

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade



Dissertação

**Deriva de herbicidas sobre plantas de tomate e
pessegueiro e atributos do vigor em sementes de soja**

Jéssica Rodrigues Garcia

Pelotas, 2018

JÉSSICA RODRIGUES GARCIA

Deriva de herbicidas sobre plantas de tomate e pessegueiro e atributos do vigor em sementes de soja

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

Orientador: Dr. Dirceu Agostinetto

Pelotas, 2018

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

G216d Garcia, Jéssica Rodrigues

Deriva de herbicidas sobre plantas de tomate e
pessegueiro e atributos do vigor em sementes de soja /
Jéssica Rodrigues Garcia ; Dirceu Agostinetto, orientador.
— Pelotas, 2018.

58 f.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação
em Fitossanidade, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel,
Universidade Federal de Pelotas, 2018.

1. Glycine max. 2. Tecnologia Enlist™. 3. Parâmetros
fotossintéticos. 4. Crescimento inicial. I. Agostinetto,
Dirceu, orient. II. Título.

CDD : 631.521

Banca examinadora:

Eng. Agr. Dr. Jader Ribeiro Pinto

Eng. Agr. Dr. Tiago Zanatta Aumonde

Eng. Agr. Dr. André Andres

Eng. Agr. Dr. Dirceu Agostinetto
(Orientador)

Aos meus pais, Ruberval e Denise;
Irmãos Diego e Angelo;
E aos demais familiares e amigos.

OFEREÇO E DEDICO

***“Quando alimentamos mais a nossa coragem do que os nossos medos...
Passamos a derrubar muros e a construir pontes”.***

Lígia Guerra

Agradecimentos

A Deus, pelo dom da vida e pela força, coragem e perseverança para sempre seguir em frente.

Aos meus pais Ruberval Rodrigues Garcia e Denise Netto Rodrigues pela dedicação incondicional à minha educação, por acreditarem que os meus sonhos são seus sonhos, e por entenderem que as dificuldades e a distância tornam nossos elos cada vez mais fortes.

Aos meus irmãos Diego Canabarro e Angelo Canabarro, por todo amor e compreensão dedicado ao longo da minha vida e que mesmo longe sempre torceram pela minha vitória.

A meu namorado Diego Santos Chaves, pela imensurável ajuda, incentivo e paciência nos momentos de angústia, por confiar em minha capacidade quando para mim por vezes tudo era vago, por ter compreendido todos os momentos que lhe privei da minha companhia, por toda atenção a mim dedicada.

As minhas amigas lindas Bruna Ávila, Edyane Mello, Giovana Borges, Mariane Ferreira, Mariani Blotta, Sabrini Cesar, Tauâne Terra, Edna Souza, Mariana Serroni, Patrícia Marques, Claudia Oliveira, Lais Tessari Perboni, Daniela Tessaro, Ana Cláudia Langaro, Jéssica Gomes por estarem comigo nessa caminhada, pelo ombro amigo, pela torcida, pelas longas conversas, pelos conselhos, apoio e incentivo que sempre encontrei em vocês.

Ao professor Dirceu Agostinetto pela orientação, apoio em todos os momentos, conhecimento compartilhado, disponibilidade, dedicação, confiança, convivência e amizade.

Aos meus colegas e amigos Alcimar Mazon, Andres Monge, Andressa Pitol, Bruno Moncks, Cristiano Piasecki, Diego Fraga, Fernanda Caratti, Francisco Goulart,

Jonas Rodrigo Henckes, Joanei Cechin, Juliano Gazola, Maicon Schmitz, Nixon Westendorff, Queli Ruchel e Renan Zandoná pela amizade, incentivo, auxílio na execução dos trabalhos e pelos momentos de convívio.

Aos estagiários e bolsistas: Kevin Weisshahn, Jonathan Torchelsen, José Vitor Silva, Joao Goebel, Marlon Teixeira, Pedro Dias, Roberto Avila Neto, Silvio Thiago Raphaelli pela amizade e auxílio na execução dos experimentos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade pela oportunidade de realização do mestrado e aos professores que contribuíram para minha formação, pelos ensinamentos transmitidos.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de mestrado.

A todos que de alguma forma contribuíram para que esse sonho se tornasse realidade.

Muito obrigada!

Resumo

GARCIA, Jéssica Rodrigues. **Deriva de herbicidas sobre plantas de tomate e pessegueiro e atributos do vigor em sementes de soja**, 2018. 58f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

O uso intensivo do herbicida glifosato para o controle de plantas daninhas na soja RR[®] resultou na seleção de biótipos resistentes, restando poucas alternativas para o controle seletivo das espécies resistentes ao glifosato e demais plantas daninhas. Neste contexto, há a necessidade do desenvolvimento de novas tecnologias como a Enlist[™] a qual é caracterizada por fornecer tolerância da cultura da soja ao herbicida 2,4-D colina. A tecnologia Enlist[™] foi desenvolvida através da inserção de genes bacterianos que permitem que a cultura metabolize o herbicida recomendado para uso nestas cultivares, denominado EnlistDuo[™]. Deste modo, os objetivos da pesquisa foram avaliar os parâmetros fotossintéticos, os danos oxidativos e as alterações do metabolismo de plantas de pêsego e tomate distribuídas em seis distâncias (1;2;4;6;8 e 10m) e submetidas a deriva dos herbicidas EnlistDuo[™], 2,4D Sal Colina, combinação de glifosato + 2,4D e controle sem aplicação; e, avaliar a qualidade fisiológica de sementes de soja Enlist[™], submetidas a aplicação dos herbicidas EnlistDuo[™], 2,4-D sal colina, glifosato+2,4-D sal amina e glufosinato. Os resultados demonstraram que a deriva dos herbicidas EnlistDuo[™], 2,4-D colina e glifosato+2,4-D sobre as plantas de tomate e pêsego, afeta negativamente os parâmetros fotossintéticos e aumenta a peroxidação lipídica. A ponta de pulverização AIXR é mais eficiente na redução do efeito da deriva sobre as plantas, comparativamente a XR; e, à medida que aumenta a distância em relação ao ponto de aplicação, os efeitos da deriva simulada dos herbicidas são reduzidos. O manejo da soja Enlist[™] com o herbicida EnlistDuo[™] não afeta a qualidade fisiológica das sementes produzidas; e, o tratamento com o herbicida 2,4-D colina originou plântulas com maior acúmulo de massa de matéria seca da parte aérea. A aplicação de herbicidas em estágio V6 da soja resulta na produção de sementes com melhor crescimento inicial.

Palavras-chave: *Glycine max*. Tecnologia Enlist[™]. Parâmetros fotossintéticos. Crescimento inicial.

Abstract

GARCIA, Jéssica Rodrigues. **Herbicide drift on tomato and peach plants and attributes of vigor in soybean seeds**, 2018. 58f. Master of Plant Protection – Plant Protection Graduate Program. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

The intensive use of glyphosate for weed control in RR[®] soybean resulted in the selection of resistant biotypes, leaving few alternatives for the selective control of glyphosate resistant species and other weeds. In this context, there is a need for the development of new technologies such as Enlist[™], which provides soybean tolerance to 2,4-D choline herbicide. Enlist[™] was developed through the insertion of bacterial genes that allow herbicide metabolize recommended for the culture, called EnlistDuo[™]. The objectives of the research were to evaluate the photosynthetic parameters, oxidative damages and metabolic alterations of peach and tomato plants distributed over six distances (1, 2, 4, 6, 8 and 10m) and submitted to herbicide drift of EnlistDuo[™], 2,4D Salt Hill, combination of glyphosate + 2,4D and control without application; to evaluate the physiological quality of Enlist[™] soybean seeds submitted to application of EnlistDuo[™] herbicides, 2,4-D choline salt, glyphosate + 2,4-D amine salt and glufosinate. The results showed that the herbicides EnlistDuo[™], 2,4-D choline and glyphosate+2,4-D on tomato and peach plants negatively affect the photosynthetic parameters and increase lipid peroxidation. The AIXR spray tip is more efficient in reducing the effect of the drift on the plants, compared to XR; and as the distance from the point of application increases, the effects of simulated drift of the herbicides are reduced. The management of Enlist[™] soybean with EnlistDuo[™] herbicide does not affect the physiological quality of the seeds produced. The treatment with the herbicide 2,4-D choline gave rise to seedlings with a higher accumulation of shoot mass. The herbicides application on soybean in V6 stage results in the production of seeds with better initial growth.

Keywords: *Glycine max.* Enlist[™] technology. Photosynthetic parameters. Initial growth.

Lista de Figuras

Figura 1	Ilustração da distribuição das plantas e velocidade do vento em cada distância. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2017.....	22
----------	---	----

Lista de Tabelas

Tabela 1	Taxa fotossintética ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) de plantas de tomate, às 72 horas após pulverização dos herbicidas utilizando pontas XR e AIXR em diferentes distâncias (m). FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2017.....	24
Tabela 2	Taxa fotossintética ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) de plantas de pêsego, às 72 horas após pulverização dos herbicidas utilizando pontas XR e AIXR em diferentes distâncias (m). FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2017.....	25
Tabela 3	Condutância estomática (Gs) ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) de plantas de tomate, às 72 horas após pulverização dos herbicidas utilizando pontas XR e AIXR em diferentes distâncias (m). FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2017.....	26
Tabela 4	Condutância estomática (Gs) ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) de plantas de pêsego, às 72 horas após pulverização dos herbicidas utilizando pontas XR e AIXR em diferentes distâncias (m). FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2017.....	27
Tabela 5	Taxa de transpiração (E) ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) de plantas de tomate, às 72 horas após pulverização dos herbicidas utilizando pontas XR e AIXR em diferentes distâncias (m). FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2017.....	28
Tabela 6	Taxa de transpiração (E) ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) de plantas de pêsego, às 72 horas após pulverização dos herbicidas utilizando pontas XR e AIXR em diferentes distâncias (m). FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2017.....	29
Tabela 7	Índice de clorofila em plantas de tomate, às 72 horas após pulverização dos herbicidas utilizando pontas XR e AIXR em diferentes distâncias (m). FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2017.....	30

Tabela 8	Índice de clorofila em plantas de pêsego, às 72 horas após pulverização dos herbicidas utilizando pontas XR e AIXR em diferentes distâncias (m). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2017.....	31
Tabela 9	Peroxidação lipídica em termos das espécies reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) (nM MDA g ⁻¹ de MF) de plantas de tomate, às 72 horas após pulverização dos herbicidas utilizando pontas XR e AIXR em diferentes distâncias (m). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2017.....	33
Tabela 10	Peroxidação lipídica em termos das espécies reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) (nM MDA g ⁻¹ de MF) de plantas de pêsego, às 72 horas após pulverização dos herbicidas utilizando pontas XR e AIXR em diferentes distâncias (m). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2017.....	34
Tabela 11	Extravasamento de eletrólitos em plantas de tomate, às 72 horas após pulverização dos herbicidas utilizando pontas XR e AIXR em diferentes distâncias (m). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2017.....	35
Tabela 12	Extravasamento de eletrólitos em plantas de pêsego, às 72 horas após pulverização dos herbicidas utilizando pontas XR e AIXR em diferentes distâncias (m). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2017.....	36
Tabela 13	Envelhecimento acelerado (EA) (%), primeira contagem da germinação (PCG) e índice de velocidade de germinação de sementes de soja Enlist™ submetidas ao tratamento com herbicidas. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2017.....	43
Tabela 14	Comprimento da parte aérea e de raiz primária de plântulas de soja Enlist™ submetidas aos tratamentos com herbicidas. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2017.....	44
Tabela 15	Massa da matéria seca da parte área e das raízes de plântulas de soja Enlist™ submetidas aos tratamentos herbicidas. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2017.....	45

Sumário

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	CAPÍTULO I Deriva simulada de herbicidas nas características fisiológicas de plantas de tomate e pessegueiro	19
2.1	Introdução.....	19
2.2	Material e métodos.....	21
2.3	Resultados e discussão.....	23
2.4	Conclusões.....	36
3	CAPÍTULO II Atributos fisiológicos do vigor de sementes de soja Enlist™ submetidas à aplicação de herbicidas.....	37
3.1	Introdução.....	37
3.2	Material e métodos.....	39
3.3	Resultados e discussão.....	41
3.4	Conclusões.....	46
5	CONCLUSÕES.....	47
6	Referências.....	48
	Vita.....	58

1 INTRODUÇÃO

A cultura da soja, principal cultura agrícola no Brasil, destaca-se no cenário agrícola devido a importância econômica com produção total superior a 103 milhões de toneladas em aproximadamente 33 milhões de hectares nos últimos anos (CONAB, 2017). O Brasil é o segundo maior produtor e exportador mundial do grão, sendo o Rio Grande do Sul o Estado que apresenta a terceira maior produção, com média de 2.800 kg ha⁻¹, respondendo por cerca de 15% da produção do país (CONAB, 2017).

A produtividade da soja pode ser afetada por diversos fatores, como as condições ambientais desfavoráveis, os sistemas de cultivo, as práticas culturais e de manejo de pragas inadequadas. Entre as dificuldades, as plantas daninhas merecem destaque por crescerem onde não são desejadas e competirem pelos recursos com as culturas (LORENZI, 2008). A interferência das plantas daninhas pode causar perdas significativas na produtividade da cultura da soja, visto que podem ser responsáveis por prejuízos de até 94% na produtividade (ZANDONÁ, 2016).

Os prejuízos causados pela presença de plantas daninhas nas áreas cultivadas são reflexo da competição por recursos, liberação de compostos alelopáticos e/ou por serem hospedeiros de insetos e doenças (VASCONCELOS; SILVA; LIMA, 2012), que afetam a formação dos trifólios, acúmulo de massa seca, número de vagens, número de grãos por vagem e peso de grãos (LAMEGO et al., 2004; PITTELKOW et al., 2009) e/ou dificultam a operação de colheita.

Diante dos métodos existentes para controle de plantas daninhas, o controle químico atualmente é o mais utilizado, devido a sua praticidade, eficiência no controle e menor custo, quando comparado aos demais métodos de controle.

Com a intensificação do uso do herbicida glifosato causada por produtores após o lançamento das culturas RR[®], o aumento da seleção de biótipos de plantas daninhas resistentes a esse herbicida tem limitado a produtividade das culturas

(CULPEPPER et al., 2006). Com poucas alternativas para o controle seletivo das espécies resistentes a herbicidas, a tendência é que as empresas liberem no mercado novas culturas tolerantes e/ou resistentes a outros herbicidas, como a tecnologia Enlist™.

Várias culturas tolerantes a herbicidas foram desenvolvidas usando técnicas moleculares para atender as crescentes necessidades de controle de plantas daninhas resistentes ao glifosato (GREEN et al., 2008). Uma tecnologia que merece destaque é o sistema de controle Enlist™, que fornece tolerância ao herbicida 2,4-D em várias culturas, incluindo soja, milho e algodão. A resistência ao 2,4-D é derivada da inserção de transgene que codifica uma isoenzima bacteriana específica de ariloxalcanoato dioxigenase (AAD), que cliva o 2,4-D ao metabólito não-herbicida, o diclorofenol (DCP). No caso da soja, está contêm o gene *aad-12*, originalmente isolado da bactéria *Delftia acidovorans* que permite que a planta metabolize 2,4-D (WRIGHT et al., 2010).

O 2,4-D, recentemente desenvolvido e nomeado como EnlistDuo™, apresenta formulação pouco volátil fabricada com tecnologia Colex-D™. Esta formulação, proporcionará flexibilidade para aplicações em até estágio V8 no milho e até R2 na soja (CHAHAL et al., 2015). O EnlistDuo™ fornecerá ferramenta adicional para o manejo de plantas daninhas de folhas largas resistentes ao glifosato e difíceis de controlar na cultura do milho e da soja. A dose de registro recomendada de EnlistDuo™ será de 1640 g ae ha⁻¹ à 2185 g ae ha⁻¹, em função do estágio de crescimento das plantas daninhas (CHAHAL et al., 2015).

A formulação de 2,4-D, também denominada 2,4-D colina, foi desenvolvida para minimizar o movimento fora do alvo, principalmente em função da alta volatilização, ocasionada pelo herbicida quando formulado como 2,4-D amina ou éster (NORSWORTHY; OLIVER, 2002; HEE; SUTHERLAND, 1974; STRACHAN et al., 2009). Pesquisas demonstram que até 16% da solução de pulverização pode derivar fisicamente da área de aplicação pretendida (WOLF et al., 1993). Portanto, necessita-se estudos relacionados a essas novas tecnologias de herbicidas para constatar que não ocorrerá danos às culturas sensíveis em campos adjacentes.

O potencial de deriva das partículas de qualquer formulação de 2,4-D depende do tipo de ponta de pulverização utilizada. A seleção da ponta torna-se importante sempre que os herbicidas auxínicos estão sendo aplicados, sendo que

quanto mais finas as gotículas, maior a capacidade de se mover para áreas que apresentam culturas sensíveis a este herbicida. As pontas que produzem gotas de maior tamanho minimizam a deriva de partículas 2,4-D e subsequentes lesões às culturas sensíveis em campos adjacentes (SCIUMBATO et al., 2004). No entanto, as instruções de aplicação, incluindo os tipos de pontas, momento da aplicação, além de outras formas de mitigar a lesão por deriva, são acompanhadas das novas formulações de herbicidas para reduzir seu uso inadequado (WOLF et al., 1993).

Embora essa tecnologia tenha o objetivo diminuir o efeito da deriva e volatilização existem preocupações relacionadas aos danos que a deriva desse herbicida pode ocasionar em culturas não alvo, como é o caso das plantas frutíferas e hortaliças (DE OLIVEIRA JR., 2011).

As frutíferas de clima temperado são cultivadas em 11 dos 26 Estados brasileiros. O Rio Grande do Sul (RS) responde por aproximadamente 49,3% do total produzido no País, sendo que a região sul do RS se destaca na produção de pêssego (FACHINELLO et al., 2011). O uso do herbicida 2,4-D em larga escala pode interferir negativamente na produção dessa espécie, devido à sensibilidade que estas possuem aos herbicidas inibidores de auxinas.

A deriva acidental na aplicação de herbicidas é considerada um dos problemas da agricultura por reduzir a eficiência da aplicação, além de colocar em risco as culturas instaladas em áreas circunvizinhas (TUFFI SANTOS et al., 2006a, b; YAMASHITA et al., 2006, YAMASHITA; GUIMARÃES, 2006). A deriva torna-se indesejável principalmente pelos prejuízos financeiros à produtores; além, de causar contaminação de alimentos, ar, recursos de água e efeitos prejudiciais à saúde e segurança do ser humano, dos rebanhos bovinos e outras criações (OZKAN, 2001).

O grau de injúria e os sintomas são afetados por fatores como a espécie, o estágio de desenvolvimento, clima, mecanismo de ação e dose do herbicida (AL-KHATIB et al., 2003).

Uma importante ferramenta para o estudo da quantificação de deriva ou do potencial risco de deriva é o túnel de vento, que simula as condições de vento observadas em campo, permitindo selecionar e desenvolver técnicas de aplicação, como pontas de pulverização e adjuvantes, que reduzem o impacto ambiental e econômico causado pela perda de agrotóxicos (HERBST, 2001; FIETSAM; YOUNG; STEFFEN, 2004; COSTA, 2006).

A deriva acidental de herbicidas nas plantas cultivadas pode provocar alterações no seu metabolismo, pelo aumento da produção de radicais livres, especialmente de espécies reativas de oxigênio (EROs) como, os radicais superóxido ($O_2^{\cdot-}$); peróxido de hidrogênio (H_2O_2); radical hidroxila ($\cdot OH$); e, oxigênio singleto (1O_2). Estas moléculas, altamente reativas, irão reagir com os lipídios formadores das membranas, resultando em peroxidação lipídica, que, além de formar novos radicais lipídicos, danificam irreversivelmente as membranas celulares (FLECK; VIDAL, 2001).

A quantificação de outros indicadores de estresse oxidativo, tais como pigmentos fotossintéticos, torna-se relevante na obtenção de informações a respeito do nível do estresse oxidativo gerado nas plantas (HESS, 2000; KIM et al., 2004). Os danos às plantas não alvo pode ser mensurado através da alteração da fotossíntese frente a exposição à herbicidas, e, juntamente com a produção de EROS fornecem indicativo de estresse em plantas pela deriva de herbicidas.

Outro aspecto relevante a ser considerado quando da introdução de novas tecnologias é a avaliação das variáveis fisiológicas que envolvem aspectos qualitativos de sementes da cultura que apresentam característica de resistência à herbicidas, uma vez que podem interferir no estabelecimento destas à campo.

A introdução de tecnologias resistentes a herbicidas na cultura da soja para controle de plantas daninhas como soja Enlist™ é ferramenta importante para obtenção de sementes de qualidade. Em áreas de produção de sementes, constata-se que mesmo produtos aplicados em dose correta e dentro das recomendações de aplicação podem ocasionar fitotoxicidade à cultura e comprometer a produção e a qualidade fisiológica das sementes, tais como vigor e a germinação (MORAES et al., 1997).

A qualidade da semente pode ser conceituada como o somatório dos atributos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários que afetam a capacidade de originar plantas com vigor inicial elevado (BRACCINI et al., 1999; CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). A alta qualidade de semente reflete diretamente no resultado final da cultura, em termos de ausência de doenças transmitidas pela semente, do alto vigor das plantas, maior produtividade, uniformidade da população e estande ideal (BRACCINI et al., 1999; CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

A germinação das sementes é avaliada por meio de métodos padronizados, sob condições controladas em laboratório, visando obter o valor das sementes para a

semeadura, e comparar a qualidade entre os lotes de sementes. A comparação da qualidade fisiológica das sementes é fundamental para a comercialização (TEIXEIRA et al., 2010).

O principal parâmetro utilizado para a avaliação da qualidade fisiológica das sementes é a germinação, que permite conhecer o potencial de germinação de um lote em condições favoráveis (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012). Entretanto, por ser conduzido em condições controladas, apresenta limitações por fornecer resultados que podem superestimar o potencial fisiológico das sementes em campo. Por isso, os testes de vigor foram desenvolvidos para fornecer dados complementares aos obtidos de germinação, permitindo, dessa forma, estimar o potencial de emergência das plântulas em campo sob uma ampla faixa de condições ambientais (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012). De acordo com Krzyzanowski et al., (1999), os testes índice de velocidade de germinação, primeira contagem da germinação, crescimento das plântulas, condutividade elétrica, envelhecimento acelerado, dentre outros, podem ser utilizados para avaliar o vigor das sementes.

As respostas do metabolismo secundário em função da deriva de herbicidas são importantes para a compreensão das respostas fisiológicas de plantas de tomate e pessegueiro frente ao estresse causado pelos herbicidas. De modo similar, a avaliação das sementes de soja submetidas a aplicação dos herbicidas permitirá determinar se há perdas na qualidade fisiológica das sementes.

A hipótese do trabalho foi que a simulação da deriva de herbicidas em plantas de tomate e pessegueiro, não ocasiona estresse oxidativo e que há perda na qualidade fisiológica de sementes de soja Enlist™ pela aplicação de herbicidas.

Diante do exposto, existe a necessidade de avaliar alterações morfofisiológicas e metabólicas de plantas de tomate e pessegueiro quando expostas à deriva dos herbicidas EnlistDuo™, 2,4D colina e 2,4D+glifosato, e verificar se a ponta de pulverização AIXR 110.015 proporciona redução da deriva de herbicidas e conseqüentemente menores danos sobre o tomate e o pêssego (Capítulo 1). Avaliar a qualidade fisiológica de sementes de soja Enlist™ submetidas a aplicação dos herbicidas EnlistDuo, 2,4-D sal Colina, Glifosato + 2,4-D sal amina, Glufosinato (Capítulo 2).

2 CAPÍTULO I – Deriva simulada de herbicidas nas características fisiológicas de plantas de tomate e pessegueiro.

2.1 Introdução

A cultura da soja, diante da sua importância no agronegócio nacional e internacional, tem apresentado constantes atividades de pesquisa, destinada à obtenção de novas tecnologias, que proporcionem aumento de produtividade e redução de custos de produção. Dentre essas tecnologias encontra-se o uso de organismos geneticamente modificados (OGMs) que permitem manejo mais adequado das plantas daninhas. São considerados OGMs os seres vivos com material genético alterado pelo homem, através da transferência de um gene de uma espécie para outra (DE SOUZA SANTOS; DE ABREU, 2017).

As plantas daninhas são um dos fatores que limitam a produtividade da soja por crescerem em local não desejado, competir com a cultura por recursos como água, luz, nutrientes e CO₂ (SILVA et al., 2009). Devido a isso, novas tecnologia tem surgido, como a tecnologia Roundup Ready[®], que permitiu satisfatório controle de plantas daninhas. No entanto, o uso intensificado do herbicida glifosato resultou na seleção de plantas resistentes a esse herbicida.

Dessa forma, com poucas alternativas para o controle seletivo das espécies resistentes ao glifosato e também à outros herbicidas na cultura da soja, há necessidade de desenvolvimento, reformulação e adaptação de novas tecnologias e manejos , e uma das tecnologias promissoras desenvolvida para o controle de plantas daninhas resistentes na cultura da soja é a Enlist[™].

A tecnologia Enlist[™] é caracterizada por fornecer tolerância a cultura da soja ao herbicida 2,4-D colina, a qual foi possível através da inserção de genes bacterianos

na cultura, o que permite que a mesma metabolize o herbicida (ROBINSON; SIMPSON; JOHNSON, 2012). Junto com a tecnologia foi lançado também o herbicida EnlistDuo™ que é composto pela mistura de glifosato e 2,4-D colina. Essa formulação destaca-se por apresentar uma nova tecnologia, a Colex D™, que tem como vantagens baixa volatilidade, diminuição no potencial de deriva, menor odor e melhor características de mistura em tanques (ROBINSON; SIMPSON; JOHNSON, 2012).

A ocorrência de deriva da pulverização agrícola pode ocasionar danos às culturas que se encontrem em áreas próximas (TUFFI SANTOS et al., 2006a, b; YAMASHITA et al., 2006, YAMASHITA; GUIMARÃES, 2006). As espécies frutíferas, destacam-se dentre as plantas sensíveis à deriva de agrotóxicos (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2007) e, por esse motivo, o uso da tecnologia Enlist™ pode afetar negativamente a produção de tomate e de frutíferas de clima temperado como o pêssego.

Estudos demonstraram que a deriva de glifosato promove sintomas de intoxicação em cafeeiro (*Coffea arabica*), caracterizados por clorose e de estreitamento das folhas (FRANÇA et al., 2010). Outros estudos relatam que o glifosato prejudica o fotossistema II (PSII), onde as plantas de girassol tratadas com doses reduzidas de glyphosate apresentaram acumulação de CO₂ na câmara subestomática um dia após a aplicação do herbicida, indicando danos ao metabolismo fotossintético das plantas (VITAL, 2015)

Com o intuito de evitar danos as culturas sensíveis que se encontrem próximas ao ponto de aplicação, diversos cuidados devem ser tomados, como a ocorrência de condições climáticas apropriadas e também a seleção de pontas de pulverização adequados, que evitem a formação de gotas muito finas com potencial de ocasionar deriva em campos adjacentes (SCIUMBATO et al., 2004).

A ocorrência de deriva acidental de herbicidas sobre algumas culturas, pode causar diversas alterações no metabolismo das plantas, sendo a principal delas a produção de espécies reativas de oxigênio (EROs), tendo como consequência o estresse oxidativo.

O estresse oxidativo em sistemas biológicos, incluindo os vegetais, é resultante de superprodução das EROs que são subprodutos de reações de oxirredução, apresentando-se tanto como radicais livres, quanto na forma molecular de não radical. Essas moléculas podem ser geradas como resultado de excitação,

formando oxigênio singlete (O_2), ou de sucessivas adições de elétrons ao O_2 , reduzindo-o ao radical aniônico superóxido ($O_2^{\cdot-}$) ou peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e radical hidroxila (OH^{\cdot}) (SCANDALIOS, 2005). Como consequência, as EROs causam peroxidação de lipídios, modificações proteicas, rompimento das cadeias de DNA, destruição de clorofilas e extravasamento de eletrólitos, de modo que, tais eventos podem resultar na morte celular (MOLLER; JENSEN; HANSSON, 2007).

Existe necessidade da realização de pesquisas para verificar que a deriva do herbicida EnlistDuo™ não ocasiona alterações morfofisiológicas e metabólicas em frutíferas, que a aplicação do herbicida 2,4-D com a tecnologia Colex-D proporciona menor deriva, e que a aplicação do herbicida com o AIXR 110.015 reduz a deriva comparativamente a ponta XR 110.015. O objetivo do estudo foi avaliar as alterações dos parâmetros fotossintéticos e as alterações do metabolismo antioxidante de plantas de pessegueiro e tomateiro após a deriva de herbicidas.

2.2 Material e métodos

O experimento foi realizado em casa de vegetação e laboratório de metabolismo secundário de plantas do Centro de Herbologia (CEHERB), ambos pertencentes a Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM) da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), em delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições.

Os tratamentos foram arrançados em esquema fatorial 2x4x6: sendo o fator A compreendido por duas pontas de pulverização (AIXR 110.015 e XR 110.015); o fator B compreendido pelos herbicidas EnlistDuo™ ($4L\ ha^{-1}$), 2,4-D Sal Colina (GF-3073) ($1,7L\ ha^{-1}$) e a combinação de glifosato+ 2,4-D ($1,7$ e $1,1L\ ha^{-1}$, respectivamente) e mais o controle sem aplicação; e, o fator C constituído por seis distâncias de aplicação (1; 2; 4; 6; 8 e 10m), entre a fonte de aplicação e as culturas (Figura 1).

Os herbicidas foram aplicados na dose recomendada para soja Enlist™, simulando pulverização em pós-emergência na cultura da soja, para isso utilizou-se pulverizador costal, pressurizado com CO_2 , regulado para volume de calda equivalente a $100L\ ha^{-1}$. Para realização do experimento adaptou-se estrutura com cortinas plásticas de forma a simular um túnel de vento. Na entrada desta estrutura adotou-se ventilador, que produziu ventilação forçada com velocidade constante do ar

de 12km/h medida com anemômetro. Dentro do túnel, as plantas foram distribuídas conforme as distâncias descritas anteriormente e em cada distância foram dispostas quatro plantas de tomate e quatro de pessegueiro (Figura 1).


	Distâncias						
	Soja	1	2	4	6	8	10
	5m	6m	7m	9m	11m	13m	15m
	Velocidade do vento (km/h)						
	12,0	3,0	2,4	2,1	1,8	1,8	1,8

Figura 1 - Ilustração da distribuição das plantas e velocidade do vento em cada distância. FAEM/UFPeL, Capão do Leão/RS, 2017.

As variáveis analisadas após 72 horas da aplicação dos tratamentos (HAT) foram índice de clorofila e os parâmetros fotossintéticos. Para realização da leitura nas plantas foram utilizadas as folhas do terço médio. A clorofila foi determinada através do clorofilômetro (SPAD); e as variáveis relacionadas à fotossíntese (fotossíntese líquida (A), taxa de transpiração (E), condutância estomática (Gs) e concentração de CO₂ subestomática (Ci)), foram determinadas pelo analisador de gás infravermelho (IRGA, modelo LI-6400 XT). Ainda, foram calculadas a eficiência da carboxilação (CE) e eficiência do uso da água (EUA), pela relação A/Ci e A/E.

Amostras foliares das plantas de pêsego e tomate foram coletadas às 72 HAT, de todas as repetições dos tratamentos e reunidas em única amostra e posteriormente armazenadas a -80°C, até o momento da determinação das variáveis de danos nos tecidos celulares.

Os danos celulares nos tecidos foram determinados em termos das espécies reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), via acúmulo de aldeído malônico (MDA), conforme descrito por Heath e Packer (1968). Para a realização dessa análise, 0,2g de folhas foram maceradas com nitrogênio líquido, homogeneizadas em 2mL de ácido tricloroacético (TCA) 0,1% (m/v) e centrifugadas a 14000 rpm por 20 minutos. Para a determinação de TBARS, alíquotas de 0,5mL do sobrenadante descrito anteriormente foram adicionadas a 1,5mL de ácido tiobarbitúrico (TBA) 0,5% (m/v) e ácido tricloroacético 10% (m/v) e incubadas a 90°C por 20 minutos. A reação foi paralisada em banho de gelo por 10 minutos e, após determinada a absorbância a 532nm, descontando-se a absorbância inespecífica a 600nm. A concentração de MDA foi

calculada utilizando-se o coeficiente de absorvidade de 155mM cm^{-1} e expressa em nM MDA g^{-1} de MF.

Os danos celulares foram avaliados também pela permeabilidade relativa das membranas, determinada por meio do extravasamento de eletrólitos conforme descrito por Tarhanen et al. (1999). Para isso, 0,2g de amostra foram seccionados com tesoura e lavados três vezes com água ultrapura para a retirada do conteúdo das células rompidas durante o corte e de outros eletrólitos aderidos às folhas. Após este procedimento, as mesmas foram colocadas em 50mL de água ultrapura e deixadas por 4 horas em banho-maria (25°C). Decorrido esse tempo, obteve-se a condutância inicial (C_i), utilizando-se condutivímetro (Lutron, CD-4301). Posteriormente a essa leitura, as mesmas amostras foram colocadas em estufa a 90°C por 2 horas e feita a segunda leitura (C_f). A permeabilidade relativa foi calculada pela relação $C_i/(C_i+C_f) \times 100$ e o resultado expresso em percentagem.

Os dados foram analisados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e à homocedasticidade pelo teste de Hartley. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise da variância e em sendo constatada significância estatística pelo teste F ($p \leq 0,05$), o efeito de ponta foi avaliado pelo teste t ($p \leq 0,05$), e o efeito de herbicidas e distâncias pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$).

2.3 Resultados e discussão

Foi verificada significância estatística dos tratamentos para as variáveis: fotossíntese líquida, condutância estomática, taxa de transpiração, índice de clorofila, peroxidação lipídica e extravasamento de eletrólitos. Para todas as variáveis citadas houve interação tripla entre os fatores pontas de pulverização, herbicidas e distância (Tabela 1 a 12).

Para a variável taxa fotossintética de plantas de tomate, pode-se observar para a ponta XR, que os valores obtidos pelo tratamento controle foi superior aos tratamentos com os herbicidas, demonstrando que a aplicação herbicidas através da deriva simulada pode afetar a taxa fotossintética de plantas de tomate (Tabela 1). O tratamento somente com o herbicida 2,4-D colina foi o que ocasionou menores danos relacionados a taxa fotossintética quando comparado com os demais herbicidas.

Em relação as distâncias, pode-se observar que, no geral, as plantas que se encontravam mais distantes do ponto de aplicação tiveram maiores valores de fotossíntese líquida para os tratamentos com herbicidas (Tabela 1). Na análise da aplicação dos herbicidas em cada distância com a ponta AIXR, os resultados foram semelhantes aos observados para a ponta XR. No entanto, ao comparar as pontas de pulverização, a utilização da ponta AIXR, com potencial de diminuição do efeito da deriva, proporcionou melhores resultados para a fotossíntese líquida, principalmente quando se refere as plantas que se encontravam mais próximas ao ponto de aplicação.

A taxa fotossintética sofreu efeito negativo em trabalhos com aplicação do herbicida glifosato sobre as plantas de pequi, com queda de 55, 49 e 63% às 24, 48 e 240 horas após a aplicação (HAA), respectivamente, na comparação da maior dose (1.500 g e.a. ha⁻¹) com o controle (SILVA et al., 2016).

Tabela 1 - Taxa fotossintética ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) de plantas de tomate, às 72 horas após pulverização dos herbicidas utilizando pontas XR e AIXR em diferentes distâncias (m). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2017.

Distância	Testemunha			EnlistDuo™			2,4-D Colina			Glifosato+2,4-D		
	Ponta XR											
1	17,9	A	a ^{2ns3}	0,98	C	c*	6,12	B	c*	0,63	C	b*
2	17,9	A	a ^{ns}	0,98	C	c*	4,80	B	c*	1,28	C	b*
4	17,9	A	a ^{ns}	5,29	C	b ^{ns}	13,2	B	a*	1,88	D	b*
6	17,9	A	a ^{ns}	6,95	C	a ^{ns}	9,12	B	b*	6,75	C	a*
8	17,9	A	a ^{ns}	7,66	C	a ^{ns}	10,0	B	b ^{ns}	7,03	C	a*
10	17,9	A	a ^{ns}	8,38	B	a*	10,2	B	b*	8,04	B	a ^{ns}
Ponta AIXR												
1	17,9	A	a	7,55	B	b	4,07	C	e	3,22	D	c
2	17,9	A	a	10,6	B	a	6,97	C	d	5,37	D	b
4	17,9	A	a	4,50	C	d	8,68	B	c	4,93	C	b
6	17,9	A	a	5,85	C	c	10,35	B	b	9,74	B	a
8	17,9	A	a	8,12	C	b	8,12	C	c	9,37	B	a
10	17,9	A	a	6,23	D	c	11,6	B	a	10,0	C	a

¹ Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na linha, comparam herbicidas dentro de cada ponta e distância, não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ² Médias seguidas por mesmas letras minúsculas na coluna, comparam distâncias dentro de cada ponta e herbicida, não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ^{3ns} Não significativo e * significativo, entre pontas dentro de cada herbicida e distância pelo teste t ($p \leq 0,05$).

Nas plantas de pessegueiro, observou-se quando da utilização da ponta XR nas primeiras distâncias (1 e 2m), que a testemunha apresentou valor superior de fotossíntese líquida comparativamente aos tratamentos com herbicidas (Tabela 2). Já na distância de 10m o herbicida 2,4-D colina foi o que resultou em maior valor para a variável, não diferindo estatisticamente da mistura dos herbicidas glifosato+2,4-D. No

entanto, para a ponta AIXR o tratamento com o herbicida 2,4-D colina foi o que proporcionou maior taxa fotossintética nas distâncias 1 e 2m, sendo nas demais distâncias, de modo geral, a mistura dos herbicidas glifosato+2,4-D foi responsável pelos melhores resultados para essa variável.

No que se refere as distâncias para as pontas XR e AIXR, pode-se analisar que na maioria dos dados houve aumento na taxa de fotossíntese à medida que as plantas se distanciavam do ponto de aplicação, sendo que novamente a ponta AIXR foi o que proporcionou menores danos as plantas quando comparado a ponta XR (Tabela 2).

Tabela 2 - Taxa fotossintética ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) de plantas de pêssigo, às 72 horas após pulverização dos herbicidas utilizando pontas XR e AIXR em diferentes distâncias (m). FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2017.

Distância	Testemunha		EnlistDuo™		2,4-D Colina		Glifosato+2,4-D					
	Ponta XR											
1	5,95	A ¹	a ^{2ns3}	-0,64	C	f [*]	4,53	B	bc [*]	-0,84	C	d [*]
2	5,95	A	a ^{ns}	0,23	C	e [*]	4,01	B	c [*]	0,63	C	cd [*]
4	5,95	A	a ^{ns}	2,32	B	d [*]	6,03	A	bc [*]	1,00	B	cd [*]
6	5,95	A	a ^{ns}	3,75	AB	c [*]	6,08	A	bc [*]	3,01	B	bc [*]
8	5,95	B	a ^{ns}	8,85	A	a ^{ns}	6,71	B	b ^{ns}	5,26	B	b [*]
10	5,95	C	a ^{ns}	7,29	BC	b [*]	11,2	A	a ^{ns}	8,72	AB	a ^{ns}
Ponta AIXR												
1	5,95	B	a	4,38	C	c	7,32	A	b	1,75	D	b
2	5,95	B	a	4,21	C	c	10,65	A	a	4,04	C	b
4	5,95	B	a	7,19	B	b	5,75	B	c	9,83	A	a
6	5,95	B	a	9,90	A	a	5,72	B	c	9,04	A	a
8	5,95	C	a	8,66	B	ab	6,24	C	c	9,30	A	a
10	5,95	B	a	10,7	A	a	10,1	A	a	12,0	A	a

¹ Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na linha, comparam herbicidas dentro de cada ponta e distância, não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ² Médias seguidas por mesmas letras minúsculas na coluna, comparam distâncias dentro de cada ponta e herbicida, não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ^{3ns} Não significativo e ^{*} significativo, entre pontas dentro de cada herbicida e distância pelo teste t ($p \leq 0,05$).

O fato da ponta AIXR ter demonstrado ser mais eficiente na diminuição da deriva, decorre de a mesma apresentar indução de ar que produzem gotas grandes, com bolhas de ar em seu interior, de maneira que tenham alta massa e baixa densidade, combinação importante para a redução da deriva, sendo indicada para herbicidas sistêmicos (VIANA et al., 2007).

Em estudos utilizando o herbicida 2,4-D na cultura do trigo pode-se observar redução dos parâmetros fotossintéticos bem como a taxa fotossintética e condutância estomática (AGOSTINETTO et al., 2016), de modo similar ao verificado nesse estudo, reforçando a hipótese de estresse promovido devido à deriva simulada dos herbicidas.

Em relação a variável condutância estomática (Gs) para as plantas de tomate, verificou-se que o controle foi superior aos tratamentos com herbicidas, tanto para a ponta XR quanto para a AIXR (Tabela 3). Para a ponta XR, o herbicida que ocasionou menores danos as plantas foi o 2,4-D colina, para AIXR o herbicida EnlistDuo™ nas distâncias 1 e 2m, obteve maior valores para condutância estomática, já nas distâncias 4 e 10m o herbicida 2,4-D colina teve menores resultados e nos 6 e 8m a mistura dos herbicidas glifosato+2,4-D. Corroborando com os dados de taxa de fotossintética, se na maioria dos casos, a ponta AIXR apresentou melhores resultados para condutância estomática nos tratamentos com herbicidas .

Estudos demonstraram que a condutância estomática de plantas de pequi reduziu à medida que se aumentaram as doses do herbicida glifosato, ocorrendo reduções de 68% às 24 horas após a aplicação (HAA), 53% às 48 HAA e 75% às 240 HAA da maior dose (1.500 g e.a. ha⁻¹), quando comparadas com o controle (SILVA et al., 2016).

Tabela 3 - Condutância estomática (Gs) (mol H₂O m⁻² s⁻¹) de plantas de tomate, às 72 horas após pulverização dos herbicidas utilizando pontas XR e AIXR em diferentes distâncias (m). FAEM/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2017.

Distância	Testemunha			EnlistDuo™			2,4-D Colina			Glifosato+2,4-D		
	Ponta XR											
1	0,090	A ¹	a ^{2ns3}	0,028	B	ab ^{ns}	0,022	B	b ^{ns}	0,007	C	b*
2	0,090	A	a ^{ns}	0,009	C	c*	0,021	B	b ^{ns}	0,005	C	b*
4	0,090	A	a ^{ns}	0,022	C	b ^{ns}	0,058	B	a ^{ns}	0,006	D	b*
6	0,090	A	a ^{ns}	0,026	B	b ^{ns}	0,027	B	b*	0,025	B	a*
8	0,090	A	a ^{ns}	0,037	C	a ^{ns}	0,066	B	a*	0,024	D	a*
10	0,090	A	a ^{ns}	0,036	B	a*	0,024	B	b*	0,031	B	a ^{ns}
Ponta AIXR												
1	0,090	A	a	0,032	B	c	0,024	C	d	0,013	D	c
2	0,090	A	a	0,062	B	a	0,029	C	cd	0,018	D	c
4	0,090	A	a	0,015	C	d	0,048	B	b	0,018	C	c
6	0,090	A	a	0,027	D	c	0,045	C	bc	0,063	B	a
8	0,090	A	a	0,041	B	b	0,034	C	bcd	0,043	B	b
10	0,090	A	a	0,028	B	c	0,073	A	a	0,040	B	b

¹ Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na linha, comparam herbicidas dentro de cada ponta e distância, não diferem entre si pelo teste de Duncan (p≤0,05). ² Médias seguidas por mesmas letras minúsculas na coluna, comparam distâncias dentro de cada ponta e herbicida, não diferem entre si pelo teste de Duncan (p≤0,05). ^{3ns} Não significativo e * significativo, entre pontas dentro de cada herbicida e distância pelo teste t (p≤0,05).

Tratando-se das plantas de pessegueiro, o tratamento que proporcionou maiores valores para condutância estomática, quando se utilizou a ponta XR, foi com o herbicida isolado 2,4-D colina, ocasionando assim menores danos quando comparados ao controle e aos demais herbicidas (Tabela 4). Para a ponta AIXR os

melhores resultados para essa variável foram verificados nas distâncias 1, 2 e 10m, com o herbicida 2,4-D colina; e, 4, 6 e 8m com a mistura do herbicida glifosato+2,4-D. Tratando-se das distâncias em ambas as pontas, de modo geral, houve aumento na condutância estomática nas distâncias maiores, sendo que a ponta AIXR novamente apresentou melhor resultado quando comparado com a XR (Tabela 4).

A condutância estomática foi reduzida em função da aplicação dos herbicidas para ambas culturas (Tabelas 3 e 4). O controle estomático é importante propriedade por meio da qual as plantas limitam a perda de água, afetando as trocas gasosas. Essa característica pode sofrer influência de diversos fatores, incluindo o estresse (PAIVA et al., 2005), podendo ser indicativo da menor eficiência fotossintética. A condutância estomática é proporcional ao número, tamanho dos estômatos e diâmetro da abertura do estômato, características que dependem de outros fatores endógenos e ambientais (BRODRIBB; HOLBROOK, 2003). Entretanto, em condições de estresse a planta tende a fechar os estômatos como mecanismo de defesa contra a perda de água, aumentando a resistência e por consequência reduzindo a condutância estomática (TAIZ et al.,2017).

Tabela 4 - Condutância estomática (Gs) ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) de plantas de pêssigo, às 72 horas após pulverização dos herbicidas utilizando pontas XR e AIXR em diferentes distâncias (m). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2017.

Distância	Testemunha		EnlistDuo TM		2,4-D Colina		Glifosato+2,4-D					
	Ponta XR											
1	0,013	B ¹	a ^{2ns3}	0,005	C	e*	0,025	A	bc ^{ns}	0,005	C	c*
2	0,013	AB	a ^{ns}	0,006	B	e*	0,018	A	c*	0,005	B	c*
4	0,013	B	a ^{ns}	0,011	B	d*	0,026	A	bc ^{ns}	0,008	B	c*
6	0,013	B	a ^{ns}	0,016	B	c*	0,038	A	ab ^{ns}	0,017	B	b*
8	0,013	D	a ^{ns}	0,057	A	a ^{ns}	0,044	B	a*	0,022	C	b*
10	0,013	B	a ^{ns}	0,044	A	b*	0,048	A	a*	0,039	A	a ^{ns}
	Ponta AIXR											
1	0,013	B	a	0,025	A	cd	0,026	A	c	0,009	C	c
2	0,013	C	a	0,014	C	d	0,068	A	a	0,047	B	b
4	0,013	C	a	0,037	B	bc	0,024	BC	c	0,057	A	ab
6	0,013	C	a	0,046	B	b	0,045	B	b	0,065	A	a
8	0,013	B	a	0,062	A	a	0,029	B	c	0,062	A	a
10	0,013	C	a	0,065	A	a	0,069	A	a	0,050	B	b

¹ Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na linha, comparam herbicidas dentro de cada ponta e distância, não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ² Médias seguidas por mesmas letras minúsculas na coluna, comparam distâncias dentro de cada ponta e herbicida, não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ^{3ns} Não significativo e * significativo, entre pontas dentro de cada herbicida e distância pelo teste t ($p \leq 0,05$).

Como demonstrado em espécies dicotiledôneas e em algumas monocotiledôneas com sensibilidade diferencial, os herbicidas mimetizadores de

auxina estimulam a biossíntese do etileno. O etileno é hormônio gasoso que além de ocasionar epinastia das folhas, atua estimulando a biossíntese de ácido abscísico (ABA), pela clivagem das xantofilas a xanthoxina (precursor do ABA). O ABA inibe o crescimento das plantas, pois ocasiona fechamento estomático, que limita a assimilação de CO₂ e conseqüentemente a produção de biomassa (GROSSMAN, 2000).

Para a taxa de transpiração nas plantas de tomate, o tratamento controle foi o que teve os maiores valores, em ambas as pontas, quando comparado aos tratamentos com a aplicação de herbicidas (Tabela 5). No que se refere as distâncias, para a ponta XR observou-se aumento na taxa de transpiração a medida que a distância aumenta na maioria dos tratamentos herbicidas. Já, para a ponta AIXR observou-se aumento para a variável nas maiores distâncias para o herbicida 2,4-D colina e a mistura de glifosato+2,4-D, no entanto, para o herbicida EnlistDuo™ o maior valor para transpiração foi na distância de 2 metros.

Tabela 5 - Taxa de transpiração (E) (mmol H₂O m⁻² s⁻¹) de plantas de tomate, às 72 horas após pulverização dos herbicidas utilizando pontas XR e AIXR em diferentes distâncias (m). FAEM/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2017.

Distância	Testemunha				EnlistDuo™				2,4-D Colina				Glifosato+2,4-D			
									Ponta XR							
1	2,72	A ¹	a ^{2ns3}	0,70	B	bc ^{ns}	0,75	B	b ^{ns}	0,23	B	b [*]				
2	2,72	A	a ^{ns}	0,32	C	c [*]	0,72	B	b ^{ns}	0,17	C	b [*]				
4	2,72	A	a ^{ns}	0,74	C	abc ^{ns}	1,83	B	a ^{ns}	0,21	D	b [*]				
6	2,72	A	a ^{ns}	0,89	B	ab ^{ns}	0,90	B	b [*]	0,85	B	a [*]				
8	2,72	A	a ^{ns}	1,23	C	a ^{ns}	2,06	B	a [*]	0,82	D	a [*]				
10	2,72	A	a ^{ns}	1,18	B	ab [*]	0,81	B	b [*]	1,04	B	a ^{ns}				
													Ponta AIXR			
1	2,72	A	a	1,10	B	bc	0,82	C	c	0,46	D	c				
2	2,72	A	a	1,95	B	a	0,98	C	c	0,63	D	c				
4	2,72	A	a	0,54	C	d	1,57	B	b	0,61	C	c				
6	2,72	A	a	0,93	D	c	1,47	C	b	2,01	B	a				
8	2,72	A	a	1,29	BC	b	1,15	C	bc	1,42	B	b				
10	2,72	A	a	0,93	B	c	2,23	A	a	1,30	B	b				

¹ Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na linha, comparam herbicidas dentro de cada ponta e distância, não diferem entre si pelo teste de Duncan (p≤0,05). ² Médias seguidas por mesmas letras minúsculas na coluna, comparam distâncias dentro de cada ponta e herbicida, não diferem entre si pelo teste de Duncan (p≤0,05). ^{3ns} Não significativo e ^{*} significativo, entre pontas dentro de cada herbicida e distância pelo teste t (p≤0,05).

Nas plantas de pessegueiro a deriva ocasionada pelo herbicida 2,4-D Colina resultou nas maiores taxas de transpiração, quando da utilização da ponta XR (Tabela 6). A utilização da ponta AIXR apresentou efeito semelhante nas distâncias 1, 2 e 10m, onde o herbicida 2,4-D colina responsável pelos maiores valores de

transpiração; nas distâncias 4 e 6m, a mistura com os herbicidas glifosato+2,4-D foi o que acarretou os melhores resultados; e, na distância de 8m o EnlistDuo™ foi o herbicida que ocasionou transpiração superior. Na maioria dos resultados obtidos, observou-se que a medida que a distância aumenta as plantas de pessegueiro apresentaram menor estresse, e que a ponta AIXR, em geral, resultou em taxa de transpiração superior a ponta XR.

Utilizando o herbicida glifosato em plantas de pequi, foi constatado que a taxa transpiratória apresentou efeito decrescente com o aumento das doses do herbicida, sendo mais pronunciada às 240 HAA, com redução de 68% para a maior dose de herbicida em relação ao controle (SILVA et al., 2016). Avaliando diferentes doses de glifosato em clones de eucalipto, foi constatado que aos 21 dias após a aplicação (DAA), houve redução na condutância estomática, taxa fotossintética e taxa transpiratória, com o incremento da dose de glifosato (Machado et al., 2010).

Tabela 6 - Taxa de transpiração (E) (mmol H₂O m⁻² s⁻¹) de plantas de pêssigo, às 72 horas após pulverização dos herbicidas utilizando pontas XR e AIXR em diferentes distâncias (m). FAEM/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2017.

Distância	Testemunha		EnlistDuo™		2,4-D Colina		Glifosato+2,4-D					
	Ponta XR											
1	0,39	B ¹	a ^{2ns3}	0,17	C	e*	0,79	A	bc ^{ns}	0,17	C	c*
2	0,39	AB	a ^{ns}	0,20	B	e*	0,58	A	c*	0,19	B	c*
4	0,39	B	a ^{ns}	0,34	B	d*	0,79	A	bc ^{ns}	0,26	B	c*
6	0,39	B	a ^{ns}	0,51	B	c*	1,17	A	ab ^{ns}	0,54	B	b*
8	0,39	D	a ^{ns}	1,64	A	a ^{ns}	1,35	B	a*	0,68	C	b*
10	0,39	B	a ^{ns}	1,31	A	b*	1,44	A	a*	1,19	A	a*
Ponta AIXR												
1	0,39	B	a	0,79	A	cd	0,80	A	c	0,30	C	c
2	0,39	C	a	0,46	C	d	1,96	A	a	1,49	B	b
4	0,39	C	a	1,15	B	bc	0,76	BC	c	1,74	A	ab
6	0,39	C	a	1,44	B	b	1,34	B	b	1,95	A	a
8	0,39	B	a	1,89	A	a	0,91	B	c	1,87	A	a
10	0,39	C	a	1,99	A	a	2,01	A	a	1,51	B	b

¹ Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na linha, comparam herbicidas dentro de cada ponta e distância, não diferem entre si pelo teste de Duncan (p≤0,05). ² Médias seguidas por mesmas letras minúsculas na coluna, comparam distâncias dentro de cada ponta e herbicida, não diferem entre si pelo teste de Duncan (p≤0,05). ^{3ns} Não significativo e * significativo, entre pontas dentro de cada herbicida e distância pelo teste t (p≤0,05).

Para a variável de índice de clorofila das plantas de tomate, observou-se que em ambas as pontas, o controle apresentou maiores índices de clorofila quando comparados aos tratamentos com a aplicação de herbicidas, evidenciando que a aplicação de herbicidas é fator que afeta a quantidade de clorofila nas plantas (Tabela 7). O teor de clorofila e carotenoides nas folhas indica, entre outros, o nível de dano

que determinado estresse pode estar causando à planta, já que a clorose é, normalmente, um dos primeiros sintomas expressos (CATUNDA et al., 2005). A redução no conteúdo de clorofila pode ser bom indicador no monitoramento dos danos ao crescimento e desenvolvimento das plantas (SONG et al., 2007; YIN et al., 2008).

Em relação as distâncias para a ponta XR, o tratamento com a mistura dos herbicidas glifosato+2,4-D foi o único em que se observou aumento do índice de clorofila, à medida que as plantas se distanciar do ponto de aplicação (Tabela 7). Já para a ponta AIXR não houve diferença entre as distâncias na maioria dos tratamentos.

A quantificação de outros indicadores de estresse oxidativo, como pigmentos fotossintéticos, torna-se relevante na obtenção de maiores informações a respeito do nível do estresse oxidativo gerado nas plantas. Neste sentido, existem estudos que relatam a degradação de clorofilas em plantas de tomate submetidas à deriva do herbicida glifosato (LANGARO, et al., 2014).

Tabela 7 -Índice de clorofila de plantas de tomate, às 72 horas após pulverização dos herbicidas utilizando pontas XR e AIXR em diferentes distâncias (m). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2017.

Distância	Testemunha				EnlistDuo™				2,4-D Colina				Glifosato+2,4-D			
	Ponta XR															
1	42,7	A ¹	a ^{2ns3}	30,2	C	bc ^{ns}	37,1	B	a*	31,3	C	cd ^{ns}				
2	42,7	A	a ^{ns}	35,5	B	ab ^{ns}	29,1	C	b*	27,2	C	d*				
4	42,7	A	a ^{ns}	34,1	B	bc ^{ns}	37,1	AB	a ^{ns}	34,6	B	bc ^{ns}				
6	42,7	A	a ^{ns}	40,4	A	a ^{ns}	34,6	B	ab ^{ns}	36,3	B	abc ^{ns}				
8	42,7	A	a ^{ns}	28,6	B	c*	37,4	A	a ^{ns}	40,8	A	a ^{ns}				
10	42,7	A	a ^{ns}	40,6	A	a ^{ns}	37,1	A	a ^{ns}	39,8	A	ab ^{ns}				
Ponta AIXR																
1	42,7	A	a	33,8	AB	a	27,7	B	b	39,6	A	a				
2	42,7	A	a	38,6	A	a	39,5	A	a	36,6	A	a				
4	42,7	A	a	37,5	AB	a	34,8	B	ab	34,6	B	a				
6	42,7	A	a	37,9	A	a	36,6	A	a	41,2	A	a				
8	42,7	A	a	38,1	AB	a	34,9	B	ab	40,2	AB	a				
10	42,7	A	a	34,6	B	a	36,5	B	a	35,1	B	a				

¹ Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na linha, comparam herbicidas dentro de cada ponta e distância, não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ² Médias seguidas por mesmas letras minúsculas na coluna, comparam distâncias dentro de cada ponta e herbicida, não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ^{3ns} Não significativo e * significativo, entre pontas dentro de cada herbicida e distância pelo teste t ($p \leq 0,05$).

Em relação ao índice de clorofila para as plantas de pêssigo verificou-se, de modo geral, que para a ponta XR o tratamento com o herbicida 2,4-D colina foi o que ocasionou menores danos referentes ao conteúdo de clorofila para as plantas nas

primeiras distâncias (Tabela 8). Para a ponta AIXR constatou-se que os tratamentos herbicidas, em geral, apresentaram valores superiores ao controle.

Referindo-se as distâncias, não se observou aumento no índice de clorofila para as distâncias maiores, sendo, em geral, verificado os valores maiores nas menores distâncias, para ambas as pontas (Tabela 8).

Diversos agentes (bióticos e abióticos) diminuem a concentração de clorofila nos tecidos fotossintéticos, tanto pelo aumento da degradação (senescência) quanto pela inibição da biossíntese (GAN, 2007). A diminuição dos teores de clorofila nas plantas está relacionada à menor quantidade de membranas nos tilacoides e menor empilhamento nos centros de reação (SANDMANN; SCHEER, 1998). O conteúdo de clorofila nas folhas pode servir como parâmetro para estimar o potencial fotossintético das plantas, devido sua ligação direta com a absorção e transferência de energia luminosa. Plantas que apresentam alta concentração de clorofila possuem capacidade de atingir taxas fotossintéticas mais altas, pelo seu valor potencial de captação de “quanta” na unidade de tempo (RÊGO; POSSAMAI, 2004).

Tabela 8 -Índice de clorofila de plantas de pêssogo, às 72 horas após pulverização dos herbicidas utilizando pontas XR e AIXR em diferentes distâncias (m). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2017.

Distância	Testemunha		EnlistDuo™				2,4-D Colina				Glifosato+2,4-D			
	Ponta XR													
1	36,2	B ¹	a ^{2ns3}	34,1	B	ab [*]	41,9	A	a ^{ns}	36,6	B	ab [*]		
2	36,2	B	a ^{ns}	36,9	AB	a ^{ns}	41,0	A	ab [*]	41,1	A	a ^{ns}		
4	36,2	B	a ^{ns}	32,4	C	b [*]	41,8	A	a ^{ns}	34,8	BC	b [*]		
6	36,2	A	a ^{ns}	38,0	A	a ^{ns}	34,7	A	c ^{ns}	36,7	A	ab ^{ns}		
8	36,2	A	a ^{ns}	32,7	A	b [*]	35,6	A	c ^{ns}	35,2	A	b [*]		
10	36,2	AB	a ^{ns}	33,9	B	ab ^{ns}	37,2	AB	bc ^{ns}	38,9	A	ab ^{ns}		
Ponta AIXR														
1	36,2	B	a	40,6	A	ab	41,8	A	a	41,5	A	a		
2	36,2	B	a	42,2	A	a	35,1	B	b	41,1	A	a		
4	36,2	B	a	37,5	AB	bc	37,6	AB	ab	40,2	A	a		
6	36,2	A	a	37,5	A	bc	37,8	A	ab	37,1	A	a		
8	36,2	A	a	37,1	A	bc	36,6	A	b	28,8	B	b		
10	36,2	A	a	34,9	A	c	34,9	A	b	39,9	A	a		

¹ Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na linha, comparam herbicidas dentro de cada ponta e distância, não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ² Médias seguidas por mesmas letras minúsculas na coluna, comparam distâncias dentro de cada ponta e herbicida, não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ^{3ns} Não significativo e ^{*} significativo, entre pontas dentro de cada herbicida e distância pelo teste t ($p \leq 0,05$).

Para as plantas de tomate pode-se observar que para ambas as pontas estudados, os tratamentos com aplicação de herbicidas resultaram em maiores valores de peroxidação lipídica quando comparados com à testemunha (Tabela 9). O

MDA é considerado bom marcador da integridade estrutural das membranas, porque indica o nível de dano aos lipídeos pelas reações de oxidação (EKMEKCI; TERZIOGLU, 2005).

Para as análises feitas com a ponta XR, o tratamento com o herbicida EnlistDuo™ foi o que ocasionou maior dano as plantas de tomate em relação a peroxidação, quando comparamos as distâncias observou-se que para a mistura de glifosato+2,4-D não houve diferença significativa entre as distâncias analisadas (Tabela 9).

Tratando-se da ponta AIXR verificou-se que a mistura de glifosato+2,4-D foi o tratamento que apresentou maiores valores de peroxidação lipídica em três das seis distâncias avaliadas (Tabela 9). Quando se comparou as distâncias para o herbicida EnlistDuo™ e 2,4-D colina houve um decréscimo para a variável à medida que as plantas encontravam-se nas distâncias maiores, para a mistura de glifosato+2,4-D não houve diferença significativa entre as distâncias.

A ponta AIXR, de modo geral, foi o que apresentou melhores resultados, por diminuir a peroxidação lipídica em plantas de tomate quando comparados com a ponta XR (Tabela 9).

Em condições normais de crescimento, a produção de EROs é limitada e eliminada eficientemente pelo sistema de defesa das plantas, evitando assim, dano oxidativo aos compostos celulares (GILL; TUTEJA, 2010). Os danos celulares surgem quando a produção de EROs excede a capacidade de defesa antioxidante, ou seja, se os mecanismos fotoprotetores e antioxidantes estão sobrecarregados, as EROs podem alterar as membranas celulares pelo acúmulo de produtos peroxidativos e degradação peroxidativa dos ácidos graxos insaturados (ALI et al., 2005).

Corroborando com os dados desse estudo, a deriva simulada do herbicida glifosato em plantas de tomate, resultou em incremento dos teores de MDA em função do aumento da dose do glifosato, assim ocasionando maior peroxidação lipídica das membranas quando comparados com a testemunha (LANGARO et al., 2014).

Tabela 9 -Peroxidação lipídica (nM MDA g⁻¹ de MF) de plantas de tomate, às 72 horas após pulverização dos herbicidas utilizando pontas XR e AIXR em diferentes distâncias (m). FAEM/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2017.

Distância	Testemunha		EnlistDuo TM		2,4-D Colina		Glifosato+2,4-D					
	Ponta XR						Ponta AIXR					
1	11,79	C ¹	a ^{2ns3}	26,35	A	a*	19,15	B	a ^{ns}	17,64	B	a*
2	11,79	C	a ^{ns}	25,99	A	a*	17,84	B	ab*	19,68	B	a ^{ns}
4	11,79	C	a ^{ns}	23,17	A	ab*	13,66	BC	bc*	17,28	B	a ^{ns}
6	11,79	B	a ^{ns}	19,19	A	b*	12,01	B	c*	20,11	A	a ^{ns}
8	11,79	B	a ^{ns}	23,43	A	ab*	14,92	B	abc ^{ns}	17,15	B	a ^{ns}
10	11,79	C	a ^{ns}	22,90	A	ab*	14,74	BC	bc ^{ns}	18,24	B	a ^{ns}
1	11,79	C	a	17,98	B	a	23,29	A	a	14,14	C	a
2	11,79	B	a	13,59	B	b	11,34	B	d	17,78	A	a
4	11,79	B	a	17,15	A	a	19,40	A	ab	17,42	A	a
6	11,79	B	a	17,18	A	a	16,72	A	bc	15,34	A	a
8	11,79	B	a	13,64	AB	b	13,23	AB	cd	15,51	A	a
10	11,79	A	a	11,09	A	b	12,91	A	cd	16,54	A	a

¹ Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na linha, comparam herbicidas dentro de cada ponta e distância, não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ² Médias seguidas por mesmas letras minúsculas na coluna, comparam distâncias dentro de cada ponta e herbicida, não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ^{3ns} Não significativo e * significativo, entre pontas dentro de cada herbicida e distância pelo teste t ($p \leq 0,05$).

Analisando as plantas de pêssigo para a variável peroxidação lipídica, observou-se que, de maneira geral, a ponta XR ao ser utilizado para a aplicação dos herbicidas, causou maiores danos quando comparados com o controle (Tabela 10). Ainda, a ponta XR utilizado com o herbicida EnlistDuoTM causou maior deriva sobre as plantas mais próximas do ponto de aplicação, uma vez que se constatou maior dano oxidativo nas distâncias de 1 e 2m. Ademais, verificou-se que os maiores valores de peroxidação para os três herbicidas testados foram na distância de 1m e, de modo geral, houve decréscimo nesses valores à medida que as distâncias aumentavam.

Para a ponta AIXR os tratamentos com herbicidas não diferiram estatisticamente da testemunha, sendo que o herbicida 2,4-D colina foi o que ocasionou maiores valores de peroxidação, em três das 6 distâncias testadas (Tabela 10). Reportando-se as distâncias no tratamento com o herbicida EnlistDuoTM foi possível analisar a diminuição da peroxidação nas maiores distâncias, já para a mistura de glifosato+2,4-D não houve diferença estatística entre as distâncias. Na comparação entre as pontas os resultados foram semelhantes aos do tomate, assegurando que a ponta AIXR ocasiona menor deriva e conseqüentemente menores danos as plantas de pêssigo (Tabela 10).

Tabela 10 - Peroxidação (nM MDA g⁻¹ de MF) de plantas de pêssigo, às 72 horas após pulverização dos herbicidas utilizando pontas XR e AIXR em diferentes distâncias (m). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2017.

Distância	Testemunha		EnlistDuo™		2,4-D Colina		Glifosato+2,4-D					
	Ponta XR											
1	21,72	C ¹	a ^{2ns3}	94,82	A	a*	48,41	B	a*	94,37	A	a*
2	21,72	B	a ^{ns}	51,32	A	b*	36,81	AB	b ^{ns}	46,76	A	b ^{ns}
4	21,72	B	a ^{ns}	31,70	AB	c ^{ns}	22,14	B	c*	34,85	A	bc*
6	21,72	A	a ^{ns}	25,24	A	c ^{ns}	33,04	A	b ^{ns}	23,20	A	cd ^{ns}
8	21,72	B	a ^{ns}	35,12	A	c*	-	-	-	25,41	AB	cd ^{ns}
10	21,72	AB	a ^{ns}	29,92	A	c*	19,68	AB	c*	17,77	B	d ^{ns}
Ponta AIXR												
1	21,72	A	a	29,08	A	ab	24,57	A	b	30,52	A	a
2	21,72	A	a	27,10	A	abc	38,67	A	a	32,97	A	a
4	21,72	A	a	29,44	A	a	28,28	A	ab	25,70	A	a
6	21,72	A	a	25,83	A	abc	25,51	A	ab	29,18	A	a
8	21,72	AB	a	16,63	B	c	33,86	A	ab	31,54	AB	a
10	21,72	AB	a	18,52	B	bc	32,40	A	ab	20,57	AB	a

¹ Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na linha, comparam herbicidas dentro de cada ponta e distância, não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ² Médias seguidas por mesmas letras minúsculas na coluna, comparam distâncias dentro de cada ponta e herbicida, não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ^{3ns} Não significativo e * significativo, entre pontas dentro de cada herbicida e distância pelo teste t ($p \leq 0,05$).

A ação do 2,4-D, sobre a estrutura do citoesqueleto de actina na célula, leva à epinastia da planta e alteração na mobilidade de peroxissomos e mitocôndrias no ambiente celular (Rodriguez-Serrano et al., 2014). Como essas organelas exercem papel diferencial na exclusão de EROs do citoplasma, a falta de mobilidade promove aumento no estresse oxidativo (GROSSMAN, 2007). Além disso, a morte celular é causada pelo aumento do ácido abscísico que também aumenta a produção de etileno e por conseguinte aumenta o estresse oxidativo induzindo ainda mais a produção de EROs (GROSSMAN, 2007). O aparecimento de EROs também está ligada a resposta de abertura e fechamento estomático, o que induz a inibição do crescimento celular, a murcha, seguido pelo estado de entropia total.

Como consequência da peroxidação lipídica, a funcionalidade e integridade celular podem ser afetadas negativamente, causando danos irreversíveis à célula. Isso ocorre como resultado do aumento da permeabilidade da membrana plasmática, que provoca o extravasamento de íons K⁺ e outros solutos (CHAOUÏ et al., 1997), enquanto que os danos às membranas intracelulares podem afetar a atividade respiratória nas mitocôndrias e a fotossíntese nos cloroplastos (SCANDALIOS, 2005).

Para a variável extravasamento de eletrólitos das plantas de tomate, pode-se verificar que, de modo geral, os tratamentos com herbicidas comportaram-se semelhantemente ao controle em ambas as pontas XR e AIXR (Tabela 11).

Comparando-se as distâncias dentro de cada herbicida na maioria dos casos não se observou diferença estatística entre as mesmas. Na comparação entre as pontas se verificou resultando semelhante, não sendo possível avaliar qual a melhor ponta para essa variável. Contrariando ao resultado observado neste trabalho, foi observado em plantas de tomate submetidas a deriva de glifosato, que o extravasamento de eletrólitos foi superior ao controle (LANGARO et al., 2014).

Tabela 11. Extravasamento de eletrólitos de plantas de tomate, às 72 horas após pulverização dos herbicidas utilizando pontas XR e AIXR em diferentes distâncias (m). FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2017.

Distância	Testemunha				EnlistDuo™				2,4-D Colina				Glifosato+2,4-D			
	Ponta XR								Ponta AIXR							
1	40,23	A ¹	a ^{2ns3}	38,24	A	a ^{ns}	38,90	A	a ^{ns}	36,40	A	cd ^{ns}				
2	40,23	A	a ^{ns}	41,03	A	a ^{ns}	38,49	A	a ^{ns}	37,28	A	cd*				
4	40,23	A	a ^{ns}	36,99	B	a*	41,56	A	a*	35,42	B	d ^{ns}				
6	40,23	A	a ^{ns}	39,47	A	a ^{ns}	40,39	A	a ^{ns}	40,22	A	ab ^{ns}				
8	40,23	A	a ^{ns}	41,01	A	a ^{ns}	40,95	A	a ^{ns}	38,31	A	bc ^{ns}				
10	40,23	A	a ^{ns}	39,31	A	a ^{ns}	37,34	A	a*	42,06	A	a ^{ns}				
1	40,23	A	a	38,53	A	bc	41,11	A	a	37,13	A	ab				
2	40,23	AB	a	38,12	B	bc	42,74	A	a	42,54	A	a				
4	40,23	A	a	39,60	AB	abc	38,72	B	a	36,62	C	b				
6	40,23	A	a	43,94	A	A	38,97	A	a	40,32	A	ab				
8	40,23	A	a	41,32	A	ab	39,86	A	a	37,82	A	ab				
10	40,23	A	a	35,61	B	C	40,87	A	a	37,58	B	ab				

¹Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na linha, comparam herbicidas dentro de cada ponta e distância, não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ²Médias seguidas por mesmas letras minúsculas na coluna, comparam distâncias dentro de cada ponta e herbicida, não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ^{3ns} Não significativo e * significativo, entre pontas dentro de cada herbicida e distância pelo teste t ($p \leq 0,05$).

Os resultados de extravasamento de eletrólitos para as plantas de pessegueiro foram semelhantes aos do tomate (Tabela 12). Os tratamentos herbicidas, em geral, não diferiram estatisticamente entre si, assim como para as distâncias também não foi observado diferença na maioria dos casos. Além disso, também não se pode afirmar qual ponta foi a que ocasionou menores danos as plantas.

Tabela 12. Extravasamento de eletrólitos de plantas de pêssego, às 72 horas após pulverização dos herbicidas utilizando pontas XR e AIXR em diferentes distâncias (m). FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2017.

Distância	Testemunha		EnlistDuo™		2,4-D Colina		Glifosato+2,4-D					
					Ponta XR							
1	35,87	A ¹	a ^{2ns3}	32,89	A	a ^{ns}	35,98	A	a ^{ns}	38,10	A	b ^{ns}
2	35,87	A	a ^{ns}	36,37	A	a ^{ns}	35,12	A	a ^{ns}	39,10	A	ab ^{ns}
4	35,87	A	a ^{ns}	33,68	A	a ^{ns}	35,13	A	a ^{ns}	34,56	A	b ^{ns}
6	35,87	B	a ^{ns}	34,70	B	a [*]	34,43	B	a ^{ns}	44,20	A	a ^{ns}
8	35,87	A	a ^{ns}	33,85	A	a ^{ns}	34,82	A	a [*]	33,81	A	b ^{ns}
10	35,87	AB	a ^{ns}	33,01	B	a ^{ns}	39,23	A	a ^{ns}	35,69	AB	b ^{ns}
				Ponta AIXR								
1	35,87	A	a	40,11	A	ab	38,71	A	ab	35,23	A	a
2	35,87	A	a	36,51	A	b	35,57	A	ab	38,69	A	a
4	35,87	A	a	36,33	A	b	37,69	A	ab	38,93	A	a
6	35,87	BC	a	45,47	A	a	35,34	C	b	39,46	B	a
8	35,87	B	a	38,03	AB	b	41,52	A	a	39,46	AB	a
10	35,87	A	a	40,48	A	ab	33,88	A	b	38,30	A	a

¹ Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na linha, comparam herbicidas dentro de cada ponta e distância, não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ² Médias seguidas por mesmas letras minúsculas na coluna, comparam distâncias dentro de cada ponta e herbicida, não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ^{3ns} Não significativo e ^{*} significativo, entre pontas dentro de cada herbicida e distância pelo teste t ($p \leq 0,05$).

Para a variável extravasamento de eletrólitos não pode ser comprovada a diferença na maioria das situações entre a deriva simulada dos herbicidas e o controle para ambas as culturas. Esse fato pode ter ocorrido devido a ventilação forçada ter feito com que a deriva dos herbicidas não atingisse as plantas mais próximas ao alvo de aplicação, assim as plantas que se encontravam nas menores distâncias e que esperava-se sofrer maiores danos pela deriva simulada podem não ter sido afetadas pela deriva dos herbicidas.

2.4 Conclusões

Os herbicidas EnlistDuo™, 2,4-D Colina e Glifosato+2,4-D sobre as plantas de tomate e pessegueiro, afetam negativamente os parâmetros fotossintéticos e aumenta a peroxidação lipídica.

O herbicida 2,4D colina, de modo geral, foi o que ocasionou menores danos as plantas de tomate e pessegueiro.

A ponta AIXR é mais eficiente na redução da deriva sobre as plantas, comparativamente a XR.

3 CAPÍTULO II – Atributos fisiológicos do vigor de sementes de soja Enlist™ submetidas à aplicação de herbicidas.

3.1 Introdução

A cultura da soja ocupa papel importante na economia mundial, sendo cultivada em todos os continentes exceto na Antártida. O Brasil é o segundo maior produtor mundial, com produção em torno de 118 milhões de toneladas na safra de 2017/18 (CONAB, 2018). Dentro das culturas de grãos, a soja destaca-se no cenário Nacional, sendo a primeira colocada em área cultivada.

A produtividade da soja pode ser afetada por diversos fatores, tais como condições ambientais desfavoráveis, sistemas de cultivo, práticas culturais e pragas. Dentre as pragas, as plantas daninhas possuem destaque, visto que podem ser responsáveis pela redução de até 80% na produtividade da soja (GAZZIERO; VARGAS; ROMAN, 2004). Os prejuízos são reflexo da competição entre plantas daninhas e cultura por fatores como luz, água, nutrientes e CO₂ (SILVA et al., 2009), que afetam a formação dos trifólios, acúmulo de massa seca, número de vagens, número de grãos por vagem e peso de grãos (PITTELKOW et al., 2009).

Por muitos anos o controle químico tem sido a ferramenta de manejo de plantas daninhas mais utilizada, devido a sua praticidade e eficiência. Porém, o uso incorreto e indiscriminado de herbicidas está contribuindo para o aumento de casos de plantas daninhas resistentes aos principais herbicidas (MARTINS, 2017). Um exemplo clássico refere-se as culturas RR (Roundup Ready®), introduzidas e comercializadas na década de 90 e ainda muito utilizadas até o momento, as quais ocasionaram a dependência quase exclusiva do glifosato para o controle de plantas

daninhas, levando a seleção de diversas espécies resistentes ao herbicida (CULPEPPER et al., 2006; HEAP, 2018; POWLES et al., 1998; VANGESSEL, 2001).

Considerando o aumento do número de biótipos resistentes ao herbicida glifosato na cultura da soja e seu impacto na produção agrícola novas estratégias de manejo vêm surgindo, incluindo cultivares resistentes a herbicidas, tais como a tecnologia Enlist™.

O sistema Enlist™ oferece tolerância ao herbicida 2,4-D colina, glifosato e glufosinato. Esta tolerância foi alcançada através da inserção de genes bacterianos em soja que metaboliza o 2,4-D pela enzima AAD-12 no metabólito não-herbicida diclorofenol (DCP) (SKELTON, J. J. et al., 2017). Juntamente com a introdução do “trait” de resistência a herbicida, também foi lançado o EnlistDuo™ que corresponde a mistura de glifosato e 2,4-D colina com tecnologia Colex-D™. Esta nova formulação apresenta vários atributos positivos, incluindo volatilidade ultra-baixa, potencial minimizado de deriva, menor odor e características de mistura de tanques superiores, comparativamente as formulações amina ou éster, comercialmente disponíveis (ROBINSON; SIMPSON; JOHNSON, 2012).

Embora seletivos às culturas, a aplicação de herbicidas pode gerar estresse, sendo estes caracterizados como qualquer efeito negativo sobre o crescimento e desenvolvimento normal das espécies vegetais (TAIZ et al., 2017). As alterações nas rotas metabólicas ocasionadas pela aplicação de herbicidas podem levar a redução na massa das sementes, o que representa formação deficiente da semente e propicia desempenho fisiológico insuficiente do material colhido (MARCOS FILHO, 2005).

A qualidade de sementes é o somatório dos atributos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários da semente, os quais são responsáveis pela capacidade de originar plantas altamente produtivas. A máxima qualidade da semente é alcançada quando atinge a maturidade fisiológica, que é o momento onde há máximo conteúdo de matéria seca, vigor e germinação, embora apresente ainda alto conteúdo de umidade, o qual é variável de acordo com a espécie (POPINIGIS, 1985; CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). Na soja, a maturação ideal para a realização da colheita mecânica é atingida com cerca de 16 a 19% de umidade (MARCOS-FILHO, 2005).

A qualidade fisiológica da semente pode ser avaliada através de dois parâmetros fundamentais: viabilidade e vigor. A viabilidade é medida, principalmente, pela germinação em condições favoráveis, o qual determina a máxima germinação,

enquanto que o vigor é determinado sob condições desfavoráveis, medindo-se o declínio de alguma função bioquímica ou fisiológica (POPINIGIS, 1985). Sementes com baixo vigor apresentam redução na velocidade e uniformidade de emergência, tamanho inicial da plântula e estabelecimento de estandes adequados, fatores esses que podem influenciar no acúmulo de matéria seca, e afetar a produtividade da cultura (KOLCHINSKI et al., 2005). Existe necessidade da realização de pesquisas para verificar que o herbicida EnlistDuo™ reduz a qualidade de sementes de soja. Dessa forma o objetivo desse estudo foi avaliar atributos fisiológicos do vigor de sementes de soja Enlist™ sob ação da aplicação dos herbicidas EnlistDuo™, 2,4-D sal colina, glifosato + 2,4-D sal amina e glufosinato.

3.2 Material e métodos

O experimento teve início na estação experimental da empresa Dow AgroSciences na cidade de Mogi Mirim/SP durante a safra 2016/17. A semeadura ocorreu no dia 23 de dezembro, o espaçamento utilizado entre linhas foi de 0,5m, sendo depositas 15 sementes por metro linear. Os tratamentos constaram de doses dos herbicidas: EnlistDuo™ (195 g e.a. de 2,4D sal colina e 205 g e.a. de glifosato sal dimetilamina), 2,4-D sal colina (975 g e.a.), glifosato + 2,4-D sal amina (1025 g i.a.+ 975 g e.a.), glufosinato (500 g i.a.); e, testemunha sem aplicação.

A aplicação dos tratamentos foi realizada no dia 09 de fevereiro de 2017 quando a cultura encontrava-se no estágio V6. Para aplicação utilizou-se pulverizador costal pressurizado a CO₂, equipado com pontas AIXR 110,015 com espaçamento de 0,5m entre bicos, e calibrado para vazão de 100L ha⁻¹.

Foi realizada a colheita, e, posteriormente à trilha e limpeza, as sementes foram transferidas e armazenadas em câmara fria presente no Laboratório de Ciência e Tecnologia de Sementes/UFPel, localizado no município Capão do Leão/RS, para realização do experimento de qualidade fisiológica das sementes no mês de julho de 2017.

Para avaliação dos atributos fisiológicos, as sementes foram submetidas aos seguintes testes:

Primeira contagem da germinação (PCG): foi avaliada aos cinco dias após a montagem do teste, por ocasião da realização do teste de germinação, sendo os resultados expressos em porcentagem.

Comprimento de parte aérea (CPA) e comprimento de raiz primária (CR): foram determinadas a partir de quatro subamostras de 20 plântulas por tratamento, sendo para isso as sementes distribuídas desencontradas em duas linhas longitudinais e paralelas no terço superior do papel de germinação, tipo “germitest”, umedecido a 2,5 vezes o seu peso seco, acondicionando posteriormente os rolos de papel em germinador a 25°C. A análise foi realizada aos cinco dias após a semeadura, com auxílio de régua graduada em milímetros, medindo o comprimento total, o CPA de dez plântulas normais escolhidas aleatoriamente e o CR foi determinado pela subtração do comprimento total pelo CPA, conforme metodologia descrita por NAKAGAWA (1999). Os resultados foram expressos em centímetros.

As plântulas utilizadas para análise do CPA e CR foram cortadas na região do hipocótilo. Posteriormente foram secas em estufa, à temperatura de 60°C, até atingirem massa constante, quando foram pesadas em balança a fim de quantificar massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR). Os resultados foram expressos em miligramas.

Envelhecimento acelerado (EA): foi realizado em caixa tipo gerbox com tela metálica. Adicionou-se 40 mL de água destilada ao fundo de cada caixa e sobre a tela as sementes de cada tratamento foram distribuídas uniformemente em uma única camada. Em seguida, as caixas, contendo as sementes, foram tampadas e acondicionadas em incubadora do tipo BOD, a 41°C, por 48h (MARCOS FILHO, 1999). Após este período as sementes foram colocadas para germinar, conforme metodologia descrita para o teste de germinação e avaliados no quinto dia, sendo os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais.

Condutividade Elétrica (CE): foi realizado quatro repetições de 25 sementes de soja pesadas, postas em vidros com 75 mL de água deionizada e mantidas em germinador, com temperatura constante de 20°C, por 24 horas. A CE foi determinada em um condutivímetro marca Digimed CD-21. Os resultados foram expressos em micro-siemenscm⁻¹g⁻¹ de semente (KRZYZANOWSKI et al., 1991).

Índice de Velocidade de Germinação (IVG): Para o cálculo do (IVG), seguiu-se o proposto por Maguire (1962), empregando a fórmula: $IVG = \sum Ni / Di$, em que Ni é o número de plântulas no dia i , e Di , o número de dias para a germinação.

Os dados obtidos foram analisados quanto à normalidade (teste de Shapiro Wilk) e, posteriormente submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$). No caso de significância estatística, realizou-se comparação entre médias utilizando-se teste de Duncan ($p \leq 0,05$).

3.3 Resultados e discussão

Houve significância estatística para: envelhecimento acelerado (EA); primeira contagem de germinação (PCG); e, índice de velocidade de germinação (IVG); comprimento da parte aérea (CPA); comprimento da raiz (CR); massa da matéria seca da parte aérea (MMSPA); massa da matéria seca da raiz (MMSR). A variável de condutividade elétrica (CE) não apresentou significância estatística (dados não apresentados).

Para o teste de EA verificou-se no tratamento com o herbicida EnlistDuo™, maior valor de germinação e este diferiu da testemunha e demais herbicidas (Tabela 13). Os demais tratamentos não diferiram da testemunha (Tabela 13).

O envelhecimento acelerado consiste na simulação de fatores ambientais adversos, como temperatura e umidade relativa elevada, os quais estão relacionados com a deterioração das sementes (MARCOS FILHO, 1999; TORRES; MARCOS FILHO, 2001). Sob essas condições, sementes com baixa qualidade fisiológica deterioram-se mais rapidamente do que sementes mais vigorosas, estabelecendo diferenças no potencial fisiológico (GUEDES et al., 2011). Assim, lotes de sementes de alto vigor devem manter a sua viabilidade quando submetidos a tais condições, enquanto que os de baixo vigor terão sua viabilidade reduzida (AOSA, 1983).

A emergência ou crescimento de plântulas de ervilha provenientes de sementes aplicadas com glifosato antes da colheita, diminuiu quando a aplicação foi realizada em plantas com sementes contendo elevado conteúdo de umidade (BAIG et al., 2003). De modo similar a germinação de sementes de soja foi reduzida quando se aplicou subdose do herbicida 2,4-D durante o início da formação dos legumes de soja,

em relação à aplicação deste mesmo herbicida na fase de florescimento das plantas (NEVES et al., 1998).

Resultados contrários foram verificado por Penckowski et al. (2005), avaliando o efeito de herbicidas aplicados na pré-colheita da cultura de feijão, o qual observaram que o glufosinato de amônio ($300 \text{ g i.a ha}^{-1}$) não afetou a germinação e o vigor das sementes. De igual modo o glufosinato de amônio aplicado na cultura do feijão não afetou a produtividade e qualidade das sementes produzidas (MIGUEL, 2003).

Os baixos valores de germinação obtidos nesta pesquisa podem estar relacionados ao estresse causado pelo herbicida ou também à alta suscetibilidade do tegumento aos danos causados durante a colheita manual das sementes, visto que foi observado a presença de rachaduras em grande parte das sementes

Para verificar o vigor das sementes também se realizou o teste de PCG, e observou-se que os maiores valores de germinação foram obtidos nos tratamentos com os herbicidas EnlistDuo™ e glufosinato sendo superiores aos demais tratamentos e da testemunha (Tabela 13).

O grau de competição entre plantas daninhas e culturas pode ser alterado de acordo com os períodos em que a comunidade está competindo por determinado recurso. Sabe-se que, a concorrência estabelecida nas fases iniciais provoca perdas na produção, devendo-se proporcionar o estabelecimento da cultura livre da presença de plantas daninhas para evitar tais danos (AGOSTINETTO et al., 2014). Nesse sentido, resultados que demostrem maiores valores de PCG podem favorecer a cultura nos estádios iniciais de desenvolvimento, fazendo com que ela seja mais competitiva em relação as plantas daninhas.

Em trabalho analisando cultivar de soja RR, em solos com residual de imazapyr+imazapic, observou-se decréscimo linear tanto para PCG quanto para G, à medida que se aumentou as doses dos herbicidas (FRAGA, 2016).

No que se refere a variável IVG, o tratamento que obteve maior valor foi o com o herbicida EnlistDuo™, o qual não diferiu estatisticamente do tratamento com o herbicida glufosinato (Tabela 13). Os demais tratamentos incluindo o herbicida glufosinato não difeririam da testemunha.

O vigor da semente é proporcional ao acúmulo de matéria seca na mesma. Assim, o máximo vigor da semente é alcançado quando a mesma apresenta máximo peso de matéria seca. Desse ponto em diante, a evolução desta característica ocorre

de forma semelhante à da germinação, isto é, tende a se manter no mesmo nível, ou decresce, na dependência de fatores ambientais e do modo e momento da colheita (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

Os maiores valores de IVG nesse estudo foram alcançados com os herbicidas EnlistDuo™ e glufosinato, o que corrobora com estudos realizados utilizando os dessecantes glufosinato e 2,4-D + glifosato na cultura do trigo (PERBONI, 2014). O herbicida EnlistDuo™ contém em sua formulação glifosato e 2,4D colina, o que possibilita associar esses resultados à trabalhos que utilizaram esses herbicidas em dessecação pré-colheita.

O herbicida glufosinato de amônio é muito utilizado na cultura da soja com a finalidade de dessecante (INOUE et al., 2003; GUIMARÃES et al., 2012). No entanto, estudos demonstram que a aplicação deste herbicida reduz a germinação e vigor das sementes (INOUE et al., 2003; GUIMARÃES et al., 2012).

Em relação a testemunha ter apresentado menor valor de IVG quando comparada com os tratamentos herbicidas, isto pode estar relacionado a interferência de plantas daninhas e, ainda a taxa de umidade da unidade experimental ser superior, conforme apresentado anteriormente. A taxa de deterioração das sementes aumenta consideravelmente pela exposição às condições adversas de temperatura e umidade relativa, resultando em menor vigor das sementes (GIURIZATTO et al., 2003).

Tabela 13 – Germinação de sementes após o teste de envelhecimento acelerado (EA) (%), primeira contagem da germinação (PCG) e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de soja Enlist™ submetidas aos tratamentos com herbicidas. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2017.

Tratamento	Germinação (%)	PCG (%)	IVG
Testemunha	38 B ¹	49 B ¹	23,9 BC ¹
EnlistDuo™	57 A	65 A	27,6 A
2,4-D Colina	31 B	44 B	22,8 C
Glifosato + 2,4-D	39 B	51 B	24,5 BC
Glufosinato	38 B	62 A	26,0 AB
CV (%)	16,67	18,43	5,26

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

A colheita torna-se inviável no ponto de maturidade fisiológica, pelo fato do elevado grau de umidade das sementes de soja e, desse modo elas permanecem “armazenadas no campo” até atingir grau de umidade adequado para a colheita mecânica. Nesse período, raramente as condições climáticas são favoráveis à manutenção da qualidade das sementes. Baixas temperaturas favorecem a qualidade das sementes, por outro lado, condições quentes e úmidas, com excesso de

precipitação pluviométrica, podem comprometer a germinação e o vigor das sementes de soja (VIEIRA et al., 1982). Vale ressaltar que existem diferenças entre cultivares quanto à tolerância das sementes de soja às condições ambientais desfavoráveis.

Quando se analisou o CPA e CR verificou-se que todos os tratamentos herbicidas não diferiram entre si, porém diferiram da testemunha (Tabela 14). Entre os tratamentos herbicidas, o maior valor numérico para CPA foi obtido com o herbicida glifosato + 2,4-D e para a variável CR o maior foi com o herbicida EnlistDuo™.

Tabela 14- Comprimento da parte aérea e de raiz de plântulas de soja Enlist™ submetidas aos tratamentos com herbicidas. FAEM/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2017.

Tratamento	CPA (cm)	CR (cm)
Testemunha	3,6 B ¹	4,2 B ¹
EnlistDuo™	4,5 A	8,1 A
2,4-D Colina	4,7 A	7,3 A
Glifosato + 2,4-D	5,0 A	7,4 A
Glufosinato	4,9 A	7,3 A
CV (%)	10,12	12,53

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

As variáveis CPA e CPR apresentaram os maiores valores nos tratamentos herbicidas. Hipotetiza-se que os tratamentos que contém na formulação a molécula de 2,4-D, podem ter atuado como reguladores do crescimento, contribuindo para os maiores valores de CPA e CR. Outra questão refere-se a de menor deterioração fisiológica proporcionada pela maior secagem dos grãos em função dos tratamentos herbicidas, e conseqüentemente menor degradação das reservas das sementes e maior crescimento comparativamente a testemunha. Em trabalho utilizando a cultivar de soja Coodetec STS 249 RR verificou-se menor comprimento da raiz primária das plântulas de soja nos tratamentos com o herbicida metribuzin e o cultivo da soja sob competição com as plantas daninhas (AISENBERG, 2015). O comprimento da raiz da planta de soja apresenta correlação positiva com a emergência de plantas à campo (VANZOLINI et al., 2007).

Em estudo com duas cultivares de soja, Gazziero et al. (2007) utilizaram glifosato no estágio reprodutivo e verificaram efeito negativo no comprimento das plântulas em ambas as cultivares. Já, segundo Daltro et al. (2010) e Marcandalli et al. (2011), o uso de glifosato nos estádios R5 até R8 afeta a qualidade fisiológica das sementes causando efeito fitotóxico nas plântulas e principalmente nas raízes as quais apresentam-se atrofiadas ou pouco desenvolvidas, confirmando que a antecipação da colheita através do uso deste herbicida pode afetar a maturação

fisiológica e conseqüentemente a qualidade fisiológica das sementes. Estes resultados não foram observados na pesquisa, quando se utilizou o glifosato em mistura com 2,4-D, possivelmente pelo fato da aplicação ter ocorrido em estágio V6 da cultura.

Para a variável MMSPA, verificou-se maiores valores nos tratamentos com os herbicidas 2,4-D Colina e EnlistDuo™, os quais não diferiram da testemunha (Tabela 15). Já, os herbicidas glifosato + 2,4-D e glufosinato foram os que obtiveram menores valores para a variável MMSPA comparativamente ao tratamento 2,4-D colina. No entanto, como os demais, os tratamentos glifosato + 2,4-D e glufosinato também não diferiram da testemunha.

Para a variável MMSR todos os tratamentos herbicidas diferiram da testemunha, exceto o tratamento glifosato + 2,4-D que foi o único que não diferiu da testemunha (Tabela 15).

Tabela 15 - Massa da matéria seca da parte aérea e da raiz de plântulas de soja Enlist™ submetidas aos tratamentos herbicidas. FAEM/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2017.

Tratamento	MMSPA (mg)	MMSR (mg)
Testemunha	125,98 AB ¹	5,72 B ¹
EnlistDuo™	131,96 AB	7,83 A
2,4-D Colina	141,01 A	7,90 A
Glifosato + 2,4-D	122,75 B	6,60 AB
Glufosinato	120,37 B	7,92 A
CV (%)	7,13	14,48

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

As auxinas ocorrem naturalmente em plantas e são importantes para o crescimento, alongação celular e controle do crescimento lateral. Porém quando estas encontram-se em concentrações elevadas como ocorre com a aplicação dos herbicidas auxínicos, a auxina torna-se tóxica, e, sem o controle homeostático, o hormônio pode facilmente desencadear danos irreversíveis (TAIZ et al., 2017). Ou seja, em baixas doses, os herbicidas auxínicos possuem propriedades hormonais similares a auxina natural e, quando a taxa de aplicação aumenta, as auxinas causam várias anormalidades em dicotiledôneas sensíveis (KELLEY: RIECHERS, 2007).

Este pode ter sido o motivo pelo qual os tratamentos contendo o herbicida 2,4-D apresentaram maiores valores de MMSPA com a exceção do tratamento com a mistura de glifosato + 2,4-D (Tabela 15). O mesmo foi observado com a MMSR onde os herbicidas EnlistDuo™ e 2,4-D colina estimularam o desenvolvimento da raiz da soja. Hipotetiza-se que a metabolização do 2,4-D pode não ter ocorrido por completo,

assim ficando algum resíduo do herbicida na planta que pode ter atuado como regulador de crescimento. Nesse sentido as plantas teriam maior crescimento em comparação a testemunha acarretando em maior fotoassimilados posteriormente nas sementes.

Estudos mais aprofundados referentes ao efeito da aplicação dos herbicidas do sistema Enlist na qualidade fisiológica de sementes de soja Enlist™ devem ser realizados, diante da importância que essa tecnologia acarretará no manejo da cultura da soja.

3.4 Conclusões

O tratamento com o herbicida EnlistDuo™ foi o que apresentou maior vigor das sementes quando submetido aos testes de envelhecimento acelerado, primeira contagem de germinação e índice de velocidade da germinação.

O manejo da soja Enlist™ com o herbicida EnlistDuo™ não afeta os atributos fisiológicos das sementes produzidas.

O tratamento com o herbicida 2,4-D colina proporciona a produção de sementes que originam plântulas com maior acúmulo de massa de matéria seca da parte aérea.

A aplicação de herbicidas em V6, em geral, favorece a produção de sementes com melhor desempenho inicial.

5 CONCLUSÕES

A deriva simulada dos herbicidas afeta de forma negativa os parâmetros fotossintéticos e ocasiona peroxidação lipídica em plantas de tomate e pessegueiro. Sendo os maiores danos observados com a deriva dos herbicidas EnlistDuo™ e a mistura de Glifosato+2,4-D.

A utilização da ponta AIXR proporcionou diminuição no efeito da deriva dos herbicidas quando comparada a ponta XR.

O tratamento com o herbicida EnlistDuo™ foi o que apresentou maior vigor das sementes quando submetido aos testes de envelhecimento acelerado, primeira contagem de germinação e índice de velocidade da germinação.

A aplicação do herbicida EnlistDuo™ em estágio V6 não afeta a qualidade fisiológica das sementes de soja Enlist™.

O herbicida 2,4-D colina é o tratamento que proporciona a produção de sementes que originam plântulas com maior acúmulo de massa de matéria seca da parte aérea.

De modo geral a aplicação de herbicidas em V6, favorece a produção de sementes com melhor desempenho inicial.

6. REFERÊNCIAS

AGOSTINETTO, D. et al. Changes in photosynthesis and oxidative stress in wheat plants submitted to herbicides application. **Planta Daninha**, v. 34, p.1-9, 2016.

AGOSTINETTO, D. et al. Competition periods of crabgrass with rice and soybean crops. **Planta Daninha**, v.32, p.31-38, 2014.

AISENBERG, G. **Atributos fisiológicos na cultura da soja e controle de plantas daninhas em função da aplicação de herbicidas**. 2015. 124f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas. 2015.

ALI, M.B.; HAHN, E.J.; PAEK, K.Y. Effects of temperature on oxidative stress defense system, lipid peroxidation and lipoxygenase activity in *Phalaenopsis*. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.43, p.213-223, 2005.

AL-KHATI B, K. et al. Grain sorghum response to simulated drift from glufosinate, glyphosate, imazethapyr and sethoxydim. **Weed Technology**, v.17, p.261-265, 2003.

AOSA, I. Seed vigor testing handbook. East Lansing, p. 88. **Association of Official Seed Analysts**, p.88, 1983.

BAIG, M.N. et al. Preharvest applications of glyphosate affect emergence and seedling growth of field pea (*Pisum sativum*). **Weed Technology**, v.17, p.655-665, 2003.

BRACCINI, A. L. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja após o processo de hidratação-desidratação e envelhecimento acelerado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, p.1053-1066, 1999.

BRODRIBB, T.J.; HOLBROOK, N.M. Stomatal closure during leaf dehydration, correlation with other leaf physiological traits. **Plant Physiology**, v.132, p.2166-2173, 2003.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal-SP: Funep, 590 p. 2012.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.

CATUNDA, M.G. et al. Efeitos de herbicidas na atividade fotossintética e no crescimento de abacaxi (*Ananas comosus*). **Planta Daninha**, v.23, p.115-121, 2005.

CHAHAL, P.S. et al. Growth stage affects dose response of selected glyphosate-resistant weeds to premix of 2, 4-D choline and glyphosate (Enlist Duo™ Herbicide*). **Journal of Agricultural Science**, v.7, p.1, 2015.

CHAOUI, A. et al. Cadmium and zinc induction of lipid peroxidation and effects on antioxidants enzyme activities in bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Plant Science**, v.127, p. 139-147, 1997.

CONAB (2017). **Acompanhamento da safra brasileira: grãos, 12º levantamento**.

Disponível em:

<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_09_12_10_14_36_boletim_graos_setembro_2017.pdf>. Acessado em: 18 de novembro de 2017.

CONAB (2018). **Acompanhamento da safra brasileira: grãos, 10º levantamento**.

145 p. Disponível em: <<file:///C:/Users/Win10/Downloads/BoletimZGraosZjulhoZ2018.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2018.

COSTA, A. G. F.; MILLER, P. C. H.; TUCK, C. R. The development of wind tunnel protocols for spray drift risk assessment. **Aspects of Applied Biology**, v.77, p.289, 2006.

CULPEPPER, A. S. et al. Glyphosate-resistant Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) confirmed in Georgia. **Weed Science**, v.54, p. 620-626, 2006.

DALTRO, E.M.F. et al. Aplicação de dessecantes em pré-colheita: efeito na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, p.111-122, 2010.

DE OLIVEIRA JR, R. S. Introdução ao controle químico. **Biologia e Manejo de plantas daninhas**, p.125-140, 2011.

DE SOUZA SANTOS, T.; DE ABREU, F. R. S. O Cultivo de Organismos Geneticamente Modificados e a Contaminação da Água. **Cadernos UniFOA**, v.5, p.41-54, 2017.

EKMEKCI, Y.; TERZIOGLU, S. Effects of oxidative stress induced by paraquat on wild and cultivated wheats. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.66, p.482-487, 2005.

FACHINELLO, J.C. et al. Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, p.109-120, 2011.

FIETSAM, J. F. W.; YOUNG, B. G.; STEFFEN, R. W. Herbicide drift reduction to drift control agents with glyphosate. **Transactions of the ASABE**, v.47, p.1405-1411, 2004.

FLECK, N.G.; VIDAL, R.A. Herbicidas inibidores do fotossistema 2. In: VIDAL, R.A.; MEROTTO JR., A. (Eds.). **Herbicidologia**, 2001, p.100-112.

FRAGA, D. S. **Respostas de cultivares de soja ao resíduo da mistura dos herbicidas imazapyr e imazapic**. 2016. 129 p. Tese (Doutorado em Fitossanidade) – Universidade Federal de Pelotas - FAEM, Pelotas, RS, 2016.

FRANÇA, A. C. et al. Teores de nutrientes em cultivares de café arábica submetidos à deriva de glyphosate. **Planta daninha**, v.28, p.877-885, 2010.

GAN, S. **Senescence Processes in Plants**. Iowa; Blackwell Publishing Ltda, 2007. 332p.

GAZZIERO, D.N.; ADEGAS, F. e VOLL, E. Glyphosate como alternativa de controle de plantas daninhas em pós-emergência na soja transgênica. In: **Simposio Internacional Amazonico sobre Plantas Daninhas**. Belém e Sete Lagoas, Brasil: EMBRAPA Milho e Sorgo, p.19-28, 2007.

GAZZIERO, L.P.D.; VARGAS, L.; ROMAN, E.S. Manejo e controle de plantas daninhas em soja. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. **Manual e controle de plantas daninhas**. EMBRAPA, p.595-635, 2004.

GILL, S.S.; TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.48, p.909-930, 2010.

GIURIZATTO, M.I.K. et al. Efeito da época de colheita e da espessura do tegumento sobre a viabilidade e o vigor de sementes de soja. **Ciência e Agrotecnologia**, v.27, p.771-79, 2003.

GREEN, J. M. et al. New multiple-herbicide crop resistance and formulation technology to augment the utility of glyphosate. **Pest Management Science**, v.64, p.332-339, 2008.

GROSSMAN, K. Auxin herbicide action: lifting the veil step by step. **Plant Signaling and Behavior**, v.2, p.421- 425, 2007.

GROSSMAN, K. Mode of action of auxin herbicides: a new ending to a long, drawn out story. **Trends in Plant Science**, v.5, p.506-508, 2000.

GUEDES, R.S. et al. Envelhecimento acelerado na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de Dalbergianigra (Vell.) Fr. All. **Semina: Ciências Agrárias**, v.32, p.443-450, 2011.

GUIMARÃES, V.F. et al. Produtividade e qualidade de sementes de soja em função de estádios de dessecação e herbicidas. **Planta Daninha**, v.30, p.567-573, 2012.

HEAP, I. International survey of herbicide resistant weeds. Disponível em: <www.weedscience.org> Acesso em: 12 jul. 2018.

HEATH, R.L.; PACKER, L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v.125, p.189-198, 1968.

HEE, SS Q.; SUTHERLAND, R. G. Volatilization of various esters and salts of 2, 4-D. **Weed Science**, v.22, p.313-318, 1974.

HERBST, A. A method to determine spray drift potential from nozzles and its link to buffer zone restrictions. **ASAE Meeting Presentation**, v.1, p.1047, 2001.

HESS, F.D. Light-dependent herbicides: A review. **Weed Science**, v.48, p.160-70, 2000.

INOUE, M.H. et al. Rendimento de grãos e qualidade de sementes de soja após a aplicação de herbicidas dessecantes. **Ciência Rural**, v.33, p.769-770, 2003.

KELLEY, K.B.; RIECHERS, D.E. Recent developments in auxin biology and new opportunities for auxinic herbicide research. **Current opinion in Plant Biology**, v.7, p.219-225, 2007.

KIM, J.S. et al. Death mechanisms caused by carotenoid biosynthesis inhibitors in green and in undeveloped plant tissues. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.78, p.127-139, 2004.

KOLCHINSKI, E.M.; SCHUCH, L.O.B.; PESKE, S.T. Vigor de sementes e competição intra-específica em soja. **Ciência Rural**, v.35, p.1248-1256, 2005.

KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina-PR: Abrates, 218p. 1999.

KRZYZANOWSKI, F.C.; FRANÇA NETO, J.B.; HENNING, A.A. Relato dos testes de vigor disponíveis para grandes culturas. **Informativo Abrates**, v.1, p.15-50, 1991.

LAMEGO, F.P. et al. Tolerância à interferência de plantas competidoras e habilidade de supressão por genótipos de soja – II. Resposta de variáveis de produtividade. **Planta Daninha**, v.22, p.491-498, 2004.

LANGARO, A.C. et al. Alterações fisiológicas na cultura do tomateiro devido à deriva simulada de herbicidas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.13, p.40-46, 2014.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil**: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas. Instituto Plantarum, 4 ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. p.124.

MACHADO, A.F.L. et al. Eficiência fotossintética e uso da água em plantas de eucalipto pulverizadas com glyphosate. **Planta Daninha**, v.28, p.319-327, 2010.

MARCANDALLI, L.H.; LAZARINI, E.; MALASPINA, I.C. Épocas de aplicação de dessecantes na cultura da soja: qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, v.33, p.241 – 250, 2011.

MARCOS FILHO, J. Testes de vigor: importância e utilização. In: KRZYZANOWSKI, F. C., VIEIRA, R. D., FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: Conceitos e Testes**. ABRATES, cap.3, p.1-24, 1999.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005. 495p.

MARTINS, J.F.; BARROSO, A.A.M.; ALVES, P.L.C.A. Effects of environmental factors on seed germination and emergence of glyphosate resistant and susceptible sourgrass. **Planta Daninha**, v.35, 2017.

MIGUEL, M. H. **Herbicidas dessecantes: momento de aplicação, eficiência e influência no rendimento e na qualidade de sementes de feijão**. 2003. 111 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, 2003.

MOLLER, I. M.; JENSEN, P. E.; HANSSON, A. Oxidative modifications to cellular components in plants. **Annual Review of Plant Biology**, v.58, p.459-481, 2007.

MORAES, D. M. et al. Efeito do metribuzin sobre a qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v.19, p.160-164, 1997.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOSWKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. ABRATES, cap.2.1, p.2-24, 1999.

NEVES, R. et al. Ação de herbicidas sistêmicos não seletivos sobre a progênie de soja quando aplicados durante a fase reprodutiva das plantas-mãe. **Ciência Rural**, v.28, p.368-371, 1998.

NORSWORTHY, J. K.; OLIVER, L. R. Pitted morningglory interference in drill-seeded glyphosate-resistant soybean. **Weed science**, v.50, p.26-33, 2002.

OZKAN H.E. 2001. **Reducing drift in sprays**. Bulletin 816-00. Department of Food, Agriculture and Biological Engineering. OSU. Disponível em:< http://www.e-sprinkle.com.br/br/includes/artigos/como_reduzir_a_deriva>. Acesso em: 14 dez.2017.

PAIVA, A. S.et al. Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de irrigação. **Engenharia Agrícola**, v.25, p.161-169, 2005.

PENCKOWSKI, L.H; PODOLAN, M. J.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F. Efeito de herbicidas aplicados na pré-colheita na qualidade fisiológica das sementes de feijão. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.4, p.1-12, 2005.

PERBONI, L. T. **Seletividade de herbicidas e dessecação pré-colheita na cultura do trigo**. 2014. 78 p. Dissertação (Mestrado em Fitossanidade) – Universidade Federal de Pelotas - FAEM, Pelotas, RS, 2014.

PITTELKOW, F. K. et al. Interferência de plantas daninhas na cultura da soja transgênica. **Global Science and Technology**, v.2, p.38-48, 2009.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1985. 289p.

POWLES, S. B. et al. Evolved resistance to glyphosate in rigid ryegrass (*Lolium rigidum*) in Australia. **Weed science**, v.46 p.604-607, 1998.

PRATHER, T.; DITOMASO, J.; HOLT, Jodie. **Herbicide resistance: Definition and management strategies**. UCANR Publications, 2000.

RÊGO, G. M.; POSSAMAI, E. Avaliação dos Teores de Clorofila no Crescimento de Mudas do Jequitibá-Rosa (*Cariniana legalis*). **Comunicado Técnico 128**, 1.ed., 2004.

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.

RODRIGUEZ-SERRANO, M. et al. 2, 4- Diclorophenoxyacetic acid promote s-nitrosylation and oxidation of actin affectin cytoskeleton and peroxisomal dynamic. **Journal of Experimental Botany**, v.50, p.4783-4793, 2014.

SANDMANN, G.; SCHEER, H. Chloroplast pigments: chlorophylls and carotenoids. IN: **Photosynthesis, a comprehensive treatise**. Raghavendra, A. S (Editor), New York, Cambridge University press, 1998. 376p.

SCANDALIOS, J. G. Oxidative stress: molecular perception and transduction of signals triggering antioxidant gene defenses. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v.38, p.995-1014, 2005.

SCIUMBATO, A. S. et al. Determining exposure to auxin-like herbicides. I. Quantifying injury to cotton and soybean. **Weed Technology**, v.18, p.1125-1134, 2004.

SILVA, A.F. et al. Interferência de plantas daninhas em diferentes densidades no crescimento da soja. **Planta Daninha**, v.27, p.75-84, 2009.

SILVA, L.Q. et al. Modificações fisiológicas em folhas de pequi (*Caryocar brasiliense*) causadas pela aplicação de glyphosate. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.15, p.184-194, 2016.

SKELTON, J. J. et al. 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.

SONG, N.H.; YIN, X.L.; CHEN, G.F.; YANG, H. Biological responses of wheat (*Triticum aestivum*) plants to the herbicide chlorotoluron in soils. **Chemosphere**, v.68, p.1779-1787, 2007.

STRACHAN, S.D. et al. Vapor Movement of Synthetic Auxin Herbicides: Aminocyclopyrachlor, Aminocyclopyrachlor-Methyl Ester, Dicamba, and Aminopyralid. **Weed Science**, v.58, p.103-108, 2009.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888p.

TARHANEN, S. et al. Membrane permeability response of lichen *Bryoria fuscescens* to wet deposited heavy metals and acid rain. **Environmental Pollution**, v.104, p.121-129, 1999.

- TEIXEIRA, I. R. et al. Desempenho agrônômico e qualidade de sementes de cultivares de feijão caupi na região do cerrado. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, p.300-307, 2010.
- TORRES, S.B. e MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de maxixe (*Cucumis anguria* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v.23 p.108-112, 2001.
- TUFFI SANTOS, L. D. et al. Intoxicação de espécies de eucalipto submetidas à deriva de glyphosate. **Planta Daninha**, v.24, p.359-364, 2006.
- VANGESSEL, M. J. Glyphosate-resistant horseweed from Delaware. **Weed Science**, v.49, p.703-705, 2001.
- VASCONCELOS, M.C.C.; SILVA, A.F.A.; LIMA, R.S. Interferência de plantas daninhas sobre plantas cultivadas. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.8, p.1-6, 2012.
- VANZOLINI, S. et al. Teste de comprimento de plântula na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v.29, p.90-96, 2007.
- VIANA, R. G. et al. Características técnicas de pontas de pulverização LA-1JC e SR-1. **Planta Daninha**, v.25, p.211-218, 2007.
- VIEIRA, L. R. D. et al. Estudo da qualidade fisiológica de semente de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) cultivar UFV-1 em quinze épocas de colheita. In: **Seminário Nacional de Pesquisa de Soja**, 2., Anais... Embrapa-CNPSo, v.1, p.633-644, 1982.
- VITAL, R.G. **Subdoses de glyphosate e trinexapac-ethyl nas características fisiológicas e de crescimento de plantas de girassol**. 2015. 65 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias – Agronomia). Instituto Federal Goiano Campus-Rio Verde, Rio Verde, 2015.
- WOLF, T. M. et al. Effect of protective shields on drift deposition characteristics of field sprayers. **Canadian Journal of Plant Science**, v.73, p.1261-1273, 1993.
- WRIGHT, T. R. et al. 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.

YAMASHITA, O. M. et al. Resposta de varjão (*Parkia multijuga*) a subdoses de glyphosate. **Planta Daninha**, v.24, p.527-531, 2006.

YAMASHITA, O.M.; GUIMARÃES, S.C. Deriva simulada de glyphosate em algodoeiro: efeito de dose, cultivar e estágio de desenvolvimento. **Planta Daninha**, v.24, p.821-826, 2006.

YIN, X.L.; JIANG, L.; SONG, N.H.; YANG, H. Toxic reactivity of wheat (*Triticum aestivum*) plants to herbicide isoproturon. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.56, p.4825–4831, 2008.

ZANDONÁ, R.R. **Influência da temperatura no fluxo de emergência de plantas daninhas e no período de interferência, em diferentes épocas de semeadura da soja**. 2016. 130f. Dissertação (Mestrado em Fitossanidade) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas. 2016.

VITA

Jéssica Rodrigues Garcia é filha de Ruberval Rodrigues Garcia e Denise Netto Rodrigues. Nasceu em 20 de abril de 1991, no Município de Santa Vitória do Palmar, Rio Grande do Sul. Formou-se no ensino médio na Escola Estadual Educação Básica Manoel Vicente do Amaral em Santa Vitória do Palmar/RS, no ano de 2008. No ano de 2010 ingressou no curso de Agronomia da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), onde se graduou como Engenheira Agrônoma em 2016. No período de 2012 a 2016 desenvolveu atividades como estagiária e bolsista de Iniciação Científica (Fapergs), atuando no Departamento Fitossanidade. Em 2016, iniciou o curso de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel/UFPel.