

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes



Dissertação

Milho voluntário Enlist™: Controle químico e qualidade fisiológica de sementes de soja e trigo

Alcimar Spindola Mazon

Pelotas, 2019

Alcimar Spindola Mazon

Milho voluntário Enlist™: Controle químico e qualidade fisiológica de sementes de soja e trigo

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Sementes.

Orientador: Prof. Dr. Dirceu Agostinetto (FAEM/UFPEL)

Comitê de Orientação: Dr. Géri Eduardo Meneghello (FAEM/UFPEL)

Pelotas, 2019

Banca examinadora:

Eng. Agr. Prof. Dr. André da Rosa Ulguim
(UFSM)

Eng. Agro. Dr. André Andres
(Embrapa Terras Baixas)

Eng. Agr. Dr. Géri Meneghello
(FAEM/UFPEL, Coorientador)

Eng. Agr. Prof. Dr. Dirceu Agostinetto
(FAEM/UFPEL, Orientador)

Aos meus pais, Odemir e Angelina.
Aos meus irmãos, Itamar e Leandro.
A minha namorada Thainá.
Aos meus amigos (as)

OFEREÇO E DEDICO.

“Jamais considere seus estudos como uma obrigação, mas como uma oportunidade invejável para aprender o desconhecido”.

Albert Einstein

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida, por iluminar toda essa trajetória para que eu obtivesse sucesso em mais essa etapa da minha vida.

A minha família pelo incentivo, compreensão, carinho e por acreditarem na conquista de meus sonhos.

Ao Centro Universitário Barriga Verde –UNIBAVE, que me proporcionou a formação em agronomia, em especial aos professores Luiz Oswaldo Coelho e Ricardo Miotto Ternus pelos ensinamentos que levarei sempre comigo.

A minha namorada Thainá Philippi pelo incentivo e paciência em todos os momentos desta caminhada.

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

Ao Dr. Géri Eduardo Meneghelo por toda ajuda e coorientação, a todos os ensinamentos, conselhos, confiança e amizade.

A Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel – Universidade Federal de Pelotas;

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, pelos ensinamentos.

Aos meus colegas e amigos Andres Monge, Adriana do Amarante, Andressa Pitol, Cristiano Piasecki, Daniela Tessaro, Edna Souza, Francisco Goulart, Jonas Rodrigo Henckes, Joanei Cechin, Juliano Gazola, Jéssica Rodrigues, Matheus Martins, Maicon Schmitz e Renan Zandoná pela amizade, incentivo, auxílio na execução dos trabalhos e pelos momentos de convívio.

Aos amigos e colegas do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes;

A Pós-Doutoranda Dr. Elisa Lemes do Centro de Estudos em Herbologia (CEHERB) por toda ajuda, ensinamentos e amizade.

Aos estagiários e bolsistas: Alessandro Neutzling, Angélica Cruz, Kevin Weisshahn, Jonathan Torchelsen, José Vitor Silva, Joao Goebel, Marlon Teixeira, Roberto Avila Neto, Richard Quevedo, Silvio Thiago Raphaelli, Vinicius Barbosa pela amizade e auxílio na execução dos experimentos.

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

Aos que não foram citados, mas que direta ou indiretamente apoiaram e fizeram parte deste trabalho, meu muito obrigado.

Resumo

Mazon, Alcimar Spindola. **Milho voluntário Enlist™: Controle químico e qualidade fisiológica de sementes de soja e trigo**. 2019. 56f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

A tecnologia Enlist™ na cultura da soja e milho será importante ferramenta para manejo de plantas daninhas. No entanto, lavouras de soja e trigo cultivadas em sucessão a cultura do milho estão propensas a presença de plantas voluntárias de milho Enlist™, oriundas de grãos perdidos durante a colheita, limitando as opções de controle e acarretando em perdas na produtividade. O presente trabalho teve por objetivos avaliar o controle químico de milho voluntário Enlist™ F₂ com herbicidas pós-emergentes na cultura da soja Enlist™ e do trigo, em diferentes estádios fenológicos de desenvolvimento; e, avaliar a qualidade fisiológica das sementes produzidas pela cultura após exposição aos herbicidas e presença das plantas voluntárias de milho. Os experimentos foram conduzidos a campo e casa de vegetação, para avaliar a eficiência de controle e fitotoxicidade às culturas, em delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os herbicidas testados foram: cletodim, haloxifope-p-metílico, pinoxaden, imazetapir e cloransulam metílico para a cultura da soja Enlist™ e, os herbicidas piroxsulam, clodinafope-propargil, pinoxaden e iodosulfurom-metílico para a cultura do trigo. A qualidade fisiológica das sementes foi avaliada em laboratório de sementes, em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Os resultados demonstraram que o herbicida cletodim foi eficiente no controle de milho voluntário Enlist™ F₂, sem afetar a produtividade e qualidade fisiológica das sementes de soja. Os herbicidas haloxifope-p-metílico, pinoxaden e cloransulam-metílico não são eficientes no controle de milho voluntário, afetando negativamente os componentes de produtividade, sem afetar a qualidade fisiológica das sementes de soja. Na cultura do trigo, todos os herbicidas avaliados foram seletivos a cultura e não controlaram de maneira eficiente as plantas voluntárias de milho Enlist™ F₂, independente do estágio de aplicação. A presença das plantas voluntárias de milho causou redução na produtividade do trigo e na qualidade fisiológica das sementes.

Palavras-chave: *Glycine max* (L.) Merrill, *Triticum aestivum* L., Plantas daninhas, Qualidade de sementes.

Abstract

Mazon, Alcimar Spindola. **Volunteer corn Enlist™: Control and physiological quality of soybean and wheat seeds**. 2019. 56f. Dissertation (Master) – Postgraduate Program in Seed Science and Technology. Federal University of Pelotas, Pelotas-RS.

Enlist™ technology in soybean and corn crops will be an important tool for weed management. However, soy and wheat crops grown in succession to corn are prone to the presence of volunteer Enlist™ maize plants, resulting from grains lost during harvesting, limiting control options and leading to losses in yield. The objective of the present work was to evaluate the chemical control of Enlist™ F₂ volunteer maize with post emergent herbicides in Enlist™ soybean and wheat at different stages of development; and to evaluate the physiological quality of the seeds produced by the crop after exposure to the herbicides and the presence of volunteer maize plants. The experiments were conducted to field and greenhouse, to evaluate the efficiency of control and phytotoxicity to the crops, in a randomized complete block design, with four replications. The herbicides tested were: clethodim, haloxyfop-p-methyl, pinoxaden, imazethapyr and methyl chloransulam for soybean cultivation, and the herbicides pyroxsulam, clodinafoproparecil, pinoxaden and iodosulfuromethyl for wheat. The physiological quality of the seeds was evaluated in a completely randomized design with four replicates. The results demonstrated that the herbicide cletodim was efficient in the control of volunteer corn Enlist™ F₂, without affecting the productivity and physiological quality of soybean seeds. The herbicides haloxyfop-p-methyl, pinoxaden and chloransulam-methyl are not efficient in the control of voluntary corn, negatively affecting the productivity components, without affecting the physiological quality of the soybean seeds. In the wheat crop, all evaluated herbicides were culture selective and did not efficiently control volunteer Enlist™ F₂ maize plants, regardless of the application stage. The presence of volunteer maize plants caused a reduction in wheat yield and seed physiological quality.

Key - words: (*Glycine max* (L.) Merrill), (*Triticum aestivum* L.), Weeds, Seed quality.

Lista de Tabelas

- Tabela 1-** Descrição dos tratamentos herbicidas para controle de milho Enlist™ F₂ voluntário na cultura da soja Enlist™. FAEM/UFPeI, Capão do Leão-RS, 2018.20
- Tabela 2-** Controle (%) de milho voluntário Enlist™ F₂, fitotoxicidade (%) e estatura de plantas (cm) de soja Enlist™ em função de pós-emergentes avaliados aos 10, 20 e 30 DAA. FAEM/UFPeI, Capão do Leão-RS, 2018.24
- Tabela 3-** Estatura de planta (EP), altura de inserção do primeiro legume (A1°L) número de entrenó (NN) e número de ramificações (NR) de soja Enlist™, avaliadas ao final do ciclo de desenvolvimento. FAEM/UFPeI, Capão do Leão-RS, 2018.26
- Tabela 4-** Número de legumes por planta (NLP), número de plantas por m² (NPM), número de sementes por planta (NSP) peso de mil sementes (PMS), quilogramas por hectare (kg/ha) de sementes de soja Enlist™. FAEM/UFPeI, Capão do Leão-RS, 2018.27
- Tabela 5-** Germinação (G), primeira contagem de germinação (PCG), envelhecimento acelerado (EA), emergência (EM) e tetrazólio (TZ) de sementes de soja Enlist™. FAEM/UFPeI, Capão do Leão-RS, 2018.28
- Tabela 6-** Tratamentos herbicidas avaliados para o controle de milho voluntário Enlist™ F₂, nos estádios de desenvolvimento V₂ e V₃. FAEM/UFPeI, Capão do Leão-RS, 2018.34
- Tabela 7-** Controle (%) de milho voluntário Enlist™ F₂ aos 10, 20 e 30 dias após aplicação (DAA) em função da aplicação de herbicidas pós emergentes. FAEM/UFPeI, Capão do Leão-RS, 2018.38

Tabela 8- Massa seca de parte aérea de milho voluntário Enlist™ submetido à aplicação de herbicidas em estágio V ₂ e V ₃ de desenvolvimento. FAEM/UFPeI, Capão do Leão-RS, 2018.	40
Tabela 9 - Resultados obtidos para controle (%) de milho voluntário Enlist™ F ₂ aos 10, 20 e 30 dias após aplicação (DAA). FAEM/UFPeI, Capão do Leão-RS, 2018.	41
Tabela 10 - Resultados obtidos para fitotoxicidade (%) de trigo aos 10, 20 e 30 dias após aplicação (DAA) de herbicidas em pós-emergência. FAEM/UFPeI, Capão do Leão-RS, 2018.	43
Tabela 11 - Número de espiga (m ²) e produtividade (kg ha ⁻¹) de sementes de trigo submetidas a aplicação de herbicidas em estágio V ₂ e V ₃ de desenvolvimento. FAEM/UFPeI, Capão do Leão-RS, 2018.	44
Tabela 12 - Viabilidade de sementes de trigo através do teste de germinação (G) e tetrazólio (TZ), obtidas de plantas submetidas à aplicação de herbicidas em estágio V ₂ e V ₃ de desenvolvimento. FAEM/UFPeI, Capão do Leão-RS, 2018.	46

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. CAPÍTULO I – Produtividade e qualidade fisiológica de sementes de soja Enlist™ em função do controle de milho voluntário Enlist™	17
2.1 Introdução	17
2.2 Material e Métodos	19
2.3 Resultados e Discussão	23
2.4 Conclusões	31
3. CAPÍTULO II – Controle de milho voluntário Enlist™ em pós-emergência do trigo e qualidade fisiológica das sementes	32
3.1 Introdução	32
3.2 Material e Métodos	33
3.2.1 Controle de milho voluntário Enlist™ com herbicidas pós-emergentes ...	33
3.2.2 Controle de milho voluntário Enlist™ em pós-emergência e qualidade fisiológica de sementes de trigo	35
3.3. Resultados e Discussão	37
3.3.1 Controle de milho voluntário Enlist™ com herbicidas pós-emergentes ...	38
3.3.2 Controle de milho voluntário Enlist™ em pós-emergência e qualidade fisiológica de sementes de trigo	40
3.4 Conclusões	47
4. CONCLUSÕES FINAIS	48
5. REFERÊNCIAS	49
VITA	56

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores de grãos do mundo, especialmente quanto à produção de soja, milho, arroz e trigo. Desta forma, o agronegócio brasileiro possui enorme importância no cenário mundial, com estimativa de produção para safra 2018/19 de mais de 237 milhões de toneladas, numa área de aproximadamente 62,5 milhões de hectares cultivados (CONAB, 2019). A cultura da soja destaca-se com mais de 38,5 milhões de hectares semeados, sendo previsto produção de mais de 118 milhões de toneladas. Por sua vez, o trigo é a cultura relevante no inverno, sendo a mais cultivada, com cerca de 2,3 milhões de hectares e com produção estimada de aproximadamente 5,5 milhões de toneladas (CONAB, 2019).

A utilização de sementes de alta qualidade aliada ao controle químico de plantas daninhas contribui de forma significativa para o aumento da produtividade das culturas como a soja e o trigo. A alta qualidade fisiológica de semente reflete diretamente no resultado final da cultura, em termos de ausência de doenças transmitidas pela semente, do alto vigor das plantas, maior desenvolvimento e conseqüentemente maior produtividade (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Por sua vez, o controle químico pode auxiliar no desenvolvimento das culturas livre da interferência causada pelas plantas daninhas devido a competição pelos recursos do meio, como luz, água, nutrientes e espaço (AGOSTINETTO et al. 2008, GALON et al. 2015).

O cultivo da soja em sucessão ao milho é comum principalmente nos Estados do Paraná, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás (PETTER et al., 2015). Já, o cultivo do trigo após o milho safrinha é comum nos Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Nesta situação, o surgimento de plantas de milho voluntário ocorre devido a perdas no processo de colheita mecânica do milho

em que junto a palhada, grãos e/ou pedaços de espigas são depositadas no solo que eventualmente podem originar plantas individuais e touceiras de milho voluntário na cultura subsequente (COSTA et al., 2014; MARCA et al., 2015; PETTER et al., 2015). Esta ocorrência passou a ser caracterizada a partir da introdução do gene Roundup Ready® (RR) nas culturas do milho e soja e seu cultivo em sistemas de sucessão milho/soja, associado ao uso isolado de mesmo herbicida.

Com a introdução de novos eventos transgênicos no mercado a tendência é que esta relação de interferência tenda a ocorrer com mais frequência. Dentre as inovações mais recentes para o controle de plantas daninhas, destaca-se a introdução de cultivares transgênicas com tolerância ao herbicida 2,4-D (Enlist™) em soja e milho. A soja Enlist™, possui tolerância ao herbicida 2,4-D através da inserção do gene *aad-12 v1*, que codifica a proteína aryloxyalkanoate dioxygenase-12 (AAD-12). Esta enzima catalisa a conversão do 2,4-D em 2,4-diclorofenol (2,4-DCP), o qual é transformado em açúcares que torna a molécula atóxica a planta (ZOBIOLE et al, 2017).

De modo similar a soja, a tecnologia Enlist™ estará presente na cultura do milho, sendo que além de apresentar tolerância ao 2,4-D é possível a utilização dos herbicidas da classe geral dos ariloxifenoxipropionatos (AOPPs), como o haloxifopropil-p-metilico e quizalofopropil, através do gene *aad-1 v3*, que codifica a proteína AAD-1 conferindo tolerância ao milho (CTNBIO, 2014). Neste mesmo contexto, após a introdução da nova tecnologia Enlist™ a ser lançada no Brasil, a presença de milho voluntário tolerante ao 2,4-D, e aos herbicidas da classe dos FOPs, será uma realidade nos cultivos em sucessão a cultura do milho. Devido à elevada capacidade competitiva do milho voluntário por água, nutrientes e espaço, este apresenta um rápido crescimento inicial e estatura superior à soja. Isto reduz produtividade e afeta algumas características agrônômicas da soja (MARQUARDT et al., 2012). A alta

competitividade do milho foi reportada em estudo, em que o nível de dano econômico (NDE) de plantas individuais de milho foi de 0,45 plantas m⁻² e aproximou-se de zero para touceiras (PIASECKI; RIZZARDI, 2018).

Considerando as perdas de produtividade pela interferência do milho voluntário, é necessária a adoção de diversos métodos de controle, podendo ser estes preventivos, físicos, culturais, biológicos ou químicos, priorizando a adoção do manejo integrado das plantas daninhas, o qual se caracteriza pela utilização de dois ou mais métodos de controle (VARGAS et al., 2007). Entretanto, o método de controle mais atrativo continua sendo o químico, principalmente em função da eficiência e do custo, tornando os demais métodos pouco utilizados, principalmente por agricultores que cultivam grandes áreas (AGOSTINETTO et al., 2009).

Na cultura da soja e trigo, o controle de plantas de milho voluntário Enlist™ será difícil e oneroso, pois as alternativas de manejo químico serão limitadas. Porém, ainda existem herbicidas disponíveis no mercado que podem ser eficientes no controle como os inibidores da enzima acetil coenzima A carboxilase (ACCCase) (CHAHAL; JHALA, 2015).

Cabe salientar que a presença de milho voluntário pode ocorrer em períodos frios. Embora apresente desenvolvimento lento, sua presença pode trazer transtornos aos cultivos de inverno, como trigo, sendo necessária a adoção de medidas de controle. Neste caso, dentre os herbicidas existentes seletivos para a cultura do trigo e com potencial de uso para manejo em pós-emergência, tem-se os herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS) (OLIVEIRA JR, 2011).

A dificuldade no controle do milho voluntário também está relacionada ao estágio do seu desenvolvimento no momento da aplicação dos herbicidas (CHAHAL; JHALA, 2016). Pesquisa demonstrou que a aplicação de graminicidas em estágio de V₂-V₃ proporciona controle superior a 96% de milho voluntário RR® (CHAHAL et al. 2014). Ainda, segundo os mesmos autores em estágio V₅-V₆ os níveis de controle são menores que 85%, justificando os maiores controles quando aplicado em estádios menores de desenvolvimento do milho.

A utilização de herbicidas para o controle químico de plantas daninhas, é uma ferramenta comum para os agricultores, sendo que, ao utilizar estes produtos estão cientes que foram avaliados quanto ao impacto ambiental e a toxicidade causada à saúde humana, bem como a sua eficácia agrônômica e seletividade para a cultura (KARAM et al., 2004). Entretanto, fatores como o nível de susceptibilidade

da cultura aos herbicidas e condições edafoclimáticas podem causar fitotoxicidade que poderão acarretar redução no desenvolvimento da espécie cultivada (GALON et al., 2011).

As culturas são seletivas aos herbicidas devido à capacidade que estas apresentam na metabolização dos herbicidas, sendo que as plantas daninhas suscetíveis não devem apresentar a capacidade de realizar estes processos (ROMAN et al., 2007). Entretanto, em muitos casos, a aplicação de herbicidas pode causar fitotoxicidade a cultura, podendo afetar os componentes da produtividade, e conseqüentemente a produtividade final da cultura (DAN et al., 2012), além de afetar o desenvolvimento das sementes e, portanto, a qualidade das mesmas (VENSKE et al., 2015).

O efeito ocasionado na qualidade fisiológica das sementes pode diferir em função do mecanismo de ação do herbicida utilizado na cultura (MACHADO et al., 2006). Porém, em alguns casos o prejuízo à qualidade fisiológica das sementes pode estar relacionado à ocorrência de plantas daninhas na área e não relacionado especificamente com o uso de herbicidas.

Na literatura existem informações disponíveis em relação à utilização de herbicidas nas culturas, e seus efeitos na qualidade fisiológica de sementes. Porém, na maioria dos casos os estudos realizados avaliam a qualidade das sementes em função da aplicação de herbicidas em pré-colheita (PERBONI et al., 2018), utilizados com o objetivo principal de antecipar a colheita das mesmas.

Pesquisa conduzida por Daltro et al., (2010), com objetivo de avaliar efeitos de dessecantes aplicados em pré-colheita, verificaram prejuízos ao desempenho das sementes, causados por efeito fitotóxico, traduzido por sintomas característicos nas raízes das plântulas. Efeitos fitotóxicos causados pela aplicação de glifosato foram constatados em sementes de soja após aplicação em pré-colheita (LACERDA et al., 2003). Outros autores relataram que, na presença do glifosato, os processos fisiológicos capazes de garantir o desenvolvimento das plântulas de soja são drasticamente afetados em função da aplicação do herbicida em pré-colheita (FUNGUETTO et al., 2004). Entretanto, a qualidade fisiológica das sementes pode ser afetada negativamente em função da utilização dos herbicidas em pós-emergência inicial.

O efeito de herbicida sobre a qualidade fisiológica de sementes foi encontrado por Miller e Norsworth (2018), os quais avaliaram subdoses de dicamba

aplicado em pós-emergência em diferentes estádios da soja e observaram que a germinação de sementes oriundas de plantas de soja tratadas com dicamba é seriamente afetada, principalmente em fases posteriores do estágio reprodutivo, podendo ser reduzida em mais de 60% quando aplicado nesse estágio. Neste contexto, a hipótese do trabalho foi que a aplicação de herbicidas pós-emergente apresenta controle efetivo de milho voluntário Enlist™, nas culturas da soja e trigo, sem comprometer a produtividade e a qualidade fisiológicas das sementes produzidas.

Os objetivos gerais dessa pesquisa foram: avaliar o controle de milho voluntário Enlist™ F₂, após a aplicação de herbicidas pós-emergentes da soja Enlist™, e qualidade fisiológica das sementes produzidas pela cultura (Capítulo I); e, estudar o controle de milho voluntário Enlist™ F₂ em diferentes estádios de desenvolvimento, após a aplicação de herbicidas pós-emergentes seletivos a cultura do trigo e a influência na qualidade fisiológica das sementes produzidas pela cultura (Capítulo II).

2. CAPÍTULO I – Produtividade e qualidade fisiológica de sementes de soja Enlist™ em função do controle de milho voluntário Enlist™

2.1 Introdução

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma cultura de grande importância no agronegócio, em função das diferentes aplicabilidades de seus subprodutos, principalmente para a alimentação humana e animal (SEDIYAMA; SILVA; BORÉN, 2015). Na safra 2018/19, a produção mundial de soja está estimada em 369 milhões de toneladas em 124,5 milhões de hectares cultivados. O Brasil destaca-se como o segundo maior produtor da oleaginosa, sendo o principal cultivo agrícola do país, com produção estimada de 118,8 milhões de toneladas (CONAB, 2019).

Para altas produtividades da cultura é essencial que boas práticas de manejo sejam implementadas, destacando-se o controle de plantas daninhas, de insetos-pragas e doenças, cultivares adaptadas para cada região, semeadura em época recomendada e o uso de sementes de alta qualidade genética e fisiológica (CÂMARA, 2015).

A interferência das plantas daninhas pode causar perdas significativas na produtividade da cultura da soja, com redução de cerca de 94% da produtividade, dependendo do período de convivência e a espécie de planta daninha (ZANDONÁ et al., 2018). Assim, a adoção de práticas de manejo é importante para proporcionar o estabelecimento da cultura livre da presença de plantas competidoras.

Dentre as tecnologias disponíveis no mercado para auxiliar no manejo de plantas daninhas, estão as culturas geneticamente modificadas que conferem a tolerância a herbicidas. Entretanto, a intensificação da utilização do glifosato, após o lançamento de culturas Roundup Ready® resultou na seleção de plantas

daninhas resistentes. Atualmente existem 43 espécies de plantas daninhas relatadas como resistentes ao glifosato no mundo, sendo oito no Brasil (HEAP, 2019).

Considerando esse aumento de biótipos resistentes ao herbicida glifosato, novas tecnologias de tolerância a herbicidas têm sido desenvolvidas para auxiliar no manejo. A mais recente tecnologia legalizada no Brasil é a “Enlist™”, que confere as culturas do milho e soja tolerância aos herbicidas 2,4-D, podendo ser este, utilizado na pós-emergência da cultura (SKELTON et al., 2017).

A soja DAS-44406-6 (Enlist™) é o primeiro cultivar transgênico com tolerância ao herbicida 2,4-D através do gene *aad-12 v1*, que codifica a proteína AAD-12. Esta enzima catalisa a conversão do 2,4-D em 2,4-diclorofenol (2,4-DCP), o qual é transformado em açúcares que torna a molécula não tóxica a planta (ZOBIOLE et al., 2017). Assim como na soja, a tecnologia Enlist™ está presente na cultura do milho, fornecendo tolerância ao 2,4-D e aos herbicidas da classe geral AOPPs, como o haloxifope-p-metilico e quizalofope através do gene *aad-1 v3*, que codifica a proteína AAD-1 conferindo tolerância ao milho (CTNBIO, 2014).

Em muitos Estados produtores de grãos do Brasil como Paraná, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás, é comum o cultivo da soja após o milho na mesma estação de crescimento, denominado “safrinha” (PETTER et al., 2015). Diante deste cenário, no processo de colheita mecânica do milho normalmente há perda de grãos ou pedaços de espigas, que eventualmente podem originar plantas individuais e touceiras de milho voluntário na cultura subsequente, conhecidas também como plantas “guaxas” ou “tigueras” (COSTA et al., 2014; MARCA et al., 2015; PETTER et al., 2015). Estas plantas na soja são consideradas plantas daninhas, as quais interferem com a cultura causando elevadas perdas de produtividade mesmo em baixas densidades. Em trabalho realizado com soja, o nível de dano econômico de plantas individuais de milho foi de 0,45 plantas m⁻² e aproximou-se de zero para touceiras (PIASECKI; RIZZARDI, 2018). Ainda, os autores concluíram que o milho voluntário é uma das mais competitivas plantas daninhas para a cultura da soja.

Além das perdas na produtividade, o estresse decorrente da competição ocasionada pelas plantas daninhas causa um efeito negativo na qualidade fisiológica das sementes e por consequência no crescimento e desenvolvimento normal das plantas (TAIZ et al., 2017). Isso decorre das sementes produzidas possuírem menor

massa, baixo teor de reservas e reduzido acúmulo de proteínas, refletindo no baixo desempenho fisiológico (MARCOS FILHO, 2015).

Diante das perdas de produtividade da soja pela interferência do milho voluntário (BARROSO et al., 2010; CHAHAL; JHALA 2015; PIASECKI; RIZZARDI, 2018), um controle efetivo é indispensável. Nesse contexto, existem herbicidas no mercado que podem ser eficientes no controle de milho voluntário Enlist™, porém são escassas as informações sobre a eficiência de controle e os possíveis efeitos na qualidade fisiológica das sementes de soja produzidas. Herbicidas como os inibidores da enzima acetil coenzima A carboxilase (ACCCase) ou inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS) aplicados em pós-emergência, podem ser alternativas para o controle do milho Enlist™.

O problema do milho voluntário (Enlist™) F₂ como planta daninha em soja será uma realidade e seu controle é de extrema importância para evitar perdas na produtividade e qualidade das sementes de soja. Desta forma, objetivou-se avaliar o controle de milho voluntário (Enlist™), na geração F₂; a seletividade à cultura da soja; e, a qualidade fisiológica das sementes produzidas pela aplicação de herbicidas em pós-emergência da soja Enlist™.

2.2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido a campo na estação experimental do Centro Agropecuário da Palma (CAP) (31°48'30" S, 52°30'14,5" W) e a avaliação qualidade fisiológica das sementes no Laboratório Didático de Análise de Sementes (LDAS), ambos pertencentes à Universidade Federal de Pelotas (UFPel), no município do Capão do Leão/RS na safra agrícola 2017/18. O solo da área experimental é classificado como Argissolo vermelho amarelo, de textura franco-arenosa, pertencente à unidade de mapeamento Pelotas (EMBRAPA, 2013).

O delineamento experimental adotado foi de blocos casualizados com quatro repetições, sendo cada unidade experimental composta por parcelas de 7,20 m² (1,80 x 4,0m). A linhagem de soja DAS-44406-6 (Enlist™) foi utilizada como cultura e a geração F₂ de milho da linhagem DAS-40278-9 (Enlist™), como planta voluntária. Ambos os materiais foram obtidos da empresa Corteva AgriSciences.

O experimento foi implantado no sistema de semeadura direta sobre palhada de aveia-preta, previamente dessecada pela aplicação de glifosato (Atanor 48®) na dose de 3 L ha⁻¹, 30 dias antes da semeadura. A aplicação foi realizada com auxílio

de pulverizador costal pressurizado à CO₂, equipado com barra de quatro pontas da série AXI 110.15, espaçadas 0,5m entre si, calibrado para aspergir vazão de 120 L ha⁻¹.

A marcação das linhas e adubação de base foram realizadas de forma mecanizada, utilizando-se 260 kg ha⁻¹ de adubo na formulação 05-20-20 (N-P-K). As sementes de soja foram inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* e tratadas com piraclostrobina, tiofanato metílico e fipronil, na dose de 2,0 mL kg⁻¹ de semente. A semeadura da soja e do milho foram realizadas manualmente no dia 27/10/2017, na densidade de 16 sementes de soja por metro e espaçamento de 0,45m entre linhas. As sementes de milho Enlist™ (F₂) foram semeadas aleatoriamente com auxílio de máquina manual (saraquá). Cinco dias após a emergência foi realizado desbaste manual do milho a fim de deixar a população de dez plantas individuais de milho Enlist™ por m² em todos tratamentos. Os tratos culturais para a cultura da soja como controle de insetos-praga e doenças foram realizados de acordo com as recomendações técnicas para a cultura da soja (EMBRAPA, 2011).

Os tratamentos herbicidas (Tabela 1), foram aplicados aos 25 dias após emergência da soja (estádio V₃), quando 75% das plantas de milho voluntário Enlist™ encontravam-se no estágio fenológico V₄ (quatro folhas completamente expandidas), de acordo com a escala de Hanway (1963). A aplicação dos tratamentos herbicidas foi realizada de modo idêntico ao descrito anteriormente. No momento da aplicação, o solo encontrava-se úmido, com temperatura do ar de 21°C, umidade relativa do ar em 59% e ventos de 2,9 km h⁻¹.

Tabela 1- Descrição dos tratamentos herbicidas para controle de milho Enlist™ F₂ voluntário na cultura da soja Enlist™. FAEM/UFPel, Capão do Leão-RS, 2018.

Tratamentos	Nome comercial	Mecanismo de ação	Dose (g i.a. ha ¹)	Dose comercial (g ou L ha ¹)
Testemunha infestada	-	-	-	-
Testemunha limpa	-	-	-	-
Haloxifope-p-metílico*	Verdict® R	ACCCase	60	0,50
Cletodim	Select 240®	ACCCase	108	0,45
Pinoxaden	Axial®	ACCCase	30	1,20
Cloransulam metílico	Pacto®	ALS	0,394	47,6
Imazetapir	Pivot®	ALS	100	1,00

* Foi adicionado adjuvante específico conforme a recomendação da bula de cada herbicida.

As avaliações de controle do milho voluntário Enlist™ e fitotoxicidade na soja foram realizadas aos 10, 20 e 30 dias após aplicação (DAA) dos herbicidas, de

acordo com a escala de notas percentuais variando de 0 a 100%, sendo 0% ausência de controle do milho voluntário e fitotoxicidade na cultura e, 100% morte total das plantas (SBCPD, 1995). Como padrão de comparação para avaliação de controle dos tratamentos, utilizou-se como referência as plantas de milho que não receberam a aplicação dos tratamentos (testemunha infestada) e para avaliação de fitotoxicidade dos tratamentos utilizou-se como referência parcela somente com soja sem aplicação dos tratamentos (testemunha limpa). A estatura das plantas de soja foi mensurada com auxílio de régua milimetrada, em cinco plantas por parcela aos 10, 20 e 30 DAA, tomando-se o comprimento desde o nível do solo até o ápice da última folha completamente expandida.

Por ocasião da colheita da soja (estádio R₈), foi avaliado a produtividade, através da colheita de duas linhas centrais de cada parcela em área útil de 3,42 m² (0,90 x 3,8 m). Para as características agronômicas, foram coletadas 10 plantas em sequência dentro da área útil de cada parcela, sendo avaliado estatura de planta, altura de inserção do primeiro legume, número de entrenós, número de ramificações, número de legumes, número de plantas por m² e número de sementes por planta. As demais plantas de cada parcela foram colhidas e debulhadas manualmente, para a obtenção do peso de sementes por parcela, com peso final corrigido para 13% de umidade e extrapolado para hectare. Após as amostras foram submetidas a secagem e armazenadas em câmara (17°C) no LDAS.

No laboratório foi determinada a qualidade fisiológica das sementes produzidas através do peso de mil sementes (PMS), germinação (G), primeira contagem da germinação (PCG), envelhecimento acelerado (EA), emergência em campo (EC), e tetrazólio (TZ), conforme metodologias descritas na sequência.

Peso de 1000 sementes: para esta determinação, foram tomadas oito repetições, contendo cada uma, 100 sementes, coletadas ao acaso de cada amostra, as quais foram pesadas em balança analítica. Posteriormente, foi determinada a umidade e todas as amostras foram ajustadas para teor de água de 13%, determinando-se o peso de 1000 sementes, de acordo com o indicado nas Regras para Análise de Sementes-RAS (BRASIL, 2009).

Germinação: foram semeadas 200 sementes por unidade experimental, divididas em quatro sub amostras de 50 sementes, em rolo de papel tipo germitest umedecido previamente, com água destilada na proporção de 2,5 vezes a massa do papel seco. Os rolos foram colocados em germinador à temperatura de 25°C, e a

contagem realizada aos oito dias após a semeadura, sendo os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais (BRASIL, 2009).

Primeira contagem da germinação: realizado conjuntamente ao teste de germinação, sendo a contagem das plântulas normais executada aos cinco dias após a semeadura. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

Envelhecimento acelerado: realizado utilizando-se o método de gerbox, onde foram espalhadas 200 sementes em camada única sobre tela metálica suspensa dentro de caixas gerbox, contendo 40mL de água destilada ao fundo. Posteriormente, as caixas foram tampadas e alocadas em câmara tipo BOD (Biochemical Oxygen Demand), a 41°C por 72h (MARCOS FILHO, 2015). Após este período, as sementes foram colocadas para germinar conforme metodologia descrita para o teste de germinação, sendo avaliado o número de plântulas normais no quinto dia e, os resultados expressos em porcentagem.

Emergência em campo: para esse teste foram semeadas 100 sementes de cada unidade experimental, distribuídas em duas repetições de 50 sementes, sendo a semeadura realizada em canteiros. A avaliação foi realizada em contagem única das plântulas normais aos 21 dias após a semeadura, sendo os resultados expressos em porcentagem (NAKAGAWA, 1999).

Tetrazólio: o teste de tetrazólio foi conduzido com duas sub amostras de 50 sementes para cada unidade experimental, as quais foram pré-condicionadas em papel toalha umedecido com água destilada por 16 horas em germinador a 25°C. Decorrido esse período, as sementes foram transferidas para copos de vidros e imersas em solução de tetrazólio (0,075%) por 3 horas, em estufa incubadora a 40°C, no escuro. Após o processo de coloração, as sementes foram avaliadas quanto à viabilidade, sendo os valores expressos em porcentagem (FRANÇA NETO et al. 1999).

Os dados obtidos foram analisados quanto à homocedasticidade (teste de Hartley) e normalidade (Teste de Shapiro-Wilk), atendendo a estes requisitos; posteriormente, foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$). Quando significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$).

2.3 Resultados e Discussão

Para as todas variáveis avaliadas verificou-se significância estatística em função dos tratamentos herbicidas e interferência do milho voluntário (Tabelas 2 a 5).

Avaliando o controle de milho voluntário Enlist™ aos 10 DAA, observou-se que a aplicação de cletodim obteve controle satisfatório, acima de 90% (Tabela 2). Ainda para o herbicida cletodim, observou-se elevada eficiência de controle do milho voluntário nas avaliações realizadas aos 20 e 30 DAA, não diferindo da testemunha limpa. Os herbicidas inibidores da ACCase apresentam maior eficácia quando aplicados em estágio V₂-V₃ de milho voluntário tolerante a glufosinato e glifosato, resultando em até 75% de controle aos sete DAA (CHAHAL; JHALA 2015).

Para o imazetapir, embora tenha-se verificado valores de controle do milho voluntário próximos a 85%, nas avaliações realizadas aos 20 e 30 DAA, cabe salientar que o nível elevado de controle (próximo a 100%) é de extrema importância, para o estabelecimento da soja livre da interferência causada por plantas voluntárias de milho, evitando que ocorram perdas na produtividade da cultura (Tabela 2).

Analisando-se o controle ao longo das avaliações, observou-se que o controle foi reduzido para os herbicidas cloransulam metílico, pinoxaden e haloxifope-p-metílico (Tabela 2). O baixo nível de controle observado para o herbicida haloxifope-p-metílico deve-se a tolerância das plantas de milho, uma vez que com a tecnologia Enlist™ as plantas apresentam a capacidade de degradação de herbicidas da classe geral dos AOPPs, através da enzima AAD-1 (CTNBIO, 2014).

Observando a fitotoxicidade à cultura da soja após os tratamentos herbicidas, verificou-se que os herbicidas haloxifope-p-metílico, cletodim e pinoxaden causaram as menores injúrias na cultura, aos 10 e 20 DAA (Tabela 2). No entanto, aos 30 DAA, estes herbicidas foram estatisticamente iguais ao tratamento sem aplicação de herbicida (testemunha limpa), demonstrando seletividade para a cultura da soja Enlist™.

Tabela 2- Controle (%) de milho voluntário Enlist™ F₂, fitotoxicidade (%) e estatura de plantas (cm) de soja Enlist™ em função de pós-emergentes avaliados aos 10, 20 e 30 DAA. FAEM/UFPeL, Capão do Leão-RS, 2018.

Tratamento	Controle (%)		
	10 DAA	20 DAA	30 DAA
Testemunha infestada	0,0 g*	0,0 f	0,0 e
Testemunha limpa	100,0 a	100,0 a	100,0 a
Haloxifope-p-metilico	7,5 f	11,5 e	14,3 d
Cletodim	90,6 b	98,2 a	100,0 a
Pinoxaden	23,7 e	19,2 d	16,5 d
Cloransulam metílico	30,7 d	30,2 c	35,0 c
Imazetapir	59,2 c	86,7 b	86,0 b
CV (%)	5,1	3,3	4,8
Tratamento	Fitotoxicidade (%)		
	10 DAA	20 DAA	30 DAA
Testemunha infestada	0,0 e	0,0 d	0,0 c
Testemunha limpa	0,0 e	0,0 d	0,0 c
Haloxifope-p-metilico	2,6 d	0,0 d	0,0 c
Cletodim	4,6 c	2,2 c	0,0 c
Pinoxaden	5,3 c	1,2 dc	0,0 c
Cloransulam metílico	9,0 b	8,0 b	6,0 b
Imazetapir	19,0 a	17,3 a	14,3 a
CV (%)	19,9	31,5	34,0
Tratamento	Estatura (cm)		
	10 DAA	20 DAA	30 DAA
Testemunha infestada	43,0 a	67,0 a	94,2 a
Testemunha limpa	45,5 a	54,7 b	66,2 c
Haloxifope-p-metilico	42,0 a	67,0 a	92,7 a
Cletodim	40,2 a	53,5 b	67,7 c
Pinoxaden	43,0 a	70,5 a	97,0 a
Cloransulam metílico	40,0 a	59,7 b	82,7 b
Imazetapir	31,0 b	46,7 c	62,7 c
CV (%)	9,2	7,5	7,4

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

Os herbicidas cloransulam metílico e imazetapir, causaram a maior fitotoxicidade nas plantas de soja em todas épocas de avaliação (Tabela 2). Os herbicidas inibidores de ALS são metabolizados por diferentes isoenzimas do complexo P450, havendo especificidade não somente para grupos químicos, mas também entre herbicidas dentro de mesmo grupo químico (VIDAL, 1997). Provavelmente, a isoenzima responsável pela metabolização de imazetapir

apresentou baixa eficiência, contribuindo para a maior fitotoxicidade do herbicida às plantas.

Pesquisa constatou que os maiores sintomas de fitotoxicidade foram obtidos nos estádios iniciais de desenvolvimento das plantas, em função da aplicação de imazetapir (BOHM et al., 2011). A aplicação de imazetapir na dose recomendada causou fitotoxicidade aos três DAA, sendo que aos 14 DAA, a fitotoxicidade observada foi similar à testemunha sem aplicação (CORREIA et al., 2008). Contudo, a seletividade dos herbicidas não pode ser avaliada apenas pelos sintomas de fitotoxicidade, uma vez que certos herbicidas podem não afetar a produtividade das culturas mesmo causando efeitos visíveis de fitotoxicidade na planta (MELHORANÇA, 2000).

Para a estatura das plantas de soja observou-se que o imazetapir foi o herbicida que resultou em menor estatura de plantas em todas as épocas de avaliação, não diferindo da testemunha limpa e do cletodim aos 30 DAA (Tabela 2). Já, para os herbicidas haloxifope-p-metílico e pinoxaden, observou-se aumento médio de 43% na estatura da soja, aos 30 DAA, em relação a testemunha limpa. Ressalta-se que o baixo nível de controle apresentado por esses herbicidas, resultou em maior população de plantas de milho voluntário Enlist™ competindo com a cultura da soja, ou seja, esse resultado pode ser atribuído a alterações da qualidade e quantidade da luz incidente sobre as plantas de soja, em função da competição com o milho voluntário, as quais afetam o desenvolvimento das plantas cultivadas (VOLLMANN et al., 2010). Ainda segundo os autores, a competição com plantas daninhas estimula alterações do crescimento em altura e na relação parte aérea/raiz da soja, de forma que, morfológicamente, plantas de soja tendem a ser mais altas quanto maior for a competição com as plantas daninhas (VOLLMANN et al., 2010). Resultados similares foram observados por Piasecki; Rizzardi (2018), os quais constataram que a estatura da soja aumentou com o incremento da densidade de milho voluntário.

Ao final do cultivo, verificou-se diferença na EP entre os tratamentos, onde as plantas que receberam aplicação de pinoxaden apresentaram maior estatura como observado no início do desenvolvimento, no entanto, não diferindo da testemunha infestada e dos tratamentos com aplicação de haloxifope-p-metílico e imazetapir (Tabela 3). A elevada estatura de planta, pode estar relacionada com a

maior interferência do milho voluntário em função do baixo nível de controle observado por estes herbicidas, conforme discutido anteriormente.

Na utilização de herbicidas observou-se menores A1°L, comparada com a média das testemunhas, as quais não diferiram entre si (Tabela 3). A A1°L é relevante na cultura da soja, pois determina a regulagem da altura da barra de corte no processo de colheita mecanizada, visando obter a máxima eficiência durante esse processo. Para evitar perdas a altura mínima do primeiro legume deve ser de 10 a 12 cm, em solos de topografia plana e de 15 cm, em terrenos mais inclinados (ANDRADE et al., 2016).

Tabela 3- Estatura de planta (EP), altura de inserção do primeiro legume (A1°L) número de entrenó (NN) e número de ramificações (NR) de soja Enlist™, avaliadas ao final do ciclo de desenvolvimento. FAEM/UFPel, Capão do Leão-RS, 2018.

Tratamentos	EP (m)	A1°L (cm)	NN	NR
Testemunha infestada	1,41 ab*	29,8 a	17,2 b	2,6 cd
Testemunha limpa	1,25 c	28,4 a	21,1 a	3,3 bc
Haloxifope-p-metilico	1,36 abc	24,6 bc	17,0 b	2,0 d
Cletodim	1,32 bc	23,9 bcd	22,6 a	4,6 a
Pinoxaden	1,48 a	26,0 b	17,5 b	2,4 cd
Cloransulam metílico	1,34 bc	22,8 cd	18,9 b	2,1 d
Imazetapir	1,36 abc	22,1 d	22,3 a	4,0 ab
CV %	5,8	5,3	7,2	22,6

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

Para o NN da soja, observou-se que o controle de milho voluntário com os herbicidas cletodim e imazetapir apresentaram os maiores valores, não diferindo da testemunha limpa (Tabela 3). Do mesmo modo, para o NR de plantas de soja os resultados foram similares, sendo a aplicação de cletodim e imazetapir as que resultaram em maior incremento.

O herbicida cletodim favoreceu a melhor expressão do potencial produtivo da planta de soja, com acréscimo de 39% para o NLP em relação a testemunha limpa (Tabela 4). O maior NN, NR e NLP das plantas de soja quando aplicado o herbicida cletodim, pode ser devido à ausência da interferência do milho voluntário, o qual foi totalmente controlado por este herbicida, dessa forma, favorecendo o desenvolvimento da cultura.

Efeitos da competição de plantas daninhas sobre as culturas comprometem o desenvolvimento de estruturas reprodutivas e, conseqüentemente, afetam os componentes da produtividade de sementes de soja (LAMEGO et al., 2005). Dentre

estes, o número de legumes é o mais responsivo a alterações causadas pelo estresse da competição entre espécies concorrentes (SILVA et al., 2008).

Em relação aos componentes de produtividade da soja Enlist™, o maior NPM foi observado na testemunha limpa e com aplicação de cletodim, não diferindo entre si (Tabela 4). Possivelmente essa resposta está relacionado ao maior controle de milho voluntário (Tabela 2). Por outro lado, a presença do milho voluntário na testemunha infestada causou redução de 40% no NPM de soja em relação a testemunha limpa.

Tabela 4- Número de legumes por planta (NLP), número de plantas por m² (NPM), número de sementes por planta (NSP) peso de mil sementes (PMS), quilogramas por hectare (kg/ha) de sementes de soja Enlist™. FAEM/UFPeI, Capão do Leão-RS, 2018.

Tratamentos	Componentes de produtividade				
	NLP	NPM	NSP	PMS(g)	kg ha ⁻¹
Testemunha infestada	33,1 c*	9,0 b	71,0 c	179,3 ab	868,0 c
Testemunha limpa	64,9 b	15,0 a	144,7 b	163,6 cd	3102,0 a
Haloxifope-p-metílico	29,3 c	9,0 b	62,4 c	184,0 a	900,0 c
Cletodim	90,0 a	12,0 ab	208,2 a	160,8 d	3188,0 a
Pinoxaden	30,2 c	9,0 b	66,1 c	179,2 ab	817,0 c
Cloransulam metílico	31,8 c	10,0 b	70,3 c	183,0 a	1090,0 c
Imazetapir	61,4 b	11,0 b	138,5 b	171,5 bc	2277,0 b
CV (%)	26,7	18,1	28,0	3,6	21,1

*Médias seguidas por mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan (p≤0,05).

Para a variável NSP, verificou-se maior valor no tratamento com aplicação de cletodim, em relação aos demais (Tabela 4). Já, o controle com os herbicidas haloxifope-p-metílico, pinoxaden e cloransulam metílico, juntamente com a testemunha infestada, resultaram no menor valor para a variável. Provavelmente, tais resultados podem estar relacionados ao fato de que quando a maior interferência do milho voluntário há maior competição, conforme discutido anteriormente. São nos entrenós que se desenvolvem as gemas reprodutivas, dessa forma a redução no número de ramificações reduz o número de entrenós, consequentemente o número de legumes justificando o menor número de semente por planta (MAUAD et al., 2010).

O PMS foi superior para os tratamentos com haloxifope-p-metílico, pinoxaden, cloransulam metílico e testemunha infestada (Tabela 4). Os resultados pode decorrer da competição ter se mantido até o final do ciclo da cultura, em função do baixo nível de controle ou que as plantas de soja tenham ativado algum mecanismo de compensação nessa situação de estresse, o qual permitiu maior alocação de

substâncias de reservas nas poucas sementes produzidas, o que justifica o maior PMS para estes tratamentos.

A produtividade de sementes de soja Enlist™ foi superior quando aplicado cletodim, não diferindo de testemunha limpa (Tabela 4). As reduções na produtividade em função dos tratamentos herbicidas haloxifope-p-metílico, pinoxaden, cloransulam metílico e imazetapir, em relação a testemunha limpa, foram de 71, 74, 65 e 27%, respectivamente. Estes resultados corroboram com pesquisa que indicam que a interferência do milho voluntário em relação a soja, mesmo em pequenas populações, como uma planta ou touceira m⁻², causam significativas perdas na produtividade da soja, sendo mais intensas quando o milho é originado de touceiras (MARQUARDT et al., 2012; CHAHAL; JHALA 2015; PIASECKI; RIZZARDI, 2018). Diante disso, vale ressaltar que é necessário controle eficiente do milho voluntário na soja, evitando perdas de produtividade e a lucratividade do produtor.

Ao analisar a qualidade fisiológica de sementes de soja Enlist™ produzidas sob a interferência do milho voluntário, observou-se para a variável G que, as sementes de soja oriundas dos tratamentos pinoxaden, cloransulam e testemunha infestada, resultaram em sementes com maior viabilidade, não diferindo entre si (Tabela 5). Tal resposta pode estar relacionada ao maior PMS destes tratamentos, que vai ao encontro da literatura, onde relata-se que sementes maiores possuem maior germinação e vigor em relação a sementes menores (POPINIGIS, 1985). O maior PMS, dispõem de maior quantidade de substâncias de reserva para o desenvolvimento do eixo embrionário e para o maior desenvolvimento de plântulas (HAIG; WESTOBY, 1991). Cabe ressaltar que as plantas manejadas com cletodim produziram sementes com qualidade inferior ao demais tratamentos, porém, não apresentou diferença para a testemunha limpa e haloxifope-p-metílico. Ainda, para todos os tratamentos as sementes produzidas apresentaram alta porcentagem de germinação, superior a 80%, que é o padrão exigido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, para a comercialização de sementes de soja (BRASIL, 2013).

Tabela 5- Germinação (G), primeira contagem de germinação (PCG), envelhecimento acelerado (EA), emergência (EM) e tetrazólio (TZ) de sementes de soja Enlist™. FAEM/UFPeL, Capão do Leão-RS, 2018.

Tratamentos	G (%)	PCG (%)	EA (%)	EM (%)	TZ (%)
Testemunha infestada	97 ab*	79 bc	94 a	99 ab	98 a
Testemunha limpa	93 cd	79 bc	93 ab	96 bc	96 a

Haloxifope-p-butílico	93	cd	86	ab	94	a	99	a	99	a
Cletodim	92	d	78	bc	93	ab	96	bc	98	a
Pinoxaden	98	a	90	a	93	ab	98	ab	99	a
Cloransulam metílico	97	ab	79	bc	88	c	98	ab	98	a
Imazetapir	95	bc	72	c	90	bc	94	c	89	b
CV (%)	1,8		7,1		2,7		2,0		2,8	

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

Para a PCG, constatou-se que o tratamento pinoxaden e haloxifope-p-metílico foram superiores em relação aos demais tratamentos (Tabela 5). Ainda para esta variável, observou-se que, as sementes produzidas mediante a aplicação de imazetapir, cloransulam metílico, cletodim e para testemunha infestada e limpa, não apresentaram diferença estatística. Embora a primeira contagem do teste de germinação seja considerada indicativo do vigor, sabe-se que durante o processo de deterioração das sementes, a redução da velocidade de germinação não está entre os primeiros eventos relacionados a deterioração de semente (TUNES et al., 2008). Sendo assim, é um teste não tão criterioso, por não detectar processos anteriores à morte da semente, não identificando pequenas diferenças de vigor.

As sementes oriundas dos tratamentos haloxifope-p-metílico, cletodim, pinoxaden, testemunha limpa e infestada foram as que resultaram em sementes de qualidade superior, pelo teste de EA. Por outro lado, os tratamentos com cloransulam metílico e imazetapir, apresentaram porcentagem de plântulas normais inferior aos demais tratamentos (Tabela 5). Contudo, mesmo apresentado vigor inferior, as sementes oriundas do tratamento com imazetapir não diferiu em relação a testemunha limpa, cletodim e pinoxaden.

Em relação a EM, constatou-se que a melhor resposta foi dos tratamentos haloxifope-p-metílico, pinoxaden, cloransulam metílico e testemunha infestada (Tabela 5), resultado semelhante ao observado na variável G, sendo esse resultado possivelmente relacionado ao maior PMS, observado nestes mesmos tratamentos (Tabela 4), conforme discutido anteriormente. As sementes de maior tamanho ou aquelas que apresentam maior densidade são as que possuem normalmente, embriões bem formados e com maiores quantidades de reservas, sendo potencialmente as mais vigorosas (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). Outros autores relatam que a maior quantidade de reserva na semente aumenta a probabilidade de sucesso no estabelecimento da plântula (PÁDUA et al., 2010), dessa forma justificando o resultado da presente pesquisa.

As sementes submetidas a aplicação de imazetapir tiveram EM de plântulas inferior, de modo similar ao teste de EA, porém, não diferindo dos tratamentos com cletodim e testemunha limpa (Tabela 5). Vale salientar que, apesar das diferenças observadas entre os tratamentos, a EM das plântulas, em geral, foi elevada, com mínimo de 94% para o tratamento inferior (Imazetapir), valor que enquadra as sementes como de alto vigor.

O vigor das sementes é o fator determinante para o desenvolvimento inicial das plântulas e conseqüentemente, para o estande final de plantas. Nessa perspectiva, o potencial fisiológico e sanitário da semente é o primeiro passo para alavancar e obter a lucratividade estimada da lavoura, uma vez que sementes de qualidade inferior resultam em falhas de plantas nos campos de produção (BEZERRA et al., 2015).

No teste de TZ, para todos os tratamentos com exceção do imazetapir observou-se alta viabilidade das sementes produzidas (Tabela 5). Por outro lado, a menor qualidade fisiológica das sementes de soja, de modo geral, foi observada onde se realizou a aplicação de imazetapir, isso possivelmente pode estar relacionada com a maior fitotoxicidade causada por este herbicida (Tabela 2). Como já mencionado, ocorre diferenças na metabolização dentro do mesmo grupo químico de herbicidas inibidores da ALS (VIDAL, 1997). No processo de inibição da ALS ocorre redução da quantidade dos aminoácidos da cadeia lateral valina, isoleucina e leucina, inibição da divisão celular, acúmulo de acetohidroxitirato, e diminuição da translocação de fotoassimilados no floema (ROMAN et al., 2007). Os aminoácidos valina, leucina e isoleucina são essenciais para o desenvolvimento da planta (DAN et al., 2012), sendo que, a redução da biossíntese destes, pode causar redução no acúmulo de reservas nas sementes.

A utilização de sementes de soja com alta viabilidade e vigor gera plantas com maior área foliar, proporcionando rápido sombreamento da superfície do solo, permitindo desta forma que ocorra menor evaporação de água do solo. Além disso, plantas com maior tamanho inicial, favorecem o controle das plantas daninhas, uma vez que apresentam maior habilidade competitiva, e desta forma proporcionam fechamento mais rápido dos espaços entre linhas. Vale ressaltar, a importância no controle de plantas daninhas na produção de sementes de soja e a busca por novas técnicas de manejo que propiciem a obtenção de altas produtividades, com alta qualidade fisiológica das sementes produzidas.

2.4 Conclusões

O herbicida cletodim apresenta controle eficiente de milho voluntário Enlist™ F₂, sem alterar negativamente a fitotoxicidade, estatura, produtividade e qualidade fisiológica das sementes de soja Enlist™.

Os herbicidas haloxifope-p-metílico, pinoxaden e cloransulam metílico, de modo geral, apresentam baixa eficiência no controle de milho voluntário Enlist™ F₂, afetando negativamente os componentes de produtividade sem afetar a qualidade fisiológica das sementes de soja Enlist™.

O herbicida imazetapir causa fitotoxicidade a soja Enlist™, afetando a viabilidade de sementes pelo teste de tetrazólio.

3. CAPÍTULO II – Controle de milho voluntário Enlist™ em pós-emergência do trigo e qualidade fisiológica das sementes

3.1 Introdução

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é um dos cereais de maior importância no cenário brasileiro, atuando como fonte de renda complementar durante o inverno e, movimentando uma vasta cadeia do agronegócio. A média da produção brasileira nos últimos dez anos foi de aproximadamente 5,4 milhões de toneladas, concentrando cerca de 88% da produção nos Estados do Paraná e Rio Grande do Sul. No entanto, nos últimos anos, o consumo nacional aumentou significativamente, sendo que o consumo médio dos últimos dez anos foi de aproximadamente 12,5 milhões de toneladas (CONAB, 2019), mais que o dobro da produção brasileira, necessitando de importação para suprir a demanda desse cereal.

Para suprir a demanda brasileira, é indispensável o bom manejo da cultura desde a semeadura até a colheita. Considerando que a semente é o principal insumo de uma lavoura, em função de carregar consigo um pacote tecnológico de valor intrínseco e incalculável, a escolha de semente de alta qualidade é o ponto de partida para obter altas produtividades. Entretanto, para o setor sementeiro produzir sementes de alta qualidade há grandes desafios (SANTOS et al., 2016). Dentre os principais desafios para garantir a produção de sementes de trigo está o controle de plantas daninhas, sendo a interferência destas, um dos principais fatores limitantes da produtividade, uma vez que, quando não controladas, ocasionam perdas expressivas na quantidade e qualidade de sementes de trigo (AGOSTINETTO et al. 2008, GALON et al. 2015).

Na região sul do Brasil é comum o cultivo de trigo em sucessão a cultura do milho. No entanto, durante o processo de colheita, ocorrem perdas de grãos de

milho, dando origem a plantas voluntárias que competirão com a cultura subsequente.

A infestação de milho voluntário tolerante a herbicidas como glifosato e glufosinato de amônio é comum nas culturas semeadas em sucessão ou rotação, também tolerantes aos mesmos herbicidas (PETTER et al., 2015). Dessa forma, com a introdução da nova tecnologia do milho Enlist™, tolerante ao herbicidas 2,4-D e aos herbicidas haloxifope-p-metílico e quizalofop, da classe dos FOPs a ser lançada no Brasil (CTNBIO, 2014), novas estratégias de manejo deverão ser adotadas para o controle das plantas de milho voluntário.

O controle químico de plantas voluntárias de milho pode ser possibilidade para evitar perdas na produtividade de sementes de trigo. A adoção de herbicidas seletivos para a cultura do trigo disponíveis no mercado, pode ser alternativa para o controle de milho voluntário Enlist™, porém são escassas as informações sobre a eficiência de controle e possíveis efeitos na qualidade fisiológica de sementes de trigo. Diante disso, o objetivo do trabalho foi avaliar o controle de milho voluntário Enlist™ F₂ após a aplicação de herbicidas pós-emergentes seletivos a cultura do trigo e a influência na qualidade fisiológica das sementes produzidas pela cultura.

3.2 Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação pertencente ao Centro de Herbologia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (CEHERB/FAEM) e em campo no Centro Agropecuário da Palma (CAP); e, a avaliação da qualidade fisiológica das sementes no Laboratório Didático de Análise de Sementes (LDAS), pertencentes à Universidade Federal de Pelotas (UFPeI), no município de Capão do Leão/RS.

3.2.1 Controle de milho voluntário Enlist™ com herbicidas pós-emergentes

O experimento foi realizado em casa de vegetação, com semeadura no dia 05 de julho e conduzido até 18 de setembro de 2018. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com quatro repetições, onde os tratamentos foram arrançados em esquema fatorial 6x2, sendo o fator A constituído pelos

herbicidas e testemunhas (Tabela 6) e o fator B pelos estádios de aplicação (V_2 e V_3) do milho voluntário.

Tabela 6 - Tratamentos herbicidas avaliados para o controle de milho voluntário Enlist™ F₂, nos estádios de desenvolvimento V_2 e V_3 . FAEM/UFPel, Capão do Leão-RS, 2018.

Tratamentos	Nome comercial	Mecanismo de ação	Dose (g i.a. ha ⁻¹)	Dose comercial (g ou L ha ⁻¹)
Testemunha infestada	-	-	-	-
Testemunha limpa	-	-	-	-
Piroxulam*	Tricea [®]	ALS	18,0	0,40
Clodinafope-propargil	Topik [®]	ACCCase	60,0	0,25
Pinoxaden	Axial [®]	ACCCase	30,0	1,20
Iodosulfurom-metílico	Hussar [®]	ALS	5,0	100,0

* Foi adicionado adjuvante específico conforme a recomendação da bula do herbicida.

Cada unidade experimental foi constituída de vasos plásticos com capacidade de 3L, os quais foram preenchidos com Argissolo Vermelho Amarelo, de textura franco-arenosa, pertencente à unidade de mapeamento Pelotas (EMBRAPA, 2013). Foram semeadas dez sementes de milho Enlist™ F₂ por vaso, sendo que dois dias após a emergência, foi realizado desbaste deixando apenas as cinco maiores plantas. A irrigação foi realizada diariamente, conforme a necessidade da cultura.

A aplicação dos tratamentos foi realizada utilizando pulverizador costal de pressão constante à base de CO₂, equipado com barra de quatro pontas da série AXI 110.15, espaçadas entre si em 0,5m (faixa de aplicação de 2m), aspergindo volume de calda equivalente a 120 L ha⁻¹. A aplicação dos herbicidas no primeiro estádio (V_2) foi realizada no dia 25/07/2018 (20 dias após a emergência). No momento da aplicação a temperatura do ar era de 16°C, a umidade relativa do ar em 62% e ventos de 1,8 km h⁻¹. Para o segundo estádio (V_3) a aplicação ocorreu no dia 04/08/2018 (35 dias após emergência) onde a temperatura do ar era de 17°C, a umidade relativa do ar em 54% e ventos de 1,5 km h⁻¹.

As avaliações de controle do milho voluntário foram realizadas aos 10, 20 e 30 dias após aplicação (DAA), de acordo com a escala visual de 0-100%, onde 0% significa ausência de sintomas e 100% morte total das plantas (SBCPD, 1995). Aos 30 DAA, a parte aérea das plantas de milho voluntário foram cortadas rente ao solo e na sequência acondicionadas em sacos de papel e levadas para secagem em estufa de circulação forçada de ar, a 60 °C por 72 horas, e após foram pesadas em

balança analítica para obtenção da massa seca da parte aérea (MSPA), sendo os valores expressos em g planta^{-1} .

Os dados obtidos foram analisados quanto à homocedasticidade (teste de Hartley) e normalidade (Teste de Shapiro-Wilk) e, atendendo a estes requisitos, foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$). Quando significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$).

3.2.2 Controle de milho voluntário Enlist™ em pós-emergência e qualidade fisiológica de sementes de trigo

O experimento foi conduzido a campo com delineamento experimental de blocos inteiramente casualizados, com quatro repetições, arranjados em esquema fatorial 6×2 , sendo o fator A constituído pelos herbicidas e testemunhas (Tabela 6) e o fator B pelos estádios de aplicação (V_2 e V_3) do milho voluntário.

O solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho Amarelo, de textura franco-arenosa, pertencente à unidade de mapeamento Pelotas (EMBRAPA, 2013). O experimento foi implantado no sistema de semeadura direta sobre palhada de milho, sendo previamente realizado roçada mecanizada e dessecação em área total com glifosato (Atanor 48®) na dose de 3 L ha^{-1} , aos 20 dias antes da semeadura, a fim de eliminar as plantas daninhas presentes na área. Cada unidade experimental foi composta por dimensões de $1,53 \times 5,0\text{m}$ ($7,65 \text{ m}^2$).

A semeadura foi realizada no dia 30/05/2018, com densidade de 125 kg ha^{-1} de sementes de trigo, da cultivar TBIO Sinuelo, utilizando-se semeadora regulada com espaçamento entre linhas de $0,17 \text{ m}$ e distribuição de 60 sementes por metro. As sementes foram tratadas com piraclostrobina, tiofanato metílico e fipronil, na dose de $2,0 \text{ mL kg}^{-1}$ de semente. As sementes de milho Enlist™ F₂, foram semeadas aleatoriamente com auxílio de máquina manual (saraquá), no mesmo dia da semeadura do trigo. Dez dias após a emergência do milho, foi realizado desbaste manual (arranquio) a fim de deixar a densidade de cinco plantas individuais de milho voluntário por m^2 em todos os tratamentos.

A adubação de base utilizada foi de 275 kg ha^{-1} (05-20-20), conforme as recomendações da interpretação da análise química do solo, sendo as demais adubações nitrogenadas em cobertura realizadas com 175 kg ha^{-1} de ureia no estádio de perfilhamento (42 DAE) e 15 dias após. O controle de plantas daninhas,

insetos e as demais práticas de manejo foram realizadas conforme as recomendações para a cultura (INFORMAÇÕES TÉCNICAS PARA TRIGO E TRITICALE, 2017).

Os tratamentos herbicidas foram aplicados quando 75% do milho voluntário encontravam-se no estágio fenológico V₂ (15 dias após a emergência (DAE) do milho) e em V₃ (25 DAE do milho). A aplicação dos herbicidas foi realizada com equipamento conforme descrito anteriormente. As avaliações de controle do milho voluntário e fitotoxicidade do trigo foram realizadas aos 10, 20 e 30 DAA, de acordo com a escala visual de 0-100%, onde 0% significa ausência de sintomas e 100% morte total das plantas (SBCPD, 1995).

A colheita foi realizada quando as sementes apresentavam grau de umidade de aproximadamente 16%. A variável número de espiga por metro quadrado foi realizada através da contagem de espiga em área de 0,25 m² (0,5 x 0,5 m). Após as plantas serem colhidas, as unidades experimentais foram trilhadas para avaliação das seguintes variáveis, conforme segue:

Produtividade de sementes: foi obtida pela pesagem das sementes colhidas na área útil de 3,57 m² de cada parcela (7 linhas x 3,0 m), transformado para kg ha⁻¹ e corrigido para 13% de umidade.

Peso hectolítro (PH): foi realizado com duas repetições por unidade experimental, sendo as amostras de sementes pesadas em balança analítica e o resultado expresso em kg hL⁻¹.

Peso de mil sementes (PMS): foram empregadas oito repetições de 100 sementes. Para estas pesagens calculou-se a média, o desvio padrão e o coeficiente de variação. Todas as unidades experimentais apresentaram coeficiente de variação inferior a quatro, portanto, multiplicou-se a média por 10, e assim obteve-se o peso de mil sementes (BRASIL, 2009).

As sementes foram secas e armazenadas em geladeira a 5°C durante dez dias para superação de dormência e após, procedeu-se a avaliação da qualidade fisiológica das sementes pelos testes de:

Germinação (G): foi realizado com quatro repetições de 50 sementes para cada unidade experimental, em substrato de papel ("germitest"), previamente umedecido com água destilada, utilizando-se a proporção de 2,5 vezes a massa do papel seco, e mantido à temperatura de 20°C. As avaliações foram efetuadas

conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), aos oito dias após a semeadura, sendo os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais.

Envelhecimento acelerado (EA): foi realizado em caixa tipo gerbox com tela metálica horizontal fixada na posição mediana. Adicionaram-se 40 mL de água destilada ao fundo de cada caixa e sobre a tela, as sementes foram distribuídas uniformemente em camada única. Em seguida, as caixas contendo as sementes foram tampadas e mantidas em incubadora do tipo BOD, a 41°C, por 72 horas (MARCOS FILHO, 2015). Após este período, as sementes foram submetidas ao teste de germinação, conforme descrito anteriormente. A avaliação ocorreu após quatro dias, sendo os resultados expressos em porcentagem de plântulas.

Emergência em campo (EC): para esse teste foram semeadas 100 sementes de cada unidade experimental, distribuídas em duas repetições de 50 sementes, sendo a semeadura realizada em canteiros. A avaliação foi realizada em contagem única das plântulas normais aos 14 dias após a semeadura, sendo os resultados expressos em porcentagem (NAKAGAWA, 1999).

Tetrazolio (TZ): foram utilizadas 100 sementes de cada unidade experimental, divididos em duas subamostras de 50 sementes. As sementes foram hidratadas em papel germitest umedecido com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes a massa do substrato seco por um período de 18h à temperatura de 20° C. Decorrido esse período, realizou-se um corte longitudinal no centro do eixo embrionário, com auxílio de uma lâmina, retirando e descartando 1/2 da largura da semente, as quais foram posteriormente colocadas em solução 0,1% de cloreto 2, 3, 5-trifenil tetrazólio por duas horas no escuro e a 35°C (BRASIL, 2009). Após a coloração, a solução foi drenada e as sementes lavadas em água corrente. A avaliação foi baseada nos critérios propostos em ISTA (2008), para determinação do percentual de sementes viáveis.

A análise estatística foi realizada conforme descrito anteriormente.

3.3. Resultados e Discussão

Os resultados e discussão de cada experimento seguem a ordem estabelecida no material e métodos.

3.3.1 Controle de milho voluntário Enlist™ com herbicidas pós-emergentes

Foi constatado interação entre os fatores tratamentos herbicidas e os estádios de aplicação para as variáveis controle de milho voluntário em todas as épocas de avaliação e MSPA (Tabelas 7 e 8).

Tabela 7 - Controle (%) de milho voluntário Enlist™ F₂ aos 10, 20 e 30 dias após aplicação (DAA) em função da aplicação de herbicidas pós emergentes. FAEM/UFPeI, Capão do Leão-RS, 2018.

Tratamentos	Controle (%) aos 10 DAA	
	Estádio V ₂	Estádio V ₃
Testemunha Infestada	0,0 Ae*	0,0 Af
Testemunha Limpa	100,0 Aa	100,0 Aa
Piroxsulam	48,3 Ab	37,0 Bc
Clodinafope-propargil	26,0 Ac	32,0 Ad
Pinoxaden	48,0 Ab	45,5 Ab
Iodosulfurom-metílico	16,3 Ad	18,0 Ae
CV (%)	9,3	
Tratamentos	Controle (%) aos 20 DAA	
	Estádio V ₂	Estádio V ₃
Testemunha Infestada	0,0 Ae	0,0 Af
Testemunha Limpa	100,0 Aa	100,0 Aa
Piroxsulam	61,0 Ab	45,6 Bc
Clodinafope-propargil	31,5 Ac	24,5 Ad
Pinoxaden	63,7 Ab	61,0 Ab
Iodosulfurom-metílico	22,2 Ad	15,6 Ae
CV (%)	5,2	
Tratamentos	Controle (%) aos 30 DAA	
	Estádio V ₂	Estádio V ₃
Testemunha Infestada	0,0 Ae	0,0 Ae
Testemunha Limpa	100,0 Aa	100,0 Aa
Piroxsulam	55,6 Ab	45,3 Bb
Clodinafope-propargil	24,0 Ac	25,5 Ac
Pinoxaden	55,7 Ab	42,2 Bb
Iodosulfurom-metílico	11,7 Bd	19,5 Ad
CV (%)	7,4	

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

Para avaliação de controle de milho voluntário aos 10 DAA, dentro de cada estágio de aplicação, observou-se que, para o estágio V₂ os níveis superiores de controle foram para os tratamentos piroxsulam e pinoxaden, ambos não diferindo entre si (Tabela 7). Por outro lado, o menor nível de controle observado foi para o herbicida iodosulfurom-metílico com eficiência de 66% abaixo da média dos melhores herbicidas. Quando aplicado em estágio V₃, evidenciou-se nível superior

de controle somente para o herbicida pinoxaden e o menor nível de controle para o herbicida iodosulfurom-metílico. Analisando entre os estádios, somente se verificou diferença para piroxsulam, onde o maior nível de controle foi para o estágio V_2 de aplicação.

As melhores eficiências de controle de milho voluntário, aos 20 DAA, para o estágio V_2 , foram observadas para os herbicidas piroxsulam e pinoxaden, os quais não diferiram entre si (Tabela 7). Para a aplicação em estágio V_3 , o maior nível de controle foi observado para o pinoxaden, apresentado controle 75% superior ao tratamento inferior iodosulfurom-metílico. Entre estádios de aplicação, verificou-se diferença somente para o herbicida piroxsulam, sendo o maior nível de controle em estágio V_2 de aplicação.

Na última avaliação aos 30 DAA, constatou-se que os herbicidas piroxsulam e pinoxaden resultaram nos maiores níveis de controle de milho voluntário em estágio V_2 , não diferindo entre si (Tabela 7). Da mesma forma para o estágio V_3 , onde os mesmos herbicidas foram superiores aos demais no controle de milho voluntário. Entretanto, quando na comparação entre os estádios de aplicação, verificou-se que, a aplicação dos herbicidas piroxsulam e pinoxaden em estágio V_2 foram superiores à aplicação em estágio V_3 .

Pesquisa com herbicida ACCase aplicado em pós-emergência no controle de milho voluntário em diferentes estádios (V_5 e V_8) relata que quanto maior o estágio fenológico, maior a dificuldade de controle (COSTA et al., 2014). Vale ressaltar que, para ser considerado herbicida eficiente, ele precisa apresentar controle de determinada planta daninha, acima de 80% (OLIVEIRA et al., 2009). Neste propósito, para nenhum dos herbicidas utilizados, independente do estágio de aplicação, se observou controle eficiente do milho voluntário Enlist™. Estes resultados diferem de pesquisa onde os autores relataram que herbicida ACCase como fluazifop-p-butil aplicado em pós-emergência controla de modo eficiente plantas de milho voluntárias RR® (ALVARENGA et al., 2018).

Em relação a MSPA de milho voluntário, os resultados observados corroboram com os níveis de controle obtidos, independente do estágio de aplicação (Tabela 8). Para o estágio V_2 , de acordo com os maiores níveis de controle para os herbicidas piroxsulam e pinoxaden, a MSPA das plantas reduziu em média 49% comparado ao tratamento que não recebeu aplicação de herbicida (testemunha infestada), a qual não diferiu do tratamento iodosulfurom-metílico. Entretanto, para o

herbicida clodinafope-propargil a redução de MSPA de milho foi de 27% comparado com a testemunha infestada.

Tabela 8 - Massa seca de parte aérea de milho voluntário Enlist™ submetido à aplicação de herbicidas em estádio V₂ e V₃ de desenvolvimento. FAEM/UFPeI, Capão do Leão-RS, 2018.

Tratamentos	Massa seca da parte aérea de milho	
	Estádio V ₂	Estádio V ₃
Testemunha Infestada	3,19 Aa*	4,18 Aa
Testemunha Limpa	0,00 Ad	0,00 Ad
Piroxsulam	1,45 Bc	2,38 Ac
Clodinafope-propargil	2,32 Bb	3,69 Ab
Pinoxaden	1,85 Bc	2,74 Ac
Iodosulfurom-metílico	3,18 Ba	4,10 Aa
CV (%)	13,6	

*Médias seguidas por mesmas letras maiúscula na linha e medias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$).

Para o estádio V₃, a maior redução de MSPA de milho foi observada para os tratamentos piroxsulam e pinoxaden, sendo que ambos não diferiram entre si (Tabela 8). Por outro lado, observou-se a maior MSPA para o tratamento iodosulfurom-metílico, não diferindo da testemunha infestada. Na comparação entre os estádios, evidenciou-se que a aplicação de herbicidas em estádio V₂ foi mais efetiva na redução de MSPA do milho voluntário do que quando aplicados em estádio V₃.

3.3.2 Controle de milho voluntário Enlist™ em pós-emergência e qualidade fisiológica de sementes de trigo

A análise de variância indicou interações entre os fatores tratamentos herbicidas e os estádios de aplicação para as variáveis controle de milho voluntário e fitotoxicidade do trigo (Tabela 9 e 10). Para as variáveis número de espigas m⁻², produtividade, G e TZ observou-se efeito simples para o fator tratamento herbicida (Tabela 11 e 12). No entanto, para as variáveis PH, PMS, EA e EC não se verificou interação entre os fatores testados e nem efeito simples (dados não apresentados).

Na avaliação de controle aos 10 DAA, observou-se maiores níveis de controle para os herbicidas piroxsulam e iodosulfurom-metílico, não diferindo entre si no estádio V₂, enquanto no estádio V₃, nível superior de controle foi observado para piroxsulam e pinoxaden, sendo que, ambos não diferiram entre si (Tabela 9). No entanto, o menor nível de controle, independentemente do estádio de aplicação, foi

observado para o herbicida clodinafope-propargil, resultado que pode ser justificado pelo fato da tecnologia Enlist™ do milho também apresentar a tolerância a herbicidas da classe geral dos FOPs (CTNBIO, 2014). A aplicação de herbicidas em estágio V₃ no controle de milho voluntário foi superior ao estágio V₂.

Tabela 9 - Resultados obtidos para controle (%) de milho voluntário Enlist™ F₂ aos 10, 20 e 30 dias após aplicação (DAA). FAEM/UFPel, Capão do Leão-RS, 2018.

Tratamentos	Controle (%) aos 10 DAA	
	Estádio V ₂	Estádio V ₃
Testemunha Infestada	0,0 Ad*	0,0 Ae
Testemunha Limpa	100,0 Aa	100,0 Aa
Piroxsulam	23,0 Bb	55,0 Ab
Clodinafope-propargil	13,7 Bc	25,0 Ad
Pinoxaden	16,0 Bc	57,7 Ab
Iodosulfurom-metílico	26,5 Bb	41,8 Ac
CV (%)	9,6	
Tratamentos	Controle (%) aos 20 DAA	
	Estádio V ₂	Estádio V ₃
Testemunha Infestada	0,0 Af	0,0 Ad
Testemunha Limpa	100,0 Aa	100,0 Aa
Piroxsulam	65,5 Ab	54,5 Ab
Clodinafope-propargil	24,8 Ae	28,6 Ac
Pinoxaden	53,2 Ac	48,0 Ab
Iodosulfurom-metílico	33,7 Ad	29,0 Ac
CV (%)	14,8	
Tratamentos	Controle (%) aos 30 DAA	
	Estádio V ₂	Estádio V ₃
Testemunha Infestada	0,0 Ae	0,0 Ad
Testemunha Limpa	100,0 Aa	100,0 Aa
Piroxsulam	59,3 Ab	53,0 Ab
Clodinafope-propargil	25,5 Bd	31,2 Ac
Pinoxaden	49,3 Ac	37,0 Ac
Iodosulfurom-metílico	26,2 Ad	28,5 Ac
CV (%)	12,0	

*Médias seguidas por mesmas letras maiúscula na linha e medias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$).

Analisando o controle aos 20 DAA, constatou-se que a aplicação de piroxsulam obteve nível superior de controle em estágio V₂ (Tabela 9). Já para o estágio V₃, esse comportamento foi observado para os tratamentos piroxsulam e pinoxaden, ambos não diferindo entre si. Entretanto, ao contrastar os estádios de aplicação não se constatou diferença entre os mesmos.

Na avaliação realizada aos 30 DAA para o estágio V₂, se verificou nível superior de controle para o piroxsulam, enquanto, o comportamento dos herbicidas clodinafope-propargil e iodosulfurom-metílico foram em média 58% inferior ao

herbicida piroxsulam (Tabela 9). Contudo, em estágio V_3 se observou o maior controle de milho voluntário quando aplicado o herbicida piroxsulam, sendo os demais herbicidas em média 40% inferiores. Analisando entre os estádios, somente se encontrou diferença para clodinafope-propargil, onde o maior nível de controle foi verificado no estágio V_3 de aplicação. Para o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento o herbicida para ser considerado eficiente deve apresentar controle de no mínimo 80% (BRASIL, 2003). Portanto, na presente pesquisa nenhum dos herbicidas obteve índice de controle satisfatório de milho voluntário Enlist™ na cultura do trigo.

A baixa eficiência dos herbicidas pode estar relacionada com a baixa temperatura do ar (dados não mensurados) no período de desenvolvimento da pesquisa. Condições de baixa temperatura do ar no momento ou após a aplicação de herbicidas inibidores da ACCase afeta negativamente a eficiência no controle de poaceas (MEDD et al., 2001; ANDREWS et al., 2008; CIESLIK; VIDAL; TREZZI, 2013). Nesse sentido, alguns autores relatam que há maior eficácia de clodinafop-propargil no controle de plantas de *Avena* spp., quando a temperatura máxima do ar no dia da aplicação foi elevada, em relação a temperaturas do ar inferiores (MEDD et al., 2001). Dessa forma, é possível compensar as baixas temperaturas do ar aumentando o volume de calda, para garantir a eficácia de controle de *Avena* spp. Ainda, segundo Medd et al., (2001); Cieslik; Vidal; Trezzi (2013), para controle eficiente de plantas que estavam sob estresse por baixa temperatura do ar, foi necessário o aumento da dose de herbicida inibidor da ACCase.

Analisando a fitotoxicidade do trigo após a aplicação, verificou-se que os herbicidas clodinafope-propargil e pinoxaden tiveram as menores injúrias na cultura aos 10 DAA, não diferindo entre si no estágio V_2 (Tabela 10). Na mesma data de avaliação para o estágio V_3 , observou-se a menor fitotoxicidade para o herbicida iodosulfurom-metílico, o qual não diferiu do clodinafope-propargil e piroxsulam. Em relação aos estádios, em geral, quando os herbicidas foram aplicados em estágio V_3 observou-se os menores níveis de fitotoxicidade na cultura do trigo. Resultados semelhantes foram constatados em pesquisa avaliando a seletividade na cultura do trigo, no qual os herbicidas metsulfuron-methyl, 2,4-D, iodosulfurom-metílico, saflufenacil e piroxsulam apresentaram níveis de fitotoxicidade abaixo de 10% na primeira avaliação realizada aos sete DAA (VARGAS; ROMAN, 2005; GEIER et al., 2011).

Na avaliação aos 20 DAA em estágio V₂, os menores níveis de fitotoxicidade foram observados para os herbicidas clodinafope-propargil e iodosulfurom-metílico, ambos não diferindo do piroxsulam (Tabela 10). Quando avaliado em estágio V₃, não se constatou injúrias para os tratamentos clodinafope-propargil e iodosulfurom-metílico. Na comparação entre os estádios de aplicação, não houve diferença dentro de cada tratamento herbicida, com exceção do tratamento iodosulfurom-metílico.

Tabela 10 - Resultados obtidos para fitotoxicidade (%) de trigo aos 10, 20 e 30 dias após aplicação (DAA) de herbicidas em pós-emergência. FAEM/UFPel, Capão do Leão-RS, 2018.

Tratamentos	Fitotoxicidade (%) aos 10 DAA	
	Estádio V ₂	Estádio V ₃
Testemunha Infestada	0,0 Ac*	0,0 Ac
Testemunha Limpa	0,0 Ac	0,0 Ac
Piroxsulam	13,5 Aa	4,7 Bab
Clodinafope-propargil	7,7 Ab	2,5 Bbc
Pinoxaden	9,0 Ab	7,6 Aa
Iodosulfurom-metílico	12,0 Aa	2,0 Bbc
CV (%)	35,8	
Tratamentos	Fitotoxicidade (%) aos 20 DAA	
	Estádio V ₂	Estádio V ₃
Testemunha Infestada	0,0 Ac	0,0 Ab
Testemunha Limpa	0,0 Ac	0,0 Ab
Piroxsulam	3,0 Aab	2,0 Aab
Clodinafope-propargil	1,0 Abc	0,0 Ab
Pinoxaden	4,6 Aa	3,5 Aa
Iodosulfurom-metílico	2,0 Abc	0,0 Bb
CV (%)	131,9	
Tratamentos	Fitotoxicidade (%) aos 30 DAA	
	Estádio V ₂	Estádio V ₃
Testemunha Infestada	0,0 Ab	0,0 Aa
Testemunha Limpa	0,0 Ab	0,0 Aa
Piroxsulam	2,8 Aa	0,0 Ba
Clodinafope-propargil	0,0 Ab	0,0 Aa
Pinoxaden	3,3 Aa	0,0 Ba
Iodosulfurom-metílico	0,0 Ab	0,0 Aa
CV (%)	188,7	

*Médias seguidas por mesmas letras maiúscula na linha e medias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$).

Para a última avaliação de fitotoxicidade do trigo aos 30 DAA, não se verificou efeitos fitotóxicos para os herbicidas clodinafope-propargil e iodosulfurom-metílico em estágio V₂ (Tabela 10). Já, para estágio V₃ de aplicação, nenhum dos herbicidas utilizados causou injúrias na cultura do trigo. Resultados semelhantes foram encontrados para os herbicidas piroxsulam e iodosulfurom-metílico que demonstraram ser seletivos, com níveis de fitotoxicidade aos 14 DAA inferiores a 6 e

12%, respectivamente, para cultura do trigo (PIASECKI et al., 2017). Outros autores também relataram que o herbicida piroxsulam aplicado no trigo em estágio de quatro folhas demonstrou fitotoxicidade abaixo de 10% na dose de 18,2 g i.a. ha⁻¹ (REDDY et al., 2012). Em culturas tolerantes como o trigo, a detoxificação dos herbicidas ALS é considerado o principal mecanismo de defesa (YU e POWLES, 2014). Plantas tolerantes apresentam menor absorção e translocação da molécula e aumento na capacidade de detoxificação, levando ao menor acúmulo de peróxido de hidrogênio e peroxidação lipídica (GROSSMANN et al., 2011).

Em relação ao componente de produtividade, o número de espiga por m² do trigo foi superior na testemunha limpa, não diferindo do tratamento com piroxsulam (Tabela 11). Comparando os valores observados a testemunha limpa em relação a testemunha infestada, constata-se que o dano causado pela competição do milho foi de 5%. Diante dos resultados, pode-se afirmar que a presença de milho voluntário, causa baixa influência no número de espiga por m² do trigo.

Tabela 11 - Número de espiga (m⁻²) e produtividade (kg ha⁻¹) de sementes de trigo submetidas a aplicação de herbicidas em estágio V₂ e V₃ de desenvolvimento. FAEM/UFPeL, Capão do Leão-RS, 2018.

Tratamentos	Nº espiga	Produtividade
Testemunha Limpa	507 a*	2944,0 a
Testemunha Infestada	481 b	2601,0 c
Piroxsulam	493 ab	2831,0 b
Clodinafope-propargil	485 b	2743,0 b
Pinoxaden	485 b	2794,0 b
Iodosulfurom-metílico	483 b	2648,0 c
CV (%)	2,67	2,61

*Médias seguidas pelas mesmas letras minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan (p≤0,05).

O milho por não ser uma cultura de inverno, quando cultivado em baixas temperaturas, apresenta desenvolvimento reduzido, e em alguns casos não sobrevive. Pesquisa relata que baixas temperaturas do ar (-1 °C e 8 °C) e formação de geada nos estádios de emergência V₁, V₂ e V₃ de híbrido de milho, afetou significativamente o desenvolvimento inicial de plântulas com diminuição do estande desejado (VIAN et al., 2016). Por outro lado, o trigo por ser uma cultura de inverno que apresenta plasticidade em termos de características climáticas (FLECK et al., 2003), proporcionou elevado desenvolvimento com a formação de dossel denso, conduzindo o estande de plantas a elevada cobertura do solo. Diante desse

contexto, o baixo desenvolvimento do milho voluntário pode justificar a baixa influência sobre a cultura do trigo.

Quando comparada a testemunha limpa em relação a médias dos herbicidas clodinafope-propargil, pinoxaden e iodosulfurom-metílico, verificou-se que a aplicação dos herbicidas reduziu em 6% o número de espiga por m². Estes resultados podem decorrer da menor eficiência de controle apresentada por estes herbicidas (Tabela 9).

A produtividade de sementes de trigo foi influenciada de forma diferenciada pela aplicação dos herbicidas no controle de milho voluntário (Tabela 11). Os tratamentos que receberam aplicação dos herbicidas piroxsulam, clodinafope-propargil e pinoxaden foram inferiores a testemunha limpa em média 5% abaixo na produtividade. Ainda para a mesma variável, a aplicação do herbicida iodosulfurom-metílico reduziu em 10% a produtividade quando comparado à testemunha limpa, não diferindo da testemunha infestada (Tabela 11). Ao contrário do observado, pesquisadores relataram que o herbicida iodosulfurom-metílico, aplicado em diferentes cultivares de trigo (Quartzo e Pioneiro), apresenta menor influência nos componentes de produtividade e maior produtividade, ao comparar com os demais herbicidas, independente da cultivar (GALON et al., 2015).

No que tange a qualidade fisiológica das sementes de trigo produzidas, observou-se para a variável G que as sementes de trigo oriundas da testemunha limpa e infestada, resultaram em sementes com maior viabilidade, não diferindo entre si (Tabela 12). Entretanto, a testemunha infestada não diferiu dos demais tratamentos que receberam a aplicação de herbicida, com média de 87%. No entanto, os resultados da presente pesquisa foram superiores ao padrão mínimo regulamentado de 80% de germinação, conforme determina a Instrução Normativa 45 (MAPA, 2013). De acordo com o padrão exigido, as sementes oriundas da aplicação de herbicidas independente dos estádios de aplicação do milho voluntário estão aptas a serem comercializadas.

A viabilidade de sementes de trigo avaliada pelo teste de TZ, foi coerente com o obtido no teste de germinação, sendo observado superioridade das sementes obtidas na testemunha limpa, não diferindo dos tratamentos piroxsulam, clodinafope-propargil e iodosulfurom-metílico, ressaltando nível médio de 97% de viabilidade entre os tratamentos (Tabela 12). Entretanto, para o tratamento pinoxaden e

testemunha infestada verificou-se redução de dois pontos percentuais comparado ao tratamento superior.

Tabela 12 - Viabilidade de sementes de trigo através do teste de germinação (G) e tetrazólio (TZ), obtidas de plantas submetidas à aplicação de herbicidas em estágio V₂ e V₃ de desenvolvimento. FAEM/UFPEL, Capão do Leão-RS, 2018.

Tratamentos	G (%)	TZ (%)
Testemunha Limpa	90 a*	98 a
Testemunha Infestada	88 ab	96 b
Piroxulam	86 b	97 ab
Clodinafope-propargil	87 b	97 ab
Pinoxaden	86 b	96 b
Iodosulfurom-metílico	86 b	97 ab
CV (%)	1,93	0,93

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

A avaliação da qualidade fisiológica através do teste de TZ em sementes de trigo é ferramenta muito importante, uma vez que independe da semente apresentar ou não dormência. Sementes de trigo logo após serem colhidas, apresentam dormência dificultando sua avaliação por testes de desempenho como o de germinação (ISTA, 2008; BRASIL, 2009). Neste contexto, há grande vantagem da utilização do teste de tetrazólio em sementes de trigo recém-colhidas, não havendo assim a necessidade de serem submetidas a tratamento para superação de dormência antes da avaliação da sua viabilidade.

A qualidade fisiológica das sementes de trigo produzidas em competição com o milho voluntário foi elevada para todos os tratamentos, tal comportamento pode ser explicado pela baixa influência do milho voluntário sobre a cultura do trigo ou devido a aplicação de herbicidas no início do desenvolvimento da cultura do trigo não ter interferência nas sementes colhidas ao final do cultivo. Nesse sentido, os resultados demonstram alta qualidade fisiológica de sementes, sendo a utilização dessas de suma importância para a obtenção de estande satisfatório no campo, assegurando o estabelecimento de uma população de plantas com alto potencial produtivo, garantido a lucratividade e a sustentabilidade do agricultor.

3.4 Conclusões

Os herbicidas piroxsulam, clodinafope-propargil, pinoxaden e iodosulfurometílico não foram eficientes no controle de milho voluntário Enlist™ e são seletivos para cultura do trigo quando aplicados nos estádios V₂ e V₃.

A presença do milho voluntário Enlist™ reduz a produtividade do trigo.

A qualidade fisiológica das sementes de trigo, em geral, é afetada pela interferência do milho voluntário Enlist™ e a aplicação de herbicidas.

4. CONCLUSÕES FINAIS

O herbicida cletodim apresenta controle eficiente de milho voluntário Enlist™ F₂, sem afetar negativamente a fitotoxicidade, estatura, produtividade e qualidade fisiológica das sementes de soja Enlist™.

Os componentes de produtividade são afetados negativamente pelos herbicidas haloxifope-p-metílico, pinoxaden e cloransulam metílico, apresentando estes baixa eficiência no controle de milho voluntário Enlist™ F₂, sem afetar a qualidade fisiológica das sementes de soja Enlist™.

A viabilidade de sementes e a fitotoxicidade de soja Enlist™ é afetada negativamente pelo herbicida imazetapir.

Os herbicidas avaliados na cultura do trigo são seletivos para a aplicação em pós-emergência, sendo estes não são eficientes no controle de milho voluntário Enlist™ nos estádios V₂ e V₃ de aplicação.

O milho voluntário Enlist™ F₂ e a aplicação de herbicidas reduz a produtividade e a qualidade fisiológica das sementes do trigo.

5. REFERÊNCIAS

AGOSTINETTO, D.; RIGOLI, R.P.; SCHAEGLER, C.E.; TIRONI, S.P.; SANTOS, L.S. Período crítico de competição de plantas daninhas com a cultura do trigo. **Planta Daninha**, v.26, p.271-278, 2008.

AGOSTINETTO, D.; DAL MAGRO, T.; GALON, L.; MORAES, P.V.D.; TIRONI, S.P. Respostas de cultivares de soja transgênica e controle de plantas daninhas em função de épocas de aplicação e formulações de glyphosate. **Planta Daninha**, v.27, p.739-746, 2009.

ALVARENGA, D.R.; TEIXEIRA, M.F.F.; FREITAS, F.C.L.; PAIVA, M.C.G.; CARVALHO, M.R.N.; GONÇALVES, V.A. Interações entre herbicidas no manejo do milho RR® voluntário. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.17, p.122-134, 2018.

ANDREWS, T.S.; MEDD, R.W.; VAN DE DEN, R.J. Predicting *Avena* spp. control with clodinafop. **Weed Research**, v.48, p.319-328, 2008.

ANDRADE, F.R.; NÓBREGA J.C.A.; ZUFFO A.M.; JUNIOR, V.P.M.; RAMBO, T.P.; SANTOS A.S. Características agronômicas e produtivas da soja cultivada em plantio convencional e cruzado. **Revista de Agricultura**, v.91, p.81-91, 2016.

BARROSO, A.L.L.; DAN, H.A.; PROCÓPIO, S.O.; TOLEDO, R.E.B.; SANDANIEL, C.R.; BRAZ, G.B.P. Eficácia de herbicidas inibidores da ACCase no controle de gramíneas em lavoura de soja. **Planta Daninha**, v.28, p.149-157, 2010.

BEZERRA, A.R.C.; SEDIYAMA, T.; BORÉM, A.; SOARES, M.M. Importância econômica. In: SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. (Ed.). **Soja: do plantio à colheita**. Viçosa: Editora UFV, 2015. p. 9-26.

BOHM, G.M.B.; SCHENEIDER, L.; CASTILHOS, D. AGOSTINETTO, D. ROMBALDI, C. V. Controle de plantas daninhas, biomassa e metabolismo microbiano do solo em função da aplicação de glifosato ou imazetapir na cultura da soja. **Semina: Ciências Agrárias**, v.32, p.919-930, 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes** / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. 2009. 399 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **AGROFIT**: sistemas de agrotóxicos fitossanitários. Brasília, DF, 2003. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 15 jan. 2019.

BRASIL. Instrução Normativa nº 45, de 17 de setembro de 2013. **Padrões para a Produção e a Comercialização de Sementes**. Brasília: Diário Oficial da União. 2013.

CÂMARA, G.M. Preparo do solo e plantio. In. SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A.(Org.). **Soja do plantio à colheita**. Editora UFV, p.66-109, 2015.

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

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

COMISSÃO TÉCNICA NACIONAL DE BIOSSEGURANÇA – CTNBio, 2014. Parecer técnico no 3783/2014 – Liberação Comercial de Organismo Geneticamente Modificado– Processo no 01200.000366/2014-07. Disponível: <<http://www.ctnbio.gov.br/index.php/content/view/12340.html>>. Acesso em: 20 out. 2018.

Companhia Nacional de Abastecimento- Conab. [acessado em 21 jan. 2019]. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/%20BoletimZGraosZjaneiro2019.pdf>.

COSTA, N.V.; ZOBIOLE, L.H.S.; SCARIOT, C.A.I; PEREIRA, G.R.I; MORATELLI, G.I. Glyphosate tolerant volunteer corn control at two development stages. **Planta Daninha**, v.32, p.675-682, 2014.

CORREIA, N.M.; DURIGAN, J.C.; LEITE, G.J. Seletividade da soja transgênica tolerante ao glyphosate e eficácia de controle de *Commelina benghalensis* com herbicidas aplicados isolados e em misturas. **Bragantia**, v.67, p.663-671, 2008.

CIESLIK, L.F.; VIDAL, R.A.; TREZZI, M.M. Fatores ambientais que afetam a eficácia de herbicidas inibidores da ACCase: revisão. **Planta Daninha**, v.31, p.483-489, 2013.

CHAHAL, J.; KRUGER, G.; BLANCO-CANQUI, H.; JHALA, A. J. Efficacy of pre-emergence and postemergence soybean herbicides for control of glufosinate, glyphosate and imidazolinone-resistant volunteer corn. **Journal of Agricultural Science**, v.6, p.131-140, 2014.

CHAHAL, J.; JHALA, A.J. Herbicide Programs for Control of Glyphosate-Resistant Volunteer Corn in Glufosinate-Resistant Soybean. **Weed Technology**, v.29, p.431-443, 2015.

CHAHAL, J.; JHALA, A.J. Impact of glyphosate-resistant volunteer corn (*Zea mays* L.) density, control timing, and late-season emergence on yield of glyphosate resistant soybean (*Glycine max* L.). **Crop Protection**, v.81 p.38-42, 2016.

DALTRO, E.M.F. ALBUQUERQUE, M.C.F.; FRANÇA NETO, J.B.; GUIMARÃES, S.C.; GAZZIERO, D.L.P.; HENNING, A.A. Aplicação de dessecantes em pré-colheita: efeito na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, p.111-122, 2010.

DAN, H.A.; DAN, L.G. de M.; BARROSO, A.L.L.; PROCÓPIO, S.O.; OLIVEIRA JÚNIOR, R.S. de; BRAZ, G.B.P.; ALONSO, D.G. Atividade residual de herbicidas usados na soja sobre o girassol cultivado em sucessão. **Ciência Rural**, v.42, p.1929-1935, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação do solo**. 3.ed. 2013. 353p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja**. 262 p, 2011. (Sistemas de produção, 15).

FUNGUETTO, C.I.; TILLMANN, M.A.A.; VILLELA, F.A.; DODE, L.B. Detecção de sementes de soja geneticamente modificada tolerante ao herbicida glifosato. **Revista Brasileira de Sementes**, v.26, p.130-138, 2004.

FRANÇA NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; COSTA, N.P. Metodologia do teste de tetrazólio em sementes de soja. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES. 1999. p.8.5-1-8.5-28.

FLECK, N.G.; BALBINOT JUNIOR, A.A.; AGOSTINETTO, D.; RIZZARD, M.R. Velocidade de estabelecimento em cultivares de arroz irrigado como característica para aumentar a habilidade competitiva com plantas concorrentes. **Ciência Rural**, v.33, p.635-640, 2003.

GALON, L.; MACIEL, C.D.G.; AGOSTINETTO, D.; CONCENÇO, G.; MORAES, P.V.D. Seletividade de herbicidas às culturas pelo uso de protetores químicos. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.10, p.291-304, 2011.

GALON, L.; CASTOLDI, C.T.; FORTE, C.T.; KUJAWISKI, R.; DAVID, F.A.; PERIN, G.F.; RADUNZ, A.L.; AGAZZI, L.R.; ROSSETTI, J.; RADUNZ, L.L. Efficacy and phytotoxicity of herbicides applied for the handling of weeds that infest wheat. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.14, p.128-140, 2015.

GEIER, P.W.; STAHLMAN, P.W.; PETERSON, D.E.; CLAASSEN, M.M. Pyroxsulam compared with competitive standards for efficacy in winter wheat. **Weed Technology**, v.25, p.316-321, 2011.

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

HANWAY, J.J. Growth stages of corn (*Zea mays* L.). **Agronomy Journal**, v.55, p.487-491, 1963.

HAIG, D.; WESTOBY, M. Seed size, pollination casts and angiosperm success. **Evolutionary Ecology**, v.5, p.231-247, 1991.

HEAP, I. International survey of herbicide resistant weeds. Disponível em: <www.weedscience.org> Acesso em: 10 jan. 2019.

ISTA. International Seed Testing Association. Biochemical test for viability: the topographical tetrazolium test. In: **International rules for seed testing**. cap.1, p.1-30. 2008.

INFORMAÇÕES TÉCNICAS PARA TRIGO E TRITICALE-Safra 2017.

Disponível:<http://www.cnpt.embrapa.br/culturas/trigo/informacoes_tecnicas_trigo_triticale_safra_2017.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2019.

KARAM, D.; LARA, J.F.R.; MAGALHÃES, P.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; CRUZ, M.B. Seletividade de carfentrazone-ethyl aos milhos doce e normal. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.3, p.62-68, 2004.

LACERDA, A.L.S.; LAZARINI, E.; SÁ, M.E.; VALÉRIO FILHO, W.V. Aplicação de dessecantes na cultura da soja: teor de umidade nas sementes e biomassa nas plantas. **Planta Daninha**, v.21, p.427-434, 2003.

LAMEGO F.P.; FLECK, N.G.; BIANCHI, M.A.; VIDAL, R.A. Tolerância a interferência de plantas competidoras e habilidade de supressão por cultivares de soja – I. Resposta de variáveis de crescimento. **Planta daninha**, v.23, p.405-414, 2005.

MACHADO, R.F.; BARROS, A.C.S.A.; ZIMMER, P.D.; AMARAL, A. dos S. Reflexos do mecanismo de ação de herbicidas na qualidade fisiológica de sementes e na atividade enzimática em plântulas de arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, v.28, p.151-160, 2006.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO.

Instrução Normativa Nº 45, de 17 de setembro de 2013. **2013.**

MARCA, V.; PROCÓPIO, S.O.; SILVA, A.G.; VOLF, M. Chemical control of glyphosate-resistant volunteer maize. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.14, p.103-110, 2015.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. ed. 5. Londrina: Abrates. 2015, 659p.

MAUAD, M.; SILVA, T.L.B., ALMEIDA NETO, A.I.; ABREU, V.G. Influência da densidade de semeadura sobre características agronômicas na cultura da soja. **Revista Agrarian**, v.3, p.175–181. 2010.

MARQUARDT, P.T.; TERRY, R.; KRUPKE, C.H.; JOHNSON, W.G. Competitive effects of volunteer Corn on hybrid corn growth and yield. **Weed Science**, v.60, p.537-541, 2012.

MEDD, R. W.; VAN DE VEN, R.J.; PICKERING, D.; NORDBLOM, T. Determination of environment specific dose-response relationships for clodinafoppropargyl on *Avena* spp. **Weed Research**, v.41, p.351-368, 2001.

MELHORANÇA, A. L. Seletividade dos herbicidas diclosulam, flumetsulam e cloransulam em diversas cultivares de soja. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.1, p.119-122, 2000.

MILLER, M.; NORSWORTHY, J. Influence of Soil Moisture on Absorption, Translocation, and Metabolism of Florpyrauxifen-benzyl. **Weed Science**, v.66, p.418-423. 2018.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYŻANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA-NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. ABRATES, Cap. 2, p.9-13. 1999.

OLIVEIRA, A.R.; FREITAS, S.P.; VIEIRA, H.D. Controle de *Commelina benghalensis*, *C. erecta* e *Tripogandra diuretica* na cultura do café. **Planta Daninha**, v.27, p.823-830, 2009.

OLIVEIRA JR, R.S; Mecanismo de ação de herbicidas. In: OLIVEIRA JR, R.S; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Editora omnipax, Cap. 7. p.141-192, 2011.

PÁDUA, G.; P. ZITO, R. K.; ARANTES, N. E.; FRANÇA NETO, J. B. Influência do tamanho da semente na qualidade fisiológica e na produtividade da cultura da soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, p.009-016, 2010.

PERBONI, L.T.; AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L.; CECHIN, J.; ZANDONÁ, R.R.; FARIAS, H.S. Produtividade, germinação e resíduo de herbicidas em sementes de trigo dessecado na pré-colheita. **Journal of Seed Science**, v.40, p.304-312, 2018.

PETTER, F.A.; SIMA, V.M.; FRAPORTI, M.B.; PEREIRA, C.S.; PROCÓPIO, S.O.; SILVA, A.F. Volunteer RR[®] corn management in roundup ready[®] soybean-corn succession system. **Planta Daninha**, v.33, p.119-128, 2015.

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

PIASECKI, C.; RIZZARDI, M.A. Economic threshold of volunteer corn GR[®] in soybean as a function of emergence time and origin of corn. **Planta Daninha**, v.36, no prelo, 2018.

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

REDDY, S.S.; STAHLMAN, P.W.; GEIER, P.W. Pyroxsulam and chlorpyrifos applied the same day injures wheat. **Crop Management**, v.11, p.64-670, 2012.

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

SANTOS, M.R.; DEUNER, C.; MENEGHELLO, G.E.; ALMEIDA, A.S.; SOARES, V.N.; TUNES, L.M. Dados históricos da produção de sementes de soja e trigo em uma cooperativa agrícola do estado do Paraná. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.10, p 25-30, 2016.

SILVA, A.F.; FERREIRA, E.A.; CONCENÇO, G.; FERREIRA, F.A.; ASPIAZU, I.; GALON, L.; SEDIYAMA, T.; SILVA, A.A. Densidades de plantas daninhas e épocas de controle sobre os componentes de produção da soja. **Planta Daninha**, v. 26, p. 65-71, 2008.

SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉN, A. **Soja do plantio à colheita**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa: Editora Universitária, 2015.

SBCPD – Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. SBCPD, 1995. 42p.

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

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; M. MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888p.

TUNES, L.M.; OLIVO, F.; BADINELLI, P.G.; CANTOS, A.; BARROS A.C.S.A. Testes de vigor em sementes de aveia branca. **Revista da FZVA**. v.15, p.94-106. 2008.

VARGAS, L.; ROMAN, E.S. Seletividade e eficiência de herbicidas em cereais de inverno. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.4, p.110, 2005.

VARGAS, L.; BIANCHI, M.A.; RIZZARDI, M.A.; AGOSTINETTO, D.; DAL MAGRO, T. Buva (*Conyza bonariensis*) resistente ao glyphosate na região sul do Brasil. **Planta Daninha**, v.25, p.573-578, 2007.

VENSKE, E.; SCHAEGLER, C.E.; BAHRY, C.A.; CAMARGO, T.O.; ZIMMER, P.D. Fatores abióticos sobre o efeito de herbicidas na qualidade fisiológica de sementes de arroz. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, p.818-825, 2015.

VIAN, A.L.; SANTI, A.L.; AMADO, T.J.C.; CHERUBIN, M.R.; SIMON, D.H. DAMIAN, J.M.; BREDEMEIER, C. Variabilidade espacial da produtividade de milho irrigado e sua correlação com variáveis explicativas de planta. **Ciência Rural**, v.46, p.464-471, 2016.

VIDAL, R.A. Herbicidas: **Mecanismos de ação e resistência de plantas**. Porto Alegre: R. A. Vidal, 1997. 165 p.

VOLLMANN J, WAGENTRISTL H & HARTL W. The effects of simulated weed pressure on early maturity soybeans. **European Journal of Agronomy**, v.32, p.243-248, 2010.

ZANDONÁ, R.R.; AGOSTINETTO, D.; SILVA, B.M.; RUCHEL, Q.; FRAGA, D.S. Interference periods in soybean crop as affected by emergence times of weeds. **Planta Daninha**. v.36, no prelo, 2018.

YU, Q.; POWLES, S.B. Resistance to AHAS inhibitor herbicides: current understanding. **Pest Management Science**, v.70, p.1340-1350, 2014.

ZOBIOLE, L.H.S.; AUGUSTO, K. Efficacy of halauxifen-methyl formulations to control volunteer soybean DAS-444Ø6-6 (Enlist E3TM) **Revista Brasileira de Herbicidas** v.16, p.192-197, 2017.

VITA

Alcimar Spindola Mazon é filho de Odemir Cataneo Mazon e Angelina Spindola Mazon. Nasceu em 13 de dezembro de 1991, no Município de Orleans, Santa Catarina. Concluiu o ensino médio na Escola de Educação Básica Walter Holthausen em Lauro Muller/SC, no ano de 2009. No ano de 2010 ingressou no curso de Agronomia no Centro Universitário Barriga Verde –UNIBAVE, onde colou grau no ano de 2015. No período de 2016 a 2017 trabalhou como assistente técnico de vendas e desenvolvimento de mercado de sementes de milho no litoral Sul do Estado de Santa Catarina através da empresa Dow AgroSciences. Em 2017, iniciou o curso de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, em Capão do Leão/RS.