e ecologia (WESTWOOD et al., 2018).

As cultivares com maior habilidade competitiva oferecem opção potencialmente barata para incluir nas estratégias integradas de gestão de plantas daninhas. Embora cultivares com alto potencial competitivo tenham sido identificadas em diversas culturas, a competitividade não tem sido tradicionalmente considerada prioridade para implementação nos sistemas de cultivos. Porém, atualmente, o desafio de administrar populações resistentes a herbicidas tem despertado maior interesse na inclusão de métodos culturais, incluindo os cultivos competitivos (ANDREW; STORKEY; PARKES, 2015).

O estudo sobre a competitividade das culturas agrícolas com as espécies daninhas possibilita desenvolver estratégias para inserção em sistemas de manejo integrado, promovendo o uso racional de herbicidas, melhorando a eficiência de controle, minimizando os custos de produção, diminuindo os impactos ambientais e evitando o surgimento de plantas daninhas resistentes a herbicidas (LAMEGO et al., 2013).

Estudos de habilidade competitiva de biótipos resistentes e suscetíveis são importantes e podem fornecer informações para o manejo desses biótipos. Estudos de competição apontam para maior habilidade competitiva das culturas em relação a algumas espécies importantes de plantas daninhas. Trabalhos de trigo x azevém (*Lolium multiflorum*) x nabo (LAMEGO et al., 2013), soja x milhã (*Digitaria ciliaris*) (AGOSTINETTO et al., 2013), soja x falso-capim-de-rhodes (*Chloris distichophylla*) (WANDSCHEER; RIZZARDI, 2013) e soja x (*Bidens pilosa*) picão-preto x leiteira (FORTE et al., 2017), evidenciaram maior habilidade competitiva às culturas. Por outro lado, verificou-se em trabalhos que as plantas daninhas apresentaram maior habilidade competitiva, como o nabo ao infestar a soja (BIANCHI; FLECK; LAMEGO, 2006), azevém x cevada (*Hordeum vulgare*) (GALON et al., 2011) e papuã (*Urochloa plantaginea*) e trapoeraba (*Commelina benghalensis*) x soja (DIAS et al., 2010).

Importante destacar os aspectos populacionais de cada espécie, uma vez que as plantas daninhas apresentam maior habilidade competitiva quando em densidades populacionais elevadas e não individualmente (AGOSTINETTO et al., 2013; CARVALHO; CHRISTOFFOLETI, 2008). No entanto, quando há competição entre indivíduos do mesmo gênero e/ou espécie, a vantagem competitiva da cultura poderá ser alterada, uma vez que ambos exploram o mesmo nicho ecológico.

Os experimentos de série de substituição tem sido utilizados para determinar justamente essas interações entre culturas e plantas daninhas, o que permite avaliar competição interespecífica e intraespecífica (RADOSEVICH, 1987). Neste tipo de experimento, a população total é mantida constante e a proporção entre as duas espécies é variável, o que torna possível comparar as produtividades das associações com a do monocultivo, e indicar qual genótipo ou espécie é mais competitivo (COUSENS, 1991). Os parâmetros utilizados para mensurar os efeitos da competição são, normalmente, variáveis morfológicas das plantas, tais como, estatura, área foliar, massa seca da parte aérea e da raiz.

Desse forma, o conhecimento acerca desta nova tecnologia, tanto para o controle de plantas daninhas, habilidade competitiva dessas novas cultivares, como o manejo de plantas voluntárias de soja em cultivos subsequentes é de grande importância, pois permite o correto posicionamento dessa ferramenta frente ao desafio da resistência de plantas daninhas.

A pesquisa teve como hipótese que há: herbicidas que apresentam controle eficiente de soja voluntária Enlist™ em pós-emergência do trigo e seletividade à cultura; os herbicidas Enlist Colex-D e o EnlistDuo® Colex-D controlam buva em diferentes estádios de desenvolvimento; e, a soja Enlist™ apresenta habilidade competitiva superior as plantas leiteira e caruru-de-mancha.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivos: prover estratégias para controle de soja Enlist™ voluntária na cultura do trigo; identificar o grau de sensibilidade da buva em diferentes estaturas, aos herbicidas Enlist Colex-D e EnlistDuo® Colex-D; e, determinar a habilidade competitiva de soja Enlist™ quando em convivência com diferentes plantas daninhas.

## **2 Capítulo 1 - Controle e seletividade de herbicidas utilizados no controle de soja voluntária Enlist™ e nabo na cultura do trigo**

### **2.1 Introdução**

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é um dos cereais de maior importância no mundo, com papel fundamental na segurança alimentar global, sendo cultivada e usada como alimento básico por bilhões de pessoas. O Brasil produz 5,4 milhões de toneladas atendendo 49% da demanda interna, sendo a região Sul responsável por 90% de toda produção nacional (CONAB, 2019).

A produtividade da cultura varia de acordo com a cultivar, o manejo da cultura e do nível tecnológico adotado. Diversos fatores atuam como limitantes do desempenho produtivo da cultura, dos quais, se destaca a interferência das plantas daninhas, que causam diminuição na produtividade devido à competição por recursos disponíveis no meio, além de reduzir a qualidade dos grãos, causar maturação desuniforme, dificultar a operação da colheita e servir de hospedeiro para pragas e doenças (AGOSTINETTO et al., 2015). Somente na cultura do trigo, a competição causada pela presença de plantas daninhas ocasionam perdas de 24% na produção total de grãos (JABRAN et al., 2017).

O manejo das plantas daninhas através da aplicação de herbicidas tem sido prática preponderante de controle entre os principais cultivos, entretanto, seu uso intensivo tem selecionado biótipos resistentes de plantas daninhas. Nesse sentido, o desenvolvimento de tecnologias tais como, novas formulações de herbicidas e de culturas resistentes a herbicidas, teve o intuito de prevenir os danos na cultura e minimizar os impactos causados pela resistência de plantas daninhas (DUKE; POWLES; SAMMONS, 2018).

A introdução de novas tecnologias de engenharia genética representa alternativa para controlar biótipos que apresentam algum mecanismo de resistência a

herbicida (SKELTON, 2017). A soja Enlist™ resistente ao 2,4-D foi desenvolvida para utilizar no manejo em pré e pós-emergência da cultura o herbicida 2,4-D, condicionado pela inserção de gene que expressa a proteína AAD-12 (aryloxyalkanoate dioxygenase-12), que catalisa a conversão da molécula ativa de 2,4-D para moléculas inativas, denominadas de 2,4-diclorofenol (2,4-DCP) e glioxilato (ROBINSON; SIMPSON; JOHNSON, 2015; WRIGHT et al., 2010). No entanto, nas áreas de sucessão soja/trigo, pode-se ter a presença de plantas voluntárias de soja com diversidade de genes de resistência a herbicidas que demanda a elaboração de estratégias de manejo com uso de herbicidas alternativos (PETTER et al., 2016; ZOBIOLE; KALSING, 2017).

A densidade de plantas voluntárias de soja, o período de convivência, a época de emergência em relação à cultura, o vigor e o hábito de crescimento, são fatores que contribuem para os efeitos da interferência sobre a cultura de interesse. O manejo previne que as plantas voluntárias se estabeleçam na área, competindo com a cultura subsequente e sirvam como hospedeiras de doenças, especialmente a ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) (TERASAWA et al., 2009).

A prevalência de soja voluntária nas áreas dos Estados Unidos em rotação soja/arroz, tem aumentado significativamente, estando entre as principais espécies que causam perdas na cultura subsequente. A presença de 30 plantas m<sup>-2</sup> de soja geneticamente modificadas, reduziu 16% da produtividade do arroz (BOND; WALKER, 2009).

O *Raphanus* spp. por sua vez é espécie frequente e importante planta daninha do trigo, podendo reduzir a produtividade entre 12% e 18%, dependendo da densidade, no entanto, quando em convivência com o azevém ao longo do ciclo da cultura a redução chega a 85% (ESLAMI et al., 2006; LAMEGO et al., 2013). Além disso, o nabo apresenta resistência cruzada aos herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS), dos grupos químicos das sulfonilureia e imidazolinonas (HEAP, 2019).

O uso de herbicidas em pós-emergência, pertencentes a outros mecanismos de ação, com potencial para controlar soja voluntária e nabo, contribuem para reduzir a pressão de seleção exercida sobre as plantas daninhas. Dessa forma, o objetivo do trabalho foi avaliar a seletividade à cultura do trigo e eficiência de diferentes herbicidas aplicados isolados ou combinados no controle de soja voluntária Enlist™, entre os estádios V<sub>4</sub> e V<sub>5</sub> e nabo em pós-emergência da cultura do trigo.

## 2.2 Material e métodos

Foram conduzidos quatro experimentos, sendo I e II a campo na área experimental do Centro Agropecuário da Palma (CAP/UFPel) e os experimentos III e IV conduzidos em casa de vegetação pertencente aos Centro de Herbologia na Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (CEHERB/FAEM/UFPel), ambos localizados no município de Capão do Leão, RS. O solo da área experimental e dos experimentos realizados em casa de vegetação é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo de textura franco-arenosa, pertencente à unidade de mapeamento de Pelotas-RS (EMBRAPA, 2013).

Os demais materiais e métodos são descritos de acordo com cada experimento.

### 2.2.1 Experimento I: Controle da soja voluntária Enlist™ e fitotoxicidade dos herbicidas ao trigo

O experimento foi conduzido de julho a dezembro de 2017 em delineamento de blocos casualizados com quatro repetições e unidades experimentais representadas por parcelas de 4,59m<sup>2</sup> (1,53 x 3,0m) com área útil de 2,38m<sup>2</sup>.

A cultivar de trigo Toruk e a soja Enlist™ (voluntária), linhagem descontinuada, pertencente ao grupo de maturação 5.5, foram semeadas no dia 28 de julho de 2017, na densidade de 150kg ha<sup>-1</sup> e 5 plantas m<sup>-2</sup> estabelecidas respectivamente, em sistema de semeadura direta. A adubação de base foi realizada juntamente com a semeadura, utilizando 450kg ha<sup>-1</sup> da formulação NPK 05-20-20, conforme análise de solo (SILVA et al., 2017). A adubação de cobertura foi 80kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, na forma de ureia, a qual foi fracionada em duas aplicações: a primeira no início do afilhamento e a segunda no início do alongamento do colmo.

Os tratamentos e as doses utilizadas estão descritas na Tabela 1, tendo sido utilizado como critério para definição de dose, máxima de registro conforme as plantas daninhas. Vale ressaltar que o herbicida saflufenacil não tem recomendação de uso em pós-emergência para cultura do trigo. A aplicação dos tratamentos foi realizada quando as plantas de soja voluntárias se encontravam nos estádios V<sub>4</sub> e V<sub>5</sub> (alvo do estudo) e, a cultura no estágio de alongamento, pela escala de Feeks (FEHR; CAVINESS, 1977; LARGE, 1954). Utilizou-se pulverizador costal, pressurizado com CO<sub>2</sub>, equipado com pontas tipo leque 110.015 e volume de calda equivalente a 120L ha<sup>-1</sup>. No momento da aplicação a temperatura era de 22°C e umidade relativa 75%.

Para padronização do controle de plantas daninhas de folhas estreitas, realizou-se a aplicação, em área total, do herbicida clodinafop-propargil, na dose de 0,25L ha<sup>-1</sup>, acrescido de óleo mineral Assist<sup>®</sup> (0,5%) e capinas complementares. Durante o desenvolvimento da cultura foram realizadas quatro aplicações alternadas dos fungicidas fluxapiraxade/piraclostrobina e azoxistrobina/ciproconazol, nas doses de 350 e 300mL ha<sup>-1</sup> respectivamente, com acréscimo de óleo vegetal Aureo<sup>®</sup> (0,25%), com intervalo de 15 dias entre as aplicações.

Tabela 1 - Tratamentos testados na cultura do trigo, cultivar Toruk para controle de soja voluntária Enlist<sup>™</sup>. Capão do Leão-RS, 2017.

Tratamentos	Produto comercial	Dose (g i.a.ha <sup>-1</sup> )	Dose (l/g p.c.ha <sup>-1</sup> )
Testemunha infestada	---	---	---
Testemunha capinada	---	---	---
Pyroxsulam*	Tricea <sup>®</sup>	18	0,4
Saflufenacil	Heat <sup>®</sup>	98	140
Pyroxsulam+ Saflufenacil	Tricea <sup>®</sup> + Heat <sup>®</sup>	18 + 98	0,4 + 140
Pyroxsulam + Bentazon	Tricea <sup>®</sup> + Basagran <sup>®</sup> 600	18 + 720	0,4 + 1,2
Pyroxsulam + Metribuzin	Tricea <sup>®</sup> + Sencor <sup>®</sup> 480	18 + 144	0,4 + 0,3
Saflufenacil+ Bentazon	Heat <sup>®</sup> + Basagran <sup>®</sup> 600	98 + 720	140 + 1,2
Saflufenacil + Metribuzin	Heat <sup>®</sup> + Sencor <sup>®</sup> 480	98 + 144	140 + 0,3

\*Foi adicionado adjuvante específico conforme a recomendação de cada herbicida

As variáveis fitotoxicidade e controle da soja voluntária foram avaliadas aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT), os componentes de rendimento: espigas m<sup>-2</sup> (NEA); número de grãos espiguetas<sup>-1</sup> (NGE); número de espiguetas espigas<sup>-1</sup> (NEE); peso hectolitro (PH); e, a produtividade da cultura do trigo.

A fitotoxicidade e controle foram avaliadas utilizando escala visual de 0-100%, na qual 0% significou ausência de sintomas ou de controle e 100% a morte total da planta (FRANS et al., 1986). As espigas m<sup>-2</sup> foram determinadas pela contagem em 0,25m<sup>2</sup>; o número de grãos espiguetas<sup>-1</sup> e número de espiguetas espigas<sup>-1</sup> foram determinados a partir da soma do número de grãos e espiguetas, dividido pelo número de espigas coletadas por unidade experimental (10); o peso do hectolitro foi determinado em balança, de acordo com Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 2009) e os resultados expressos em kg hL<sup>-1</sup>; e, a produtividade foi calculada pelo peso de grão obtido na área útil de 2,38m<sup>2</sup>, padronizados a umidade de 13% e extrapolado para hectare.

Os dados obtidos foram analisados quanto à normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e, posteriormente, foram submetidos à análise de variância ( $p \leq 0,05$ ). Em caso de significância as médias foram comparadas pelo teste Duncan ( $p \leq 0,05$ ).

### 2.2.2 Experimento II: Seletividade de herbicidas ao trigo

O experimento foi conduzido de junho a novembro de 2018 em delineamento de blocos casualizados com quatro repetições e unidades experimentais com parcelas de 7,65m<sup>2</sup> (1,53 x 5,0m) e área útil de 3,57m<sup>2</sup>. A semeadura da cultura do trigo e da soja voluntária ocorreu no dia 15 de junho de 2018 na densidade de 170kg ha<sup>-1</sup>. Os tratamentos culturais seguiu conforme descrito no experimento I.

Os tratamentos estão apresentados na Tabela 2, a aplicação foi realizada no estágio de alongamento da cultura e as condições de temperatura era de 17°C e umidade relativa 77%.

Tabela 2 - Tratamentos testados na cultura do trigo, cultivar Toruk para controle de soja voluntária Enlist<sup>TM</sup> e nabo. Capão do Leão-RS, 2018.

Tratamentos	Produto comercial	Dose (g i.a.ha <sup>-1</sup> )	Dose (l/g p.c.ha <sup>-1</sup> )
Testemunha capinada	---	---	---
Testemunha infestada	---	---	---
Triclopyr <sup>*</sup>	Triclon <sup>®</sup>	384 <sup>1</sup>	0,8
Saflufenacil	Heat <sup>®</sup>	98	140
MCPA	Agritone <sup>®</sup>	600 <sup>1</sup>	1,25
Quinclorac	Facet <sup>®</sup>	375	0,75
Dicamba	Dicamax <sup>®</sup>	720 <sup>1</sup>	1,5
Pyroxsulam + Metribuzin	Tricea <sup>®</sup> + Sencor <sup>®</sup> 480	18 + 144	0,4 + 0,3
Metribuzin + Metsulfurom	Sencor <sup>®</sup> 480 + Ally <sup>®</sup>	144 + 3,96	0,3 + 6,6
Pyroxsulam + Bentazon	Tricea <sup>®</sup> + Basagran <sup>®</sup> 600	18 + 720	0,4 + 1,2
Bentazon + Metsulfurom	Basagran <sup>®</sup> 600+ Ally <sup>®</sup>	720 + 3,96	1,2 + 6,6

<sup>\*</sup>Foi adicionado adjuvante específico conforme a recomendação de cada herbicida

<sup>1</sup> Equivalente ácido

Devido à alta infestação de nabo durante a fase de estabelecimento da cultura, foi aplicado em área total o herbicida bentazon, na dose de 1,2L ha<sup>-1</sup>, acrescido de 1,0L ha<sup>-1</sup> de óleo mineral Assist<sup>®</sup>, quando o trigo encontrava-se no estágio início do afilamento e o nabo com 2 folhas, seguido de capinas complementares durante o ciclo da cultura para controle das demais espécies.

As variáveis seletividade, componentes de rendimento: espigas  $m^{-2}$  (NEA); número de grãos espiguetas $^{-1}$  (NGE); número de espiguetas espigas $^{-1}$  (NEE); peso hectolitro (PH); e, a produtividade da cultura do trigo foram analisadas conforme descrito no experimento anterior, porém a seletividade foi avaliada aos 10, 20 e 30 DAT. Acrescentou-se as análises de estatura e peso de mil sementes (PMS) aos componentes de rendimento.

A determinação da estatura das plantas foi com régua milimétrica nos mesmos períodos das avaliações da seletividade e foi definida como a distância (cm) do nível do solo ao ápice da folha bandeira. O peso de mil sementes foi quantificado pela pesagem de oito subamostras de cem grãos por parcela e os valores ajustados a 13% de umidade, de acordo com as Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 2009). A análise dos dados foi idêntica a descrita no experimento I.

Os dados obtidos foram analisados quanto à normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e, posteriormente, foram submetidos à análise de variância ( $p \leq 0,05$ ). Em caso de significância as médias foram comparadas pelo teste Duncan ( $p \leq 0,05$ ).

### **2.2.3 Experimento III: Controle de nabo**

Devido à baixa população de nabo pelo controle durante o estabelecimento da cultura, o experimento III foi conduzido de outubro a novembro de 2018 em casa de vegetação. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições. Cada unidade experimental foi composta por vasos plásticos com capacidade volumétrica de 1,75L, preenchidos com solo proveniente da área experimental do CAP/UFPel, conforme descrito no experimento I. Cada vaso continha três plantas de nabo com quatro a seis folhas, distribuídas de forma equidistante. Os tratamentos utilizados correspondem aos descritos na Tabela 2.

A aplicação dos tratamentos foi realizada conforme descrito no experimento I. No momento da aplicação a temperatura era de 19°C, umidade relativa do ar de 64%.

A variável controle do nabo foi avaliada aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT), através da escala visual conforme descrita no experimento I.

Os dados obtidos foram analisados quanto à normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e, posteriormente, foram submetidos à análise de variância ( $p \leq 0,05$ ). Em caso de significância as médias foram comparadas pelo teste Duncan ( $p \leq 0,05$ ).

#### **2.2.4 Experimento IV: Controle de soja voluntária Enlist™**

Pela ocorrência de geadas que mascaram os resultados de controle da soja voluntária Enlist™, o experimento foi conduzido em casa de vegetação, exatamente como descrito no experimento III, exceto pelo número de plantas que foram quatro por unidade experimental e estágio entre  $V_4$  e  $V_5$ .

As épocas de avaliação da variável controle da soja voluntária e a escala de avaliação utilizada seguiu como descrito no experimento III.

Os dados obtidos foram analisados quanto à normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e, posteriormente, foram submetidos à análise de variância ( $p \leq 0,05$ ). Em caso de significância as médias foram comparadas pelo teste Duncan ( $p \leq 0,05$ ).

### **2.3 Resultados e discussão**

Os resultados e discussão serão apresentados de acordo com a sequência das atividades apresentadas no material e métodos.

#### **2.3.1 Experimento I: Controle da soja voluntária Enlist™ e fitotoxicidade dos herbicidas ao trigo**

A análise de variância evidenciou significância para as variáveis: fitotoxicidade e controle aos 7, 14, 21 e 28 (DAT) e para os componentes de rendimento (NEE, NEA e produtividade) (Tabelas 3, 4 e 5). Não houve significância estatística para os parâmetros de PH e NGE (dados não apresentados).

A aplicação dos tratamentos herbicidas resultou em diferentes níveis de fitotoxicidade ao trigo (Tabela 3). Para aplicação isolada, em todas as épocas de avaliação não houve diferença entre os tratamentos e a menor fitotoxicidade observada foi, em geral, para o herbicida saflufenacil. Entre as associações, a menor fitotoxicidade observada foi das associações de pyroxsulam com saflufenacil e pyroxsulam mais metribuzin, sendo na média 28% menor, em relação as demais associações herbicidas, aos 28 DAT. Nesse período a cultura demonstrou capacidade de recuperação em relação a última avaliação em todos os tratamentos herbicidas, com redução dos sintomas visíveis nas folhas.

Trabalho realizado com a mesma dose de saflufenacil utilizada neste estudo, demonstrou que a fitotoxicidade na cultura do trigo variou entre 95% e 68% com e sem a adição de adjuvante, respectivamente (KNEZEVIC et al., 2010).

Tabela 3 - Fitotoxicidade de herbicidas ao trigo aos 7, 14, 21 e 28 dias após os tratamentos (DAT). CAP/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2017.

Tratamentos	Dose (g i.a.ha <sup>-1</sup> )	7 DAT	14 DAT	21 DAT	28 DAT
Testemunha capinada	---	0 d <sup>1</sup>	0 d	0 c	0 d
Pyroxsulam	18	6,7 c	10,7 c	11,0 b	10,5 abc
Saflufenacil	98	8,2 c	10,0 c	10,0 b	6,7 c
Pyroxsulam + Saflufenacil	18 + 98	9,7 c	11,2 c	11,7 b	8,5 bc
Pyroxsulam + Bentazon	18 + 720	18,7 b	18,5 b	14,7 b	10,0 bc
Pyroxsulam + Metribuzin	18 + 144	6,2 c	10,7 c	12,5 b	8,3 bc
Saflufenacil + Bentazon	98 + 720	33,2 a	29,0 a	23,0 a	14,0 a
Saflufenacil + Metribuzin	98 + 144	9,0 c	11,7 c	14,7 b	11,2 ab
C.V (%)		17,8	21,2	27,4	27,0

<sup>1</sup>Médias seguidas por mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan (p≤0,05).

A utilização de 100g i.a.ha<sup>-1</sup> de saflufenacil, a fitotoxicidade aos 28 DAT foi de 25% em cereais de primavera (SIKKEMA et al., 2008). Pesquisas conduzidas no Rio Grande do Sul com 42g i.a.ha<sup>-1</sup> do mesmo herbicida evidenciou níveis de até 18% de fitotoxicidade aos 35 DAT (PIASECKI et al., 2017). No entanto, a aplicação isolada de 100g i.a.ha<sup>-1</sup> de saflufenacil demonstrou ser segura à cultura, com fitotoxicidade entre 0 (zero) e 10% (KNEZEVIC et al., 2010), corroborando com os resultados observados no trabalho.

A hipótese para essas diferenças de seletividade do saflufenacil pode estar relacionada a dose e aos fatores ambientais (temperatura, irradiância e/ou umidade relativa do ar), visto que o herbicida é inibidor da enzima protoporfirinogênio oxidase (PROTOX), presente na rota de síntese da clorofila e dos citocromos (GROSSMANN et al., 2011). O resultado desta ação é o aumento dos níveis de protoporfirinogênio no cloroplasto, que são convertidos no citoplasma à protoporfirina IX, pigmento fotodinâmico que na presença de luz e oxigênio gera radicais livres (oxigênio singleto), ocasionando peroxidação lipídica, perda da integridade da membrana, branqueamento dos pigmentos do cloroplasto e necrose do tecido, caracterizando a fitotoxicidade (GROSSMANN et al., 2011; MATZENBACHER et al., 2014). Outros trabalhos reportam que há diferenças na sensibilidade ao saflufenacil entre cultivares e estádios de aplicação, bem como a adição de adjuvantes a base de óleo vegetal, que elevam a fitotoxicidade da cultura em aproximadamente 80% e 40% em cultivos de outono e primavera, respectivamente (KNEZEVIC et al., 2010).

A seletividade do saflufenacil e do pyroxsulam é conferida pela rápida N-desalquilação da cadeia lateral da sulfamoil carboxamida através da P450, baixa absorção e principalmente pela rápida metabolização do produto na planta, que determina menor fitotoxicidade, como constatada nos resultados do presente trabalho (DEBOER et al., 2011; GROSSMANN et al., 2011; ZAGAR et al., 2019).

A maior seletividade das associações de saflufenacil, bentazon e metribuzin com pyroxsulam, está relacionada a rápida metabolização e absorção reduzida dos herbicidas nas plantas de trigo (DEBOER et al., 2011; DEVLIN et al., 1987; SOLTANI et al., 2009). Enquanto que a associação de saflufenacil + bentazon reproduziu a maior fitotoxicidade entre os tratamentos. Esta fitotoxicidade pode ser atribuída ao efeito aditivo da mistura, já que são classificados como herbicidas fotodinâmicos. Os sintomas justificam-se pelo modo de ação do saflufenacil que causa acúmulo de espécies reativas de oxigênio e do bentazon que bloqueia o fluxo de elétrons, paralisa a fixação de CO<sub>2</sub>, gera estresse oxidativo e danos ao centro de reação do fotossistema II (FSII). Ambos resultam na peroxidação de lipídios e da clorofila pela formação de radicais livres na presença de luz (HESS, 2000; ZAGAR et al., 2019).

Toda a aplicação de herbicidas está sujeita a algum tipo de lesão, seja ela visível ou não à cultura, como clorose foliar, necrose, deformações da planta, definhamento das folhas e retardo de crescimento. No entanto, fatores como a variabilidade genética, propriedades metabólicas e morfológicas que governam a absorção e a translocação de herbicidas, contribuem para os diferentes níveis de tolerância entre as cultivares de trigo (VARSHNEY et al., 2012).

Assim, à medida em que a planta cresce, ocorre o espessamento da cutícula e aumento na deposição de ceras epicuticulares (TAIZ et al., 2017). Essas evidências corroboram com os resultados do trabalho, que apresentou níveis de fitotoxicidade moderada, também auxiliada pela aplicação dos herbicidas ter ocorrido aos 50 dias após a emergência da cultura (DAE), o que favorece a planta na maior tolerância aos agentes xenobióticos.

Considerando como eficientes, controles superiores a 80% e médios entre 60% - 80% (SILVA et al., 2017), verificou-se que para o controle de soja voluntária Enlist™, a aplicação isolada de pyroxsulam e saflufenacil apresentaram controle eficiente, não diferindo entre si, aos 28 DAT, porém o saflufenacil foi mais eficiente nas primeiras épocas de avaliação (Tabela 4).

Tabela 4 - Controle de soja voluntária Enlist™ na cultura do trigo aos 7, 14, 21 e 28 dias após os tratamentos (DAT). CAP/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2017.

Tratamentos	Dose (g i.a.ha <sup>-1</sup> )	7 DAT	14 DAT	21 DAT	28 DAT
Testemunha infestada	---	0 e <sup>1</sup>	0 d	0 c	0 d
Pyroxsulam	18	55,0 c	71,2 c	71,0 b	81,2 bc
Saflufenacil	98	85,5 a	83,0 b	81,0 ab	81,0 bc
Pyroxsulam + Saflufenacil	18 + 98	88,7 a	91,0 a	93,5 a	96,2 a
Pyroxsulam + Bentazon	18 + 720	65,0 b	73,0 c	70,0 b	74,3 c
Pyroxsulam + Metribuzin	18 + 144	47,2 d	79,2 b	85,5 a	86,2 b
Saflufenacil + Bentazon	98 + 720	87,5 a	84,7 b	81,0 ab	78,2 bc
Saflufenacil + Metribuzin	98 + 144	88,0 a	90,0 a	88,5 a	86,2 b
C.V (%)		7,9	4,8	10,6	7,1

<sup>1</sup>Médias seguidas por mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ( $p \leq 0,05$ ).

Entre as associações, por sua vez, a aplicação de pyroxsulam + saflufenacil apresentou o melhor controle em todas as épocas avaliadas, 18,5% superior à média das demais misturas, enquanto, as duas aplicações conjuntas de metribuzin com pyroxsulam e/ou saflufenacil apresentaram controle satisfatório, acima de 85% (Tabela 4). A aplicação de pyroxsulam + bentazon propiciou os menores resultados de controle, seguido de saflufenacil + bentazon, com controle acima de 80% nas primeiras avaliações, no entanto, aos 28 DAT a eficiência reduziu.

Trabalhos evidenciaram que a aplicação de herbicidas de forma isolada ou associada para controle de soja voluntária em estágio de desenvolvimento V<sub>3</sub> a V<sub>4</sub>, resultou em eficiência próxima a 100% (KNEZEVIC et al., 2014; ZOLLINGER et al., 2019). Em estágios posteriores de crescimento (V<sub>4</sub> a V<sub>6</sub>), o percentual de controle com os mesmos herbicidas reduziu aproximadamente 15% (GUNSOLUS 2010; KNEZEVIC et al., 2014). Esses resultados indicam que para obter controle eficiente é imprescindível observar o estágio de desenvolvimento das plantas voluntárias, ou seja, quanto menor o estágio, maior é a eficiência de controle. Esses trabalhos fundamentam que estes herbicidas podem ser utilizados como alternativa para controlar soja voluntária Enlist™ dentro da cultura do trigo.

No que se refere aos componentes de rendimento, observou-se que a presença de plantas daninhas reduziu todas as variáveis comparativamente aos demais tratamentos (Tabela 5). Para o NEE a análise estatística indicou diferenças, enquanto para NEA e produtividade não diferiram entre os tratamentos, sendo superiores a testemunha infestada. O maior NEE foi obtido na testemunha capinada, enquanto que

na aplicação associada de pyroxsulam + bentazon obteve-se o menor número (Tabela 5).

Isso se explica pela interferência das plantas daninhas, que se destacam entre os principais fatores bióticos limitantes da produtividade da cultura (AGOSTINETTO et al., 2008) e/ou pelo manejo químico das plantas daninhas em pós-emergência com herbicidas seletivos, que podem afetar direta ou indiretamente a fotossíntese (COSTA; RIZZARDI, 2014) e conseqüentemente na produtividade da cultura. Resultados semelhantes também foram obtidos quando o período de convivência durante todo o ciclo com as plantas daninhas resultou em decréscimo nos componentes de produtividade (LAMEGO et al., 2013).

Tabela 5 - Componentes de rendimento da cultura do trigo, número de espiguetas espiga<sup>-1</sup>(NEE), número de espigas área<sup>-1</sup> (NEA) e produtividade (kg ha<sup>-1</sup>). CAP/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2017.

Tratamentos	Dose (g i.a.ha <sup>-1</sup> )	NEE	NEA (m <sup>-2</sup> )	Produtividade
Testemunha infestada	---	13,4 bc <sup>1</sup>	220,0 b	1665 b
Testemunha capinada	---	14,4 a	335,7 a	3029 a
Pyroxsulam	18	13,6 ab	326,5 a	2877 a
Saflufenacil	98	13,3 bc	346,0 a	2900 a
Pyroxsulam + Saflufenacil	18 + 98	12,8 bc	341,5 a	2769 a
Pyroxsulam + Bentazon	18 + 720	12,6 c	329,3 a	2848 a
Pyroxsulam + Metribuzin	18 + 144	12,8 bc	330,2 a	2575 a
Saflufenacil + Bentazon	98 + 720	12,8 bc	367,3 a	2818 a
Saflufenacil + Metribuzin	98 + 144	13,2 bc	320,7 a	2775 a
C.V (%)		4,0	13,5	9,8

<sup>1</sup>Médias seguidas por mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan (p≤0,05).

As variáveis NEA e produtividade na testemunha capinada foram 52% e 81% superiores a testemunha infestada, respectivamente. Para produtividade, exceto a testemunha infestada, não houve diferença entre os demais tratamentos em função da baixa população de soja voluntária estabelecida dentro da cultura, pelo controle e seletividade dos tratamentos herbicidas, não ocasionando prejuízos significativos.

As poucas diferenças observadas também decorrem da ausência de competição com as plantas daninhas ao longo do ciclo da cultura. Do contrário, a competição entre plantas daninhas e culturas, podem ocasionar reduções entre 60% e 85% na produtividade do trigo, quando em convivência com o azevém; e, azevém e nabo, respectivamente (AGOSTINETTO et al., 2008; LAMEGO et al., 2013).

A produtividade do trigo está condicionada a fatores de origem genética, nutricional e ambiental e, portanto, a interação associada ao manejo adotado influencia diretamente. As intensidades desses fatores nas diferentes fases de desenvolvimento desencadeiam respostas distintas, seus efeitos podem interferir na correlação entre os componentes de rendimento e no potencial produtivo da cultura (VESOHOSKI et al., 2011).

### **2.3.2 Experimento II: Seletividade de herbicidas ao trigo**

A análise de variância indicou diferenças entre os tratamentos herbicidas para as variáveis fitotoxicidade e estatura aos 10, 20 e 30 (DAT) e para os componentes de rendimento (PH, PMS e produtividade) (Tabelas 6, 7 e 8). Não houve significância estatística para a variável NEE, NEA e NGE (dados não apresentados).

Na avaliação da seletividade verificou-se que os tratamentos herbicidas apresentaram maior fitotoxicidade às plantas de trigo aos 10 DAT, porém esses valores reduziram nas avaliações posteriores (Tabela 6). Para a aplicação isolada, a menor fitotoxicidade foi do MCPA e quinclorac aos 10 DAT, sendo nula aos 20 e 30 DAT. Os herbicidas triclopyr, saflufenacil e dicamba evidenciaram maior fitotoxicidade aos 10 DAT, no entanto os níveis reduziram progressivamente aos 20 e 30 DAT. Nas associações evidenciou-se a maior fitotoxicidade para pyroxsulam + bentazon em todas as épocas avaliadas. Para os demais tratamentos o grau de fitotoxicidade foi intermediário aos 10 DAT e ausente aos 30 DAT.

A seletividade dos herbicidas auxínicos, de modo geral, ocorre pela metabolização através da conjugação, hidroxilação e clivagem, que resulta em metabólitos não fitotóxicos em poaceas (PETERSON et al., 2016). Do mesmo modo, a metabolização por glutathione-S-transferase (GST) caracteriza-se como o mecanismo mais importante de seletividade para herbicidas inibidores da PROTOX (MATZENBACHER et al., 2014). Estudos demonstraram que a aplicação associada em pós-emergência de MCPA + sulfonilureia e MCPA + dicamba foram seletivos à cultura do trigo, com ausência de fitotoxicidade (MATYSIAK et al., 2018; WENDA-PIESIK; PIEKARCZYK, 2018).

Em aplicações de herbicidas auxínicos em pós-emergência do trigo de inverno, foi observada fitotoxicidade transitória em que a cultura se recuperou ao longo do ciclo, corroborando com os resultados dessa pesquisa (ROBINSON et al., 2015).

Tabela 6 - Fitotoxicidade de herbicidas ao trigo aos 10, 20 e 30 dias após os tratamentos (DAT). CAP/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.

Tratamentos	Dose (g i.a.ha <sup>-1</sup> )	Fitotoxicidade (%)		
		10 DAT	20 DAT	30 DAT
Testemunha capinada	---	0 d <sup>1</sup>	0 c	0 b
Triclopyr	384	12,0 a	4,0 a	1,5 a
Saflufenacil	98	10,0 ab	1,2 bc	0,5 b
MCPA	600	6,7 bc	0,5 bc	0 b
Quinclorac	375	8,0 bc	0 c	0 b
Dicamba	720	10,0 ab	2,0 b	0,7 b
Pyroxsulam + Metribuzin	18 + 144	6,0 c	0,5 bc	0 b
Metribuzin + Metsulfuron	144 + 3,96	7,5 bc	0,5 bc	0 b
Pyroxsulam + Bentazon	18 + 720	12,7 a	1,3 bc	0,5 b
Bentazon + Metsulfuron	720 + 3,96	4,7 c	0,5 bc	0 b
C.V (%)		29,7	104,6	153,0

<sup>1</sup>Médias seguidas por mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan (p≤0,05).

A variação de seletividade entre herbicidas auxínicos decorre devido ao estágio de aplicação. Nesses casos o momento da aplicação é importante para assegurar a seletividade à cultura, evitando realizá-la antes que as plantas atinjam o estágio de 3 - 4 folhas e/ou pelo menos no afilhamento conforme o tipo de herbicida (WATERS; LYON, 2019). A formulação e o tipo de sal também influencia na seletividade desses herbicidas, sendo a forma amina mais ativa no triclopyr, portanto, explica a maior fitotoxicidade às plantas (DIAS et al., 2017). Além disso, fatores como, teor de matéria orgânica, influencia a distribuição dos herbicidas no solo em função da degradação, sorção e das condições ambientais (pH, umidade do solo, temperatura e luminosidade) (GREERT; SHELTON, 1992; POLL et al., 2010).

As associações demonstraram níveis seguros de seletividade, já que todos os herbicidas possuem registro de uso para a cultura do trigo (AGROFIT, 2019). Estudos realizados com pyroxsulam nas doses de registro, aplicado no estágio de afilhamento, no estado do Paraná não causou sintomas em nenhuma das avaliações (ZOBIOLE et al., 2018), enquanto que no outro, conduzido no Rio Grande do Sul, os resultados se assemelharam com o presente trabalho (PIASECKI et al., 2017). Outras pesquisas reportam a seletividade à cultura do trigo com uso associado de clodinafop + metribuzin e pinoxaden + metribuzin (ABBAS et al., 2016), ou a utilização dos herbicidas metribuzin, bentazon e metsulfuron isoladamente (AGOSTINETTO et al., 2016).

Vale ressaltar que os níveis de fitotoxicidade deste estudo (2018) foi bastante inferior aos resultados obtidos no estudo anterior (2017), comparando os mesmos tratamentos. Essas evidências enfatizam a dinâmica dos inúmeros fatores que interferem no comportamento dos herbicidas na cultura. Assim como, a capacidade de recuperação da planta às espécies reativas de oxigênio está associada a diferentes enzimas antioxidativas, como o superóxido dismutase, ascorbato peroxidase, as catalases, as peroxirredoxinas e a glutathione peroxidase que aumentam a atividade para manter a homeostase celular (TAIZ et al., 2017).

Resultados com uso do herbicida simetryne demonstraram que as plantas de trigo são capazes de ativar enzimas antioxidantes através de mecanismos moleculares e fisiológicos para reduzir o estresse induzido por herbicidas, indicando que o sistema antioxidante da planta é de vital importância na resistência ao estresse (JIANG et al., 2016). Isso sugere que os danos causados pelos tratamentos herbicidas diminuem a capacidade fotossintética, entretanto, a planta tem a habilidade de acionar seu metabolismo de defesa.

Em relação à estatura das plantas, a análise indicou diferenças entre os tratamentos nos períodos avaliados (Tabela 7). Para aplicação isolada, os herbicidas triclopyr e saflufenacil reduziram aproximadamente 5% e 4% a estatura em relação a testemunha capinada, entre os 20 e 30 DAT. Nas associações verificou-se a menor estatura no tratamento com pyroxsulam + bentazon em todos os períodos avaliados. De modo geral, a estatura da testemunha capinada foi, em média, 2% superior aos 10 e 20 DAT, e 3% aos 30 DAT comparativamente aos demais tratamentos.

Os resultados diferenciais entre os herbicidas hormonais podem decorrer da aplicação ter provocado alterações morfofisiológicas, condicionadas a fase de desenvolvimento que se encontra a planta, não necessariamente com reflexos negativos na produção de grãos (RODRIGUES et al., 2006), similarmente aos observados por Fleck e Candemil (1995) ao aplicar o herbicida 2,4-D na cultura do trigo. No entanto, aplicações equivalentes ao presente trabalho, com dicamba e MCPA reduziu a estatura em até 4,5% em comparação com a testemunha (ROBINSON et al., 2015), enquanto que a aplicação de 2,4-D e MCPA nos estádios de afilhamento e início do alongamento do colmo, respectivamente, é segura, evitando prejuízos à cultura do trigo (ROMAN; VARGAS; RODRIGUES, 2006).

Tabela 7 – Estatura de plantas (cm) aos 10, 20 e 30 dias após tratamentos (DAT) da cultura do trigo. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.

Tratamentos	Dose (g i.a.ha <sup>-1</sup> )	Estatura (cm)					
		10 DAT		20 DAT		30 DAT	
Testemunha capinada	---	56,0	a <sup>1</sup>	67,5	ab	75,2	a
Triclopyr	384	55,7	a	65,3	bcd	69,8	d
Saflufenacil	98	53,1	b	63,6	d	71,3	bcd
MCPA	600	54,8	ab	66,7	bc	73,8	abc
Quinclorac	375	55,4	ab	67,5	ab	74,2	ab
Dicamba	720	55,3	ab	67,2	ab	72,3	abcd
Pyroxsulam + Metribuzin	18 + 144	56,5	a	66,8	bc	73,7	abc
Metribuzin + Metsulfuron	144 + 3,96	55,3	ab	66,2	bc	75,0	a
Pyroxsulam + Bentazon	18 + 720	53,2	b	64,7	cd	70,5	cd
Bentazon + Metsulfuron	720 + 3,96	56,5	a	69,4	a	74,8	ab
C.V (%)		2,6		2,2		2,9	

<sup>1</sup>Médias seguidas por mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan (p≤0,05).

Referente aos componentes de rendimento, para a variável PH, constatou-se que os herbicidas triclopyr e MCPA foram inferiores aos demais tratamentos (Tabela 8). A aplicação de herbicidas hormonais pode provocar alterações morfofisiológicas, condicionadas a fase de desenvolvimento da planta, causando deformações foliares, nas espiguetas, aristas retorcidas, alargamento do ráquis e redução da estatura da planta. Esses efeitos podem alterar os componentes de rendimento, no entanto, sem afetar a produtividade (RODRIGUES et al., 2006). Diferentemente desses resultados, observou-se que o trabalho realizado com aplicações isoladas e associadas de herbicidas, não revelaram diferenças para esta variável na cultura do trigo (PIASECKI et al., 2017).

A composição química dos grãos varia amplamente dependendo do ambiente, solo, variedade e do manejo adotado. A forma de atestar a qualidade e sanidade do grão é através do PH, análise física do grão que corresponde a massa de 100 litros de trigo expressa em kg hL<sup>1</sup>, determinado pela uniformidade, densidade, forma e tamanho do grão, teor de matérias estranhas e grãos quebrados da amostra. Porém, o PH sofre alterações em função de processos metabólicos intrínsecos e ao consumo dos componentes orgânicos dos próprios grãos (FLEURAT-LESSARD, 2002). A precipitação pluviométrica em excesso no período da maturação fisiológica ou déficit hídrico nas demais fases da cultura do trigo, também reduzem esse atributo (GUARIENTI et al., 2005), assim como situações de estresse por fatores bióticos ou

abióticos, a exemplo de danos foliares, podem alterar a alocação, partição de fotoassimilados e a relação fonte-dreno (TAIZ et al., 2017).

Tabela 8 - Componentes de rendimento da cultura do trigo, peso hectolitro (PH), peso de mil sementes (PMS) e produtividade (kg ha<sup>-1</sup>). CAP/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.

Tratamentos	Dose (g i.a.ha <sup>-1</sup> )	PH	PMS	Produtividade
Testemunha capinada	---	76,4 abc <sup>1</sup>	45,4 a	3615 ab
Triclopyr	384	75,3 c	42,9 d	3267 d
Saflufenacil	98	75,9 abc	43,1 cd	3322 d
MCPA	600	75,8 bc	43,9 bcd	3504 bc
Quinclorac	375	76,8 ab	43,5 bcd	3402 cd
Dicamba	720	76,1 abc	43,9 bcd	3314 d
Pyroxsulam + Metribuzin	18 + 144	76,2 abc	43,5 bcd	3690 a
Metribuzin + Metsulfuron	144 + 3,96	76,3 abc	44,7 ab	3579 abc
Pyroxsulam + Bentazon	18 + 720	77,1 a	44,9 ab	3430 cd
Bentazon + Metsulfuron	720 + 3,96	76,2 abc	44,5 abc	3526 abc
C.V (%)		0,9	2,0	3,1

<sup>1</sup>Médias seguidas por mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan (p≤0,05).

Para a variável PMS, houve diferença estatística, e os herbicidas triclopyr e saflufenacil apresentaram os menores resultados dentre os tratamentos, aproximadamente 5% inferior a testemunha (Tabela 8).

O estresse causado pelos herbicidas pode levar a diferentes respostas das plantas, caracterizadas por alterações no sistema radicular e redução da área de exploração, que afetam diretamente as taxas de absorção de água e nutrientes (TAIZ et al., 2017). A sanidade da folha e o maior índice de área foliar fotossinteticamente ativa influenciam positivamente no PMS e conseqüentemente auxiliam na maior produtividade da cultura (BARROS et al., 2006; HEINEMANN et al., 2006). Da mesma forma, o aumento de tamanho do grão e do peso de mil sementes, está relacionada a quantidade disponível e a eficiência de fotossintetizados translocados e o estágio hormonal da planta (PELEGRINI, 1986).

Para as diferenças observadas entre os herbicidas, acredita-se que esteja relacionado ao modo de ação e as características físico-químicas do herbicida e/ou na interação com o ambiente, desencadeando respostas distintas na planta. Por exemplo, herbicidas que interferem na capacidade fotossintética, podem limitar a

fixação de CO<sub>2</sub> no mesófilo das folhas mais velhas, resultando em menor produtividade (BRESTIC et al., 2018).

Para a variável produtividade constatou-se que a testemunha capinada e os tratamentos com menor a fitotoxicidade foram os mais produtivos (Tabela 8). Dentre os herbicidas aplicados isolados, saflufenacil, triclopyr e dicamba apresentaram a menor produtividade, na média 9,5% inferior a testemunha. Nas associações, pyroxsulam + bentazon foram aproximadamente 5% abaixo da testemunha capinada, seguindo o mesmo comportamento dos tratamentos mais fitotóxicos ao trigo. Essa diferença pode ser atribuída a ação dos herbicidas sob a cultura, visto que para todos os tratamentos manteve-se livre da presença de plantas daninhas durante o ciclo da cultura.

Os herbicidas saflufenacil, dicamba e pyroxsulam + bentazon apresentaram menor relação entre os componentes, sugerindo redirecionamento de fotoassimilados para incremento de outras partes da planta, por exemplo, formação de afilhos, em detrimento a outros componentes, ou seja, comportamento compensatório do metabolismo da planta (FIGUEROA et al., 2012). No entanto, vale ressaltar que a produtividade é resultado da interação de vários fatores: genéticos, fisiológicos e ambientais, e, por isso não pode ser considerado isoladamente (GONDIM et al., 2008). Além de serem determinados pelo genótipo, os componentes de rendimento, também são influenciados pelas práticas de manejo adotadas na cultura do trigo.

### **2.3.3 Experimento III: Controle de nabo**

Para variável controle, observou-se que quinclorac apresentou os menores valores em todas as épocas de avaliação, sendo único tratamento com baixo controle do nabo. Os demais herbicidas isolados foram altamente eficientes ao final do período avaliado, com controle próximo a 100% das plantas de nabo. Todas as associações controlaram eficientemente já a partir dos 14 DAT e evoluíram para quase totalidade aos 28 DAT, demonstrando alta eficiência no controle do nabo (Tabela 9).

Resultados semelhantes foram obtidos com a aplicação isolada de metribuzin, bentazon e 2,4-D que permitiu controle eficiente de biótipos de nabo resistente aos herbicidas inibidores da ALS (CECHIN et al., 2016), enquanto que Vargas & Roman (2005), evidenciaram baixa eficiência no controle de nabo com aplicação isolada de bentazon.

Tabela 9 - Controle de nabo aos 7, 14, 21 e 28 dias após os tratamentos (DAT). FAEM/UFPeL, Capão do Leão/RS, 2018.

Tratamentos	Dose (g i.a.ha <sup>-1</sup> )	Controle (%)			
		7 DAT	14 DAT	21 DAT	28 DAT
Testemunha	---	0 g <sup>1</sup>	0 g	0 e	0 d
Triclopyr	384	62,2 bc	87,0 de	93,5 bc	99,0 ab
Saflufenacil	98	82,5 a	92,7 bc	93,5 bc	96,7 b
MCPA	600	66,7 b	92,5 bcd	96,7 ab	99,5 a
Quinclorac	375	9,5 f	36,0 f	36,5 d	32,5 c
Dicamba	720	69,5 b	86,5 d	89,7 c	96,7 b
Pyroxsulam + Metribuzin	18 + 144	55,0 cde	98,5 a	98,7 a	100,0 a
Metribuzin + Metsulfuron	144 + 3,96	61,2 bcd	98,0 ab	100,0 a	100,0 a
Pyroxsulam + Metribuzin	18 + 720	52,2 e	97,7 ab	99,2 a	100,0 a
Bentazon + Metsulfuron	720 + 3,96	53,5 de	87,2 cde	97,5 ab	99,7 a
C.V (%)		10,9	4,7	4,1	2,1

<sup>1</sup>Médias seguidas por mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan (p≤0,05).

A busca por herbicidas alternativos e/ou a associação dos mesmos, se torna importante para controle de nabo, principalmente àqueles biótipos com resistência aos inibidores da ALS que ocorrem no Brasil.

#### 2.3.4 Experimento IV: Controle de soja voluntária Enlist™

Para o controle da soja voluntária Enlist™ verificou-se que o melhor resultado dentre as aplicações isoladas foi do dicamba, controlando acima de 80% aos 7 DAT e evoluindo para 100% nas avaliações subsequentes, seguido do saflufenacil que obteve controle eficiente aos 28 DAT (Tabela 10). As aplicações de triclopyr, MCPA e quinclorac foram ineficientes no controle da soja voluntária Enlist™.

O uso de triclopyr para controle de soja voluntária na cultura do girassol foi baixo, com resultados entre 15% e 6% nos períodos avaliados, similar aos resultados obtidos nesta pesquisa (BRIGHENTI, 2015). Trabalhos constataram que a aplicação de dicamba isolado ou associado em estádio V<sub>2</sub> a V<sub>3</sub> da soja, resultou em controle eficiente de soja voluntária em milho (ALMS et al., 2016; KNEZEVIC et al., 2014). No entanto, a aplicação em estágios posteriores (V<sub>4</sub> a V<sub>6</sub>), o controle com os mesmos herbicidas e taxas de aplicação, reduziu para 85% ou menos (GUNSOLUS, 2010; KNEZEVIC et al., 2014). Esses resultados confirmam a eficiência de controle do herbicida dicamba com os encontrados no presente estudo.

Tabela 10 - Controle de soja voluntária Enlist™ aos 7, 14, 21 e 28 dias após os tratamentos (DAT). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.

Tratamentos	Dose (g i.a.ha <sup>-1</sup> )	Controle (%)			
		7 DAT	14 DAT	21 DAT	28 DAT
Testemunha	---	0 h <sup>1</sup>	0 h	0 f	0 g
Triclopyr	384	19,2 gf	7,0 g	9,7 e	19,0 e
Saflufenacil	98	60,0 cd	68,7 d	77,0 b	86,5 cb
MCPA	600	15,7 g	13,0 f	17,0 d	15,7 f
Quinclorac	375	21,7 f	28,2 e	36,5 c	48,0 d
Dicamba	720	84,5 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a
Pyroxsulam + Metribuzin	18 + 144	69,7 b	95,2 b	98,0 a	100,0 a
Metribuzin + Metsulfuron	144 + 3,96	64,2 bc	94,5 b	97,7 a	99,5 a
Pyroxsulam + Bentazon	18 + 720	53,7 e	70,0 dc	79,0 b	85,0 c
Bentazon + Metsulfuron	720 + 3,96	58,0 de	73,7 c	82,0 b	89,0 b
C.V (%)		8,5	5,7	5,7	4,4

<sup>1</sup>Médias seguidas por mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan (p≤0,05).

Nas associações, todos os herbicidas apresentaram controle eficiente, no entanto, metribuzin + metsulfuron e metribuzin + pyroxsulam obtiveram os melhores resultados em todas as épocas avaliadas. Pesquisa com diferentes herbicidas para controle de soja voluntária demonstraram que a aplicação isolada de metsulfuron não foi eficiente, enquanto que associado ao glifosato o controle foi superior a 90% aos 42 DAT (LIMA et al., 2011).

As diferenças de controle entre os herbicidas auxínicos pode estar relacionada a dois pontos importantes. O primeiro refere-se à absorção celular diferenciada de auxinas sintéticas, que pode influenciar a eficácia do herbicida. Mutantes de *Arabidopsis*, com ausência de importante proteína no transporte de auxinas, apresentaram tolerância diferenciada entre o 2,4-D e o dicamba (GLEASON et al., 2011). O controle de *Campsis radicans* com herbicida dicamba foi mais eficaz que o 2,4-D, e como justificativa, os autores afirmaram que os níveis de absorção e translocação do herbicida foram diferentes, sendo maior para o dicamba (THOMPSON et al., 1973).

O segundo fator de seletividade diferenciada está relacionado as diferentes proteínas receptoras da família F-Box. Os diferentes receptores das AFBs (homólogas às proteínas TIR1) se encaixam em diferentes herbicidas auxínicos e, em parte, explicam como o receptor de auxina pode potencialmente ligar vários desses

herbicidas (TAN et al., 2007). Plantas de *Arabidopsis* contendo mutações na AFB5 apresentaram resistência ao herbicida dicamba e picloram, mas não ao 2,4-D, sugerindo que a AFB5 pode ser o principal receptor desses herbicidas (WALSH et al., 2006). Assim, é possível que outros membros da família TIR1/AFB tenham especificidade diferenciada aos mimetizadores de auxina de diferentes grupos químicos, que pode influenciar a sinalização de moléculas herbicidas no interior das plantas (GLEASON et al., 2011). A principal razão para a seletividade de diferentes herbicidas auxínicos por AFBs pode ser baseada na estrutura ou tamanho dos receptores e a compatibilidade de ligação com o anel aromático dos herbicidas auxínicos (CALDERON-VILLALOBOS et al., 2010).

O aumento da frequência da resistência a herbicidas em populações de plantas daninhas, assim como a presença de plantas voluntárias decorrentes de cultivos antecessores que infestam as culturas, demandam práticas eficientes de controle. Utilizar misturas de herbicidas com diferentes mecanismos de ação é indispensável, sempre observando a compatibilidade físico-química entre o herbicidas, seletividade a cultura, viabilidade econômica e qual evento de resistência inserido nas plantas voluntárias, a fim de obter eficiência de controle.

## 2.4 Conclusões

Considerando os resultados dos dois anos de condução dos experimentos, os herbicidas isolados pyroxsulam, saflufenacil, triclopyr, MCPA, quinclorac, dicamba e as associações de pyroxsulam + saflufenacil e/ou bentazon e/ou metribuzin e metsulfuron + metribuzin e/ou bentazon são seletivos para cultivar de trigo Toruk.

Os herbicidas aplicados isolados, triclopyr, saflufenacil, MCPA, dicamba e as associações de metribuzin + pyroxsulam e/ou metsulfuron, bentazon + pyroxsulam e/ou metsulfuron são altamente eficientes no controle de nabo na cultura do trigo.

Os herbicidas dicamba e as associações de metribuzin + pyroxsulam e/ou metsulfuron e pyroxsulam + saflufenacil foram os mais eficientes no controle da soja voluntária Enlist™. Também pyroxsulam, saflufenacil e as associações de metribuzin + pyroxsulam e/ou saflufenacil, bentazon + pyroxsulam e/ou apresentam eficiência no controle da soja voluntária Enlist™ na cultura do trigo.

## **3 Capítulo 2 - Eficiência dos herbicidas Enlist Colex-D e EnlistDuo® Colex-D no controle de *Conyza* spp. em diferentes estaturas**

### **3.1 Introdução**

As plantas do gênero *Conyza* spp. (buva), são autógamas, de ciclo anual, se reproduzem por sementes e pertencem a família Asteraceae. O gênero é constituído por 50-80 espécies que se desenvolvem em regiões temperadas e subtropicais ao redor do mundo (SANSOM; SABORIDO; DUBOIS, 2013). As três espécies de maior ocorrência no Brasil são: *Conyza bonariensis*, *Conyza canadensis* e *Conyza sumatrensis*, estando distribuídas entre as regiões Centro-Oeste e Sul (LORENZI, 2000). Estas espécies infestam áreas em pousio, pastagens, culturas perenes, margens de rodovias e de áreas agrícolas e principalmente cultivos anuais manejados sob sistema de semeadura direta (YAMASHITA; GUIMARÃES, 2011).

As buvas são altamente prolíferas, produzem entre 119 a 375 mil sementes por planta, dependendo da espécie (WU et al., 2007; KEMPEN; GRAF, 1981). As sementes apresentam estruturas denominadas de "papus" que facilitam a dispersão a longas distâncias pelo vento, podendo se dispersar por até 180 quilômetros de distância da planta mãe (LIU; QI; WANG, 2018). A ampla distribuição nos sistemas conservacionistas de solo (semeadura direta) e a evolução de biótipos resistentes ao herbicida glifosato, caracteriza a buva como planta daninha de elevada adaptabilidade ecológica (LAMEGO et al., 2013). Devido à grande adaptabilidade da espécie e a dependência de herbicidas nesse sistema de cultivo, se intensificou o uso de herbicidas não seletivos, especialmente do glifosato, utilizado no manejo de pré-semeadura (dessecação) e em pós-emergência da soja. Essa elevada pressão de seleção conduziu a evolução de biótipos de buva resistentes a esse herbicida (LAMEGO et al., 2013).

Os casos de resistência simples e múltipla das três espécies, *C. bonariensis*, *C. canadensis* e *C. sumatrensis*, envolvem seis mecanismos de ação herbicida, reduzindo as opções efetivas de controle, o que as caracteriza como as plantas mais problemáticas na agricultura (HEAP, 2019; MATZRAFI et al., 2015). No Brasil, são nove casos de resistência das três espécies, sendo considerado o mais alarmante o relato de biótipos de *C. sumatrensis* com resistência múltipla aos herbicidas inibidores do fotossistema I e II (FSI; FSII), protoporfirinogênio IX (PROTOX), 5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintase (EPSPS), acetolactato sintase (ALS) e recentemente as auxinas sintéticas (HEAP, 2019).

A ineficiência de controle do glifosato em buva e capim-amargoso onera o custo médio em 222%, comparado a áreas livres do problema da resistência, além de reduzir a produtividade em decorrência da competição interespecífica (ADEGAS et al., 2018). As perdas de produtividade podem variar entre 1,4% e 25,9% a cada planta daninha m<sup>-2</sup>, de acordo com o ambiente, genótipo, capacidade competitiva da cultura e estágio de desenvolvimento da buva (AGOSTINETTO; SILVA; VARGAS, 2017). Na soja, há perdas médias de 25% na produtividade com a presença de 13 plantas m<sup>-2</sup>, no entanto, podem superar 60% em maiores densidades (BAJWA et al., 2016; TREZZI et al., 2013).

Para auxiliar no controle de biótipos resistentes na pós-emergência da soja, a engenharia genética desenvolveu recentemente a soja resistente aos herbicidas 2,4-D, glifosato e glufosinato, visando o manejo de plantas daninhas eudicotiledôneas de difícil controle e resistentes ao glifosato, como as espécies de *Conyza* spp. A nova tecnologia, denominada de Colex-D, utilizada nos herbicidas Enlist Colex-D (2,4-D) e EnlistDuo® Colex-D (mistura de 2,4-D colina e glifosato) apresenta ultrabaixa volatilidade, potencial minimizado de deriva e menor odor. Além da melhoria das características de compatibilidade na mistura pronta do que a mistura de tanque (ROBINSON; SIMPSON; JOHNSON, 2012).

A ocorrência de biótipos resistentes indica a necessidade da adoção de práticas diversificadas no manejo de plantas daninhas, com vistas a estratégias culturais (espaçamento, densidade de semeadura, cultivares competitivas, culturas de cobertura, rotação de culturas), bem como o uso de herbicidas alternativos com mecanismos de ação distintos (BAJWA et al., 2016; TREZZI et al., 2013). Biótipos resistentes, a exemplo da buva, destaca-se a importância de realizar as aplicações

herbicidas preferencialmente nos estádios iniciais de crescimento, em plantas com 5 a 8 folhas e em condições ambientais favoráveis (DENNIS et al., 2016).

O trabalho teve como hipótese que os herbicidas Enlist Colex-D e EnlistDuo® Colex-D, aplicados isoladamente são eficientes no controle de buva em diferentes estaturas. Deste modo, objetivou-se avaliar a eficiência de controle do Enlist Colex-D e do EnlistDuo® Colex-D em plantas de buva de diferentes estaturas.

### 3.2 Material e métodos

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade de Cruz Alta/RS, em solo classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico textura argilosa (EMBRAPA, 2013). O experimento foi conduzido em delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições e as unidades experimentais de 3 x 5m (15m<sup>2</sup>). O experimento foi composto por três fatores, onde no fator A testou: estatura da planta daninha (E1:1-2cm; E2:10-12cm; e, E3:25-30cm); o fator B: os herbicidas (Enlist Colex-D e EnlistDuo® Colex-D); e, o fator C: as doses (0; 1/2x; 1x; 2x; e, 4x, em relação a dose de registro), Enlist Colex-D (912g e.a.ha<sup>-1</sup>) e EnlistDuo® Colex-D (1170g e.a.ha<sup>-1</sup> 2,4-D sal colina + 1230g e.a.ha<sup>-1</sup> glifosato sal de dimetilamina).

A densidade de buva foi estabelecida pela infestação natural na área de pousio, realizando-se a uniformização de plantas conforme a estatura e a contagem de folhas. A média foi de 4,0, 19,0 e 35,0 folhas para as estaturas E1, E2 e E3, respectivamente. A aplicação dos herbicidas realizou-se em novembro de 2018 e as condições ambientais no momento da aplicação foram: temperatura de 31,7°C, umidade relativa de 49% e velocidade do vento de 6km/h. A aplicação dos tratamentos ocorreu com pulverizador costal pressurizado com CO<sub>2</sub>, equipado com barra lateral de 3m, com 6 pontas do tipo leque MagnoJet ST® 015 e vazão equivalente a 150L ha<sup>-1</sup>.

A variável avaliada foi o controle visual das plantas de buva, realizada aos 7, 14, 28 e 56 dias após o tratamento (DAT), utilizando escala percentual de zero (0) a cem (100), que corresponderam à ausência de dano e a morte das plantas, respectivamente (FRANS et al.,1986).

Os dados obtidos foram analisados quanto à normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e homocedasticidade (teste de Hartley), sendo, posteriormente submetidos à análise de variância ( $p \leq 0,05$ ). Em caso de significância o efeito da estatura foram analisados pelo teste Duncan ( $p \leq 0,05$ ) e os efeitos de herbicidas pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ).

Para o fator dose realizou-se a análise de regressão pelo programa SigmaPlot 10.0 (SIGMAPLOT, 2007), ajustada a equação exponencial não linear:

$$y = a(1 - e^{-bx}) \quad (1)$$

onde  $y$  = é a variável resposta;  $a$  = máximo controle,  $x$  = dose,  $b$  = constante derivada da equação.

### 3.3 Resultados e discussão

O teste de Shapiro-Wilk e Hartley demonstraram não haver a necessidade de transformação dos dados. Os resultados evidenciaram que houve interação tripla entre os fatores estatura, herbicidas e doses (Tabela 11 e Figura 1). Assim, os dados de controle ajustaram-se ao modelo exponencial de dois parâmetros e os valores do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) variaram entre 0,88 a 0,99 (Figura 1).

Aos 07 DAT, verificou-se que o maior controle para ambos os herbicidas ocorreu na maior dose e na menor estatura (Tabela 11 e Figura 1A). O EnlistDuo® Colex-D teve melhor controle comparativamente ao Enlist Colex-D em todas as doses e estaturas avaliadas. A média de controle na dose de registro (1x) do EnlistDuo® Colex-D foi 62% superior ao Enlist Colex-D. Observou-se no Enlist Colex-D que a dose 4x proporcionou incremento de 88% no controle em relação a 1x a dose na E1. Para o EnlistDuo® Colex-D o aumento de dose elevou o controle em todas as estaturas, principalmente, a dose 4x, na qual superou em 43%, 61% e 22% a dose 1x nas E1, E2 e E3, respectivamente.

Aplicações com mistura em tanque de glifosato com 2,4-D, sobre plantas de buva com 4-6 folhas foi superior a aplicação isolada de glifosato, aos 07 DAT (CESCO et al., 2019), corroborando com a superioridade de eficiência observada do EnlistDuo® Colex-D sobre o Enlist Colex-D no presente trabalho.

Aos 14 DAT, observou-se controle próximo a 80% apenas na maior dose do herbicida Enlist Colex-D e na menor estatura (Tabela 11 e Figura 1B). Enquanto que no EnlistDuo® Colex-D verificou-se o mesmo nível de controle com 2x a dose na E1 e controle acima de 80% com 4x a dose nas E1 e E2.

Entre os herbicidas, o EnlistDuo® Colex-D, de modo similar a primeira época de avaliação, foi mais eficiente em todas as doses e estaturas da buva, com exceção de 2x a dose na E3, a qual não diferiu do herbicida Enlist Colex-D (Tabela 11). A média de controle das doses crescentes nas três estaturas do EnlistDuo® Colex-D foi de 161%, 61%, 12% e 44%, superior ao Enlist Colex-D. Esses resultados evidenciam o

sinergismo da mistura de 2,4-D com glifosato no controle de eudicotiledôneas descrito por vários autores (BYKER et al., 2013; FLINT; BARRETT, 1989; SANTOS et al., 2002).

Tabela 11 - Controle de buva em diferentes estaturas aos 07, 14, 28 e 56 dias após os tratamentos(DAT). Unicruz, Cruz Alta/RS, 2018.

Dose(x) <sup>1</sup>	Enlist Colex-D			EnlistDuo® Colex-D		
	E1 <sup>2</sup>	E2	E3	E1	E2	E3
07 DAT						
0	0 a <sup>3</sup> ns <sup>4</sup>	0 a ns	0 a ns	0 a	0 a	0 a
½	24 a *	12 b *	5 c *	38 a	36 a	20 b
1	36 a *	30 a *	18 b *	53 a	42 b	41 b
2	36 a *	30 ab *	26 b *	59 a	43 b	36 c
4	68 a *	45 b *	39 b *	76 a	68 a	50 b
C.V (%)	12,88					
14 DAT						
0	0 a ns	0 a ns	0 a ns	0 a	0 a	0 a
½	23 a *	14 b *	10 c *	53 a	40 b	30 c
1	40 a *	28 b *	20 c *	64 a	43 b	35 c
2	64 a *	61 a *	43 b ns	77 a	68 b	43 c
4	77 a *	50 b *	41 c *	88 a	81 ab	73 b
C.V (%)	8,94					
28 DAT						
0	0 a ns	0 a ns	0 a ns	0 a	0 a	0 a
½	38 a *	19 b *	10 c *	77 a	34 b	26 c
1	84 a ns	43 b ns	24 c *	84 a	38 b	34 b
2	87 a *	48 b *	41 c *	95 a	74 b	52 c
4	97 a ns	61 b *	58 b *	99 a	91 b	85 c
C.V (%)	8,90					
56 DAT						
0	0 a ns	0 a ns	0 a ns	0 a	0 a	0 a
½	51 a *	25 b *	13 c *	87 a	35 b	22 c
1	87 a *	36 b *	28 c *	98 a	49 b	34 c
2	97 a ns	49 b *	39 c *	95 a	76 b	55 c
4	97 a ns	66 b *	62 b *	99 a	92 b	91 b
C.V (%)	8,40					

<sup>1</sup>Veze a dose de registro do produto comercial Enlist Colex-D (912g e.a.ha<sup>-1</sup>), EnlistDuo® Colex-D (1170g e.a.ha<sup>-1</sup> 2,4-D sal colina + 1230g e.a.ha<sup>-1</sup> glifosato sal de dimetilamina). <sup>2</sup>E1 (1-2cm), E2 (10-12cm) e E3 (25-30cm). <sup>3</sup>Letras minúsculas na linha compara os herbicidas em cada estatura e quando iguais não difere entre si pelo teste de Duncan (p≤0,05). <sup>4</sup>ns e \* não significativo e significativo compara os herbicidas em cada estatura pelo teste t (p≤0,05).

Possivelmente, a maior velocidade de controle observada nas avaliações iniciais do EnlistDuo® Colex-D, esteja relacionado ao efeito aditivo da mistura, como constatado em pesquisa, onde a absorção da associação de 2,4-D + glifosato foi três vezes maior em relação as individuais de 2,4-D (LYM, 2000).

Aos 28 DAT, o herbicida Enlist Colex-D na dose 1x controlou as plantas de buva acima de 80% nas doses 1x e 2x, não diferindo entre elas e, acima de 95% na maior dose na E1 (Tabela 11 e Figura 1C). Para o EnlistDuo® Colex-D o nível de controle evoluiu com aumento de doses na E1, acima de 95% a partir de 2x a dose. Destaca-se o controle superior a 90% na E2 e 85% na E3 para 4x a dose. Através da projeção da curva da regressão é possível observar a equidade de controle entre os herbicidas na E1 a partir de 1x a dose (Figura 1C). Porém, nas demais situações ambos herbicidas não foram efetivos no controle da buva em estágio avançado de desenvolvimento, plantas de 10-12cm e 25-30cm. Dentre os herbicidas, observou-se que o Enlist Colex-D apresentou a maior perda de eficiência no controle da buva nas estaturas E2 e E3, mesmo na maior dose (Tabela 11 e Figura 1C).

A mistura de 2,4-D com glifosato revelou controle acima de 80% em buvas de até 5cm, aos 28 DAT, mas em plantas maiores o controle variou entre 60% e 33% (SCHNEIDER, 2018). Resultados similares são relatados pela aplicação isolada de 2,4-D sal dimetilamina na dose de 670g e.a.ha<sup>-1</sup>, que resultou em controle de 99%, 85% e 30% para plantas em estádios de <6, 6-15 e >15-25cm, respectivamente. No entanto, quando associado com glifosato (670 + 720g e.a.ha<sup>-1</sup>) controlou 100% os estádios iniciais e 50% das buvas acima de 15cm (TAKANO et al., 2013).

O padrão de resposta dos herbicidas observado aos 56 DAT foi de maior controle na E1, reduzindo a eficiência nas estaturas subsequentes E2 e E3, com exceção de 4x a dose, que não diferiu da E2 para a E3 em ambos herbicidas (Tabela 11 e Figura 1D). Observou-se que o herbicida Enlist Colex-D obteve controle acima de 95% na E1, nas doses 2x e 4x, seguido de 1x a dose, com eficiência superior a 85% (Figura 1D). A eficiência de controle do EnlistDuo® Colex-D variou entre 87% e 99%, respectivamente a 1/2x e 4x a dose, tendo a maior dose (4x), proporcionado controle acima de 90% nas E2 e E3.

Entre os herbicidas não houve diferença nas doses 2x e 4x na E1, porém na dose de registro o EnlistDuo® Colex-D foi 13% superior. Nas demais estaturas e doses o EnlistDuo® Colex-D foi superior ao Enlist Colex-D. Embora não seja recomendada subdoses, observou-se que 1/2x dose do herbicida EnlistDuo® Colex proporcionou

controle equivalente a 1x dose de Enlist Colex-D em plantas de buva na E1. Importante destacar que de modo geral, nas avaliações, os herbicidas apresentaram perda de eficiência no controle da buva nas estaturas maiores.

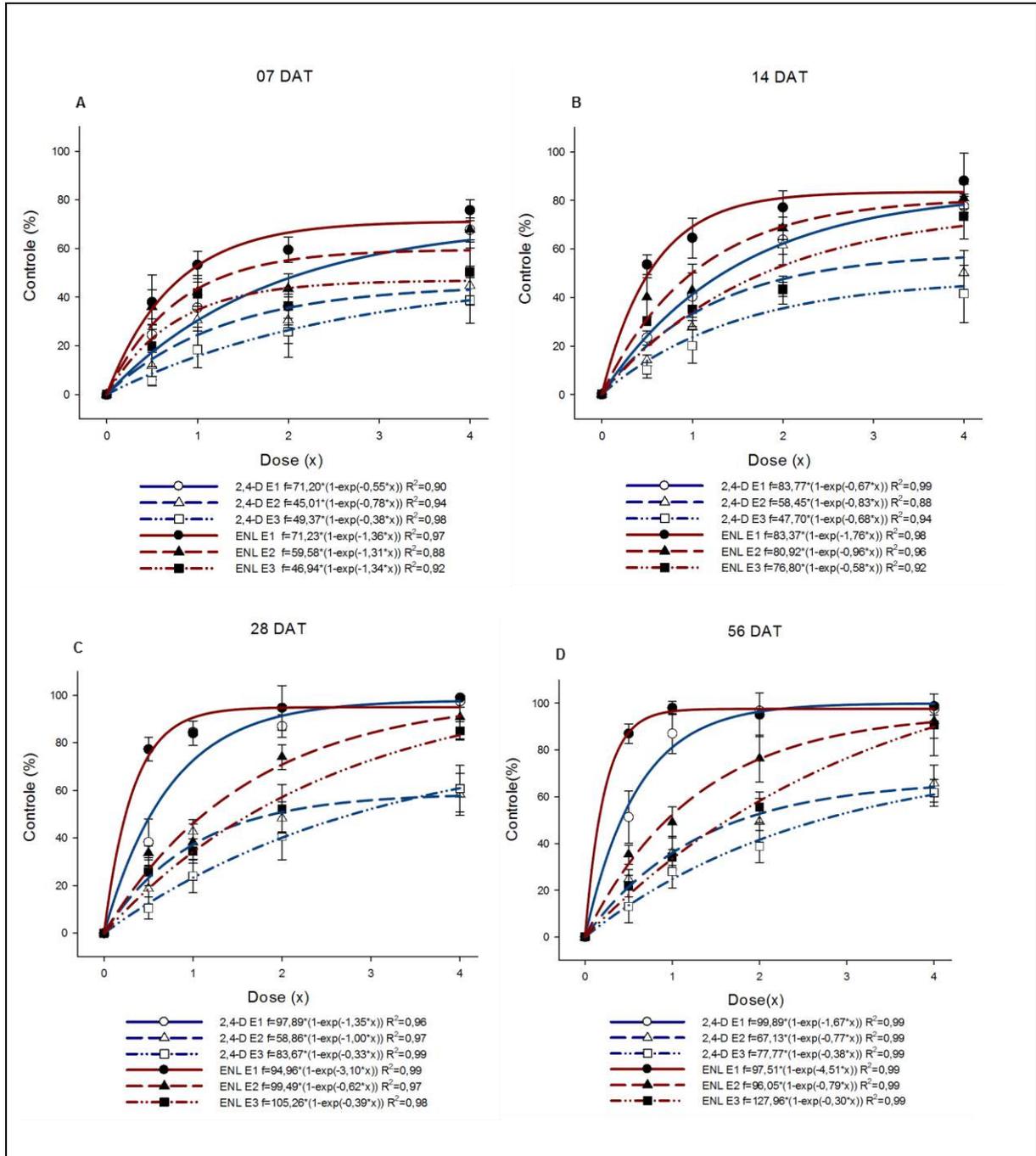


Figura 1 - Controle de buva com Enlist Colex-D na dose de registro (912g e.a.ha<sup>-1</sup>) e EnlistDuo® Colex-D (1170g e.a.ha<sup>-1</sup> 2,4-D sal colina + 1230g e.a.ha<sup>-1</sup> glifosato sal de dimetilamina) e, 1/2x, 2x e 4x a dose, nas estaturas E1 (1-2cm), E3 (10-12cm) e E3 (25-30cm) aos 7, 14, 28 e 56 dias após os tratamentos (DAT). Unicruz, Cruz Alta/RS, 2018. Os pontos representam os valores médios das repetições de cada dose em cada estatura e as barras representam os intervalos de confiança em relação à média (p<0,05).

Com os resultados obtidos no trabalho é possível afirmar que o melhor momento de manejar a buva é nos estádios iniciais de desenvolvimento. Outros autores também observaram que os níveis de controle são maiores para plantas em estádios iniciais do que em estádios mais avançados (OKUMU; VORSTER; REINHARDT, 2019; SCHNEIDER, 2018; ZOBIOLE et al., 2018). A mistura de glifosato + 2,4-D (900 + 1042g e.a.ha<sup>-1</sup>) controlou 100% das plantas de *Conyza sumatrensis* com 5-7cm (SANTOS et al., 2015). Ainda, verificou-se que o EnlistDuo® Colex-D é eficaz no controle de *Amaranthus rudis*, *Ambrosia trifida* e *Kochia scoparia* resistentes ao glifosato, porém as doses efetivas variaram com as espécies e com o estágio de desenvolvimento (CHAHAL et al., 2015).

Quando em estádios mais avançados de desenvolvimento, a aplicação de glifosato + 2,4-D na dose de 960 + 496g e.a.ha<sup>-1</sup>, em plantas de buva acima de 14cm, o controle foi inferior a 80% (OLIVEIRA NETO, 2010). Outra pesquisa reporta que o uso de 670g e.a.ha<sup>-1</sup> de 2,4-D dimetilamina, proporcionou 16% de controle em buvas acima de 15cm de estatura, no entanto, doses crescentes da mistura de glifosato + 2,4-D, elevaram o controle para 49% e 68% em plantas do mesmo estágio, porém considerado insatisfatório (TAKANO et al., 2013). Contudo, observou-se em pesquisa que o EnlistDuo® Colex-D na dose de 1720g e.a.ha<sup>-1</sup> controlou eficientemente plantas de buva resistente ao glifosato mesmo em estádios maiores que 20 e 30cm de estatura (FORD et al., 2014), enquanto para *Amaranthus palmeri*, *Salsola* spp. e *Kochia scoparia* o controle foi 23%, 29% e 18% menor respectivamente em plantas de 10-30cm, comparado à plantas de 3-5cm (MANUCHEHRI et al., 2019).

A menor sensibilidade de biótipos de *Conyza sumatrensis* nos estádios mais desenvolvidos foi sugerida, pela maior densidade de tricomas que reduzem a penetração do herbicida (SANTOS et al., 2014). Os tricomas na superfície adaxial da folha interceptam as gotas da pulverização, impedindo que alcancem a epiderme, reduzindo a área de contato da gota com a folha e por consequência a absorção do herbicida (YAMASHITA; GUIMARÃES, 2011). Além disso, a maior deposição de cera epicuticular em plantas mais desenvolvidas, podem tornar-se a principal barreira à absorção de herbicidas, principalmente os herbicidas polares. A menor eficiência de controle dos herbicidas solúveis em água é frequentemente atribuída à penetração limitada através da camada de cera epicuticular (HEREDIA-GUERRERO et al., 2014).

Os resultados observados, bem como os referidos pela literatura, comprovam que o estágio da planta é fator importante no momento da aplicação dos herbicidas,

sendo que o controle químico da buva deve ser preferencialmente realizado em plantas pequenas para não comprometer a eficiência.

Fatores ambientais também interferem no controle das espécies de *Conyza* spp. Populações de buva tratadas com glifosato e expostas a diferentes temperaturas, aumentaram a tolerância linearmente à medida que a temperatura foi aumentada, ao passo que quando cultivadas sob as mesmas temperaturas, elas responderam similarmente a aplicação do herbicida (KLEINMAN; BEN-AMI; RUBIN, 2016).

Recente pesquisa indica que a elevação da temperatura associada ao aumento de CO<sub>2</sub>, resultaram em perda da dominância apical e necrose rápida em plantas de *Conyza canadensis* tratadas com glifosato (MATZRAFI et al., 2019). Nessas condições o glifosato foi translocado rapidamente das folhas tratadas em direção aos meristemas jovens e raízes, sugerindo que a translocação alterada do glifosato e o sequestro específico em determinado tecido podem ser a base da redução da sensibilidade da planta (MATZRAFI et al., 2019).

Somados a esses fatores que interferem na eficiência de controle, a alta prolificidade da espécie, facilidade de dispersão das sementes e a taxa de alogamia, são elementos que propiciam o rápido surgimento de biótipos resistentes. Além de genes que contribuem para que as plantas sobrevivam após a aplicação de herbicidas, como é o caso dos genes relacionados ao transporte e metabolismo do herbicida. Esses genes podem participar na resistência ao glifosato baseada no metabolismo via oxidação, conjugação, transporte e degradação, além de antioxidação de herbicidas em *C. bonariensis* (PIASECKI et al., 2019). Também a resistência pode estar relacionada a superexpressão da enzima que confere elevado fator de resistência ao glifosato em espécies de *Conyza* spp. (TANI; CHACHALIS; TRAVLOS, 2015).

A dose é outro aspecto que vale ressaltar, pois é um parâmetro e sua recomendação baseia-se na efetividade sobre a espécie mais tolerante para qual o produto é recomendado, sob a ampla diversidade de condições ambientais que podem incidir tanto no momento, quanto no período pós aplicação do produto. Além do aspecto metabólico, em que as substâncias xenobióticas geralmente induzem a expressão de uma gama de genes que codificam enzimas desintoxicantes. Assim, o caminho entre a desintoxicação metabólica do herbicida e a chegada ao local alvo é crítica (DUKE, 2017). Respostas diferenciais de controle, podem também estar relacionadas ao percentual do sítio alvo da espécie, que demanda quantidades

diferentes do herbicida para o efeito letal e que ainda carece de muita informação (DUKE, 2017). Esses aspectos também devem ser considerados porque podem influenciar na eficiência do herbicida e, plantas não controladas oportunizam a disseminação e aumento da infestação da espécie na área para as culturas subsequentes, além de contribuir para o surgimento de populações resistentes.

Para evitar a pressão de seleção a herbicidas com os mesmos modos de ação, os produtores devem adotar o sistema integrado de manejo de plantas daninhas que inclua o uso de herbicidas residuais, mistura de herbicidas com diferentes modos de ação e rotação de herbicidas. Importante reforçar a necessidade do cuidado no momento da aplicação dos herbicidas, atentando as condições ambientais e quanto ao estágio de desenvolvimento da planta daninha alvo para evitar falhas no controle.

Considerando o exposto e os resultados da pesquisa, acredita-se que o EnlistDuo® Colex-D possa ser importante na estratégia de manejo dos biótipos resistentes ao glifosato, pois sua formulação com glifosato e o 2,4-D, melhoram a eficiência de controle.

### **3.4 Conclusões**

Os herbicidas Enlist Colex-D (912g e.a.ha<sup>-1</sup>) e EnlistDuo® Colex-D (1170g e.a.ha<sup>-1</sup> 2,4-D sal colina + 1230g e.a.ha<sup>-1</sup> glifosato sal dimetilamina) nas doses iguais ou superiores a dose de registro, são eficientes no controle de buva no estágio de 1-2cm ou 4 folhas.

O herbicida EnlistDuo® Colex-D na dose de 4680g e.a.ha<sup>-1</sup> 2,4-D sal colina + 4920g e.a.ha<sup>-1</sup> glifosato sal dimetilamina, apresenta controle satisfatório em buva nos estádios entre 10 e 30cm de estatura.

O estudo evidencia que o estágio da buva no momento da aplicação dos herbicidas é determinante para o resultado final, onde buva em estádios iniciais o controle é eficiente, enquanto que nos avançados apresenta dificuldade.

## **4 Capítulo 3 - Habilidade competitiva de *Euphorbia heterophylla*, *Amaranthus viridis* com *Glycine max* Enlist™**

### **4.1 Introdução**

A soja (*Glycine max*) é mais importante oleaginosa utilizada na alimentação humana e animal através de seus subprodutos, especialmente devido a quantidade de óleo (18-22%) e da proteína vegetal (38-56%). Atualmente é cultivada em mais de 123.5 milhões de hectares, totalizando 352.6 milhões de toneladas no mundo (FAO, 2019). Na última década o cultivo global teve taxa de crescimento anual geométrica, aumentando em 2,29% e 4,19% à área e produção, respectivamente (FAO, 2019). O Brasil é o segundo maior produtor mundial da cultura com 119 milhões de toneladas na última safra de 2017/18, representando U\$ 31.7 bilhões em exportações (CONAB, 2019). Contudo, salienta-se que vários fatores podem interferir na produtividade da cultura, destacando a competição com plantas daninhas.

A competição entre plantas ocorre quando ao menos um dos recursos essenciais ao seu desenvolvimento e crescimento se encontra em quantidade limitada para atender às necessidades de todos os indivíduos presentes no meio (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007), resultando na diminuição da taxa de crescimento populacional e determinando o número máximo de indivíduos que o ambiente pode suportar.

São consideradas boas competidoras, plantas que apresentam rápida apropriação dos recursos e elevada taxa de crescimento relativo (GRIME, 1979), ou ainda, que demandem menor exigência de recursos (TILMAN, 1988). Ambas as teorias ajudam a explicar o papel dos recursos na competição e como as características das plantas podem conferir capacidade competitiva.

A competição das plantas daninhas com a soja acarretam prejuízos que podem chegar até 94% da produtividade da cultura, dependendo do período de semeadura

(ZANDONÁ et al., 2018). Tais perdas podem ser variáveis em função da(s) espécie(s) vegetal(is), populações de plantas daninhas na área, cultivar de soja, época relativa de emergência e o estágio de fenológico das espécies (AGOSTINETTO et al., 2014).

Nesse contexto, a *Euphorbia heterophylla* e o *Amaranthus viridis* estão entre as principais plantas daninhas que crescem entre as culturas, destacada pela grande ocorrência em áreas cultivadas, alta capacidade competitiva e alta produção de sementes (KISSMANN; GROTH 1999).

A presença de leiteira na soja nas densidades entre 12 e 52 plantas m<sup>-2</sup>, convivendo com a cultura durante 45 dias, reduzem a produtividade em 6% e 16%, respectivamente, e as mesmas densidades, convivendo durante 115 dias, podem elevar as perdas para 22% e 50% (CHEMALE; FLECK, 1982). Uma planta m<sup>-2</sup> reduz entre 0,7% a 3,0% a produtividade de grãos, enquanto 5,15kg<sup>-1</sup> perdem-se diariamente quando em convivência com a leiteira a partir do 17º dia após a semeadura (WILLARD et al., 1994; MESCHÉDE et al., 2002).

O gênero *Amaranthus* possui diversas espécies, que se destacam pela adaptabilidade ao meio ambiente, prolífica produção de sementes e por apresentar metabolismo C<sub>4</sub> (TSUTSUMI et al., 2017). Dentre eles, o *A. viridis* produz em torno de 7.000 sementes por planta e, juntamente com outras espécies do gênero, são consideradas as plantas daninhas mais abundantes das regiões sul e centro-oeste do Brasil (GALINATO et al., 1999). Na cultura da soja, o *A. rudis* e *A. retroflexus* são importantes competidores, podendo ocasionar perdas de 38% a 56%, respectivamente (BENSCH; HORAK; PETERSON, 2003).

No ambiente agrícola, a população da cultura geralmente é constante, enquanto das plantas daninhas varia de acordo com o banco de sementes do solo e das condições ambientais que alteram o nível de infestação, mudando a proporção entre cultura e planta daninha (AGOSTINETTO et al., 2013), razão pela qual é necessário verificar, além da influência da população das plantas, o efeito da variação na proporção das espécies quando em competição. Para determinar essas interações competitivas entre culturas e plantas daninhas é preciso elaborar desenhos experimentais substitutivos e métodos de análise apropriados, comumente usados para esclarecer essas relações (BIANCHI; FLECK; LAMEGO, 2006; AGOSTINETTO et al., 2013).

Os experimentos em séries de substituição, são usados para estudar a competição inter e intraespecífica, mantendo a população total constante e a razão

entre as duas espécies é variável e, portanto, é possível comparar a produtividade das associações com a monocultura a fim de indicar qual espécie ou cultivar é mais competitiva (COUSENS, 1991). Esses estudos permitem definir as características que conferem maior capacidade competitiva às culturas em detrimento da comunidade infestante e o desenvolvimento de estratégias para o controle das plantas daninhas. Diante do exposto, o objetivo do estudo foi identificar e comparar o desenvolvimento fenológico e habilidade competitiva da soja Enlist™ com as espécies de leiteira e caruru-de-mancha.

## 4.2 Material e métodos

Foram realizados dois experimentos, conduzidos na casa de vegetação pertencente ao Centro de Herbologia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas (CEHERB/FAEM/UFPel), no período de janeiro e fevereiro de 2019.

Os tratamentos foram dispostos em delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições, sendo as unidades experimentais utilizadas vasos plásticos (com capacidade de 4L e diâmetro de 20cm), preenchidos com solo classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo de textura franco-arenosa, pertencente à unidade de mapeamento de Pelotas-RS (EMBRAPA, 2013). A correção da fertilidade foi realizada conforme análise do solo, conforme as indicações técnicas para a cultura da soja (SALVADORI et al., 2016). A irrigação das plantas foi realizada quando necessário, sendo mantida em capacidade de campo.

Para a realização da série substitutiva foram utilizados os dados de monocultivo de série aditiva, onde se determinou a população de plantas a partir da qual a massa de matéria seca da parte aérea (MMSPA) por unidade de área ( $\text{g m}^{-2}$ ) tornava-se independente da população, de acordo com a “lei de produção final constante” (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007). Para este estudo, utilizou-se as populações de 8, 12 e 32 plantas vaso<sup>-1</sup>, de soja Enlist™ (linhagem descontinuada com grupo de maturação 5.5), caruru-de-mancha e leiteira respectivamente, determinadas nos estudos de monocultivo realizados por Ruchel (2018) e Vargas (2019).

As espécies foram semeadas em bandejas de isopor e transplantadas para os vasos aos 5, 4 e 2 dias após a emergência para caruru-de-mancha, leiteira e a soja Enlist™, respectivamente. As populações de plantas por unidade experimental foram determinadas a partir do cálculo da média aritmética das espécies obtidas no estudo

de monocultivo, resultando em 12 e 20 plantas vaso<sup>-1</sup>, equivalente a 382 e 637 plantas m<sup>-2</sup>, quando na presença de soja Enlist™ com caruru-de-mancha e leiteria, respectivamente. Os experimentos em série de substituição, constaram de duas proporções em competição de soja Enlist™ com as plantas daninhas: leiteira (experimento I) e caruru-de-mancha (experimento II), sendo as mesmas 100:0 (estande puro de soja), 75:25 (soja: planta daninha), 50:50, 25:75 (soja: planta daninha) e 0:100% (estande puro de planta daninha) equivalentes a 20:0, 15:5, 10:10, 5:15 e 0:20 e 12:0, 9:3, 6:6, 3:9 e 0:12 plantas, para os experimentos I e II, respectivamente.

As variáveis avaliadas aos 35 dias após o transplante (DAT) para ambos os experimentos: índice relativo de clorofila (CLO), estatura (EST), área foliar (AF) e massa de matéria seca da parte aérea (MMSPA). A CLO foi determinada com o medidor portátil do índice relativo de clorofila (modelo SPAD) em todas as plantas por unidade experimental. A EST foi mensurada em todas as plantas de cada repetição, com régua milimétrica, tomando-se o comprimento desde o nível do solo até o ápice das folhas, com o limbo foliar distendido. A AF foi determinada com medidor de área foliar, modelo LI 3200 C, sendo o valor obtido em cm<sup>2</sup> e convertido em cm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>; enquanto, a MMSPA foi obtida após coleta e secagem em estufa de circulação forçada de ar, a 60°C por 72h, sendo pesadas em balança analítica e os valores expressos em g planta<sup>-1</sup>.

Para análise dos dados foi utilizado o método da análise gráfica da produtividade relativa (COUSENS, 1991; RADOSEVICH, 1987; ROUSH et al., 1989). O referido procedimento consiste na construção de diagramas, tendo por base as produtividades ou variações relativas (PR) e totais (PRT) nas proporções de plantas de 0, 25, 50, 75 e 100% da cultura e do competidor. A PR foi calculada pela média da mistura/média da monocultura, utilizando-se no cálculo a média por planta de cada espécie em cada unidade experimental. A PRT é representada pela soma das PR's do competidor e da cultura, nas respectivas proporções de plantas.

Nos diagramas, os resultados obtidos foram comparados aos valores da reta hipotética, que une os pontos zero (0) e um (1) do diagrama, a qual representou a ausência de interferência entre os biótipos. Caso a PR resultar em linha côncava, significa que ocorre prejuízo no crescimento de uma ou de ambas as espécies, enquanto que se a linha apresentada for convexa, há benefício no crescimento de uma ou de ambas as espécies. Quando a PRT for igual à unidade (um) (linha reta),

significa que ocorre competição pelos mesmos recursos; se superior a um (linha convexa) a competição é evitada, devido ao suprimento de recursos superar a demanda ou porque as espécies possuem diferentes demandas pelos recursos do meio; e, quando inferior a um (linha côncava), significa que ocorre antagonismo, havendo prejuízo mútuo ao crescimento das espécies (COUSENS, 1991; RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007).

Além da PR e da PRT, calcularam-se índices de competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e de competitividade (C). A CR representa o crescimento comparativo da cultura (soja) em relação aos competidores (leiteira ou caruru-de-mancha); K indica a dominância relativa de uma espécie sobre a outra; e, C aponta qual espécie manifesta-se mais competitiva (COUSENS, 1991; COUSENS; O'NEILL, 1993). Os índices CR, K e C foram calculados para as proporções 50:50, utilizando-se as equações propostas por Cousens e O'Neill (1993), conforme segue:

$$CR = PR_{soja} / PR_{competidor} \quad (2)$$

$$K_{soja} = PR_{soja} / (1 - PR_{soja}) \quad (3)$$

$$K_{competidor} = PR_{competidor} / (1 - PR_{competidor}) \quad (4)$$

$$C = PR_{soja} - PR_{competidor} \quad (5)$$

A interpretação conjunta desses valores indica a competitividade das espécies envolvidas. A cultura da soja é mais competitiva que o competidor quando  $CR > 1$ ,  $K_{soja} > K_{competidor}$  e  $C > 0$  (HOFFMAN; BUHLER, 2002), enquanto o competidor é mais competitivo que a soja quando  $CR < 1$ ,  $K_{soja} < K_{competidor}$  e  $C < 0$ .

Para analisar estatisticamente a produtividade relativa, primeiramente foi calculada a diferença para os valores de PR (DPR) obtidos na proporção de 50% de plantas, em relação aos valores pertencentes às retas hipotéticas obtidas nas respectivas proporções (BIANCHI; FLECK; LAMEGO, 2006; PASSINI; CHRISTOFFOLETI; YADA, 2003). Em seguida, foi utilizado o teste "t" ( $p \leq 0,05$ ) para avaliar as diferenças nos índices DPR, PRT, CR, K e C (HOFFMAN; BUHLER, 2002; ROUSH et al., 1989). As hipóteses de nulidade para testar as diferenças de DPR e C são de que as médias são iguais a zero ( $H_0=0$ ); para PRT e CR, que as médias são iguais a um ( $H_0=1$ ); para o índice K, que as médias das diferenças entre  $K_{soja}$  e  $K_{competidor}$  são iguais a zero [ $H_0=(K_{soja} - K_{competidor})=0$ ]. O critério para considerar a existência de diferenças em competitividade, para os índices CR, K e C, foi de que, no mínimo em dois índices, ocorressem diferenças pelo teste "t" (BIANCHI; FLECK; LAMEGO, 2006).

Os resultados obtidos para CLO, EST, AF e MMSPA das plantas, expressos em valores médios por planta, foram submetidos à análise de variância. Quando o teste F indicou significância ( $p \leq 0,05$ ), as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Dunnett ( $p \leq 0,05$ ), tendo como tratamento padrão o respectivo monocultivo.

Os parâmetros fotossintéticos foram analisados quando os biótipos de leiteira e caruru-de-mancha estavam entre 8-10 e 11-13 folhas, respectivamente e as plantas de soja Enlist™ em estágio V<sub>6</sub>-V<sub>8</sub>. Para tal, utilizou-se analisador de gases no infravermelho (IRGA), marca LI-COR, modelo LI-6400, tomando-se como critério a última folha completamente expandida para plantas de leiteira e caruru-de-mancha e, o último trifólio desenvolvido para as plantas da soja.

As variáveis analisadas foram fotossíntese líquida (A), condutância estomática (Gs), concentração de CO<sub>2</sub> subestomática (Ci) e taxa de transpiração (E). Calculou-se ainda a eficiência da carboxilação (CE) e do uso da água (EUA) pela relação A/Ci e A/E, respectivamente.

Os dados obtidos foram analisados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e à homocedasticidade pelo teste de Hartley, que indicaram não haver necessidade de transformação dos dados. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância ( $p \leq 0,05$ ), utilizando-se o procedimento MIXED do “Statistical Analysis System” (SAS INSTITUTE, 1999), conforme descrito por Piana et al. (2012). Quando constatada significância estatística pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ), as proporções foram comparadas pelo teste de Duncan ( $p \leq 0,05$ ) para cada espécie competidora e analisados separadamente para os dois experimentos.

### **4.3 Resultados e discussão**

Os resultados e discussão serão apresentados na ordem dos estudos, sendo experimento I (soja: leiteira) e experimento II soja: caruru-de-mancha.

#### **4.3.1 Experimento I: Soja x leiteira**

A análise gráfica das combinações de plantas para a soja Enlist™ com o competidor leiteira, evidenciou que os valores de PR esperados para as variáveis CLO e EST foram equivalentes e não significativos, sendo os resultados obtidos semelhantes às linhas hipotéticas (Figura 2A, B e Tabela 13), uma vez que para haver significância, pelo menos duas proporções de plantas devem diferir significativamente

(BIANCHI; FLECK; LAMEGO, 2006). Em trabalho de competição realizado com as mesmas espécies, constatou desvios na PR, para EST, representados por linhas próximas à reta hipotética para a cultura e côncava para a planta daninha, demonstrando que a competição foi mais prejudicial para a planta daninha do que para a cultura (ULGUIM et al., 2016).

Para as variáveis AF e MMSPA, observou-se, linhas côncavas e índices negativos para a PR da cultura e do competidor (Figura 2C, D e Tabela 12). Neste caso houve prejuízo para a cultura e a planta daninha, ocorrendo competição entre as duas espécies pelos mesmos recursos do meio. Enquanto, estudo de habilidade competitiva entre as mesmas espécies, a AF da cultura apresentou linhas convexas, enquanto a leiteira côncava, evidenciando que a presença do competidor não representou perdas para a soja e que a planta daninha foi menos competitiva (ULGUIM et al., 2016).

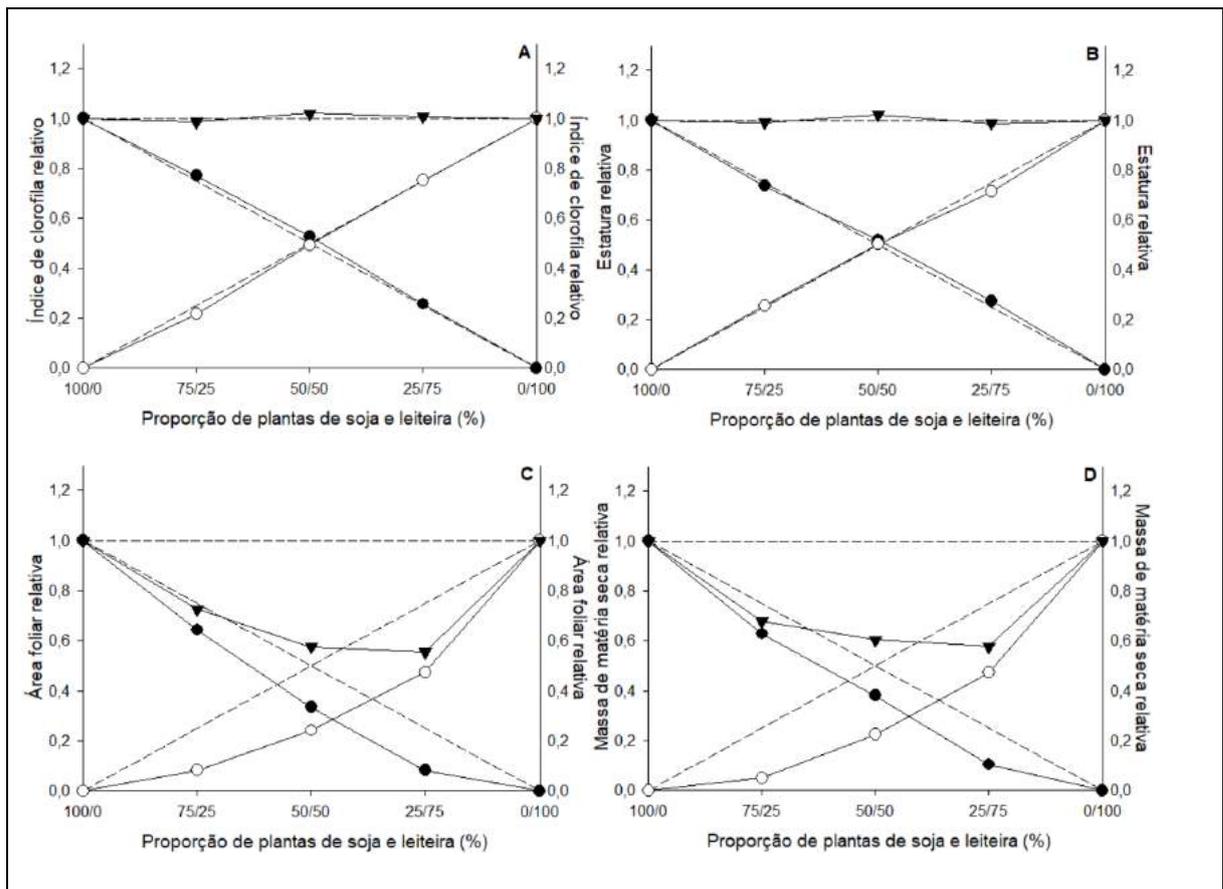


Figura 2 - Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para o índice relativo de clorofila (A), estatura (B), área foliar (C) e massa de matéria seca da parte aérea (D) de soja Enlist™ e leiteira em função da proporção entre as espécies na população. FAEM/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2019. (●) PR da soja; (○) PR da leiteira; e, (▼) PRT. Linhas tracejadas referem-se às produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.

Resultados similares a desta pesquisa, foram obtidos pela competição entre soja e papuã, que apresentaram perdas mútuas em AF e MMSPA (AGOSTINETTO et al., 2009). Ainda, em estudo avaliando o efeito de leiteira sobre quatro variedades de sorgo (*Sorghum bicolor*), constatou-se a ocorrência de linhas côncavas para a cultura (C<sub>4</sub>) e a leiteira (C<sub>3</sub>) nas quatro variedades, para a variável AF e em uma para MMSPA (GALON et al., 2018), corroborando com os resultados do presente estudo.

Com relação à PRT, não houve diferenças para as variáveis CLO e EST, no entanto observou-se diferenças significativas entre os valores esperados e estimados para AF e MMSPA da soja Enlist™ ao competirem com a leiteira, apresentando linhas côncavas e valores médios inferiores a um (Figuras 2C, D e Tabela 12). A linha côncava da PRT representa prejuízo mútuo ao crescimento, significando que a competição se estabeleceu entre as duas espécies pelos recursos do meio (COUSENS, 1991).

Embora ambas sejam eudicotiledôneas, esperava-se que a soja e a leiteira explorassem diferentes nichos ecológicos e não competissem pelos mesmos recursos do ambiente, uma vez que pertencem à famílias botânicas distintas. Resultados similares foram obtidos na PRT para AF e MMSPA representada por linhas côncavas para soja e leiteira e/ou picão-preto, indicando redução do crescimento possivelmente decorrente da convivência entre plantas (FORTE et al., 2017; RUCHEL, 2018).

Tabela 12 - Diferenças relativas de produtividade (PR) e produtividade relativa total (PRT) para índice relativo de clorofila (CLO), estatura (EST), área foliar (AF) e massa de matéria seca da parte aérea (MMSPA) nas proporções de plantas de soja Enlist™ e leiteira. FAEM/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2019.

Espécie	Proporção (%) de plantas associadas (soja: leiteira)		
	75:25	50:50	25:75
	Índice Relativo de Clorofila		
Soja	0,02 (±0,01) <sup>ns</sup>	0,03 (±0,01) <sup>ns</sup>	0,01 (±0,00) <sup>ns</sup>
Leiteira	0,01 (±0,01) <sup>ns</sup>	0,01 (±0,01) <sup>ns</sup>	0,00 (±0,01) <sup>ns</sup>
Total	0,99 (±0,01) <sup>ns</sup>	1,02 (±0,01) <sup>ns</sup>	1,01 (±0,01) <sup>ns</sup>
	Estatura		
Soja	-0,01 (±0,00) <sup>ns</sup>	0,02 (±0,01) <sup>ns</sup>	0,02 (±0,01) <sup>*</sup>
Leiteira	0,01 (±0,00) <sup>ns</sup>	0,00 (±0,01) <sup>ns</sup>	-0,04 (±0,00) <sup>*</sup>
Total	0,99 (±0,00) <sup>ns</sup>	1,02 (±0,02) <sup>ns</sup>	0,99 (±0,00) <sup>*</sup>
	Área Foliar		
Soja	-0,11 (±0,01) <sup>*</sup>	-0,17 (±0,01) <sup>*</sup>	-0,17 (±0,01) <sup>*</sup>
Leiteira	-0,16 (±0,02) <sup>*</sup>	-0,26 (±0,01) <sup>*</sup>	-0,28 (±0,02) <sup>*</sup>
Total	0,74 (±0,02) <sup>*</sup>	0,57 (±0,01) <sup>*</sup>	0,55 (±0,02) <sup>*</sup>
	Massa de Matéria Seca da Parte Aérea		
Soja	-0,12 (±0,01) <sup>*</sup>	-0,12 (±0,01) <sup>*</sup>	-0,15 (±0,01) <sup>*</sup>
Leiteira	-0,20 (±0,00) <sup>*</sup>	-0,28 (±0,02) <sup>*</sup>	-0,28 (±0,02) <sup>*</sup>
Total	0,68 (±0,01) <sup>*</sup>	0,60 (±0,02) <sup>*</sup>	0,58 (±0,02) <sup>*</sup>

<sup>ns</sup> Não significativo; <sup>\*</sup> significativo pelo teste t (p≤0,05). Valores entre parênteses representam os erros padrões das médias.

Para as variáveis morfológicas AF e MMSPA da soja Enlist™, em geral, foram reduzidas quando em competição com a leiteira em todas as associações analisadas, independentemente da proporção de plantas na associação (Tabela 13). Observou-se que quanto mais elevada a proporção do competidor na associação com a soja Enlist™, maiores foram as perdas da cultura e, a mesma tendência foi observada para a leiteira. Pesquisas relataram que pode ocorrer prejuízos ao crescimento das culturas e plantas daninhas quando elas estão competindo em uma determinada comunidade (FLECK et al., 2008; AGOSTINETTO et al., 2009; GALON et al., 2017).

Tabela 13 - Respostas para índice relativo de clorofila (CLO), estatura (EST), área foliar (AF) e massa de matéria seca da parte aérea (MMSPA) de soja Enlist™ competindo com leiteira, sob diferentes proporções de plantas. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2019.

Espécie	Proporção de plantas associadas (soja: leiteira)					C.V (%)
	100:0	75:25	50:50	25:75	0:100	
	Índice Relativo de Clorofila (Unidades SPAD planta <sup>-1</sup> )					
Soja	33,3	34,2 <sup>ns</sup>	35,1 <sup>ns</sup>	34,2 <sup>ns</sup>	-	3,00
Leiteira	-	27,7*	31,7 <sup>ns</sup>	32,1 <sup>ns</sup>	32,1	3,80
	Estatura (cm planta <sup>-1</sup> )					
Soja	45,4	44,6 <sup>ns</sup>	47,3 <sup>ns</sup>	49,8*	-	3,11
Leiteira	-	42,3 <sup>ns</sup>	41,7 <sup>ns</sup>	39,4 <sup>ns</sup>	41,4	2,82
	Área Foliar (cm <sup>2</sup> planta <sup>-1</sup> )					
Soja	4047,7	3471,5*	2707,5*	1321,2*	-	6,66
Leiteira	-	632,5*	815,5*	1066,2*	1715,7	18,77
	Massa de Matéria Seca da Parte Aérea (g planta <sup>-1</sup> )					
Soja	34,7	29,0*	26,4*	14,4*	-	5,72
Leiteira	-	5,17*	11,7*	16,5*	26,2	9,84

<sup>ns</sup> Não significativo e \* significativo em relação ao respectivo monocultivo (100%), pelo teste de Dunnett (p≤0,05). C. V. – Coeficiente de variação.

Observou-se para as mesmas variáveis (AF e MMSPA), que as maiores médias por planta da cultura ou mesmo da leiteira foram obtidas quando estas se apresentavam em populações maiores nas associações em todas as combinações estudadas (Tabelas 13). Portanto, a competição interespecífica foi mais expressiva que intraespecífica para as espécies. Na competição interespecífica, geralmente as espécies separam a ocupação do nicho no espaço e/ou no tempo. Quanto maior for a população de plantas da comunidade infestante, maior será a quantidade de indivíduos a disputar os recursos do meio e mais intensa será a competição exercida na cultura. Além disso, espécies que sejam morfológica e/ou fisiologicamente próximas costumam apresentar exigências semelhantes em relação aos recursos, tornando mais intensa a competição (SILVA; DURIGAN, 2006).

A competitividade relativa da soja Enlist™ superou a leiteira, de acordo com o indicado pelo índice CR (maior que 1) para as duas variáveis, AF e MMSPA, enquanto

para as variáveis CLO e EST não se observou diferença (Tabela 14). Os coeficientes de agrupamento relativo (K), indicam dominância relativa da soja Enlist™ sobre a leiteira ( $K_{\text{soja}} > K_{\text{leiteira}}$ ), assim como o coeficiente de competitividade (C), positivo, que aponta a soja como mais competitiva. Pesquisas realizadas com ambas espécies também relataram maior habilidade competitiva da soja em relação a planta daninha (ULGUIM et al., 2016; VARGAS, 2019), corroborando com os resultados observados neste experimento.

Tabela 14 - Índices de competitividade de soja Enlist™ competindo com leiteira, expressos por competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e de competitividade (C). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2019.

	CR	Ka	Kb	C
CLO <sup>1</sup>	1,07 ( $\pm 0,03$ ) <sup>ns</sup>	1,12 ( $\pm 0,04$ )*	0,97 ( $\pm 0,03$ )	0,03 ( $\pm 0,01$ ) <sup>ns</sup>
EST <sup>2</sup>	1,04 ( $\pm 0,01$ ) <sup>ns</sup>	1,09 ( $\pm 0,03$ ) <sup>ns</sup>	1,01 ( $\pm 0,05$ )	0,02 ( $\pm 0,01$ ) <sup>ns</sup>
AF <sup>3</sup>	1,43 ( $\pm 0,13$ )*	0,50 ( $\pm 0,03$ )*	0,31 ( $\pm 0,02$ )	0,10 ( $\pm 0,03$ )*
MMSPA <sup>4</sup>	1,75 ( $\pm 0,16$ )*	0,61 ( $\pm 0,03$ )*	0,29 ( $\pm 0,03$ )	0,16 ( $\pm 0,02$ )*

<sup>1</sup>Índice relativo de clorofila; <sup>2</sup>Estatura; <sup>3</sup>Área foliar; <sup>4</sup>Massa de matéria seca da parte aérea; K<sub>a</sub> - soja; K<sub>b</sub> - leiteira; <sup>ns</sup>Não significativo e \* significativo pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ). Valores entre parênteses representam os erros padrões das médias.

Ao avaliar os parâmetros fotossintéticos, observou-se diferenças para todas as variáveis na soja Enlist™, enquanto para a leiteira, constatou-se em A, E e CE (Tabela 15). Os maiores valores de A, GS, E e CE para soja Enlist™ ocorreram na proporção (50:50). Para a leiteira as maiores médias observadas de A, E, e CE foram nas proporções (75:25 e 50:50).

Tabela 15 - Fotossíntese líquida (A), condutância estomática (Gs), concentração de CO<sub>2</sub> subestomática (Ci), taxa de transpiração (E), eficiência da carboxilação (CE) e eficiência do uso da água (EUA) de plantas de soja Enlist™ e leiteira em competição. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2019.

Proporção Plantas	Experimento I (Soja: Leiteira)										
	A		Gs		Ci		E		CE		EUA
100% Soja	15,65	bc <sup>1</sup>	0,11	b	159,50	a	1,97	b	0,10	c	8,35 <sup>ns</sup>
75% Soja	12,55	c	0,07	c	89,67	b	1,36	b	0,12	c	8,44
50% Soja	25,50	a	0,15	a	84,25	b	2,84	a	0,33	a	8,25
25% Soja	20,89	ab	0,09	bc	68,34	b	1,48	b	0,29	b	10,45
C.V (%)	15,86		21,82		11,05		18,36		6,17		15,05
100% Leiteira	26,44	b	0,20	<sup>ns</sup>	118,78	<sup>ns</sup>	3,23	b	0,22	b	8,20 <sup>ns</sup>
75% Leiteira	33,46	a	0,22		108,67		3,86	a	0,31	a	8,16
50% Leiteira	33,10	a	0,20		107,99		3,37	b	0,30	a	9,48
25% Leiteira	26,38	b	0,20		121,54		3,30	b	0,22	b	8,68
C.V (%)	9,54		6,46		9,25		7,05		14,0		7,86

<sup>ns</sup> Não significativo pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ). <sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra na coluna, comparando proporções de cada espécie para cada variável, não diferem significativamente pelo teste de Duncan ( $p \leq 0,05$ ).

O maior valor da  $G_s$  promoveu aumento de  $A$ , indicando relação direta entre estas variáveis, assim como maiores valores de  $G_s$  e  $E$  indicam maior perda de água pela transpiração devido à abertura estomática. Estima-se que há relação direta também entre  $A$  e  $E$ , sendo que, o aumento da competição entre plantas pode influenciar na disponibilidade de água, promovendo fechamento dos estômatos, redução da  $G_s$  e  $E$ , resultando em menor  $A$  (GALON et al., 2013). No entanto, no presente trabalho a  $G_s$  e  $E$  foram maiores quando as espécies estavam em competição.

Para a variável  $C_i$ , verificou-se o maior valor em monocultivo da cultura. Isso se explica pela menor atividade fotossintética da planta que reduz a incorporação de  $CO_2$  disponível na câmara subestomática no mesofilo foliar (CONCENÇO et al., 2009).

Para EUA não houve significância, porém é importante destacar, quando as plantas estão submetidas à competição, as características fisiológicas do crescimento e desenvolvimento normalmente são alteradas, o que resulta em diferenças no aproveitamento dos recursos do ambiente, principalmente no uso da água, influenciando diretamente a disponibilidade de  $CO_2$  no mesofilo foliar, a temperatura da folha e, conseqüentemente, a eficiência fotossintética da planta (RADOSEVICH et al., 1997). Sendo assim, culturas mais eficientes no uso da água podem produzir quantidade maior de matéria seca por grama de água transpirada.

Através desses resultados sugere-se que a competição intraespecífica afetou negativamente os parâmetros fotossintéticos da cultura e da leiteira, interferindo nas trocas gasosas e na conversão do  $CO_2$  em assimilados fotossintéticos (Tabela 15). Quando as espécies estavam equivalentes, observou-se efeito positivo a ambas, em todos os parâmetros fotossintéticos. Resultado similar foi observado em soja convivendo com capim-arroz (*Echinochloa crus-galli* L.) (BASTIANI et al., 2016). No entanto, trabalhos reportam resultados contrários, como os relatados no estudo de habilidade competitiva de soja em convivência com leiteira e/ou picão-preto que apresentaram os maiores valores dos parâmetros fotossintéticos no monocultivo, indicando a competição interespecífica como prejudicial às espécies (ULGUIM et al., 2017; RUCHEL, 2018).

#### **4.3.2 Experimento II: Soja x caruru-de-mancha**

Ao analisar as associações entre a soja Enlist<sup>TM</sup> com o caruru-de-mancha, constatou-se para a variável CLO, que o desvio observado da reta da PR foi

representado por linhas côncavas para a cultura, enquanto para caruru-de-mancha foram equivalentes e não significativas, uma vez que, os resultados obtidos foram semelhantes às linhas hipotéticas (Figura 3A e Tabela 16). O clorofilômetro transforma os valores de unidade SPAD para nitrogênio foliar, e permite estimar o grau de interferência da competição (LINDQUIST et al., 2010). Através desse parâmetro observou-se que a competição do caruru-de-mancha prejudicou a eficiência da fotossíntese das plantas de soja.

Para a variável EST, o desvio observado da reta da PR foi representado por linha próxima à reta hipotética para a soja Enlist™ e convexa para o caruru-de-mancha (Figura 3B e Tabela 16).

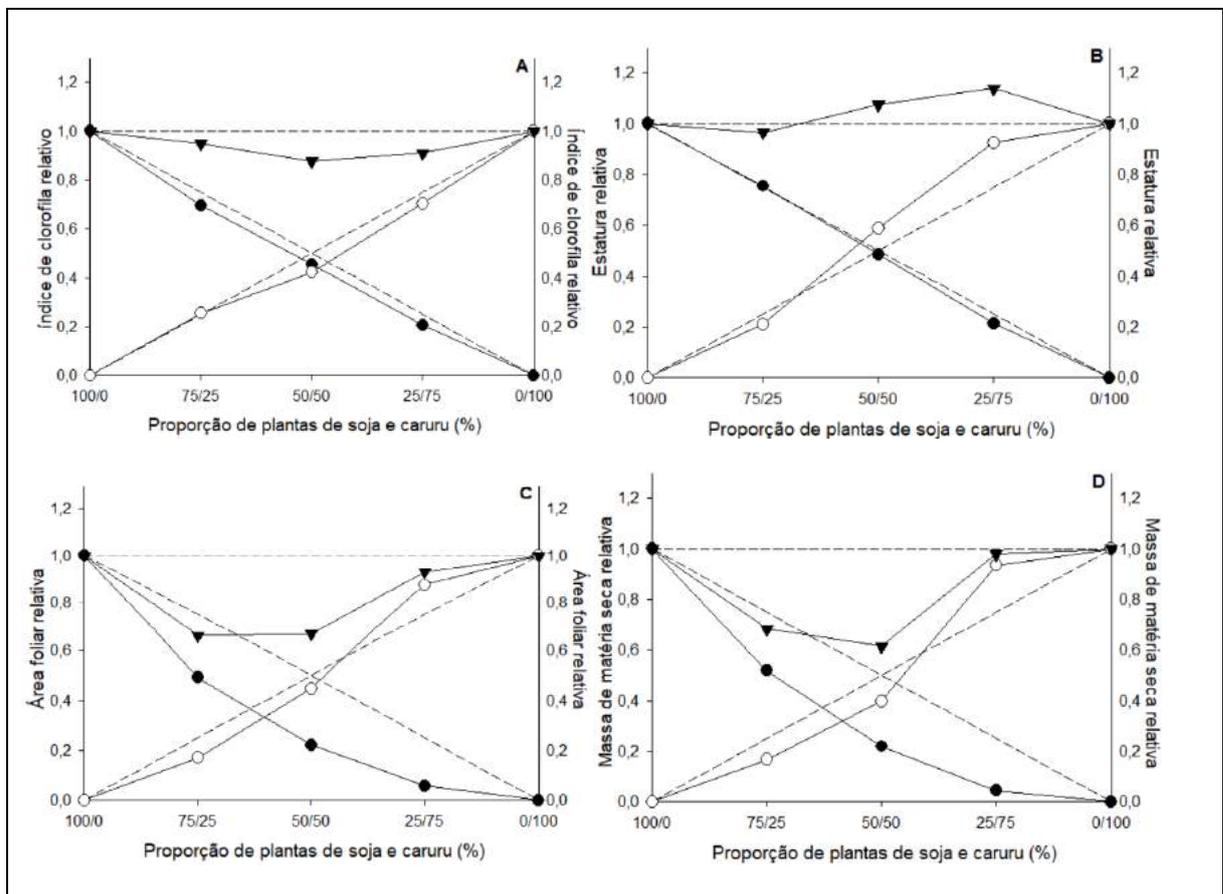


Figura 3 - Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para o índice relativo de clorofila (A), estatura (B), área foliar (C) e massa de matéria seca da parte aérea (D) de soja Enlist™ e caruru-de-mancha em função da proporção entre as espécies na população. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2019. (●) PR da soja; (○) PR do caruru-de-mancha; e, (▼) PRT. Linhas tracejadas referem-se às produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.

Pesquisa de habilidade competitiva entre soja e caruru-de-mancha, também evidenciou maior estatura da planta daninha em relação a cultura (RUCHEL, 2018). Ao avaliarem a habilidade competitiva de milho em convivência com capim pé-de-

galinha foi verificado que, a EST da planta daninha obteve os melhores resultados competitivos (WANDSCHEER et al., 2013), corroborando os resultados observados neste estudo.

Ao proceder a análise gráfica dos resultados obtidos para PR nas variáveis AF e MMSPA observou-se que houve competição entre as duas espécies, representadas pelas linhas côncavas da soja Enlist™ e do competidor, exceto quando o caruru-de-mancha ocupou 75% da proporção, a linha foi convexa, superando a soja (Figura 3C, D e Tabela 16). Neste caso houve prejuízo para a cultura e a planta daninha, ocorrendo competição entre as duas espécies pelos mesmos recursos do meio.

Trabalho com as mesmas espécies resultou igualmente em linhas côncavas à cultura e competidor para ambas variáveis (RUCHEL, 2018). Combinações de soja com leiteira e/ou picão-preto resultou em linhas côncavas em todas as simulações, tanto para a cultura quanto para as plantas daninhas, nas variáveis AF e MMSPA (FORTE et al., 2017), corroborando com os resultados da pesquisa. No entanto, trabalho de habilidade competitiva entre soja e buva (*Conyza bonariensis*), as PR's foram representadas por linhas côncavas à cultura e convexas à planta daninha, indicando vantagem à buva na obtenção dos recursos (SILVA et al., 2014).

Tabela 16 - Diferenças relativas de produtividade (PR) e produtividade relativa total (PRT) para as variáveis índice relativo de clorofila (CLO), estatura (EST), área foliar (AF) e massa de matéria seca da parte aérea (MMSPA) nas proporções de plantas de soja Enlist™ e caruru-de-mancha. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2019.

Espécie	Proporção (%) de plantas associadas (soja: caruru-de-mancha)		
	75:25	50:50	25:75
	Índice Relativo de Clorofila		
Soja	-0,05 (±0,01)*	-0,05 (±0,00)*	-0,04 (±0,00)*
Caruru	0,00 (±0,01) <sup>ns</sup>	-0,08 (±0,01)*	-0,05 (±0,02) <sup>ns</sup>
Total	0,95 (±0,01)*	0,88 (±0,01)*	0,91 (±0,02)*
	Estatura		
Soja	0,00 (±0,01) <sup>ns</sup>	-0,01 (±0,01) <sup>ns</sup>	-0,04 (±0,00)*
Caruru	-0,04 (±0,01)*	0,09 (±0,01)*	0,18 (±0,02)*
Total	0,96 (±0,01)*	1,07 (±0,02)*	1,14 (±0,02)*
	Área foliar		
Soja	-0,26 (±0,01)*	-0,28 (±0,01)*	-0,19 (±0,00)*
Caruru	-0,08 (±0,00)*	-0,05 (±0,01)*	0,12 (±0,03)*
Total	0,66 (±0,01)*	0,67 (±0,02)*	0,93 (±0,03) <sup>ns</sup>
	Massa de Matéria Seca da Parte Aérea		
Soja	-0,23 (±0,02)*	-0,28 (±0,01)*	-0,21 (±0,00)*
Caruru	-0,08 (±0,01)*	-0,10 (±0,03)*	0,18 (±0,04)*
Total	0,68 (±0,03)*	0,62 (±0,03)*	0,98 (±0,04) <sup>ns</sup>

<sup>ns</sup> Não significativo; \* significativo pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ). Valores entre parênteses representam os erros padrões das médias.

Para a PRT, observou-se diferença para todas as variáveis (CLO, EST, AF e MMSPA) na soja Enlist™ e caruru-de-mancha, indicando valores menores que um, exceto para EST quando a proporção de plantas foi igual ou superior para caruru-de-mancha (Figura 3 e Tabela 16). Dessa forma, constata-se que, a competição entre plantas C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub> prejudicou o crescimento de ambas as espécies, denotando concorrência pelos mesmos recursos do meio.

Para a EST, a PRT positiva acima de um, ocorreu pela contribuição adicional do crescimento do caruru-de-mancha, em razão que a soja Enlist™ apresentou linhas da PR equivalentes a esperada, demonstrando assim que, o aumento foi causado pela maior competitividade da planta daninha. De modo geral, esses resultados corroboram com os trabalhos que avaliaram a habilidade competitiva de soja competindo com caruru-de-mancha (C<sub>4</sub>), milhã (C<sub>4</sub>) e buva (C<sub>3</sub>) (AGOSTINETTO et al., 2013; RUCHEL, 2018; SILVA et al., 2014).

Os resultados das variáveis CLO, EST, AF e MMSPA, da soja Enlist™ em convivência com caruru-de-mancha evidenciaram a competição interespecífica sendo a mais importante, pois, em geral, todas as variáveis analisadas da soja foram reduzidas com o incremento da população da planta daninha, assim como a maior população de soja Enlist™ reduziu a EST, AF e MMSPA do caruru-de-mancha (Tabela 17). Esses resultados diferem do trabalho que avaliou a habilidade competitiva entre soja e caruru-de-macha, em que a competição intraespecífica foi mais importante (RUCHEL, 2018).

Tabela 17 - Respostas para índice relativo de clorofila (CLO), estatura (EST), área foliar (AF) e massa de matéria seca da parte aérea (MMSPA) de soja competindo com caruru-de-mancha, sob diferentes proporções de plantas. FAEM/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2019.

Espécie	Proporção de plantas associadas (soja: caruru-de-mancha)					C.V (%)
	100:0	75:25	50:50	25:75	0:100	
	Índice Relativo de Clorofila (Unidades SPAD planta <sup>-1</sup> )					
Soja	36,0	33,4*	32,7*	29,6*	-	1,73
Caruru	-	18,4 <sup>ns</sup>	15,3*	17,0 <sup>ns</sup>	18,1	5,69
	Estatura (cm planta <sup>-1</sup> )					
Soja	45,6	45,9 <sup>ns</sup>	44,3 <sup>ns</sup>	38,9*	-	2,84
Caruru	-	38,2*	53,5*	56,0*	45,4	4,10
	Área Foliar (cm <sup>2</sup> planta <sup>-1</sup> )					
Soja	3667,0	2403,0*	1621,2*	832,5*	-	6,36
Caruru	-	776,0*	1020,0 <sup>ns</sup>	1330,5*	1140,7	7,05
	Massa de Matéria Seca da Parte Aérea (g planta <sup>-1</sup> )					
Soja	30,0	20,7 <sup>ns</sup>	13,1*	5,3*	-	8,90
Caruru	-	12,3*	14,7 <sup>ns</sup>	23,1*	18,6	11,95

<sup>ns</sup> Não significativo e \* significativo em relação ao respectivo monocultivo (100%), pelo teste de Dunnett (p≤0,05). C. V. – Coeficiente de variação.

Os índices de competitividade evidenciaram para todas as variáveis, exceto para CLO, que o caruru-de-macha foi mais competitivo que a soja Enlist™ (Tabela 18). A partir desses resultados é possível inferir que, quando a competição ocorre entre plantas com rota fotossintética diferente, a planta daninha C<sub>4</sub> tende ser mais efetiva e competitiva que a cultura C<sub>3</sub>. Esses resultados são similares ao trabalho de competição com as mesmas espécies, evidenciando maior habilidade competitiva do caruru-de-mancha sobre a soja em EST e AF (RUCHEL, 2018).

Plantas que apresentam características de maior crescimento, pode atribuir-se a habilidade competitiva da espécie, pela eficiência na apropriação dos recursos do meio. Na cultura da soja, algumas das características importantes e que conferem maior habilidade competitiva são estatura e área foliar (BIANCHI; FLECK; FEDERIZZI, 2006; FLECK et al., 2007). Através do maior porte dominam o dossel e otimizam o uso da radiação fotossinteticamente ativa (ULGUIM et al., 2017). Nesse sentido, pode-se atribuir a maior estatura do caruru-de-mancha a vantagem competitiva de interceptar luz e utilizá-la de forma mais eficiente no processo de fotossíntese para conversão de fotoassimilados e partição nos diferentes órgãos da planta (TAIZ et al., 2017), o qual foi confirmado através dos maiores valores de AF e MMSPA. Outros trabalhos reportaram a planta daninha sendo mais competitiva que a cultura, como observado para buva competindo com soja (SILVA et al., 2014) e nabo competindo com a cultura do trigo (COSTA; RIZZARDI, 2015).

Tabela 18 - Índices de competitividade de soja Enlist™ competindo com caruru-de-mancha, expressos por competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e de competitividade (C). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2019.

	CR	Ka	Kb	C
CLO <sup>1</sup>	1,08 (±0,03) <sup>ns</sup>	0,83 (±0,01)*	0,73 (±0,03)	0,03 (±0,01) <sup>ns</sup>
EST <sup>2</sup>	0,82 (±0,01)*	0,94 (±0,04)*	1,44 (±0,06)	-0,10 (±0,01)*
AF <sup>3</sup>	0,49 (±0,00)*	0,28 (±0,01)*	0,81 (±0,04)	-0,23 (±0,01)*
MMSPA <sup>4</sup>	0,56 (±0,04)*	0,28 (±0,02)*	0,67 (±0,08)	-0,18 (±0,03)*

<sup>1</sup>Índice relativo de clorofila; <sup>2</sup>Estatura; <sup>3</sup>Área foliar; <sup>4</sup>Massa de matéria seca da parte aérea; K<sub>a</sub> - soja; K<sub>b</sub> - caruru-de-mancha; <sup>ns</sup>Não significativo e \* significativo pelo teste t (p≤0,05). Valores entre parênteses representam os erros padrões das médias.

Importante destacar, que a capacidade competitiva de uma determinada população sobre a outra, observada em experimentos conduzidos em série de substituição, pode ser decorrente do nível de infestação e não apenas da habilidade competitiva individual (VILÀ; WILLIAMSON; LONSDALE, 2004). Desse modo, em áreas de produção a população da cultura é mantida constante enquanto que a

população das plantas daninhas varia de acordo com o banco de sementes do solo e condições ambientais que influenciam na infestação (AGOSTINETTO et al., 2008; AGOSTINETTO et al., 2013; GALON et al., 2011).

A análise dos parâmetros fotossintéticos evidenciou maiores valores para as variáveis A, Gs, E, CE e EUA na soja Enlist™ quando em mistura nas proporções (50:50 e 25:75), similarmente ao observado no experimento I. Enquanto no caruru-de-mancha, as maiores médias foram observadas nas variáveis A, Ci, E, CE e EUA em monocultivo (100:0) (Tabela 19).

Tabela 19 - Fotossíntese líquida (A), condutância estomática (Gs), concentração de CO<sub>2</sub> subestomática (Ci), taxa de transpiração (E), eficiência da carboxilação (CE) e eficiência do uso da água (EUA) de plantas de soja Enlist™ e caruru-de-mancha em competição. FAEM/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2019.

Proporção Plantas	A		Gs		Ci		E		CE		EUA	
	Experimento II (Soja: Caruru-de-mancha)											
100% Soja	18,49	b	0,18	b	220,48	<sup>ns</sup>	4,11	b	0,09	c	3,49	b
75% Soja	12,07	b	0,10	c	217,85		3,01	b	0,06	c	3,98	b
50% Soja	29,00	a	0,39	a	208,17		5,96	a	0,14	a	4,68	a
25% Soja	26,73	a	0,40	a	212,90		6,00	a	0,12	ab	4,32	ab
C.V (%)	19,12		11,42		10,27		14,73		17,81		5,60	
100% Caruru	19,86	a	0,11	<sup>ns</sup>	114,50	c	2,72	a	0,16	a	7,28	<sup>ns</sup>
75% Caruru	11,15	b	0,07		152,05	b	1,83	bc	0,07	b	6,11	
50% Caruru	11,36	b	0,07		154,27	b	1,24	c	0,08	b	8,60	
25% Caruru	12,19	b	0,10		177,77	a	1,30	c	0,11	ab	7,06	
C.V (%)	24,79		24,04		9,85		21,83		25,84		17,89	

<sup>ns</sup> Não significativo pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ). <sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra na coluna, comparando proporções de cada espécie para cada variável, não diferem significativamente pelo teste de Duncan ( $p \leq 0,05$ ).

Os resultados obtidos indicam que a soja em competição e o caruru-de-mancha em monocultivo, a maior abertura estomática, representada pela Gs, possibilitou maior incorporação de CO<sub>2</sub> atmosférico para o interior das células e, conseqüentemente, incremento na taxa transpiratória (E). Estima-se que, as moléculas de CO<sub>2</sub> incorporadas para o interior das células do mesófilo, são rapidamente carboxiladas e transformadas em glicose, confirmado pela baixa concentração de CO<sub>2</sub> subestomática (Ci), incremento nos valores da atividade fotossintética (A) e da eficiência da carboxilação (EC) (BASTIANI et al., 2016).

Entretanto, observa-se que o aumento da taxa transpiratória não foi suficiente para resultar em menor EUA na soja. O uso mais eficiente da água está diretamente relacionado ao tempo de abertura estomática, pois, enquanto a planta absorve CO<sub>2</sub> para a fotossíntese, a água é perdida por transpiração, com intensidade variável, dependendo do gradiente de potencial entre a superfície foliar e a atmosfera, seguindo

uma corrente de potenciais hídricos (CONCENÇO et al., 2007). Destaca-se que a determinação do EUA a nível foliar é uma característica complexa dependente de respostas fisiológicas entre  $G_s$  e condutância do mesófilo ( $G_m$ ), sendo estes os fatores que afetam o processo fotossintético na escala foliar (GAGO et al, 2014).

Com base no presente trabalho, sugere-se que, a competição intraespecífica da soja Enlist™ afetou de forma negativa os parâmetros fotossintéticos, enquanto que, a competição interespecífica interferiu negativamente os parâmetros fotossintéticos do caruru-de-mancha (Tabela 19). No entanto, o resultado do trabalho com as mesmas espécies em competição, divergiu desta pesquisa, onde a competição interespecífica foi mais danosa à cultura e, que a convivência entre as espécies foi positiva para o caruru-de-mancha (RUCHEL, 2018).

Cabe ressaltar que o crescimento e desenvolvimento, assim como o estágio fenológico das plantas, podem influenciar na fotossíntese, causando incrementos na atividade fotossintética e alterando a resposta da fotossíntese à variação dos fatores ambientais (RIBEIRO; MACHADO; OLIVEIRA, 2004). Algumas espécies demonstram capacidade competitiva distinta contra plantas daninhas, sendo menos afetadas pela competição (CONCENÇO et al., 2009; GALON et al., 2010), corroborando com o presente trabalho, em que a soja Enlist™ através dos parâmetros fotossintéticos demonstrou maior habilidade competitiva frente as espécies daninhas.

#### **4.4 Conclusões**

A soja Enlist™ ( $C_3$ ) apresenta maior habilidade competitiva que a leiteira ( $C_3$ ) e, menos competitiva que o caruru-de-mancha de metabolismo  $C_4$ .

Considerando as variáveis morfofisiológicas a competição interespecífica é mais prejudicial para soja Enlist™, leiteira e/ou caruru-de-mancha.

Para os parâmetros fotossintéticos, em geral, a competição intraespecífica interfere negativamente a soja Enlist™ e leiteira, enquanto a interespecífica é mais prejudicial para o caruru-de-mancha.

## 5 Considerações finais

Os resultados dos dois anos de condução dos experimentos, evidenciam que os herbicidas isolados pyroxsulam, saflufenacil, triclopyr, MCPA, quinclorac, dicamba e as associações de pyroxsulam + saflufenacil e/ou bentazon e/ou metribuzin e metsulfuron + metribuzin e/ou bentazon são seletivos à cultivar de trigo Toruk.

As aplicações isoladas de triclopyr, saflufenacil, MCPA, dicamba e as associações de metribuzin + pyroxsulam e/ou metsulfuron, bentazon + pyroxsulam e/ou metsulfuron são altamente eficientes no controle de nabo na cultura do trigo.

Os herbicidas dicamba e as associações de metribuzin + pyroxsulam e/ou metsulfuron e pyroxsulam + saflufenacil foram os mais eficientes no controle da soja voluntária Enlist™. Aplicações isoladas de pyroxsulam e saflufenacil e, as associações de metribuzin + pyroxsulam e/ou saflufenacil, bentazon + pyroxsulam e/ou metsulfuron apresentam controle satisfatório da voluntária Enlist™ na cultura do trigo.

Os herbicidas Enlist Colex-D (912g e.a.ha<sup>-1</sup>) e EnlistDuo® Colex-D (1170g e.a.ha<sup>-1</sup> 2,4-D sal colina + 1230g e.a.ha<sup>-1</sup> glifosato sal dimetilamina) nas doses iguais ou superiores a dose de registro, são eficientes no controle de buva na estatura de 1-2cm ou 4 folhas.

As buvas em estágio avançado de desenvolvimento, entre 10 e 30 cm de estatura, são controladas satisfatoriamente com o EnlistDuo® Colex-D na dose, 4680g e.a.ha<sup>-1</sup> 2,4-D sal colina + 4920g e.a.ha<sup>-1</sup> glifosato sal dimetilamina.

A soja Enlist™ (C<sub>3</sub>) apresenta maior habilidade competitiva que a leiteira (C<sub>3</sub>) e, menos competitiva que o caruru-de-mancha de metabolismo C<sub>4</sub>.

Considerando as variáveis morfofisiológicas a competição interespecífica é mais prejudicial para soja Enlist™, leiteira e/ou caruru-de-mancha.

Para os parâmetros fotossintéticos, em geral, a competição intraespecífica interfere negativamente a soja Enlist™ e leiteira, enquanto a interespecífica é mais prejudicial para o caruru-de-mancha.

## Referências

- ABBAS, T.; NADEEM, M.A.; TANVEER, A.; AHMAD, R. Identifying optimum herbicide mixtures to manage and avoid fenoxaprop-p-ethyl resistant *Phalaris minor* in wheat. **Planta Daninha**, v.34, p.787-794, 2016.
- ADEGAS, F.S.; GAZZIERO, D.L.P.; VARGAS, L.; KARAM, D.; DA SILVA, A.F.; AGOSTINETTO, D. Impacto econômico da resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil. In: **Embrapa Milho e Sorgo-Resumo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 31., 2018, Rio de Janeiro. Desafios e sustentabilidade no manejo de plantas daninhas: resumos. Londrina: SBCPD, 2018., 2018.
- ADEGAS, F.S.; GAZZIERO, D.L.P.; VOLL, E. Interferência da infestação de plantas voluntárias no sistema de produção com a sucessão soja e milho safrinha. In: **Embrapa Soja-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 29., 2014, Gramado. A ciência das plantas daninhas em clima de mudanças: anais. Londrina: SBCPD, 2014.
- AGOSTINETTO, D.; FONTANA, L.C.; VARGAS, L.; MARKUS, C.; OLIVEIRA, E. Habilidade competitiva relativa de milhã em convivência com arroz irrigado e soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, p.1315-1322, 2013.
- AGOSTINETTO, D.; FONTANA, L.C.; VARGAS, L.; PERBONI, L.T.; POLIDORO, E.; SILVA, B.M. Competition periods of crabgrass with rice and soybean crops. **Planta Daninha**, v.32, p.31-38, 2014.
- AGOSTINETTO, D.; PERBONI, L.T.; LANGARO, A.C.; GOMES, J.; FRAGA, D.S.; FRANCO, J.J. Changes in photosynthesis and oxidative stress in wheat plants submitted to herbicides application. **Planta Daninha**, v.34, p.1-9, 2016.
- AGOSTINETTO, D.; RIGOLI, R.P.; GALON, L.; DE MORAES, P.V.D.; FONTANA, L.C. Competitividade relativa da soja em convivência com papuã (*Brachiaria plantaginea*). **Scientia Agraria**, v.10, p.185-190, 2009.
- AGOSTINETTO, D.; RIGOLI, R.P.; SCHAEGLER, C.E.; TIRONI, S.P.; SANTOS, L.S. Período crítico de competição de plantas daninhas com a cultura do trigo. **Planta Daninha**, v.26, p.271-278, 2008.
- AGOSTINETTO, D.; SILVA, D.R.O.D; VARGAS, L. Soybean yield loss and economic thresholds due to glyphosate resistant hairy fleabane interference. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.84, p.1-8, 2017.
- AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L.; GAZZIERO, D.L.P.; SILVA, A.A. Manejo de plantas daninhas. In: SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. **Soja: do Plantio à Colheita**. Viçosa: Ed. UFV, 2015. v.1, Cap.11. p.234.
- AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L. **Resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil**. Pelotas: UFPel, 2014. 398p.

AGROFIT. Sistema de agrotóxicos fitossanitários. Disponível em: [http://extranet.agricultura.gov.br/agrofitcons/principal\\_agrofit\\_cons](http://extranet.agricultura.gov.br/agrofitcons/principal_agrofit_cons). Acesso em: 05 abr. 2019.

ALMS, J.; CLAY, S.A.; VOS, D.; MOEHNIG, M. Corn yield loss due to volunteer soybean. **Weed Science**, v.64, p.495-500, 2016.

ANDREW, I.K.S.; STORKEY, J.; SPARKES, D.L. A review of the potential for competitive cereal cultivars as a tool in integrated weed management. **Weed Research**, v.55, p.239-248, 2015.

BAJWA, A.A.; SADIA, S.; ALI, H.H.; JABRAN, K.; PEERZADA, A.M.; CHAUHAN, B.S. Biology and management of two important *Conyza* weeds: a global review. **Environmental Science and Pollution Research**, v.23, p.24694-24710, 2016.

BARROS, B.C.; CASTRO, J.L.; PATRÍCIO, F.R.A. Resposta de cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.) ao controle químico das principais doenças fúngicas da cultura. **Summa Phytopathologica**, v.32, p.239-246, 2006.

BASTIANI, M.O.; LAMEGO, F.P.; AGOSTINETTO, D.; LANGARO, A.C.; SILVA, D.C. Competitividade relativa de cultivares de soja com capim-arroz. **Bragantia**, v.75, p.435-445, 2016.

BENSCH, C.N.; HORAK, M.J.; PETERSON, D. Interference of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*), Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*), and common waterhemp (*Amaranthus rudis*) in soybean. **Weed Science**, v.51, p.37-43, 2003.

BERNARDS, M.; SANDELL, L.; WRIGHT, B. Volunteer corn in soybeans. University of Nebraska Lincoln. Disponível em: < <http://weeds.cornell.edu/Pdfarticles/vcorn2014.pdf> >. Acesso em 14 jul. 2019.

BIANCHI, M.A.; FLECK, N.G.; FEDERIZZI, L.C. Características de plantas de soja que conferem habilidade competitiva com plantas daninhas. **Bragantia**, v.65, p.623-632, 2006.

BIANCHI, M.A.; FLECK, N.G.; LAMEGO, F.P. Proporção entre plantas de soja e plantas competidoras e as relações de interferência mútua. **Ciência Rural**, v.36, p.1380-1387, 2006.

BOND, J.A.; WALKER, T.W. Control of volunteer glyphosate-resistant soybean in rice. **Weed Technology**, v.23, p.225-230, 2009.

BONNY, S. Genetically modified herbicide-tolerant crops, weeds, and herbicides: overview and impact. **Environmental Management**, v.57, p.31-48, 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009. 399p.

BRESSANIN, F.N.; NETO, N.J.; MARTINS, J.F.; MARTINS, J.V.F.; ALVES, P.L.D.C. A. Controle de biótipos resistentes de *Conyza bonariensis* com glyphosate + clorimuron-etílico em função do estágio de desenvolvimento. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.13, p.68-72, 2014.

BRESTIC, M.; ZIVCAK, M.; HAUPTVOGEL, P.; MISHEVA, S.; KOICHEVA, K.; YANG, X.; ALLAKHVERDIEV, S.I. Wheat plant selection for high yields entailed improvement of leaf anatomical and biochemical traits including tolerance to non-optimal temperature conditions. **Photosynthesis Research**, v.136, p.245-255, 2018.

BRIGHENTI, A.M. Control of volunteer soybean plants in sunflower crop. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.45, p.274-281, 2015.

BYKER, H.P.; SOLTANI, N.; ROBINSON, D.E.; TARDIF, F.J.; LAWTON, M.B.; SIKKEMA, P.H. Control of glyphosate-resistant horseweed (*Conyza canadensis*) with dicamba applied preplant and postemergence in dicamba-resistant soybean. **Weed Technology**, v.27, p.492-496, 2013.

CALDERON-VILLALOBOS, L.I.; TAN, X.; ZHENG, N.; ESTELLE, M. Auxin perception - structural insights. **Cold Spring Harbor Perspectives in Biology**, v.2, p.1-17, 2010.

CARVALHO, S.J.P.D.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Competition of *Amaranthus* species with dry bean plants. **Scientia Agricola**, v.65, p.239-245, 2008.

CECHIN, J.; VARGAS, L.; AGOSTINETTO, D.; ZIMMER, V.; PERTILE, M.; GARCIA, J.R. Resistance of radish biotypes to iodosulfuron and alternative control. **Planta Daninha**, v.34, p.151-160, 2016.

CESCO, V.; NARDI, R.; KRENCHINSKI, F.; ALBRECHT, A.; RODRIGUES, D.; ALBRECHT, L. Management of resistant *Conyza* spp. during soybean pre-sowing. **Planta Daninha**, v.37, p.1-9, 2019.

CHAHAL, P.S.; AULAKH, J.S.; ROSENBAUM, K.; JHALA, A.J. Growth stage affects dose response of selected glyphosate-resistant weeds to premix of 2,4-D choline and glyphosate (EnlistDuo™ herbicide\*). **Journal of Agricultural Science**, v.7, p.1-10, 2015.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>>. Acesso em: 25 jun. 2019.

CONCENÇO, G.; FERREIRA, E.A.; SILVA, A.A.; FERREIRA, F.A.; VIANA, R.G.; D'ANTONINO, L.; VARGAS, L.; FIALHO, C.M.T. Uso da água em biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*) em condição de competição. **Planta Daninha**, v.25, p.449-455, 2007.

CONCENÇO, G.; SANT'ANNA, S.J.; SCHWANKE, A.M.L.; GALON, L.; FERREIRA, E.A.; ASPIAZÚ, I.; SILVA, A.F.; FERREIRA, F.A. Uso da água por plantas híbridas ou convencionais de arroz irrigado. **Planta Daninha**, v.27, p.447-453, 2009.

COSTA, L.O.; RIZZARDI, M.A. Competitive ability of wheat in association with biotypes of *Raphanus raphanistrum* resistant and susceptible to ALS-inhibitor herbicides. **Ciência e Agrotecnologia**, v.39, p.121-130, 2015.

COSTA, L.O.; RIZZARDI, M.A. Resistance of *Raphanus raphanistrum* to the herbicide metsulfuron-methyl. **Planta Daninha**, v.32, p.181-187, 2014.

COUSENS, R. Aspects of the design and interpretation of competition (interference) experiments. **Weed Technology**, v.5, p.664-673, 1991.

COUSENS, R.; O'NEILL, M. Density dependence of replacement series experiments. **Oikos**, v.66, p.347-352, 1993.

DEBOER, G.J.; THORNBURGH, S.; GILBERT, J.; GAST, R.E. The impact of uptake, translocation and metabolism on the differential selectivity between blackgrass and wheat for the herbicide pyroxsulam. **Pest Management Science**, v.67, p.279-286, 2011.

DENNIS, M.; HEMBREE, K.J.; BUSHOVEN, J.T.; SHRESTHA, A. Growth stage, temperature, and time of year affects the control of glyphosate-resistant and glyphosate-paraquat resistant *Conyza bonariensis* with saflufenacil. **Crop Protection**, v.81, p.129-137, 2016.

DEVLIN, D.L.; GEALY, D.R.; MORROW, L.A. Differential absorption and translocation of metribuzin by downy brome (*Bromus tectorum*) and winter wheat (*Triticum aestivum* L.). **Weed Science**, v.35, p.1-5, 1987.

DIAS, A.C.R.; CARVALHO, S.J.P.; MARCOLINI, L.W.; MELO, M.S.C.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Competitiveness of alexandergrass or Bengal dayflower with soybean. **Planta Daninha**, v.28, p.515-522, 2010.

DIAS, J.L.C.; BANU, A.; SPERRY, B.P.; ENLOE, S.F.; FERRELL, J.A.; SELLERS, B.A. Relative activity of four triclopyr formulations. **Weed Technology**, v.31, p.928-934, 2017.

DUKE, S.O. Pesticide dose - A parameter with many implications. In: **Pesticide Dose: Effects on the environment and target and non-target organisms**. American Chemical Society, 2017. p.1-13.

DUKE, S.O.; POWLES, S.B.; SAMMONS, R.D. Glyphosate—How it became a once in a hundred-year herbicide and its future. **Outlooks on Pest Management**, v.29, p.247-251, 2018.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, 2013. 353p.

ENGHIAD, A.; UFER, D.; COUNTRYMAN, A.M.; THILMANY, D.D. An overview of global wheat market fundamentals in an era of climate concerns. **International Journal of Agronomy**, v.2017, p.1-15, 2017.

ESLAMI, S.V.; GILL, G.S.; BELLOTTI, B.; MCDONALD, G. Wild radish (*Raphanus raphanistrum*) interference in wheat. **Weed Science**, v.54, p.749-756, 2006.

FAO (Food and Agriculture Organization). International year of soybeans: 2004. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>>. Acesso: 26 jun. 2019.

FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 11p.

FIGUEROA, J.D.C.; MANUEL, C.I.; HERNÁNDEZ-ESTRADA, Z.J.; RAMÍREZ-WONG, B. Stress relaxation of wheat kernels and their relationship with milling, rheological, and breadmaking quality of wheat. **Cereal Chemistry**, v.89, p.211-216, 2012.

FLECK, N.G.; AGOSTINETTO, D.; GALON, L.; SCHAEGLER, C.E. Competitividade relativa entre cultivares de arroz irrigado e biótipo de arroz-vermelho. **Planta Daninha**, v.26, p.101-111, 2008.

FLECK, N.G.; CANDEMIL, C.R. Avaliação da seletividade de herbicidas utilizados na cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.). **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.1, p.217-224, 1995.

FLECK, N.G.; LAMEGO, F.P.; SCHAEGLER, C.E.; FERREIRA, F.B. Resposta de cultivares de soja à competição com cultivar simuladora da infestação de plantas concorrentes. **Scientia Agraria**, v.8, p.213-218, 2007.

FLEURAT-LESSARD, F. Qualitative reasoning and integrated management of the quality of stored grain: a promising new approach. **Journal of Stored Products Research**, v.38, p.191-218, 2002.

FLINT, J.L.; BARRETT, M. Effects of glyphosate combinations with 2,4-D or dicamba. **Weed Science**, v.37, p.12-18, 1989.

FORD, L.; SOLTANI, N.; ROBINSON, D.E.; NURSE, R.E.; MCFADDEN, A.; SIKKEMA, P.H. Efficacy of 2,4-D choline/glyphosate dimethylamine on glyphosate resistant Canada fleabane (*Conyza canadensis*) at different sizes. **American Journal of Plant Sciences**, v.5, p. 2755-2763, 2014.

FORTE, C.T.; BASSO, F.J.M.; GALON, L.; AGAZZI, L.R.; NONEMACHER, F.; CONCENÇO, G. Habilidade competitiva de cultivares de soja transgênica convivendo com plantas daninhas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.12, p.185-193, 2017.

FRANS, R.E.; TALBERT, R.; MARX, D.; CROWLEY, H. Experimental design and techniques for measuring and analyzing plant responses to weed control practices. In: Camper, N.D. (Ed.) **Research methods in weed science**. 3.ed. Champaign: Southern Weed Science Society, 1986. p.29-46.

GAGO, J.; DOUTHE, C.; FLOREZ-SARASA, I.; ESCALONA, J.M.; GALMES, J.; FERNIE, A.R.; MEDRANO, H. Opportunities for improving leaf water use efficiency under climate change conditions. **Plant Science**, v.226, p.108-119, 2014.

GALINATO, M.I.; MOODY, K.; PIGGIN, C.M. **Upland rice weeds of South and Southeast Asia**. Makati City, Philippines: International rice research institute. 1999. 156p.

GALON, L.; AGAZZI, L.R.; NONEMACHER, F.; BASSO, F.J.M.; WINTER, F.L.; FIABANE, R.C.; ZABOT, G.F.; PERIN, G.F. Competitive relative ability of barley cultivars in interaction with turnip. **Planta Daninha**, v.35, p.1-10, 2017.

GALON, L.; CONCENÇO, G.; FERREIRA, E.A.; ASPIAZÚ, I.; SILVA, A.F.; FERREIRA, F.A.; SOARES, E.R. Eficiência de uso da água em genótipos de cana-de-açúcar submetidos a aplicação de herbicidas. **Planta Daninha**, v.28, p.777-784, 2010.

GALON, L.; CONCENÇO, G.; TIRONI, S.P.; ROCHA, P.R.R.; SILVA, A.F.; ASPIAZÚ, I.; FERREIRA, E.A.; SILVA, A.A.; BORGES, E.T. Influence of *Brachiaria brizantha* in physiological characteristics related to photosynthesis and efficient use of water in sugarcane. **Planta Daninha**, v.29, p.1037-1043, 2011.

GALON, L.; FERREIRA, E.A.; CONCENÇO, G.; SILVA, A.A.; SILVA, D.V.; SILVA, A.F.; ASPIAZÚ, I.; VARGAS, L. Características fisiológicas de biótipos de *Conyza bonariensis* resistentes ao glyphosate cultivados sob competição. **Planta Daninha**, v.31, p.859-866, 2013.

GALON, L.; SANTIN, C.O.; ANDRES, A.; BASSO, F.J.M.; NONEMACHER, F.; AGAZZI, L.R.; SILVA, A.F.; HOLZ, C.M.; FERNANDES, F.F. Competitive interaction between sweet sorghum with weeds. **Planta Daninha**, v.36, p.1-13, 2018.

GALON, L.; TIRONI, S.P.; ROCHA, P.R.R.; CONCENÇO, G.; SILVA, A.F.; VARGAS, L.; SILVA, A.A.; FERREIRA, E.A.; MINELLA, E.; SOARES, E.R.; FERREIRA, F.A. Competitive ability of barley cultivars against ryegrass. **Planta Daninha**, v.29, p.771-781, 2011.

GLEASON, C.; FOLEY, R.C.; SINGH, K.B. Mutant analysis in *Arabidopsis* provides insight into the molecular mode of action of the auxinic herbicide dicamba. **PloS one**, v.6, p.1-12, 2011.

GONDIM, T.C.O.; ROCHA, V.S.; SEDIYAMA, C.S.; MIRANDA, G.V. Análise de trilha para componentes do rendimento e caracteres agronômicos de trigo sob desfolha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.487-493, 2008.

GREEN, J.M. The rise and future of glyphosate and glyphosate-resistant crops. **Pest Management Science**, v.74, p.1035-1039, 2018.

GREERT, L.E.; SHELTON, D.R. Effect of inoculant strain and organic matter content on kinetics of 2,4- dichlorophenoxyacetic acid degradation in soil. **Applied Environmental Microbiology**, v.58, p.1459-1465, 1992.

GRIME, J.P. **Plant strategies and vegetation processes**. John Wiley & Sons, Ltd., Chichester-New York-Brisbane-Toronto, 1979. 222p.

GROSSMANN, K.; HUTZLER, J.; CASPAR, G.; KWIATKOWSKI, J.; BROMMER, C.L. Saflufenacil (Kixor™): biokinetic properties and mechanism of selectivity of a new protoporphyrinogen IX oxidase inhibiting herbicide. **Weed Science**, v.59, p.290-298, 2011.

GUARIENTI, E.M.; CIACCO, C.F.; CUNHA, G.D.; DEL DUCA, L.D.J.A.; CAMARGO, C.D. Efeitos da precipitação pluvial, da umidade relativa do ar e de excesso e déficit hídrico do solo no peso do hectolitro, no peso de mil grãos e no rendimento de grãos de trigo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.25, p.412-418, 2005.

GUNSOLUS, J. Control of volunteer soybean in corn. **June**, v.3, p.2010. Disponível em: < <http://www.agweek.com>>. Acesso em: 04 abr. 2019.

HAVENS, P.L.; HILLGER, D.E.; HEWITT, A.J.; KRUGER, G.R.; MARCHI-WERLE, L.; CZACZYK, Z. Field measurements of drift of conventional and drift control formulations of 2, 4-D plus glyphosate. **Weed Technology**, v.32, p.550-556, 2018.

HEAP, I. International survey of herbicide resistant weeds. Disponível em:< <http://weedsociety.org> >. Acesso em: 05 abr. 2019.

HEAP, I; DUKE, S.O. Overview of glyphosate-resistant weeds worldwide. **Pest Management Science**, v.74, p.1040-1049, 2018.

HEINEMANN, A.B.; STONE, L.F.; DIDONET, A.D.; TRINDADE, M.D.G.; SOARES, B.B.; MOREIRA, J.A.; CÁNOVAS, A.D. Eficiência de uso da radiação solar na produtividade do trigo decorrente da adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, p.352-356, 2006.

HEREDIA-GUERRERO, J.A.; BENÍTEZ, J.J.; DOMÍNGUEZ, E.; BAYER, I.S.; CINGOLANI, R.; ATHANASSIOU, A.; HEREDIA, A. Infrared and raman spectroscopic features of plant cuticles: a review. **Frontiers in Plant Science**, v.5, p.305, 2014.

HESS, F.D. Light-dependent herbicides: an overview. **Weed Science**, v.48, p.160-170, 2000.

HOFFMAN, M.L.; BUHLER, D.D. Utilizing sorghum as a functional model of cropweed competition. I. Establishing a competitive hierarchy. **Weed Science**, v.50, p.466-472, 2002.

JABRAN, K.; MAHMOOD, K.; MELANDER, B.; BAJWA, A.A.; KUDSK, P. Weed dynamics and management in wheat. In: **Advances in Agronomy**. Academic Press, 2017. p.97-166.

JIANG, L.; YANG, Y.; JIA, L.X.; LIN, J.L.; LIU, Y.; PAN, B.; LIN, Y. Biological responses of wheat (*Triticum aestivum* L.) plants to the herbicide simetryne in soils. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.127, p.87-94, 2016.

- KEMPEN, H.M.; GRAF, J. Weed seed production. In: **Proceedings of the Western Society of Weed Science**, v.34, p.78-81, 1981.
- KISSMANN, K.; GROTH, D. Plantas infestantes e nocivas [Weeds and harmful plants]. **Editora BASF**, v.2, p.978, 1999.
- KLEINMAN, Z.; BEN-AMI, G.; RUBIN, B. From sensitivity to resistance—factors affecting the response of *Conyza* spp. to glyphosate. **Pest Management Science**, v.72, p.1681-1688, 2016.
- KNEZEVIC, S.Z.; DATTA, A.; SCOTT, J.; CHARVAT, L.D. Tolerance of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) to pre-emergence and post-emergence application of saflufenacil. **Crop Protection**, v.29, p.148-152, 2010.
- KNEZEVIC, S.Z.; JHALA, A.; KRUGER, G.R.; SANDELL, L.; OLIVEIRA, M.C.; SCOTT, J.E. Volunteer Roundup Ready soybean control in Roundup Ready corn. **Proceedings 2014 North Central Weed Science Society**, v.60, p.50, 2014.
- LAMEGO, F.P.; KASPARY, T.E.; RUCHEL, Q.; GALLON, M.; BASSO, C.J.; SANTI, A.L. Management of glyphosate resistant *Conyza bonariensis*: winter cover crops and herbicides in soybean pre-seeding. **Planta Daninha**, v.31, p.433-442, 2013.
- LAMEGO, F.P.; RUCHEL, Q.; KASPARY, T.E.; GALLON, M.; BASSO, C.J.; SANTI, A.L. Habilidade competitiva de cultivares de trigo com plantas daninhas. **Planta Daninha**, v.31, p.521-531, 2013.
- LARGE, E.C. Growth stages in cereals illustration of the Feekes scale. **Plant Pathology**, v.3, p.128-129, 1954.
- LIMA, D.B.C.; SILVA, A.G.; PROCÓPIO, S.O.; BARROSO, A.L.L.; DAN, H.A.; COSTA, E.B.; PEREIRA, A.J.B. Seleção de herbicidas para o controle de plantas voluntárias de soja resistentes ao glyphosate. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.10, p.1-12, 2011.
- LINDQUIST, J.L.; EVANS, S.S.; SHAPIRO, C.A.; KNEZEVIC, S.Z. Effect of nitrogen addition and weed interference on soil nitrogen and corn nitrogen nutrition. **Weed Technology**, v.24, p.50-58, 2010.
- LIU, J.; QI, M.; WANG, J. Long-distance and dynamic seed dispersal from horseweed (*Conyza canadensis*). **Ecoscience**, v.25, p.271-285, 2018.
- LORENZI, H. **Plantas Daninhas do Brasil**. 3.ed. Nova Odessa: Plantarum, 2000. 608 p.
- LYM, R.G. Leafy spurge (*Euphorbia esula*) control with glyphosate plus 2,4-D. **Journal of Range Management**, v.53, p.68-72, 2000.
- MANUCHEHRI, M.R.; DOTRAY, P.A.; KEELING, J.W. Efficacy of 2,4-D choline as influenced by weed size in the Texas high plains. **Journal of Experimental Agriculture International**, v.35, p.1-8, 2019.

- MARQUARDT, P.; TERRY, R.; JOHNSON, W. The impact of volunteer corn on crop yields and insect resistance management strategies. **Agronomy**, v.3, p.488-496, 2013.
- MATYSIAK, K.; MIZINIAK, W.; KACZMAREK, S.; KIERZEK, R. Herbicides with natural and synthetic biostimulants in spring wheat. **Ciência Rural**, v.48, p.1-10, 2018.
- MATZENBACHER, F.D.O.; VIDAL, R.A.; MEROTTO JR, A.; TREZZI, M.M. Environmental and physiological factors that affect the efficacy of herbicides that inhibit the enzyme protoporphyrinogen oxidase: a literature review. **Planta Daninha**, v.32, p.457-463, 2014.
- MATZRAFI, M.; BRUNHARO, C.; TEHRANCHIAN, P.; HANSON, B.D.; JASIENIUK, M. Increased temperatures and elevated CO<sub>2</sub> levels reduce the sensitivity of *Conyza canadensis* and *Chenopodium album* to glyphosate. **Scientific Reports**, v.9, p.1-11, 2019.
- MATZRAFI, M.; LAZAR, T.W.; SIBONY, M.; RUBIN, B. *Conyza* species: distribution and evolution of multiple target-site herbicide resistances. **Planta**, v.242, p.259-267, 2015.
- MESCHEDE, D.K.; OLIVEIRA JR, R.S.; CONSTANTIN, J.; SCAPIM, C.A. Período crítico de interferência de *Euphorbia heterophylla* na cultura da soja sob baixa densidade de semeadura. **Planta Daninha**, v.20, p.381-387, 2002.
- MOREIRA, M.S.; MELO, M.S.C.; CARVALHO, S.J.P.; NICOLAI, M.; CRHISTOFFOLETI, P.J. Alternative herbicides to control glyphosate-resistant biotypes of *Conyza bonariensis* and *Conyza canadensis*. **Planta Daninha**, v.28, p.167-175, 2010.
- OKUMU, M.N.; VORSTER, B.J.; REINHARDT, C.F. Growth-stage and temperature influence glyphosate resistance in *Conyza bonariensis* (L.) Cronquist. **South African Journal of Botany**, v.121, p.248-256, 2019.
- OLIVEIRA NETO, A.M.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JR, R.S.; GUERRA, N.; DAN, H.A.; ALONSO, D.G.; BLAINSKI, E.; SANTOS, G. Estratégias de manejo de inverno e verão visando ao controle de *Conyza bonariensis* e *Bidens pilosa*. **Planta Daninha**, v.28, p.1107-1116, 2010.
- PAPINENI, S.; MURRAY, J.A.; RICARDO, E.; DUNVILLE, C.M.; SUR, R.K.; THOMAS, J. Evaluation of the safety of a genetically modified DAS-44406-6 soybean meal and hulls in a 90-day dietary toxicity study in rats. **Food and Chemical Toxicology**, v.109, p.245-252, 2017.
- PASSINI, T.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; YADA, I.F.U. Competitiveness of the common bean plant relative to the weed alexandergrass (*Brachiaria plantaginea* (Link) Hitch). **Scientia Agricola**, v.60, p.259-268, 2003.

PELEGRINI, H.F. **Maturação da semente e dessecação química do feijoeiro de cultivo de inverno**. 1986. 81f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1986.

PERTILE, M.; CECHIN, J.; ZIMMER, V.; AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L. Interference of volunteer corn in glyphosate resistant soybean and chemical control in different phenological stages. **Bioscience Journal**, v.34, p.1248-1257, 2018.

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

PETTER, F.A.; PACHECO, L.P.; DA SILVA, A.F.; MORAIS, L.A. Management of volunteer plants in cultivation systems of soybeans, corn and cotton resistant to glyphosate. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.15, p.58-66, 2016.

PIANA, C.F.de.B.; SILVA, J.G.C.da; ANTUNES, I.F. Regionalização para o cultivo do feijão no Rio Grande do Sul com base na interação genótipo x ambiente. **Revista Ceres**, v.59, p.213-224, 2012.

PIASECKI, C.; BILIBIO, M.I.; FRIES, H.; CECHIN, J.; SCHMITZ, M.F.; HENCKES, J.R.; GAZOLA, J. Seletividade de associações e doses de herbicidas em pós-emergência do trigo. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.16, p.286-295, 2017.

PIASECKI, C.; YANG, Y.; BENEMANN, D.P.; KREMER, F.S.; GALLI, V.; MILLWOOD, R.J.; CECHIN, J.; AGOSTINETTO, D.; MAIA, L.C.; VARGAS, L.; STEWART, C.N. Transcriptomic analysis identifies new non-target site glyphosate-resistance genes in *Conyza bonariensis*. **Plants**, v.8, p.157, 2019.

POLL, C.; PAGEL, H.; DEVERS-LAMRANI, M.; MARTIN-LAURENT, F.; INGWERSEN, J.; STRECK, T.; KANDELER, E. Regulation of bacterial and fungal MCPA degradation at the soil–litter interface. **Soil Biology and Biochemistry**, v.42, p.1879-1887, 2010.

QUEIROZ, A.R.S.D.; VIDAL, R.A. O desenvolvimento de culturas tolerantes ao herbicida diclorofenoacetato: Revisão de literatura. **Planta Daninha**, v.32, p.649-654, 2014.

RADOSEVICH, S.R. Methods to study interactions among crops and weeds. **Weed Technology**, v.1, p.190-198, 1987.

RADOSEVICH, S.R.; HOLT, J.; GHERSA, C. **Ecology of weeds: relationship to agriculture and natural resource management**. 3.ed. Hoboken: John Wiley and Sons. 2007. 150p.

RADOSEVICH, S.R.; HOLT, J.; GHERSA, C. **Weed ecology: implications for vegetation management**. 2.ed. Wiley, 1997. 589p.

- RIBEIRO, R.V.; MACHADO, E.C.; OLIVEIRA, R.F. Growth- and leaf-temperature effects on photosynthesis of sweet orange seedlings infected with *Xylella fastidiosa*. **Plant Pathology**, v.53, p.334-340, 2004.
- RIGOLI, R.P.; AGOSTINETTO, D.; SCHAEGLER, C.E.; DAL MAGRO, T.; TIRONI, S. Habilidade competitiva relativa do trigo (*Triticum aestivum* L.) em convivência com azevém (*Lolium multiflorum*) ou nabo (*Raphanus raphanistrum*). **Planta Daninha**, v.26, p.93-100, 2008.
- ROBINSON, A.P.; SIMPSON, D.M.; JOHNSON, W.G. Summer annual weed control with 2,4-D and glyphosate. **Weed Technology**, v.26, p.657-660, 2012.
- ROBINSON, A.P.; SIMPSON, D.M.; JOHNSON, W.G. Response of aryloxyalkanoate dioxygenase-12 transformed soybean yield components to postemergence 2, 4-D. **Weed Science**, v.63, p.242-247, 2015.
- ROBINSON, M.A.; LETARTE, J.; COWBROUGH, M.J.; SIKKEMA, P.H.; TARDIF, F.J. Winter wheat (*Triticum aestivum* L.) response to herbicides as affected by application timing and temperature. **Canadian Journal of Plant Science**, v.95, p.325-333, 2015.
- RODRIGUES, O.; MARCHESE, J.A.; VARGAS, L.; VELLOSO, J.A.; RODRIGUES, R.C. Efeito da aplicação de herbicida hormonal em diferentes estádios de desenvolvimento de trigo (*Triticum aestivum* L. Cvs. Embrapa 16 e BR 23). **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.5, p.19-29, 2006.
- ROMAN, E. S.; VARGAS, L.; RODRIGUES, O. **Manejo e controle de plantas daninhas em trigo**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 12 p. (Documentos Online, 63). Disponível em: <<http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/pdo63.pdf>>. Acesso em: 30 jan. 2019.
- ROUSH, M.L.; RADOSEVICH, S.R.; WAGNER, R.G.; MAXWELL, B.D.; PETERSEN, T.D. A comparison of methods for measuring effects of density and proportion in plant competition experiments. **Weed Science**, v.37, p.268-275, 1989.
- RUCHEL, Queli. **Respostas da cultura da soja (*Glycine max* L.) e de plantas daninhas C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub> quando em competição e submetidas a estresses abióticos**. 2018. 219 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2018.
- SALVADORI, J.R.; BACALTCHUK, B.; DEUNER, C.C.; LAMAS JÚNIOR, G.L.C.; RIZZARDI, M.A.; LANGARO, N.C.; ESCOSTEGUY, P.A.V.; BOLLER, W. Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2016/2017 e 2017/2018. **41ª Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul**, v.1, p.1-127, 2016.
- SANSOM, M.; SABORIDO, A.A.; DUBOIS, M. Control of *Coryza* spp. with glyphosate-A review of the situation in Europe. **Plant Protection Science**, v.49, p.44-53, 2013.

SANTOS, F.M.; VARGAS, L.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; AGOSTINETTO, D.; MARTIN, T.N.; RUCHEL, Q.; FERNANDO, J.A. Estádio de desenvolvimento e superfície foliar reduzem a eficiência de chlorimuron-ethyl e glyphosate em *Conyza sumatrensis*. **Planta Daninha**, v.32, p.361-375, 2014.

SANTOS, F.M.D.; VARGAS, L.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; MARTIN, T.N.; MARIANI, F.; SILVA, D.R.O.D. Alternative herbicides to control *Conyza sumatrensis* (Retz.) EH Walker resistant to and EPSPs inhibitors. **Revista Ceres**, v.62, p.531-538, 2015.

SANTOS, I.C.; FERREIRA, F.A.; MIRANDA, G.; SANTOS, L. Eficiência do 2,4-D aplicado isoladamente e em mistura com glyphosate no controle da traçoeraba. **Planta Daninha**, v.20, p.299-309, 2002.

SAS INSTITUTE. SAS OnlineDoc® version 8, SAS Institute Inc, 1999. Disponível em: <<http://v8doc.sas.com/sashtml/>>. Acesso em: 08 mai. 2019.

SCHNEIDER, Theodoro. **Resistência de *Conyza* spp. ao herbicida glifosato: distribuição geográfica, aspectos anatômicos, genéticos e moleculares**. 2018 . 110 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2018.

SHANER, D.L.; BECKIE, H.J. The future for weed control and technology. **Pest Management Science**, v.70, p. 1329-1339, 2014.

SIKKEMA, P.H.; SHROPSHIRE, C.; SOLTANI, N. Tolerance of spring barley (*Hordeum vulgare* L.), oats (*Avena sativa* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.) to saflufenacil. **Crop Protection**, v.27, p.1495-1497, 2008.

SILVA, D.R.O.; AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L.; LANGARO, A.C.; DUARTE, T.V. Habilidade competitiva, alterações no metabolismo secundário e danos celulares de soja competindo com *Conyza bonariensis* resistente e suscetível a glyphosate. **Planta Daninha**, v.32, p.579-589, 2014.

SILVA, M.R.M.; DURIGAN, J.C. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura do arroz de terras altas. I - cultivar IAC 202. **Planta Daninha**, v.24, p.685-694, 2006.

SILVA, S.R.; FOLONI, J.S.S; BASSOI, M.C. Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale (10.: 2016 : Londrina, PR). Informações técnicas para trigo e triticale – safra 2017 / **X Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale**; Brasília, DF: Embrapa, 2017. 240p.

SKELTON, J.J.; SIMPSON, D.M.; PETERSON, M.A.; RIECHERS, D. E. Biokinetic Analysis and Metabolic Fate of 2,4-D in 2,4-D-Resistant Soybean (*Glycine max*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.65, p.5847-5859, 2017.

SOLTANI, N.; SHROPSHIRE, C.; SIKKEMA, P.H. Response of corn to pre-emergence and postemergence applications of saflufenacil. **Weed Technology**, v.23, p.331-334, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. - 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.

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

TAN, X.; CALDERON-VILLALOBOS, L.I.A.; SHARON, M.; ZHENG, C.; ROBINSON, C. V.; ESTELLE, M.; ZHENG, N. Mechanism of auxin perception by the TIR1 ubiquitin ligase. **Nature**, v.446, p.1-6, 2007.

TANI, E.; CHACHALIS, D.; TRAVLOS, I.S. A glyphosate resistance mechanism in *Conyza canadensis* involves synchronization of EPSPS and ABC-transporter genes. **Plant Molecular Biology Reporter**, v.33, p.1721-1730, 2015.

TERASAWA, J.; PANOBIANCO, M.; POSSAMAI, E.; SOARES, K.H. Antecipação da colheita na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Bragantia**, v.68, p.765-773, 2009.

THOMPSON, L.; SLACK, C.H.; AUGENSTEIN, R.D.; HERRON, J.W. Action and fate of 2,4-D and dicamba in trumpetcreeper. **Weed Science**, v.21, p.429-432, 1973.

TILMAN, D. **Plant strategies and the dynamics and structure of plant communities**. Princeton University Press, 1988. 356p.

TREZZI, M.M.; BALBINOT JR, A.A.; BENIN, G.; DEBASTIANI, F.; PATEL, F.; MIOTTO JR, E. Competitive ability of soybean cultivars with horseweed (*Conyza bonariensis*). **Planta Daninha**, v.31, p.543-550, 2013.

TSUTSUMI, N.; TOHYA, M.; NAKASHIMA, T.; UENO, O. Variations in structural, biochemical, and physiological traits of photosynthesis and resource use efficiency in *Amaranthus* species (NAD-ME-type C<sub>4</sub>). **Plant Production Science**, v.20, p.300-312, 2017.

ULGUIM, A.da.R.; AGOSTINETTO, D.; OLIVEIRA, C.; RUCHEL, Q.; SILVA, J.D.G.; VARGAS, L.; AVILA, L.A. Does competition between soybeans and wild poinsettia with low-level resistance or susceptibility to glyphosate affect physiology and secondary metabolism? **Semina**, v.38, p.1133-1144, 2017.

ULGUIM, A.da.R.; AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L.; ZANDONÁ, R.R.; FRANCO, J.J.; FRAGA, D.S. Competition of wild poinsettia biotypes, with a low-level resistance and susceptible to glyphosate, with soybean. **International Journal of Agriculture and Environmental Research**, v.2, p.1791-1806, 2016.

USDA. National Agricultural Statistics Service. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2019.

- VARGAS, Andrés Antonio Monge. **Dormência, competitividade com soja e qualidade de sementes de plantas daninhas em solo de terras baixas**. 2019. 155f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2019.
- VARGAS, L., NOHATTO, M.A., AGOSTINETTO, D., BIANCHI, M.A., PAULA, J.M., POLIDORO, E., TOLEDO, R.E. Práticas de manejo e a resistência de *Euphorbia heterophylla* aos inibidores da ALS e tolerância ao glyphosate no Rio Grande do Sul. **Planta Daninha**, v.31, p.427-432, 2013.
- VARGAS, L.; ROMAN, E.S. Seletividade e eficiência de herbicidas em cereais de inverno. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.3, p.1-10, 2005.
- VARSHNEY, S.; HAYAT, S.; ALYEMENI, M.N.; AHMAD, A. Effects of herbicide applications in wheat fields: is phytohormones application a remedy? **Plant Signaling & Behavior**, v.7, p.570-575, 2012.
- VESOHOSKI, F.; MARCHIORO, V.S.; de ASSIS FRANCO, F.; CANTELLE, A. Componentes do rendimento de grãos em trigo e seus efeitos diretos e indiretos na produtividade. **Ceres**, v.58, p.337-341, 2011.
- VILÀ, M.; WILLIAMSON, M.; LONSDALE, M. Competition experiments on alien weeds with crops: lessons for measuring plant invasion impact? **Biological Invasions**, v.6, p.59-69, 2004.
- VILA-AIUB, M.M.; NEVE, P.; POWLES, S.B. Fitness costs associated with evolved herbicide resistance alleles in plants. **New Phytology**, v.184, p.751-767, 2009.
- WALSH, M.; NEWMAN, P.; POWLES, S. Targeting weed seeds in-crop: a new weed control paradigm for global agriculture. **Weed Technology**, v.27, p.431-436, 2013.
- WALSH, T.A.; NEAL, R.; MERLO, A.O.; HONMA, M.; HICKS, G.R.; WOLFF, K.; DAVIES, J.P. Mutations in an auxin receptor homolog AFB5 and in SGT1b confer resistance to synthetic picolinate auxins and not to 2, 4-dichlorophenoxyacetic acid or indole-3-acetic acid in Arabidopsis. **Plant Physiology**, v.142, p.542-552, 2006.
- WANDSCHEER, A.C.D.; RIZZARDI, M.A. Interference of soybean and corn with *Chloris distichophylla*. **Ciência e Agrotecnologia**, v.37, p.306-312, 2013.
- WANDSCHEER, A.C.D.; RIZZARDI, M.A.; REICHERT, M.; GAVIRAGHI, F. Competitividade de capim-pé-de-galinha com soja. **Ciência Rural**, v.43, p.2125-2131, 2013.
- WATERS, T.D.; LYON, D.J. Buckwheat control in wheat. 2019. Disponível em: <<https://research.libraries.wsu.edu>> Acesso em: 23 mar. 2019.
- WENDA-PIESIK, A.; PIEKARCZYK, M. Impact of herbicidal active substances on weed control in facultative wheat. **Acta Scientiarum Polonorum Seria Agricultura**, v.17, p.33-46, 2018.

WESTWOOD, J.H.; CHARUDATTAN, R.; DUKE, S.O.; FENNIMORE, S.A.; MARRONE, P.; SLAUGHTER, D.C.; ZOLLINGER, R. Weed management in 2050: Perspectives on the future of weed science. **Weed Science**, v.66, p.275-285, 2018.

WILLARD, T.S.; GRIFFIN, J.L.; REYNOLDS, D.B.; SAXTON, A.M. Interference of wild poinsettia (*Euphorbia heterophylla*) with soybean (*Glycine max*). **Weed Technology**, v.8, p.679-683, 1994.

WRIGHT, T.R.; SHAN, G.; WALSH, T.A.; LIRA, J.M.; CUI, C.; SONG, P.; ZHUANG, M.; ARNOLD, N.L.; LIN, G.; YAU, K.; RUSSELL, S.M.; CICCHILLO, M.R.; PETERSON, M.A.; SIMPSON, D.M.; ZHOU, N.; PONSAMUEL, J.; ZHANG, Z. Robust crop resistance to broadleaf and grass herbicides provided by aryloxyalkanoate dioxygenase transgenes. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.107, p.20240-20245, 2010.

WU, H.; WALKER, S.; ROLLIN, M.J.; TAN, D.K.Y., ROBINSON, G.; WERTH, J. Germination, persistence, and emergence of flaxleaf fleabane (*Conyza bonariensis* [L.] Cronquist). **Weed Biology and Management**, v.7, p.192-199, 2007.

YAMASHITA, O.M.; GUIMARÃES, S.C. Biologia e resistência a herbicidas de espécies do gênero *Conyza*. Biology and herbicide resistance of *Conyza* species. **Ambiência**, v.7, p.383-398, 2011.

ZAGAR, C.; LIEBL, R.; THEODORIDIS, G.; WITSCHHEL, M. Protoporphyrinogen IX oxidase inhibitors. **Modern Crop Protection Compounds**, v.3, p.173-211, 2019.

ZANDONÁ, R.R.; AGOSTINETTO, D.; SILVA, B.M.; RUCHEL, Q.; FRAGA, D.S. Interference periods in soybean crop as affected by emergence times of weeds. **Planta Daninha**, v.36, p.1-11, 2018.

ZOBIOLE, L.H.S.; GAST, R.; MASTERS, R.A.; PEREIRA, G.R.; RUBIN, R. Pyroxsulam: Sulfonamide herbicide for weed control in wheat in Brazil. **Planta Daninha**, v.36, p.1-6, 2018.

ZOBIOLE, L.H.S.; KALSING, A. Eficácia de misturas formuladas contendo halauxifen-methyl no controle de soja voluntária DAS-44406-6 (Enlist E3™). **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.16, p.192-197, 2017.

ZOBIOLE, L.H.S.; KRENCHINSKI, F.H.; MORATELLI, G.; COSTA, N.V. Sumatran fleabane control using glyphosate in association with halauxifen-methyl formulations. **Planta Daninha**, v.36, p.1-11, 2018.

ZOLLINGER, R.K.; CHRISTOFFERS, M.; ENDRES, G.; GRAMIG, G.; HOWATT, K.; JENKS, B.; VALENTI, H. H. North Dakota weed control guide. **NDSU Ext. Circ. W-253. Fargo, North Dakota: North Dakota State University Extension Service.** Disponível em: < <https://www.ag.ndsu.edu> >. Acesso em: 10 abr. 2019.