

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade



Dissertação

Resposta de *Lolium multiflorum* Lam. aos herbicidas inibidores
da enzima ACCase

Diego Severo Fraga

Pelotas, 2012

DIEGO SEVERO FRAGA

**RESPOSTA DE *Lolium multiflorum* Lam. AOS HERBICIDAS INIBIDORES DA
ENZIMA ACCase**

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

Orientador: Dr. Leandro Vargas

Coorientador: Dr. Dirceu Agostinetto

Pelotas, 2012

Banca examinadora:

Taísa Dal Magro, Dra.

Carlos Eduardo Schaedler, Dr.

Dirceu Agostinetto, Dr.

Leandro Vargas, Dr.
(Orientador)

Aos meus pais Sérgio e Nora Lúcia;
Aos meus irmãos Douglas e Marja;
À minha namorada Camila.

OFEREÇO E DEDICO

Agradecimentos

A Deus, pelo dom da vida e pela força, coragem e perseverança para trilhar este caminho.

Aos meus pais e meus irmãos que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

À minha namorada Camila Nemeci Rodrigues que esteve presente em todos os momentos, pelo amor, confiança e incentivo.

Ao Professor Leandro Vargas, exemplo de competência e profissionalismo, pela paciência na orientação, ensinamentos, incentivo, amizade e confiança.

Ao Professor Dirceu Agostinetto, pela disponibilidade e paciência que sempre manifestou em ajudar-me, ensinamentos e amizade.

À minha madrinha Rita de Cássia Fraga Damé pela força e incentivo na realização da Pós-Graduação.

Aos Professores Luis Antonio de Avila, Jesus Juarez de Oliveira Pinto, Roberta Manica Berto e Beatriz Rocha pelo apoio e auxílio na etapa inicial da pesquisa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade pela oportunidade de realização do curso e aos professores que contribuíram para minha formação.

À Associação Brasileira de Ação a Resistência de Plantas aos Herbicidas (HRAC-BR) e ao Centro Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de mestrado.

Aos meus colegas e amigos Ananda Scherner, Angela Bundt, Carla Zemolin, Carlos Schaedler, Diecson da Silva, Fabio Schreiber, Guilherme Cassol, João Paulo Refatti, José Matheus Betemps, Leonard Pivetta, Leonardo Santos, Luis Fernando Martini, em especial a André Ulguim, Camila Tarouco, Cláudia Oliveira, Franciele Mariani, Marcos Nohatto, Nixon Westendorff, Rafael Negretti e Rafael Rubin pela

amizade, incentivo, auxílio na execução dos trabalhos e pelos momentos de convívio.

Aos estagiários e bolsistas: Ana Claudia Langaro, Bruno Monks, Daniela Tessaro, Geison Aisenberg, Lais Perboni, Lucas Thurmer, Marcelo Timm, Sandro Piesanti, Thiago Duarte e Vinicius Zimmer pela amizade e auxílio na execução dos experimentos.

A todos os que contribuíram para a realização deste trabalho.

Resumo

FRAGA, Diego Severo. **Resposta de *Lolium multiflorum* Lam. aos herbicidas inibidores da enzima ACCase.** 2012. 77f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

O azevém é uma planta daninha de ciclo anual, encontrada em praticamente todas as lavouras de inverno, em pomares e vinhedos da região Sul do Brasil. A espécie é normalmente controlada pelo herbicida glyphosate, no entanto, o uso continuado desse produto selecionou biótipos resistentes. O manejo com herbicidas inibidores da enzima acetil Coenzima A carboxilase (ACCase) é a principal alternativa para o controle dessas espécies, o qual não tem sido satisfatório em alguns locais, provocando a suspeita de que estejam sendo selecionados biótipos resistentes a este grupo de herbicidas. Assim, o objetivo da pesquisa foi avaliar a distribuição dos biótipos de azevém resistentes aos herbicidas inibidores da enzima ACCase no Rio Grande do Sul (RS); avaliar, por meio de curvas de dose-resposta, biótipos de azevém resistente e suscetível ao herbicida fluazifop; estimar o valor adaptativo de biótipo suscetível e resistente ao fluazifop; e, investigar a habilidade competitiva desses biótipos entre si e com a cultura do trigo. Para isso, sementes de plantas de azevém que sobreviveram a aplicações de inibidores da enzima ACCase foram coletadas em lavouras na região norte do RS, totalizando 80 municípios. Os resultados demonstraram que existem biótipos de azevém resistentes ao herbicida fluazifop quando aplicado na dose máxima de 125g i.a.ha⁻¹ e estágio indicado pelo fabricante. Os biótipos de azevém apresentam diferentes níveis de resistência ao herbicida, sendo que o biótipo de azevém TUC 11 apresenta resistência de nível baixo ao herbicida fluazifop. Na avaliação de habilidade competitiva e valor adaptativo verificou-se que os biótipos de azevém suscetível e com resistência de nível baixo, em geral, apresentam valores similares para estas variáveis. A cultura do trigo, cultivar FUNDACEP Horizonte, em geral, apresentou maior habilidade competitiva que o biótipo com nível baixo de resistência e equivalente ao suscetível.

Palavras-chave: Azevém. Fluazifop. Resistência de nível baixo.

Abstract

FRAGA, Diego Severo. **Response of *Lolium multiflorum* Lam to ACCase enzyme inhibitors herbicides**. 2012. 77f. Master of Plant Protection - Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Ryegrass is an annual cycle weed, found in virtually all winter crops, orchards and vineyards of Southern Brazil. The species is usually controlled by glyphosate, however, continued use of the product selected resistant biotypes. The managing with acetyl Coenzyme A carboxylase (ACCase) enzyme inhibiting herbicides is the main alternative to control these species, which has not been satisfactory in some places, causing suspicion of being selected biotypes that are resistant to this herbicide group. The objective of this research was to evaluate the distribution of ryegrass biotypes resistant to ACCase enzyme inhibitors herbicides in Rio Grande do Sul (RS); assess by means of dose-response curves ryegrass biotypes resistant and susceptible to the herbicide fluazifop; estimate the fitness cost of susceptible and resistant biotype to fluazifop, and to investigate the competitive ability of these biotypes among themselves and with the wheat crop. Thus, seeds of ryegrass plants that survived applications of ACCase enzyme inhibitors were collected from farms in Northern RS, comprising 80 towns. The results showed that there were ryegrass resistant biotypes to the herbicide fluazifop when applied at the maximum dose of 125g a.i.ha⁻¹ and stage specified by the manufacturer. Ryegrass biotypes have different levels of herbicide resistance, and the biotype of ryegrass TUC 11 has low-level resistance to the herbicide fluazifop. In the assessment of competitive ability and fitness cost it was found that the susceptible ryegrass and low level resistance, in general, have similar values for these variables. Wheat cultivar FUNDACEP Horizonte, in general, showed greater competitive ability than the low level resistance biotype and equivalent to the susceptible.

Key words: Ryegrass. Fluazifop. Low level Resistance.

Lista de Figuras

Figura 1	Localização geográfica dos municípios onde foi realizada coleta de sementes de plantas de azevém com suspeita de resistência aos herbicidas inibidores da enzima ACCase no Estado do Rio Grande do Sul. Adaptado de Geolive - Mapas temáticos RS, 2011.....	23
Figura 2	Localização geográfica dos 43 municípios onde ocorreram biótipos de azevém resistente aos inibidores da ACCase no Estado do Rio Grande do Sul. Mapa adaptado de Geolive - Mapas temáticos RS, 2011.....	31
Figura 3	Controle (%) de biótipos de <i>Lolium multiflorum</i> resistente e suscetível, em função da aplicação de diferentes doses do herbicida fluazifop, avaliado aos 7 dias após o tratamento (DAT). FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2011.....	38
Figura 4	Controle (%) de biótipos de <i>Lolium multiflorum</i> resistente e suscetível, em função da aplicação de diferentes doses do herbicida fluazifop, avaliado aos 14 dias após o tratamento (DAT). FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2011.....	39
Figura 5	Controle (%) de biótipos de <i>Lolium multiflorum</i> resistente e suscetível, em função da aplicação de diferentes doses do herbicida fluazifop, avaliado aos 21 dias após o tratamento (DAT). FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2011.....	39
Figura 6	Controle (%) de biótipos de <i>Lolium multiflorum</i> resistente e suscetível, em função da aplicação de diferentes doses do herbicida fluazifop, avaliado aos 28 dias após o tratamento (DAT). FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2011.....	40
Figura 7	Matéria seca da parte aérea (%) de biótipos de <i>Lolium multiflorum</i> resistente e suscetível, em função da aplicação de diferentes doses do herbicida fluazifop, avaliada aos 28 dias após o tratamento. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2011.....	43

Figura 8	Estatura dos biótipos de <i>Lolium multiflorum</i> com resistência de nível baixo e suscetível ao herbicida fluazifop, avaliada dos 10 aos 90 dias após a emergência. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2011.....	54
Figura 9	Área foliar dos biótipos de <i>Lolium multiflorum</i> com resistência de nível baixo e suscetível ao herbicida fluazifop, avaliada dos 10 aos 90 dias após a emergência. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2011.....	55
Figura 10	Matéria seca da parte aérea média dos biótipos de <i>Lolium multiflorum</i> com resistência de nível baixo e suscetível ao herbicida fluazifop, avaliada dos 10 aos 90 dias após a emergência. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2011.....	56
Figura 11	Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para área foliar e matéria seca de plantas de trigo e azevém suscetível, FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2011.....	58
Figura 12	Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para área foliar e matéria seca de plantas de trigo e azevém com resistência de nível baixo, FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2011.....	61
Figura 13	Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para área foliar e matéria seca de plantas de azevém com resistência de nível baixo e azevém suscetível, FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2011.....	62

Lista de Tabelas

Tabela 1	Localização e resposta (0=suscetível ou 1=resistente) de biótipos de <i>Lolium multiflorum</i> em função da aplicação de 125g i.a.ha ⁻¹ de fluazifop avaliado visualmente aos 28 dias após o tratamento (DAT). FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2010.....	25
Tabela 2	Valores de C ₅₀ com intervalos de confiança (IC) e fator de resistência dos biótipos de <i>Lolium multiflorum</i> resistente e suscetível, em resposta a aplicação de diferentes doses do herbicida fluazifop, avaliado aos 7, 14, 21 e 28 dias após o tratamento (DAT). FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2011.....	42
Tabela 3	Valores de GR ₅₀ com intervalos de confiança (IC) e fator de resistência dos biótipos de <i>Lolium multiflorum</i> resistente e suscetível, em resposta a aplicação de diferentes doses do herbicida fluazifop, avaliado aos 28 dias após o tratamento (DAT). FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2011.....	44
Tabela 4	Diferenças relativas de produtividade para as variáveis área foliar e matéria seca da parte aérea; e produtividade relativa total, nas proporções de plantas 75:25, 50:50 e 25:75 de biótipos de azevém suscetível e com resistência de baixo nível ao herbicida fluazifop, competindo entre si e com trigo cultivar FUNDACEP Horizonte. UFPeI, Capão do Leão-RS, 2011.....	59
Tabela 5	Resposta de biótipos de azevém suscetível e com resistência de nível baixo ao herbicida fluazifop, competindo entre si e com trigo cultivar FUNDACEP Horizonte. UFPeI, Capão do Leão-RS, 2011.....	63
Tabela 6	Índices de competitividade entre biótipos de azevém suscetível e com resistência de nível baixo ao herbicida fluazifop, competindo entre si com trigo cultivar FUNDACEP Horizonte, expressos por competitividade relativa (CR) e coeficientes de agrupamento relativo (K) e de competitividade (C). UFPeI, Capão do Leão-RS, 2011.....	65

Sumário

1 Introdução.....	12
2 Capítulo I - Distribuição geográfica de azevém resistente a herbicidas inibidores da enzima ACCase no Estado do Rio Grande do Sul.....	20
2.1 Introdução.....	20
2.2 Material e Métodos.....	22
2.3 Resultados e discussão.....	24
2.4 Conclusões.....	33
3 Capítulo II - Resistência de biótipo de azevém ao herbicida fluazifop-p-butyl no Estado do Rio Grande do Sul.....	34
3.1 Introdução.....	34
3.2 Material e Métodos.....	36
3.3 Resultados e discussão.....	38
3.4 Conclusão.....	46
4 Capítulo III - Valor adaptativo de biótipos de <i>Lolium multiflorum</i> Lam com resistência de nível baixo e suscetível ao herbicida fluazifop e habilidade competitiva com a cultura do trigo.....	47
4.1 Introdução.....	47
4.2 Material e Métodos.....	49
4.3 Resultados e discussão.....	53
4.4 Conclusões.....	66
5 Conclusões.....	67
6 Referências.....	68
Vita.....	77

1 Introdução

O manejo das plantas daninhas representa prática importante nos sistemas de produção agrícola que buscam manter elevada a produtividade dos cultivos, sendo o controle químico com herbicidas a tecnologia mais utilizada. O uso de herbicidas é atribuído principalmente à eficiência e uniformidade de controle das espécies daninhas, amplo espectro de ação, possibilidade de controle em extensas áreas e baixo custo, quando comparado a outros métodos de controle (DAL MAGRO, 2009). Contudo, o uso de herbicidas deve ser integrado a outros métodos de controle, para evitar a seleção de espécies daninhas resistentes a esses produtos (VARGAS et al., 2011).

As plantas daninhas apresentam ampla variabilidade genética, que permite sua adaptação ao manejo utilizado para seu controle (HOLT; HOCHBERG, 1997). Sendo assim, devido à utilização intensiva de herbicidas, as comunidades de plantas daninhas, infestantes dos agroecossistemas, criaram mecanismos de resposta ao distúrbio, como por exemplo, resistência a determinados mecanismos de ação herbicida. Essa resposta é provocada pela pressão de seleção imposta pelos herbicidas, por meio da mudança na flora específica (tolerância) ou selecionando populações de biótipos resistentes (LÓPEZ-OVEJERO, 2006).

A resistência refere-se à capacidade inerente e herdável de um biótipo, dentro de determinada população, de sobreviver e se reproduzir após exposição à dose recomendada do herbicida, que normalmente é letal à população suscetível da mesma espécie (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO, 2008). Já, tolerância representa a capacidade inata da população em sobreviver e se reproduzir após o tratamento herbicida, mesmo sofrendo dano. Essa característica relaciona-se à variabilidade genética natural da espécie (VARGAS; ROMAN, 2006). Por sua vez,

suscetível é aquela planta que apresenta alterações no crescimento e no desenvolvimento como resultado da sua incapacidade de suportar a ação do herbicida (VARGAS et al., 1999).

O primeiro caso de resistência registrado mundialmente ocorreu em *Daucus carota* ao herbicida 2,4-D, no ano de 1952, no Canadá, seguida de *Commelina diffusa* em 1957, nos Estados Unidos, resistente ao mesmo herbicida. No Brasil, identificaram-se os primeiros casos de resistência na espécie *Euphorbia heterophylla* aos herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS). O uso continuado de herbicidas aumentou, em curto espaço de tempo, o número de espécies resistentes, sendo que atualmente existem relatos de 372 biótipos, pertencentes a 201 espécies, das quais 116 são magnoliopsidas e 85 são liliopsidas (HEAP, 2012).

Além da utilização intensiva e repetida do mesmo herbicida ou de herbicidas com o mesmo mecanismo de ação, outros fatores, como a capacidade de sobrevivência, a fecundidade e a habilidade competitiva, também podem favorecer a seleção de biótipos de plantas daninhas resistentes (MAXWELL; ROUSH; RADOSEVICH, 1990). Dessa forma, algumas espécies apresentam maior ou menor potencial de causar problemas com relação à resistência.

Dentre as espécies com resistência aos herbicidas destaca-se o azevém (*Lolium multiflorum* Lam), planta alógama pertencente à família Poaceae. É uma importante forrageira hiberna, produzindo até 25 toneladas de massa verde por hectare e possuidora de elevada tolerância ao pastejo, permitindo cortes sucessivos (BOLDRINI; LONGHI-WAGNER; BOECHAT, 2008). Desde que ocorra a produção de semente no fim do ciclo, proporciona a renovação natural da pastagem, no ano seguinte (KISSMANN, 2007). Por outro lado, o azevém pode se tornar infestante de culturas, principalmente de cereais de inverno, como trigo e cevada.

O azevém compete pelos recursos disponíveis no meio, como água, luz, CO₂ e nutrientes, o que altera a expressão do potencial produtivo das culturas e também dificulta a expansão da área cultivada, além de causar interferência no crescimento e desenvolvimento e reduzir a produtividade de grãos (NUNES et al., 2007). Estudos demonstraram que uma planta de azevém por metro quadrado diminui a produtividade do trigo em 7,5kg ha⁻¹ (KISSMANN, 2007).

A espécie se adapta bem a solos de baixa e média fertilidade, com boa resposta à adubação, de fácil dispersão e, por isso, está presente e caracteriza-se

como planta daninha em praticamente todas as lavouras de inverno, em pomares e em vinhedos da região Sul do Brasil (VARGAS; MORAES; BERTO, 2007). A palha de azevém possui elevado potencial em suprimir a emergência e o crescimento de plantas daninhas estivais (BALBINOT JR; BIALESKI; BACKES, 2005), uma vez sobre o solo, dificulta a emergência e/ou crescimento de várias espécies daninhas devido ao efeito físico, ao sombreamento, à redução da amplitude térmica do solo, ao aumento da população de microrganismos que podem afetar/infectar diásporos de plantas daninhas e à liberação de aleloquímicos (TREZZI; VIDAL, 2004; SOUZA et al., 2006).

O controle de azevém é normalmente realizado pela aplicação de herbicidas não seletivos em diferentes estádios fenológicos. O herbicida glyphosate, devido a sua eficiência combinado ao custo baixo, é o herbicida mais utilizado (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO, 2003). Assim, evidencia-se o uso repetido do herbicida, prática que pode selecionar biótipos resistentes de plantas daninhas preexistentes na população (POWLES; HOLTUM, 1994).

Como alternativa para o controle de biótipos resistentes ao herbicida glyphosate são utilizados os herbicidas inibidores da enzima acetil Coenzima A carboxylase (ACCase). Estes são usados principalmente em culturas magnoliopsidas, uma vez que controlam apenas espécies poaceas (VIDAL; MEROTTO JR., 2001).

Os herbicidas inibidores da ACCase foram introduzidos no mercado na década de 70, e tornaram-se amplamente utilizados para controle de plantas daninhas liliopsidas na agricultura mundial. Tais herbicidas dividem-se nos grupos químicos aryloxyphenoxypropionate, cyclohexanodione e phenylpyrazolines (POWLES; YU, 2010). Tais herbicidas inibem a formação de lipídios, os quais compõem de 5 a 10% da matéria seca do vegetal (VIDAL; MEROTTO JR., 2001). Os herbicidas inibidores de ACCase atuam na inibição da enzima, impedindo a ligação dessa com o CO₂, que posteriormente é transferido para o grupamento acetil-CoA, reação necessária à síntese de lipídios pela planta (TREZZI et al., 2007). Os principais sintomas promovidos pela ação desses herbicidas são: paralisação do crescimento seguido pela clorose foliar uma a três semanas após aplicação. Os meristemas próximos aos entrenós sofrem descoloração, ficam marrons e desintegram-se (VENCILL, 2007).

A seletividade dos inibidores da ACCase ocorre através da rápida metabolização ou por insensibilidade da enzima. Em liliopsidas tolerantes a esses herbicidas, como o trigo ao diclofop-methyl e ao clodinafop-propargyl; e o arroz ao cyhalofop e ao profoxidim, a tolerância se dá pela rápida metabolização. Já, em magnoliopsidas essa tolerância se dá pela insensibilidade da enzima ACCase (VIDAL; MEROTTO JR., 2001).

As primeiras espécies resistentes aos herbicidas inibidores da ACCase foram *Lolium rigidum* e *Alopecurus myosuroides*, registradas no ano de 1982, na Austrália e no Reino Unido, respectivamente, sendo que atualmente há registro de 41 espécies resistentes em todo o mundo. No Brasil, o primeiro caso de resistência a herbicidas inibidores da ACCase ocorreu no ano de 1997, para a espécie *Brachiaria plantaginea*. Esses herbicidas apresentam alta especificidade entre herbicida e enzima alvo, característica que favorece a seleção de plantas daninhas resistentes. O azevém apresenta resistência a seis grupos químicos no mundo e, no Brasil apresenta resistência a inibidores da 5-enolpiruvilshikimato-3-fosfato sintase (EPSPs), ALS e ACCase (HEAP, 2012).

O surgimento de biótipos resistentes é decorrente de diferentes mecanismos de resistência, que podem decorrer da alteração ou não do local de ação do herbicida (POWLES; PRESTON, 2006; POWLES; YU, 2010). O mecanismo de resistência por local de ação alterado pode ocorrer pela troca de um ou mais aminoácidos na enzima alvo, que impede o correto acoplamento do herbicida, ou ainda, super expressão da enzima alvo (POWLES; YU, 2010).

Por outro lado, quando o mecanismo de resistência não é relacionado à alteração do local de ação, uma ou mais formas atuam impedindo que o herbicida chegue em quantidades letais no ponto de inibição, impedindo sua inibição completa (POWLES; YU, 2010). Estes mecanismos envolvem a diminuição da absorção e/ou da translocação dos herbicidas, aumento das taxas de metabolismo ou sequestro do herbicida (DINELLI et al., 2008; FENG et al., 2004; PEREZ-JONES et al., 2007; POWLES; YU, 2010).

Em geral, dois mecanismos conferem resistência aos herbicidas inibidores da ACCase. O primeiro é a alteração no local de ação, que ocorre devido a mutação da enzima ACCase. O segundo é metabolização, que permite que a planta detoxifique o herbicida (DELYE, 2005). O mais comum de ocorrer é a alteração no

local de ação que já foi relatado em várias espécies de poaceas incluindo *Lolium* spp. (GRONWALD et al., 1992; TARDIF; HOLTUM; POWLES, 1993).

A comprovação científica da resistência de populações de plantas daninhas aos herbicidas pode ser feita através de ensaios de campo, casa-de-vegetação e laboratório. Na literatura encontram-se casos de detecção de resistência confirmados através do método de curvas de dose resposta. Estas normalmente são representadas por modelos não lineares, como log-logísticos, que utilizam parâmetros que são biologicamente significativos quando aplicados à resposta de plantas à herbicidas (SEEFELDT; JENSEN; FUERST, 1995).

Com o uso de modelos log-logísticos, é possível estimar a dose necessária para controlar 50% da população (C_{50}) e/ou reduzir 50% da produção de matéria seca da parte aérea (GR_{50}). Esses dados permitem, também, determinar o fator de resistência (FR), calculado pela divisão dos valores da C_{50} ou GR_{50} do biótipo resistente pelos correspondentes ao do biótipo suscetível, expressando os números de vezes em que a C_{50} ou a GR_{50} do biótipo resistente são superiores as do biótipo suscetível (HALL; STROME; HORSMAN, 1998).

A comparação do valor adaptativo ou adaptabilidade ecológica e habilidade competitiva do biótipo resistente em relação ao suscetível são fatores que podem influenciar de forma significativa na taxa de evolução da resistência e/ou frequência inicial, ou mesmo na manutenção da proporção de plantas resistentes dentro da população quando da ausência da pressão de seleção do herbicida (JASIENIUK; BRÛLÉ-BABEL; MORRISON, 1996). O valor adaptativo do biótipo refere-se ao sucesso evolutivo que combina as características de sobrevivência e reprodução (HOLT; RADOSEVICH, 1983), ou seja, a capacidade que o biótipo possui, dentro da população de plantas daninhas, em manter ou aumentar sua proporção ao longo do tempo (CHRISTOFFOLETI; WESTRA; MOORE, 1997).

O valor adaptativo é difícil de ser avaliado, pois existem problemas na experimentação, como: i) a escolha das populações a serem comparadas; ii) condições experimentais em que os biótipos resistente e suscetível são comparados, e; iii) variáveis avaliadas (JASIENIUK; BRÛLÉ-BABEL; MORRISON, 1996).

Para comparar o valor adaptativo entre biótipos resistentes e suscetíveis, frequentemente são utilizadas, as taxas de germinação, crescimento e produção de

sementes, detectando assim possíveis diferenças funcionais e estruturais entre biótipos (HOLT; RADOSEVICH, 1983). Além desses estudos, é importante avaliar a habilidade competitiva dos biótipos (WARWICK; BLACK, 1994), pois os biótipos mais adaptados são normalmente mais competitivos e capazes de aumentar sua proporção ao longo do tempo, eliminando, assim, os indivíduos menos aptos a ocupar determinado nicho ecológico (CHRISTOFFOLETI; WESTRA; MOORE, 1997).

Nos casos em que haja diferença em competitividade entre os biótipos resistente e suscetível, técnicas culturais como aumento do número de plantas da cultura por área e/ou redução do espaçamento entre fileiras, podem ser utilizadas para alterar o crescimento daqueles. Dessa forma, o conhecimento de tais características, bem como do comportamento bioecológico da espécie, torna-se necessário para estabelecer estratégias de manejo adequadas, com atuação tanto na prevenção ao surgimento da resistência, como no manejo das populações de plantas daninhas tolerantes (VARGAS; BORÉM; SILVA, 2009).

O azevém constituí-se em uma das principais plantas daninhas da cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.), o qual também é uma liliopsida anual pertencente à família Poaceae. No Brasil, o trigo ocupa o terceiro lugar, sendo os maiores produtores de grãos o milho e o arroz (CONAB, 2012). O cultivo de trigo vem aumentando em vários países do mundo; no Brasil, a cultura tem se expandido para Estados onde antes não era comum sua presença, como por exemplo, Bahia e Goiás. O Brasil produz em torno de 5,8 milhões de toneladas por ano, para um consumo de aproximadamente 10 milhões de toneladas (CONAB, 2012).

A competição entre plantas é um exemplo de interação negativa, na qual os indivíduos envolvidos disputam recurso(s) que se encontra(m) em suprimento escasso, resultando em prejuízo mútuo ao crescimento (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 1997). Isto ocorre quando um (ou mais) dos recursos necessários ao desenvolvimento e crescimento delas se encontra em quantidade limitada para atender às necessidades de todos os indivíduos presentes no meio. Pode ocorrer competição intra e/ou interespecífica - uma podendo ser mais representativa que a outra, dependendo do nicho que cada espécie ocupa no ecossistema que dividem (PASSINI, 2001).

Plantas vizinhas tendem a ocupar o mesmo nicho ecológico, disputando acirradamente os recursos (FLECK et al., 2009). Entretanto, em competição interespecífica, geralmente as espécies separam a ocupação do nicho no espaço e/ou no tempo. Quanto maior for a população de plantas da comunidade infestante, maior será a quantidade de indivíduos a disputar os recursos do meio e mais intensa será a competição exercida na cultura. Além disso, espécies que sejam morfológica e/ou fisiologicamente próximas costumam apresentar exigências semelhantes em relação aos recursos, tornando mais intensa a competição (SILVA; DURIGAN, 2006).

Os efeitos da competição de plantas daninhas com a cultura do trigo geralmente são avaliados por meio do decréscimo de produtividade e/ou pela redução no crescimento da planta cultivada. De modo geral, as perdas de produtividade decorrentes da competição entre plantas costumam ser mais acentuadas quanto mais semelhantes forem os indivíduos, alcançando estresse máximo dentro da mesma espécie (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 1997). A competição entre trigo e azevém ocorre, principalmente, pelos recursos necessários à sobrevivência e reprodução, como água, luz, CO₂ e nutrientes (PAULA et al., 2011), (NUNES et al., 2007).

Para determinar as interações competitivas entre plantas daninhas e culturas têm sido utilizados vários métodos, abrangendo os fatores população, proporção de espécies e arranjo espacial (RADOSEVICH, 1987) em quatro tipos gerais de experimentos: aditivo, sistemático, superfície de resposta e série substitutiva. Os experimentos em série de substituição são os mais utilizados para a determinação das relações de competição, pois possibilitam o estudo da competição inter e intra-específica (ROUSH et al., 1989).

Diante disso, o trabalho teve como hipóteses gerais que existem biótipos de azevém resistentes aos herbicidas inibidores da enzima ACCase no Estado do Rio Grande do Sul; o biótipo resistente necessita de quatro vezes a dose recomendada para controle; o biótipo suscetível apresenta valor adaptativo igual ao do biótipo resistente; o trigo apresenta habilidade competitiva superior aos biótipos de azevém resistente e suscetível a herbicidas inibidores da enzima ACCase; e, o biótipo resistente a herbicidas inibidores da enzima ACCase tem maior habilidade competitiva comparativamente ao suscetível.

Os objetivos da pesquisa foram avaliar a distribuição de populações de azevém resistentes aos herbicidas inibidores da enzima ACCase no Estado do Rio Grande do Sul; determinar a dose do herbicida fluazifop necessária para reduzir em 50% a população (C_{50}) e o acúmulo de massa seca (GR_{50}) de biótipos de azevém resistente e suscetível; estimar o valor adaptativo de biótipos de azevém suscetível e resistente aos inibidores da ACCase; e, investigar a habilidade competitiva entre biótipos de azevém resistente e suscetível a herbicidas inibidores da enzima ACCase e desses com o trigo.

2 CAPÍTULO I - Distribuição geográfica de azevém resistente a herbicidas inibidores da enzima ACCase no Estado do Rio Grande do Sul.

2.1 Introdução

O controle de plantas daninhas tem sido realizado basicamente pelo uso de herbicidas, em virtude de menor custo e maior eficiência quando comparado a outros métodos de controle. Em função da utilização intensiva de herbicidas, tem-se observado a seleção de biótipos de plantas daninhas resistentes. A resistência é definida como a capacidade inerente e herdável do biótipo, dentro de determinada população, de sobreviver e se reproduzir após exposição à dose recomendada do herbicida para controle da espécie, obedecidos os critérios de aplicação (estádio vegetativo indicado, condições de clima, entre outros) (GAZZIERO et al., 2009).

Dentre as diversas plantas daninhas que apresentam problemas de resistência destaca-se a espécie *Lolium multiflorum* Lam (azevém) (ROMAN et al., 2004). Esta espécie apresenta resistência a seis grupos químicos no mundo e, no Brasil, apresenta resistência a inibidores da 5-enolpiruvilshikimato-3-fosfato sintase (EPSPs), acetolactato sintase (ALS) e acetil Coenzima A carboxilase (ACCase) (HEAP, 2012).

O azevém é uma liliopsida anual, rústica, de folhas finas, adaptada às baixas temperaturas da região Sul do Brasil, desenvolvendo-se somente no inverno e na primavera. É uma excelente forrageira, produzindo até 25 toneladas de massa verde por hectare, uma vez que tolera o pisoteio e permite cortes sucessivos. Desde que ocorra a produção de sementes no fim do ciclo, proporciona a renovação natural da pastagem no ano seguinte. No entanto, pode se tornar infestante de culturas, principalmente de cereais de inverno, como trigo e cevada. Estudos demonstraram

que uma planta de azevém por metro quadrado diminui a produtividade do trigo em $7,5\text{kg ha}^{-1}$, ou diminui em 340g ha^{-1} a produção de trigo a cada kg ha^{-1} de matéria seca de azevém (KISSMANN, 2007).

O controle de azevém é normalmente realizado pela aplicação de herbicidas não seletivos, em diferentes estádios fenológicos. O herbicida glyphosate, devido a sua eficiência combinado ao custo relativamente baixo, é o herbicida mais utilizado (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO, 2003). Assim, evidencia-se o uso repetido do glyphosate, entretanto, essa prática pode selecionar biótipos resistentes de plantas daninhas preexistentes na população (POWLES; HOLTUM, 1994).

Como alternativa para o controle de biótipos de azevém resistentes ao glyphosate são utilizados os herbicidas inibidores da enzima ACCase. Estes herbicidas são usados principalmente em culturas magnoliopsidas, uma vez que controlam apenas espécies daninhas liliopsidas (VIDAL; MEROTTO JR., 2001). Entretanto, inibidores da ACCase, como diclofop-methyl e clodinafop-propargyl, apresentam seletividade também para culturas liliopsidas como o trigo (VENCILL, 2007) e, clefoxidim e cyalofop, para a cultura do arroz.

Dentre as medidas preconizadas para o manejo da resistência de plantas daninhas aos herbicidas, é essencial o monitoramento constante da lavoura, para identificar possíveis focos de resistência, sendo que as plantas suspeitas devem ser sistematicamente eliminadas (LAZAROTO; FLECK; VIDAL, 2008). Nesse contexto, o mapeamento dos casos de resistência pode auxiliar na determinação da área infestada, da gravidade do problema e na identificação de características climáticas ou de manejo que podem favorecer a ocorrência da resistência ou acelerar o processo de seleção de biótipos resistentes (ANDRES et al., 2007).

Diante disso, existe necessidade da realização de pesquisas para avaliar a resposta de populações de azevém aos herbicidas inibidores da enzima ACCase, permitindo assim, identificar os locais de ocorrência da resistência. O domínio dessas informações, associado ao conhecimento das características biológicas da espécie, auxiliará na tomada de decisão para adoção de estratégias de prevenção, manejo e controle da resistência do azevém pelos herbicidas.

O trabalho tem como hipótese de que existem biótipos de azevém resistentes aos herbicidas inibidores da enzima ACCase no Estado do Rio Grande do Sul.

O objetivo do estudo foi avaliar a distribuição geográfica dos biótipos de azevém resistentes aos herbicidas inibidores da enzima ACCase no Estado do Rio Grande do Sul.

2.2 Material e Métodos

Sementes de plantas de azevém que sobreviveram a aplicações de inibidores da enzima ACCase foram coletadas em lavouras na região norte do Estado do Rio Grande do Sul. Cada ponto amostrado correspondeu às sementes provenientes de uma planta, identificada por técnicos de cooperativas como plantas que sobreviveram aos herbicidas, sem a identificação da causa técnica para a falha no controle e, assim, a resistência passou a ser a possível causa. Esses pontos foram identificados por coordenadas geodésicas, através da utilização do *Global Positioning System* (GPS).

A coleta de sementes ocorreu entre os meses de outubro e dezembro de 2009, em propriedades localizadas dentro dos limites de atuação de 33 cooperativas de produtores e filiais, sediadas no Rio Grande do Sul. São elas: COASA – Água Santa, CAAL – Alegrete, COTRISUL – Caçapava do Sul, COTRICAMPO – Campo Novo, COAGRIL – Chapada, COTREL – Erechim, COTRIEL – Espumoso, COTAP – Giruá, COOPIBI – Ibiraiaras, COTRIBÁ – Ibirubá, COTRIJUÍ – Ijuí, COTRIJUC – Julio de Castilhos, CAMILA – Lagoa Vermelha, COTRIJAL – Não-Me-Toque, CAMNPAL – Nova Palma, COOTRIPAL – Panambi, COOPEROQUE – Salvador das Missões, COTRISANA – Sananduva, COOPERMIL – Santa Rosa, COTRIROSA – Santa Rosa, SANTIAGUENSE – Santiago, COTRISA – Santo Ângelo, COTRISAL – São Borja, CAMOL – São José do Ouro, COOPATRIGO – São Luiz Gonzaga, COTRISEL – São Sepé, COAGRISOL – Soledade, COTAPEL – Tapejara, COTRISOJA – Tapera, COTRIMAIO – Três de Maio, COMTUL – Tucunduva, AGROPAN – Tupanciretã e COOPerval – Vacaria. Os municípios assistidos pelas cooperativas estão apresentados na Fig. 1.

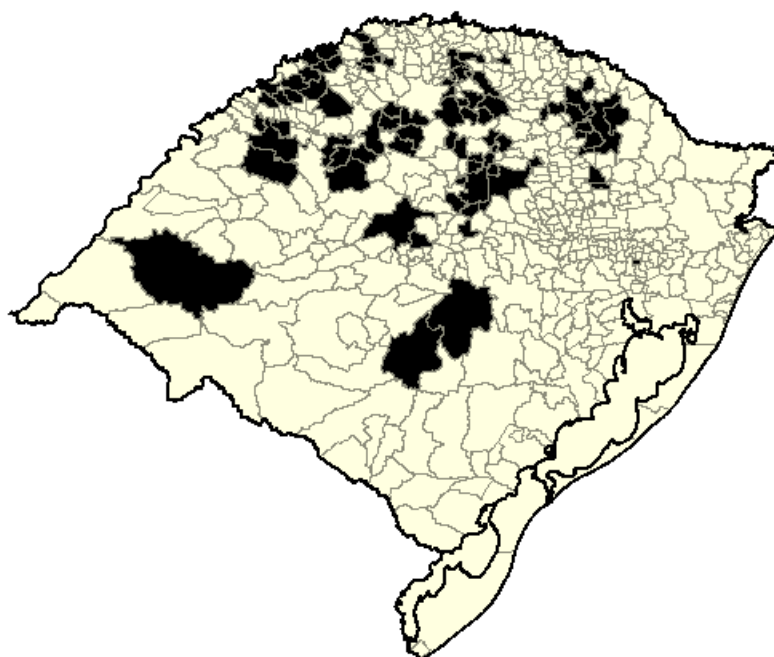


Figura 1 – Localização geográfica dos municípios onde foi realizada coleta de sementes de plantas de azevém com suspeita de resistência aos herbicidas inibidores da enzima ACCase no Estado do Rio Grande do Sul. Adaptado de Geolive - Mapas temáticos RS, 2011.

Foram coletadas um total de 267 amostras de sementes de 80 municípios. As sementes coletadas foram limpas, identificadas e selecionadas com o auxílio do diafanoscópio, o qual permite visualizar sementes vazias e cheias. Em seguida, foram armazenadas em câmara fria (15°C e 50% de umidade relativa) no Laboratório Didático de Análise de Sementes (LDAS) da Universidade Federal de Pelotas (UFPel) localizado no município de Capão do Leão – RS.

Para comprovar a ocorrência de resistência foi realizado experimento no período de maio à julho de 2010, em casa de vegetação do Centro de Herbologia (CEHERB) da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, da Universidade Federal de Pelotas (FAEM/UFPel), no município de Capão do Leão – RS. Os biótipos foram semeados em caixas de madeira, revestidas de lona plástica, contendo 2,70 m de comprimento, 30 cm de largura e 10 cm de profundidade. O espaçamento entre as linhas de semeadura foi de 10 cm, proporcionando a inclusão de 26 biótipos por caixa. Utilizou-se substrato orgânico e solo coletado do Centro Agropecuário da Palma, classificado como Planossolo Hidromórfico Eutrófico solódico (EMBRAPA, 2006). O método de superação da dormência foi o tratamento de pré-friagem,

realizado com a exposição das sementes a temperatura de 5 a 7 °C por período de cinco dias (RAS, 2009).

O delineamento experimental utilizado foi o completamente casualizado com uma repetição. Com isso, as caixas foram divididas em sub-parcelas, a fim de obterem-se as unidades experimentais. Quando as plantas de azevém se encontravam no estágio de desenvolvimento de três a quatro folhas, cada biótipo foi tratado com dois tratamentos herbicidas, obedecendo a dose recomendada dos inibidores da enzima ACCase: fluazifop (125g i.a.ha⁻¹) (AGROFIT, 2010) e pinoxaden (60g i.a.ha⁻¹). Para aplicação dos herbicidas foi utilizado pulverizador costal, pressurizado com CO₂, munido com bicos tipo leque e pontas 110.015 proporcionando volume de calda equivalente a 150L ha⁻¹.

A variável controle foi avaliada visualmente por dois avaliadores, aos 28 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT) sendo os biótipos identificados de acordo com a resposta aos herbicidas como suscetíveis ou resistentes, adotando-se escala binária onde zero (0) representou a morte das plantas (suscetível) e um (1) a ausência de sintomas (resistente). As plantas que sobreviveram foram cultivadas em casa de vegetação para a produção de sementes, as quais foram utilizadas em experimentos para caracterizar a resistência aos herbicidas inibidores da ACCase em resposta a diferentes doses do produto.

Os dados obtidos foram analisadas por estatística descritiva, procurando-se estabelecer relações entre a distribuição de casos de azevém com suspeita de resistência aos inibidores da enzima ACCase.

2.3 Resultados e Discussão

A análise dos dados mostrou que dos 267 biótipos, 72 (27%) apresentaram resistência ao herbicida fluazifop (tab. 1). Todos os biótipos testados mostraram suscetibilidade ao herbicida pinoxaden (dados não apresentados).

Neste experimento foram utilizadas as maiores doses recomendadas dos herbicidas fluazifop (125g i.a.ha⁻¹) (AGROFIT, 2010) e pinoxaden (60g i.a.ha⁻¹) para controle da espécie, uma vez que para classificar uma planta como resistente a herbicida, ela deverá sobreviver e se reproduzir após exposição à dose de registro

do produto para controle da espécie, obedecidos aos critérios de aplicação (estádio vegetativo indicado, condições de clima, entre outros) (GAZZIERO et al., 2009).

Tabela 1 – Localização e resposta (0=suscetível ou 1=resistente) de biótipos de *Lolium multiflorum* em função da aplicação de 125g i.a.ha⁻¹ de fluazifop avaliado visualmente aos 28 dias após o tratamento (DAT). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2010

Biótipo	Município	Coordenadas		Resposta Fluazifop
		Latitude	Longitude	
EUC 04	Eugênio de Castro	28° 30' 10"	54° 08' 09"	0
CSU 01	Cachoeira do Sul	30° 15' 35"	53° 15' 24"	1
CMI 01	Campina das Missões	27° 57' 17"	54° 50' 55"	0
HUM 07	Humaita	27° 35' 01"	53° 56' 23"	0
JOI 03	Jóia	28° 38' 51"	54° 07' 21"	0
TUC 09	Tucunduva	27° 35' 35"	54° 27' 48"	1
ALE 01	Alegrete	29° 58' 49"	56° 10' 10"	1
IBI 05	Ibiraiaras	28° 20' 51"	51° 41' 02"	1
TRS 02	Trindade do Sul	27° 29' 22"	52° 55' 50"	1
TRP 01	Três Passos	27° 26' 27"	53° 58' 39"	1
HUM 06	Humaita	27° 33' 16"	53° 55' 06"	0
CDO 05	Cacique Doble	27° 52' 53"	51° 42' 53"	0
COQ 05	Coqueiros do Sul	28° 11' 28"	52° 44' 06"	1
IBI 04	Ibiraiaras	28° 27' 13"	51° 42' 20"	1
TRS 03	Trindade do Sul	27° 29' 18"	52° 55' 52"	0
CHA 14	Chapada	28° 03' 20"	53° 03' 09"	1
CDO 04	Cacique Doble	27° 47' 53"	51° 45' 29"	1
APE 04	Augusto Pestana	28° 33' 07"	54° 05' 34"	1
BRA 01	Braga	27° 37' 16"	53° 44' 17"	1
CAS 03	Caçapava do Sul	30° 23' 08"	53° 40' 40"	1
BOS 04	Bossoroca	28° 47' 01"	54° 50' 51"	1
HOR 01	Horizontina	27° 35' 59"	54° 17' 51"	1
GIR 05	Giruá	27° 58' 25"	54° 12' 12"	1
PON 02	Pontão	28° 01' 52"	52° 47' 07"	1
MOR 04	Mormaço	28° 43' 28"	52° 42' 44"	0
CDO 03	Cacique Doble	27° 48' 28"	51° 42' 34"	0
TRS 01	Trindade do Sul	27° 29' 20"	52° 55' 51"	0
CDO 07	Cacique Doble	27° 47' 28"	51° 39' 28"	0
JAC 02	Jacuizinho	27° 07' 00"	53° 00' 59"	0
CAS 04	Caçapava do Sul	30° 20' 36"	53° 21' 36"	0
BPR 01	Bom Progresso	27° 32' 14"	53° 52' 11"	0
SLG 02	S. Luiz Gonzaga	28° 25' 46"	55° 07' 32"	0
SLG 04	S. Luiz Gonzaga	28° 28' 12"	54° 41' 23"	0
CAM 01	Camargo	28° 36' 36"	52° 09' 20"	0
SLG 05	S. Luiz Gonzaga	28° 29' 44"	54° 52' 42"	0
PEJ 03	Pejuçara	28° 24' 68"	53° 36' 61"	0
PAN 01	Panambi	28° 25' 44"	53° 27' 45"	0
SLG 10	S. Luiz Gonzaga	28° 21' 39"	54° 58' 23"	0
CHA 03	Chapada	27° 54' 58"	53° 03' 41"	1
BRA 03	Braga	27° 37' 16"	53° 44' 17"	0
CAS 01	Caçapava do Sul	30° 20' 36"	53° 21' 36"	0

Continuação da Tabela 1

TUC 01	Tucunduva	27° 29' 55"	54° 27' 03"	0
TAP 03	Tapera	28° 39' 43"	52° 49' 02"	0
TAP 04	Tapera	28° 39' 15"	52° 47' 29"	0
CHA 04	Chapada	27° 56' 16"	53° 04' 49"	0
APE 03	Augusto Pestana	28° 33' 07"	54° 05' 34"	0
EUC 05	Eugênio de Castro	28° 36' 06"	54° 12' 52"	0
ESU 02	Esperança do Sul	27° 16' 48"	53° 59' 44"	0
LSA 04	Liberato Salzano	27° 29' 24"	53° 05' 56"	0
HUM 04	Humaita	27° 33' 30"	53° 55' 39"	0
APE 01	Augusto Pestana	28° 29' 18"	54° 01' 03"	0
IBI 06	Ibiraiaras	28° 27' 13"	51° 42' 20"	0
HUM 03	Humaita	27° 35' 01"	53° 56' 23"	0
GIR 08	Girúá	28° 05' 10"	54° 10' 38"	0
HOR 02	Horizontina	27° 35' 19"	54° 19' 22"	1
TRS 05	Trindade do Sul	27° 29' 16"	52° 55' 55"	1
SVA 04	São Valentim	27° 50' 50"	54° 18' 18"	0
SAR 01	Sarandi	27° 56' 15"	52° 47' 54"	1
TUP 02	Tuparendi	27° 39' 16"	54° 35' 15"	1
NBV 03	Nova Boa Vista	28° 01' 52"	52° 59' 48"	0
SAN 04	Sananduva	27° 55' 13"	51° 51' 03"	1
SCR 05	Santo Cristo	27° 48' 47"	54° 44' 23"	1
TUC 07	Tucunduva	27° 35' 35"	54° 27' 48"	1
TRS 04	Trindade do Sul	27° 29' 16"	52° 56' 00"	1
SEN 04	Sede Nova	27° 37' 26"	53° 59' 17"	0
NBA 04	Novo Barreiro	27° 54' 58"	53° 04' 31"	1
NBV 02	Nova Boa Vista	28° 02' 11"	52° 06' 13"	1
AAL 01	Alto Alegre	28° 46' 14"	53° 00' 49"	0
SCR 03	Santo Cristo	27° 47' 19"	54° 43' 45"	0
ESP 07	Espumoso	28° 56' 24"	52° 46' 42"	1
GIR 02	Girúá	27° 58' 25"	54° 12' 12"	1
SCR 04	Santo Cristo	27° 47' 19"	54° 43' 45"	0
SJO 02	São Jorge	28° 30' 28"	51° 38' 23"	0
SLG 01	S. Luiz Gonzaga	28° 31' 06"	54° 54' 06"	1
SEG 02	Segredo	29° 35' 28"	52° 56' 20"	0
TAP 02	Tapera	28° 36' 25"	52° 53' 27"	0
ESP 09	Espumoso	28° 54' 04"	52° 52' 06"	1
ESP 08	Espumoso	28° 44' 42"	52° 55' 42"	0
ROL 04	Rolador	28° 21' 03"	54° 49' 35"	0
LTC 03	Lagoa Três Cantos	28° 32' 39"	52° 51' 18"	0
SEG 04	Segredo	29° 35' 28"	52° 56' 20"	0
VFL 01	Vila Flores	28° 31' 28"	52° 42' 59"	1
TUC 10	Tucunduva	27° 37' 10"	54° 27' 08"	0
SVA 03	São Valentim	27° 50' 50"	54° 18' 18"	0
VGR 03	Victor Graeff	28° 35' 45"	52° 41' 34"	0
SEG 01	Segredo	29° 37' 42"	52° 26' 44"	0
SRO 05	Santa Rosa	27° 48' 58"	54° 24' 34"	1
VGR 05	Victor Graeff	28° 35' 45"	52° 41' 34"	0
NRA 03	Nova Ramada	28° 11' 08"	53° 48' 11"	0
NMA 04	Novo Machado	27° 34' 29"	54° 27' 35"	1
NMA 02	Novo Machado	27° 36' 27"	54° 28' 56"	1
NBV 01	Nova Boa Vista	28° 01' 56"	52° 59' 49"	1

Continuação da Tabela 1

SEN 03	Sede Nova	27° 37' 26"	53° 59' 17"	0
VGR 04	Victor Graeff	28° 36' 54"	52° 44' 01"	0
VGR 02	Victor Graeff	28° 28' 07"	52° 37' 37"	0
LVE 01	Lagoa Vermelha	28° 11' 52"	51° 37' 25"	0
ESP 06	Espumoso	28° 56' 26"	52° 47' 01"	1
GIR 03	Girúá	28° 01' 44"	54° 22' 54"	0
NBV 04	Nova Boa Vista	28° 01' 56"	52° 59' 49"	0
LTC 01	Lagoa Três Cantos	28° 32' 51"	52° 51' 18"	0
SCR 01	Santo Cristo	27° 48' 42"	54° 42' 14"	0
NPR 01	Nova Prata	28° 49' 34"	51° 38' 26"	0
JOI 04	Jóia	28° 38' 51"	54° 07' 21"	0
LTC 02	Lagoa Três Cantos	28° 30' 52"	52° 46' 11"	0
ROL 03	Rolador	28° 16' 18"	54° 49' 03"	1
NPR 02	Nova Prata	28° 44' 44"	51° 55' 06"	0
LVE 03	Lagoa Vermelha	28° 11' 52"	51° 37' 25"	0
MOR 01	Mormaço	28° 43' 28"	52° 42' 45"	0
NRA 02	Nova Ramada	28° 06' 09"	53° 40' 11"	0
DMC 01	Dr. Maurício Cardoso	27° 30' 18"	54° 20' 07"	0
NRA 01	Nova Ramada	28° 11' 18"	53° 48' 11"	0
GIR 01	Girúá	28° 05' 10"	54° 10' 38"	0
IBI 02	Ibiraíaras	28° 27' 13"	51° 42' 20"	0
TUN 02	Tunas	29° 06' 22"	52° 56' 38"	0
EVE 02	Estrela Velha	29° 08' 40"	53° 12' 46"	1
CON 03	Condor	28° 05' 17"	53° 33' 46"	0
COS 03	Caseiros	28° 16' 14"	51° 45' 49"	0
ERN 04	Ernestina	28° 14' 09"	52° 19' 46"	0
CHA 09	Chapada	28° 03' 20"	53° 03' 09"	1
CHA 07	Chapada	28° 05' 14"	53° 06' 53"	0
COQ 01	Coqueiros do Sul	28° 11' 28"	52° 44' 06"	0
COQ 03	Coqueiros do Sul	28° 11' 28"	52° 44' 06"	0
CHA 05	Chapada	27° 57' 21"	53° 14' 02"	0
CON 04	Condor	28° 06' 47"	53° 26' 22"	0
CGO 04	Cândido Godói	27° 57' 14"	54° 45' 54"	0
COQ 04	Coqueiros do Sul	28° 11' 28"	52° 44' 06"	0
AAL 02	Alto Alegre	28° 12' 00"	53° 39' 44"	0
EUC 03	Eugênio de Castro	28° 26' 58"	54° 14' 30"	0
CGO 03	Cândido Godói	27° 57' 50"	54° 42' 07"	0
BRA 02	Braga	27° 37' 16"	53° 44' 17"	0
CHA 06	Chapada	27° 54' 58"	53° 03' 41"	0
CHA 12	Chapada	28° 05' 12"	53° 06' 19"	0
BPR 02	Bom Progresso	37° 35' 00"	53° 50' 21"	0
EUC 08	Eugênio de Castro	28° 26' 58"	54° 14' 30"	0
VLA 01	Vila Langaro	28° 13' 30"	52° 09' 28"	0
PON 03	Pontão	28° 04' 04"	52° 35' 44"	1
SAN 06	Sananduva	27° 57' 36"	51° 46' 59"	0
SAP 01	Sto. Antônio Planalto	28° 25' 57"	52° 38' 46"	0
JOI 02	Jóia	28° 38' 51"	54° 07' 21"	1
VGR 07	Victor Graeff	28° 36' 23"	52° 42' 42"	0
SRO 02	Santa Rosa	27° 52' 57"	54° 31' 59"	0
VGR 08	Victor Graeff	28° 36' 50"	52° 43' 58"	1
SAN 02	Sananduva	27° 28' 28"	51° 47' 18"	0

Continuação da Tabela 1

TUC 04	Tucunduva	27° 21' 44"	54° 15' 20"	1
SLG 09	S. Luis Gonzaga	28° 21' 39"	54° 58' 23"	1
SAN 05	Sananduva	27° 58' 56"	51° 47' 53"	1
SRO 10	Santa Rosa	27° 48' 58"	54° 24' 34"	1
SLG 13	S. Luis Gonzaga	28° 35' 36"	55° 37' 48"	1
SEN 01	Sede Nova	27° 38' 07"	53° 56' 03"	1
NBA 03	Novo Barreiro	27° 54' 58"	53° 04' 31"	1
BOS 01	Bossoroca	21° 06' 25"	68° 19' 08"	0
RAL 01	Ronda Alta	27° 43' 04"	52° 52' 54"	0
ROL 01	Rolador	28° 21' 02"	54° 49' 35"	0
SRO 07	Santa Rosa	27° 55' 02"	54° 27' 12"	0
RAL 02	Ronda Alta	27° 48' 18"	52° 47' 27"	0
SVA 05	São Valentim	27° 50' 50"	54° 18' 18"	0
SLG 08	S. Luis Gonzaga	28° 31' 06"	54° 54' 06"	1
SJM 01	S. José Missões	27° 46' 10"	53° 08' 05"	0
SJO 03	São Jorge	28° 30' 29"	51° 38' 23"	0
SLG 12	S. Luis Gonzaga	28° 14' 08"	54° 55' 44"	1
GIR 07	Giruá	27° 57' 05"	54° 23' 05"	0
AJU 02	Ajuricaba	28° 15' 36"	53° 46' 12"	0
SLG 07	S. Luis Gonzaga	28° 21' 39"	54° 58' 23"	1
SRO 04	Santa Rosa	27° 48' 26"	54° 30' 49"	0
SMA 02	Saldanha Marinho	28° 24' 58"	53° 05' 59"	0
PEJ 05	Pejuçara	28° 24' 51"	53° 39' 41"	1
SLG 15	S. Luis Gonzaga	28° 35' 36"	54° 97' 48"	1
SVA 02	São Valentim	27° 50' 50"	54° 18' 18"	1
SPM 01	S. Paulo Missões	27° 58' 34"	54° 55' 59"	1
SOL 01	Soledade	28° 45' 26"	52° 41' 11"	1
SJO 01	São Jorge	28° 31' 51"	51° 23' 06"	1
SRO 06	Santa Rosa	27° 56' 27"	54° 28' 53"	1
TUC 05	Tucunduva	27° 29' 55"	54° 27' 03"	0
SLG 14	S. Luis Gonzaga	28° 43' 35"	55° 12' 36"	1
NXI 01	Novo Xingu	27° 44' 05"	53° 02' 24"	0
LSA 03	Liberato Salzano	27° 29' 16"	53° 04' 34"	0
SEG 03	Segredo	29° 35' 28"	52° 56' 20"	0
ROL 02	Rolador	28° 17' 44"	54° 49' 23"	0
PON 01	Pontão	28° 03' 49"	52° 35' 36"	0
TUC 06	Tucunduva	27° 37' 48"	54° 25' 37"	0
VGR 10	Victor Graeff	28° 35' 45"	52° 41' 34"	0
TAJ 02	Tapejara	28° 01' 35"	51° 57' 55"	0
PON 04	Pontão	28° 02' 42"	52° 30' 20"	0
SVA 01	São Valentim	27° 50' 50"	54° 18' 18"	0
SLG 11	S. Luis Gonzaga	28° 26' 27"	54° 55' 45"	0
TUC 03	Tucunduva	27° 37' 48"	54° 25' 37"	0
TUP 03	Tuparendi	27° 45' 56"	54° 34' 27"	0
SEN 02	Sede Nova	27° 37' 26"	53° 59' 17"	0
SRO 11	Santa Rosa	27° 55' 02"	54° 27' 13"	0
PLU 01	Porto Lucena	27° 50' 46"	54° 57' 18"	1
MUL 01	Muliterno	28° 19' 45"	51° 43' 11"	1
TAP 05	Tapera	28° 37' 22"	52° 49' 42"	0
SRO 09	Santa Rosa	27° 47' 07"	54° 31' 46"	0
SRO 08	Santa Rosa	27° 48' 26"	54° 30' 49"	0

Continuação da Tabela 1

ESP 03	Espumoso	28° 54' 00"	52° 45' 22"	0
ESP 04	Espumoso	28° 56' 26"	52° 47' 01"	0
HOR 03	Horizontina	27° 35' 41"	54° 17' 43"	0
SAN 03	Sananduva	27° 58' 28"	51° 47' 18"	0
TUC 11	Tucunduva	27° 33' 42"	54° 27' 48"	1
ESP 05	Espumoso	28° 44' 42"	52° 55' 42"	0
HOR 04	Horizontina	27° 36' 00"	54° 19' 16"	0
AAL 03	Alto Alegre	28° 12' 00"	53° 39' 44"	0
TUC 08	Tucunduva	27° 21' 17"	54° 15' 14"	0
AJU 01	Ajuricaba	28° 15' 36"	53° 46' 12"	0
HUM 05	Humaita	27° 33' 16"	53° 55' 34"	0
DMC 03	Dr. Maurício Cardoso	27° 28' 42"	54° 22' 33"	0
BOS 02	Bossoroca	21° 30' 25"	68° 20' 03"	0
DZN 02	XVI de Novembro	28° 13' 37"	55° 03' 04"	0
MOR 02	Mormaço	28° 42' 53"	52° 42' 22"	0
DMC 04	Dr. Maurício Cardoso	27° 30' 18"	54° 20' 03"	0
EIJ 01	Entre Ijuís	28° 30' 55"	54° 19' 02"	0
DZN 01	XVI de Novembro	28° 10' 30"	55° 04' 18"	0
DMC 05	Dr. Maurício Cardoso	27° 29' 37"	54° 20' 03"	0
TUP 04	Tuparendi	27° 45' 56"	54° 34' 27"	0
TUN 01	Tunas	29° 06' 22"	52° 56' 38"	0
DZN 03	XVI de Novembro	28° 11' 48"	55° 03' 32"	0
ENV 01	Engenho Velho	28° 13' 13"	52° 20' 39"	0
ESP 01	Espumoso	28° 56' 26"	52° 47' 01"	0
ERN 05	Ernestina	28° 18' 30"	52° 20' 46"	1
ERN 06	Ernestina	28° 14' 09"	52° 19' 46"	0
ESP 02	Espumoso	28° 54' 43"	52° 52' 23"	0
CGO 05	Cândido Godói	27° 57' 50"	54° 42' 07"	0
JCA 01	Julio de Castilhos	29° 19' 09"	53° 52' 35"	0
JAC 01	Jacuizinho	29° 07' 00"	53° 03' 40"	0
CGO 01	Cândido Godói	27° 57' 00"	54° 43' 05"	0
ESU 01	Esperança do Sul	27° 16' 48"	53° 59' 44"	0
CHA 08	Chapada	27° 57' 21"	53° 14' 02"	0
TAP 01	Tapera	28° 37' 22"	52° 49' 42"	0
LSA 01	Liberato Salzano	27° 29' 16"	53° 04' 34"	0
DMC 02	Dr. Maurício Cardoso	27° 29' 28"	54° 22' 51"	0
HOR 05	Horizontina	27° 54' 24"	54° 18' 13"	0
COS 02	Caseiros	28° 16' 14"	51° 45' 49"	0
SLG 06	S. Luis Gonzaga	28° 32' 54"	54° 43' 05"	0
GIR 06	Girúá	28° 06' 18"	54° 15' 50"	0
COL 01	Colorado	28° 28' 55"	53° 01' 13"	0
NPA 01	Nova Palma	29° 25' 09"	53° 23' 56"	0
COQ 02	Coqueiros do Sul	28° 11' 28"	28° 11' 28"	0
PEJ 04	Pejuçara	28° 25' 08"	53° 37' 01"	1
CGO 02	Cândido Godói	27° 57' 50"	54° 42' 07"	0
SRO 01	Santa Rosa	27° 55' 52"	54° 55' 06"	0
CBS 01	Capão Bonito do Sul	28° 06' 06"	51° 23' 24"	1
CDO 06	Cacique Doble	27° 52' 29"	51° 44' 51"	0
SAN 01	Sananduva	27° 54' 36"	51° 46' 59"	0
CHA 01	Chapada	28° 04' 53"	53° 07' 14"	0
CAS 02	Caçapava do Sul	30° 20' 36"	53° 21' 36"	0

Continuação da Tabela 1				
CDO 01	Cacique Doble	27° 48' 27"	51° 43' 34"	0
ENV 02	Engenho Velho	27° 42' 48"	52° 54' 04"	1
CHA 02	Chapada	28° 05' 12"	53° 06' 19"	0
PEJ 06	Pejuçara	28° 27' 11"	53° 37' 26"	0
BPR 04	Bom Progresso	27° 32' 14"	53° 52' 11"	0
BOS 03	Bossoroca	28° 47' 01"	54° 50' 51"	1
LSA 02	Liberato Salzano	27° 29' 25"	53° 05' 23"	0
EVE 03	Estrela Velha	29° 08' 40"	53° 12' 46"	1
IBC 01	Ibiaca	28° 09' 54"	51° 42' 31"	0
SLG 03	S. Luis Gonzaga	28° 28' 12"	54° 41' 23"	0
IBI 01	Ibiraiaras	28° 27' 13"	51° 42' 20"	0
EUC 07	Eugênio de Castro	28° 26' 58"	54° 14' 30"	0
EVE 05	Estrela Velha	29° 11' 11"	53° 10' 49"	0
EUC 06	Eugênio de Castro	28° 36' 06"	54° 12' 52"	0
CHA 11	Chapada	28° 04' 00"	53° 04' 34"	0
CHA 13	Chapada	27° 58' 42"	53° 10' 06"	0
BPR 03	Bom Progresso	27° 35' 00"	53° 50' 21"	0
SPM 02	S. Paulo Missões	28° 00' 22"	54° 55' 33"	0
CNA 01	Constantina	27° 45' 16"	52° 56' 20"	0
CHA 10	Chapada	27° 57' 21"	53° 14' 02"	0
IJU 01	Ijuí	28° 29' 45"	53° 47' 37"	1
EVE 01	Estrela Velha	29° 12' 47"	53° 14' 13"	0

Dos biótipos resistentes, observou-se que 27% apresentaram resistência ao herbicida fluazifop, estando concentrados em 43 municípios das regiões Nordeste, Noroeste, Oeste e Centro-oeste, sendo eles: Alegrete, Augusto Pestana, Bossoroca, Braga, Caçapava do Sul, Cachoeira do Sul, Cacique Doble, Capão Bonito do Sul, Chapada, Coqueiros do Sul, Engenho Velho, Ernestina, Espumoso, Estrela Velha, Giruá, Horizontina, Ibiraiaras, Ijuí, Jóia, Muliterno, Nova Boa Vista, Novo Barreiro, Novo Machado, Pejuçara, Pontão, Porto Lucena, Rolador, São Jorge, São Luís Gonzaga, Sananduva, Santa Rosa, Santo Cristo, São Paulo das Missões, Sarandi, São Valentim, Sede Nova, Soledade, Trindade do Sul, Três Passos, Tucunduva, Tuparendi, Victor Graeff e Vila Flores (Fig. 2).

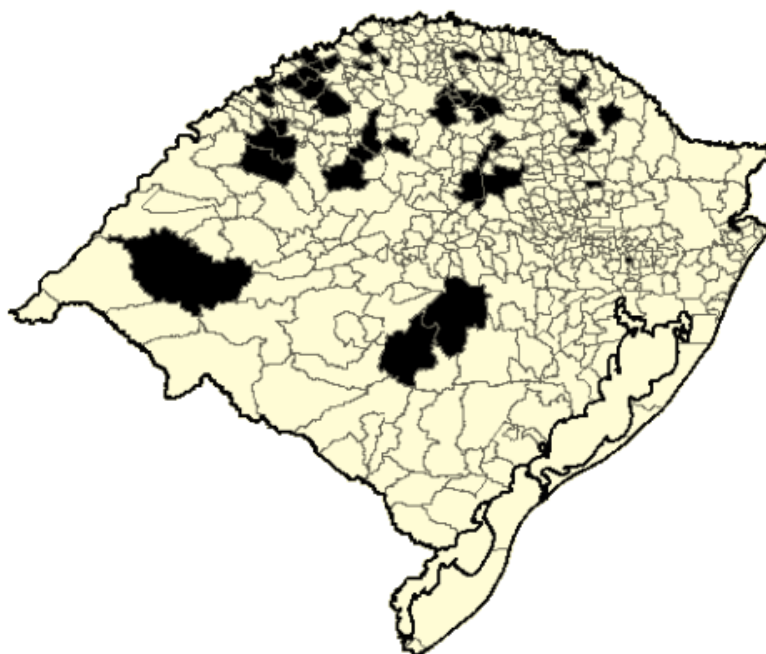


Figura 2 - Localização geográfica dos 43 municípios onde ocorreram biótipos de azevém resistente aos inibidores da ACCase no Estado do Rio Grande do Sul. Mapa adaptado de Geolive - Mapas temáticos RS, 2011.

Em geral, biótipos de plantas daninhas resistentes a herbicidas podem ser controlados com o uso de herbicidas com mecanismo de ação alternativo aos selecionadores da resistência. No entanto, a pressão de seleção gerada pelo uso do mecanismo alternativo pode favorecer o surgimento de biótipos com resistência a mais de um mecanismo de ação (TREZZI et al., 2006). Esses mesmos autores observaram resistência simultânea de biótipos de *Euphorbia heterophylla* L. resistente ao herbicida imazethapyr, inibidor da acetolactato sintase, (ALS) e fomesafen, inibidor da protoporfirinogênio oxidase, (PROTOX).

Todos os 267 biótipos foram suscetíveis ao herbicida pinoxaden, sendo este uma alternativa para o manejo de azevém resistente ao glyphosate e ao fluazifop. O pinoxaden é um herbicida inibidor da enzima ACCase, do grupo phenylpyrazolin e tem local de ação na enzima diferente dos grupos ciclohexanodiona e ariloxifenoxipropionato do qual faz parte o herbicida fluazifop, sendo alternativa para o controle de poaceas nas culturas do trigo e da cevada (PORTER; KOPEC; HOFER, 2005). Comercializado somente nos EUA desde 2006, a exposição de biótipos de azevém ao herbicida pinoxaden ainda é recente, o que pode explicar sua suscetibilidade (PORTER; KOPEC; HOFER, 2005). Com a disponibilidade de novos

herbicidas poaecidas para o trigo, como o pinoxaden, o manejo de azevém resistente a herbicidas em sistemas integrados torna-se viável (NIKOLSKAYA et al., 1999).

O azevém é naturalmente suscetível ao pinoxaden em contraste com os herbicidas do grupo dos ariloxifenoxipropionatos (KUK; BURGOS; SCOTT, 2008). Entretanto, a pressão de seleção de biótipos resistentes ao fluazifop poderia predispor o surgimento de biótipos também resistentes ao pinoxaden devido ao seu uso intensivo.

Em geral, dois mecanismos conferem resistência aos herbicidas inibidores da ACCase. O primeiro é a alteração no local de ação que ocorre devido a mutação da enzima ACCase. O segundo é metabolização que permite que a planta detoxifique o herbicida (DELYE, 2005). O mais comum de ocorrer é a alteração no local de ação que já foi relatado em várias espécies da família Poaceae incluindo *Lolium* spp. (GRONWALD et al., 1992; TARDIF; HOLTUM; POWLES, 1993). O modo de ação primário de herbicidas inibidores da ACCase consiste na inibição da síntese de ácidos graxos, por inibirem a enzima. Essa enzima regula uma reação-chave no início da biossíntese de lipídeos necessária para síntese e manutenção de membranas. A ACCase presente em liliopsidas é, geralmente, sensível à inibição por esses herbicidas (RODRIGUES, 1994). Entretanto, algumas condições são recomendadas para que os herbicidas (pós-emergentes) possam alcançar maior eficiência, como, por exemplo, a aplicação nos momentos em que as plantas apresentam elevada atividade metabólica (PEREIRA et al., 2011).

Os resultados obtidos demonstraram que a dose de 125g i.a.ha⁻¹ de fluazifop controlou, 73% dos biótipos de azevém com suspeita de resistência, quando aplicados no estágio de três a quatro folhas. Já, a dose de 60g i.a.ha⁻¹ de pinoxaden, aplicado no mesmo estágio fenológico, controlou todos os biótipos testados.

Em vista do exposto, é importante enfatizar o papel do manejo do azevém, como adoção de rotação e sucessão de culturas e rotação e/ou associação de herbicidas com diferentes mecanismos de ação a fim de evitar o surgimento e disseminação de biótipos resistentes.

2.4 Conclusões

Existem biótipos de azevém resistentes a fluazifop no Estado do Rio Grande do Sul.

O herbicida pinoxaden controla com eficiência todos os biótipos testados, inclusive aqueles resistentes ao fluazifop.

3 CAPÍTULO II - Resistência de biótipo de azevém ao herbicida fluazifop-p-butyl no Estado do Rio Grande do Sul

3.1 Introdução

Os herbicidas são a ferramenta dominante utilizada para o controle de plantas daninhas que infestam as culturas. Consequentemente, em respostas a situações de intenso uso dos herbicidas, tem ocorrido evolução de populações de plantas daninhas resistentes (HEAP, 2012; POWLES; YU, 2010).

De modo geral, pode-se afirmar que a seleção de populações de plantas daninhas resistentes a herbicidas é resultado do uso incorreto dos mesmos. Evidências sugerem que o aparecimento da resistência a um herbicida, em uma população de plantas, deve-se à seleção de biótipos resistentes pré-existentes que, devido à pressão de seleção exercida por repetidas aplicações do mesmo ingrediente ativo, encontram condições para a multiplicação (SILVA; SILVA, 2007).

Dentre as espécies que apresentam problemas de resistência, devido ao mecanismo de alteração no local de ação, encontra-se o azevém (*Lolium multiflorum*), planta daninha anual, de fecundação cruzada, pertencente à família Poaceae, adaptada a baixas temperaturas, desenvolvendo-se somente no inverno e na primavera (KISSMANN, 2007). A espécie se adapta bem a solos de baixa e média fertilidade, com boa resposta à adubação, de fácil dispersão e, por isso, está presente e caracteriza-se como planta daninha em praticamente todas as lavouras de inverno, em pomares e em vinhedos da região Sul do Brasil (VARGAS; MORAES; BERTO, 2007).

O controle de azevém é normalmente realizado através da aplicação do herbicida glyphosate, sendo que o uso indiscriminado desse herbicida proporcionou

o surgimento de biótipos resistentes no Estado do Rio Grande do Sul (ROMAN et al., 2004). Com isso, os herbicidas inibidores da enzima acetil Coenzima A carboxylase (ACCase) surgem como alternativa de controle. Dentre os herbicidas inibidores da enzima ACCase destaca-se o fluazifop-p-butyl, herbicida do grupo químico ariloxifenixipropionato, utilizado para o controle de plantas daninhas liliopsidas anuais e perenes em pós-emergência das mesmas e com reduzido dano à espécies não alvo (COX; ALLEN, 2008).

A sintomatologia do herbicida fluazifop-p-butyl nas plantas inclui a paralisação do crescimento seguido pela clorose foliar uma a três semanas após aplicação. Os meristemas próximos aos entrenós sofrem descoloração, ficam marrons e desintegram-se (VENCILL, 2007).

A resistência de plantas daninhas a herbicidas provoca, na maioria dos casos, alterações nos biótipos resistentes comparativamente ao biótipo suscetível. Entre elas, encontra-se a dose do herbicida que proporciona 50% de controle da população (C_{50}) ou de redução de 50% da produção de matéria seca da parte aérea (GR_{50}) (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO, 2008). Com o conhecimento destas variáveis obtém-se o fator de resistência (FR), que se refere ao número de vezes que a dose necessária para o controle da população resistente é maior do que a dose que causa o mesmo efeito na população suscetível (HALL; STROME; HORSMAN, 1998).

Biótipos de *Lolium multiflorum* resistente a glyphosate apresentaram FR de 16,8 (ROMAN et al., 2004). Avaliando a resposta de biótipo de *Digitaria ciliaris*, resistente a este mesmo herbicida foi encontrado um FR de 23 (LÓPEZ-OVEJERO, 2006). Para o biótipo de *Digitaria sanguinalis*, resistente ao herbicida fluazifop, foi observado FR de 59 (WIEDERHOLT; STOLTENBERG, 1995).

Nos últimos anos, houve redução da eficiência de controle do azevém com o uso dos herbicidas inibidores da enzima ACCase, o que leva a acreditar que além da resistência aos inibidores da 5-enolpiruvilshikimato-3-fosfato sintase (EPSPs), essa espécie também apresenta resistência aos inibidores da enzima ACCase.

Diante disso, o trabalho tem como hipótese de que o biótipo resistente necessita de quatro vezes a dose recomendada do herbicida fluazifop-p-butyl para o controle.

O objetivo do estudo foi avaliar a resposta de biótipo de azevém a diferentes doses do herbicida fluazifop-p-butyl por meio de curvas de dose resposta.

3.2 Material e Métodos

O experimento foi realizado no período de setembro à outubro de 2011, em casa de vegetação do Centro de Herbologia (CEHERB), da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, da Universidade Federal de Pelotas (FAEM/UFPel), localizada no município de Capão do Leão – RS. Para tanto utilizou-se delineamento experimental completamente casualizado, com cinco repetições.

Utilizou-se o biótipo de azevém identificado como TUC 11, oriundo do município de Tucunduva - RS (27° 33' 42" Sul e 54° 27' 48" Oeste), identificado em estudos anteriores, descritos no primeiro capítulo desta dissertação, como resistente aos inibidores da ACCase. As sementes utilizadas tiveram origem da planta do biótipo que sobreviveu ao herbicida fluazifop (Capítulo 1), sendo isoladas em casa de vegetação para evitar a polinização cruzada e cultivadas até a maturação fisiológica. Como testemunha utilizou-se sementes originadas de plantas provenientes de área onde nunca se utilizou o herbicida avaliado, sendo assim consideradas suscetíveis.

As unidades experimentais constituíram-se de vasos plásticos com capacidade volumétrica de 500mL, os quais continham substrato comercial Germina Plant®. Foram semeadas quatro sementes por vaso e, posteriormente, quando as plantas apresentavam duas folhas, foi realizado desbaste deixando-se uma planta por vaso.

Para determinar os valores de C_{50} ou GR_{50} , em relação às plantas não tratadas, aplicaram-se doses crescentes do herbicida fluazifop (0; 7,81; 15,6; 31,25; 62,5; 93,75; 125; 250; 500; e, 1000g i.a.ha⁻¹), sendo considerado dose recomendada 125g i.a. ha⁻¹ (AGROFIT, 2011). Os tratamentos foram aplicados em pós-emergência, quando as plantas estavam no estágio de três a quatro folhas. Para isto, utilizou-se pulverizador costal de precisão, pressurizado com CO₂, equipado com pontas tipo leque 110.015, distribuindo-se volume de calda equivalente a 150L ha⁻¹.

As variáveis avaliadas foram controle e matéria seca da parte aérea. O controle foi avaliado visualmente, por dois avaliadores, aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT), utilizando-se escala percentual, onde zero (0) representou ausência de sintomas e cem (100) a morte das plantas (FRANS et al., 1986).

Aos 28 DAT realizou-se a colheita das plantas para determinação da produção de matéria seca da parte aérea. Para isso, submeteu-se o material vegetal à secagem em estufa de circulação forçada de ar à 60°C, até se obter massa constante. Corrigiu-se a matéria seca para valores percentuais, comparando-se a matéria obtida nos tratamentos que receberam herbicida com a matéria obtida na testemunha, considerada 100%.

Os dados obtidos foram analisados quanto à normalidade (teste de Shapiro Wilk) e, posteriormente, foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$). No caso de ser constatada significância estatística, realizou-se a análise de regressão para o fator dose e, para o fator biótipo, foi procedido comparação entre C_{50} ou GR_{50} dos biótipos em estudo.

A análise de regressão foi realizada com auxílio do programa SigmaPlot 10.0 (SIGMAPLOT, 2007), ajustando-se os dados à equação de regressão sigmoidal do tipo logístico, conforme segue:

$$y = a / [1 + (x / x_0)^b]$$

onde: y = porcentagem de controle; x = dose do herbicida; e a , x_0 e b = parâmetros da equação, sendo que a é a diferença entre os pontos máximo e mínimo da curva, x_0 é a dose que proporciona 50% de resposta da variável e b é a declividade da curva.

A partir dos valores de C_{50} e GR_{50} obteve-se o FR para o biótipo resistente e suscetível da espécie. Para a utilização do FR, foi necessário verificar o intervalo de confiança ($p \geq 0,95$) do biótipo suscetível em reação ao resistente. A sobreposição do intervalo de confiança do biótipo suscetível em relação ao resistente indica que não ocorreu diferença significativa entre a C_{50} e GR_{50} dos biótipos (AVILA et al., 2005).

3.3 Resultados e Discussão

Verificou-se interação entre os fatores biótipo e dose para todas as variáveis. O teste de Shapiro Wilk demonstrou não ser necessária a transformação dos dados.

O controle do azevém pelo herbicida fluazifop ajustou-se à equação de regressão sigmoidal do tipo logístico em todas as épocas de avaliação, sendo que os valores do coeficiente de determinação (R^2) variaram de 0,97 a 0,99, para os biótipos resistente e suscetível, respectivamente, demonstrando ajuste satisfatório do modelo aos dados (Fig. 3, 4, 5 e 6). A partir das equações pode-se calcular os valores de C_{50} para os biótipos de azevém TUC 11 (resistente) e suscetível.

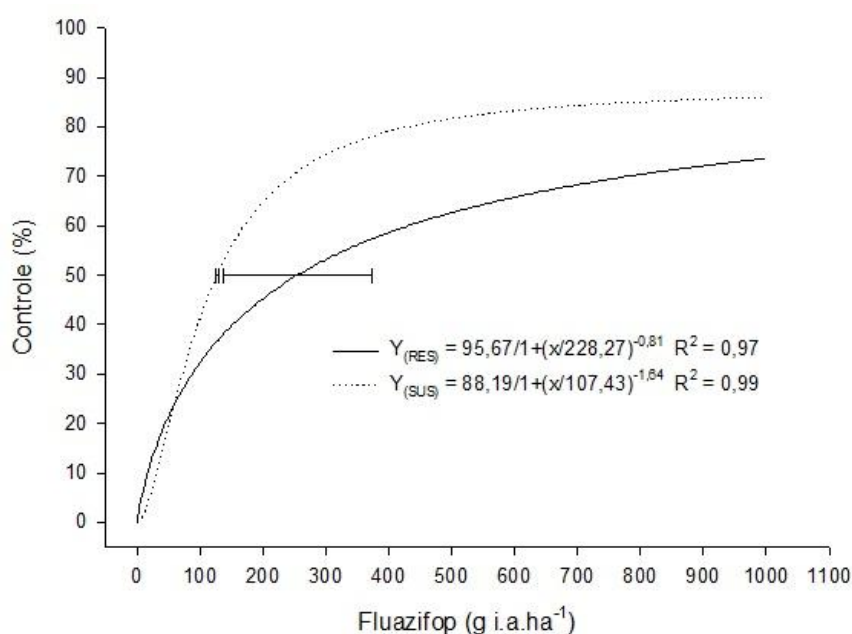


Figura 3 – Controle (%) de biótipos de *Lolium multiflorum* resistente e suscetível, em função da aplicação de diferentes doses do herbicida fluazifop, avaliado aos 7 dias após o tratamento (DAT). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2011. Barras de erro correspondem ao intervalo de confiança em 95% de probabilidade de erro da dose que causa 50% de toxicidade na planta.

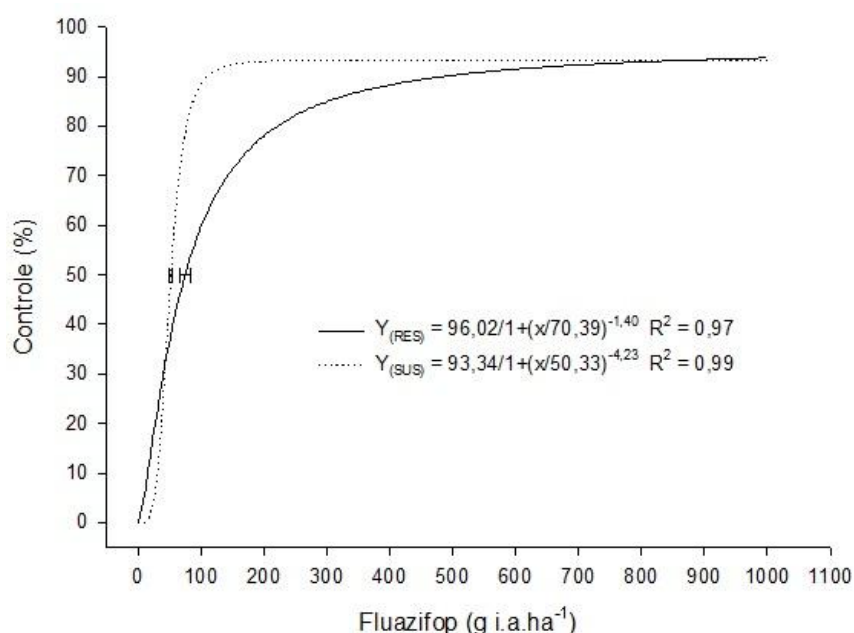


Figura 4 – Controle (%) de biótipos de *Lolium multiflorum* resistente e suscetível, em função da aplicação de diferentes doses do herbicida fluazifop, avaliado aos 14 dias após o tratamento (DAT). FAEM/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2011. Barras de erro correspondem ao intervalo de confiança em 95% de probabilidade de erro da dose que causa 50% de toxicidade na planta.

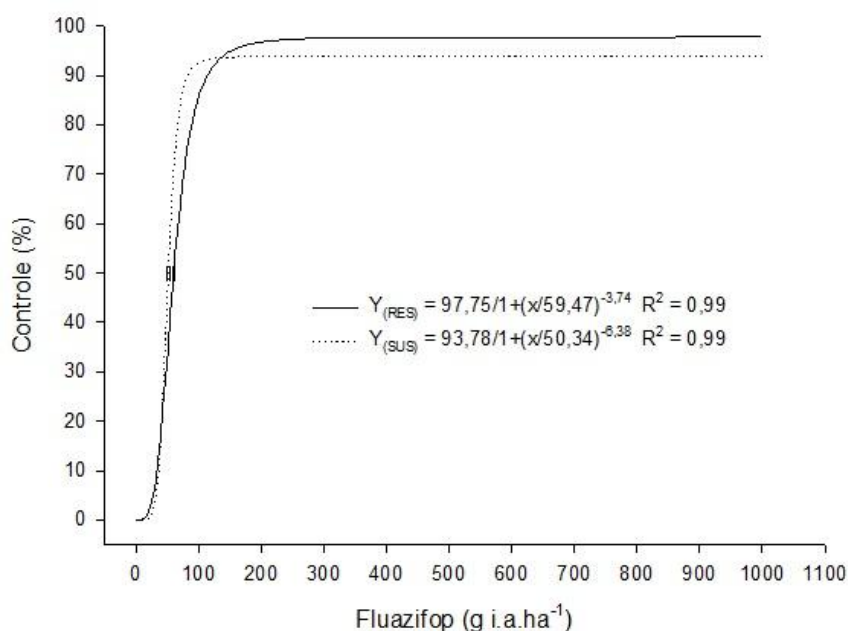


Figura 5 – Controle (%) de biótipos de *Lolium multiflorum* resistente e suscetível, em função da aplicação de diferentes doses do herbicida fluazifop, avaliado aos 21 dias após o tratamento (DAT). FAEM/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2011. Barras de erro correspondem ao intervalo de confiança em 95% de probabilidade de erro da dose que causa 50% de toxicidade na planta.

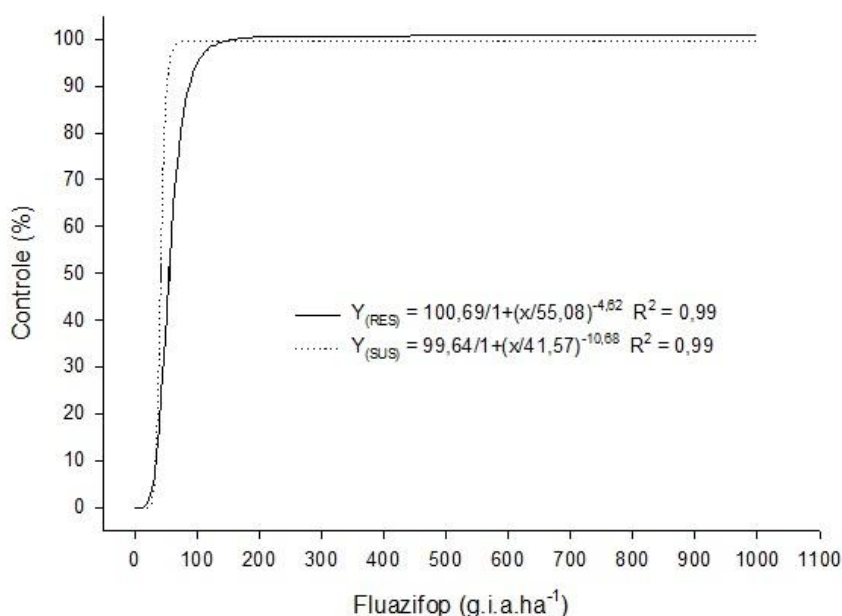


Figura 6 – Controle (%) de biótipos de *Lolium multiflorum* resistente e suscetível, em função da aplicação de diferentes doses do herbicida fluazifop, avaliado aos 21 dias após o tratamento (DAT). FAEM/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2011. Barras de erro correspondem ao intervalo de confiança em 95% de probabilidade de erro da dose que causa 50% de toxicidade na planta.

As equações construídas com os valores de controle, em resposta às doses crescentes do herbicida fluazifop, comprovam que os biótipos de azevém resistente e suscetível respondem de modo diferente ao herbicida em todas as épocas de avaliação (Fig. 3, 4, 5 e 6).

Aos 7 DAT a dose de 126,6g i.a.ha⁻¹ do herbicida, correspondente a aproximadamente 1x a dose recomendada, foi suficiente para obter controle de 50% do biótipo suscetível, enquanto para alcançar controle de 50% do biótipo resistente a dose requerida foi de 254,9g i.a.ha⁻¹ de fluazifop, o que corresponde a aproximadamente 2x a dose recomendada do produto (Fig. 3).

Aos 14 DAT, a dose de 125g i.a.ha⁻¹ de fluazifop, apresentou controle de 91% para o biótipo suscetível e 66% para o biótipo resistente. Este último apresentou controle de 90% a partir da dose de 500g i.a.ha⁻¹ que corresponde a 4x a dose recomendada do produto. O controle de 50% do biótipo suscetível se deu com a dose de 52,0g i.a.ha⁻¹, já para o biótipo resistente a dose necessária para 50% de controle foi de 74,67g i.a.ha⁻¹ (Fig. 4).

Na avaliação realizada aos 21 DAT, a dose de 125g i.a.ha⁻¹ de fluazifop foi suficiente para controle acima de 90%, para ambos os biótipos. Para controle de 50% do biótipo suscetível, a dose de 51,4g i.a.ha⁻¹ foi suficiente, já para o biótipo

resistente, a dose para obter este mesmo controle foi de 60,2g i.a.ha⁻¹ (Fig. 5). De modo semelhante, aos 28 DAT observou-se que para o controle de 50% do biótipo suscetível foi necessária dose de 41,6g i.a.ha⁻¹ de fluazifop. A dose para obter 50% de controle para o biótipo resistente foi de 54,9g i.a.ha⁻¹. A dose de 93,75g i.a.ha⁻¹ de fluazifop controla 99% do biótipo suscetível. Para o biótipo resistente a dose de 250g i.a.ha⁻¹ de fluazifop foi suficiente para controle de 100% (Fig. 6).

Com base na ausência de sobreposição do intervalo de confiança (IC) do biótipo suscetível em relação ao IC do biótipo resistente (Fig. 3, 4, 5 e 6), foi possível estabelecer o FR para todas as épocas de avaliação (tab. 2). Na última época de avaliação, aos 28 DAT, o valor de FR foi de 1,32 (tab. 2), representando que a dose do herbicida fluazifop necessária para promover 50% de controle do biótipo TUC 11 é 1,32 vezes maior do que aquela necessária para produzir o mesmo efeito sobre o biótipo suscetível. Assim, de acordo com o resultado obtido, pode-se considerar que o biótipo de azevém TUC 11 apresenta resistência de nível baixo, considerando o baixo valor do FR aos 28 DAT (1,32) e devido ao fato de, na dose máxima de recomendação do herbicida, ocorrer um controle superior a 90% das plantas (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO, 2008; GAZZIERO et al., 2009; STECKEL et al., 2008).

As diferenças observadas entre C₅₀ dos biótipos podem decorrer de características genéticas entre biótipos de azevém, possivelmente influenciando suas respostas ao herbicida fluazifop. A constituição genética de uma espécie pode determinar graus variáveis de resistência ou suscetibilidade aos herbicidas (HARTWING et al., 2008). No entanto, em virtude de não existirem informações anteriores sobre o manejo e a caracterização genética da espécie, não se pode afirmar que as diferenças das respostas entre biótipos de azevém ao fluazifop sejam provocadas por estes fatores.

A diversidade genética é comum principalmente entre as plantas daninhas anuais e favorece a seleção da resistência ao herbicida. Isso explica, ao menos em parte, o porquê em nível mundial a maioria dos biótipos resistentes aos herbicidas é de espécies anuais. Grandes infestações de plantas daninhas favorecem o aumento dos riscos de seleção para resistência (WINKLER; VIDAL; BARBOSA-NETO, 2002).

A variabilidade genética das populações de plantas daninhas é afetada por diversos fatores evolutivos, como o sistema de produção, a interação entre a cultura

e a planta daninha, fluxo gênico através da dispersão do pólen e da semente, a distribuição geográfica e a seleção natural (HUANGFU; SONG; QIANG, 2009).

Tabela 2 – Valores de C_{50} com intervalos de confiança (IC) e fator de resistência dos biótipos de *Lolium multiflorum* resistente e suscetível, em resposta a aplicação de diferentes doses do herbicida fluazifop, avaliado aos 7, 14, 21 e 28 dias após o tratamento (DAT). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2011

Biótipo	C ₅₀ ¹		Fator de resistência ²
	g i.a ha ⁻¹	95% IC	
7 DAT			
Resistente	254,9	137,5 – 372,2	2,01
Suscetível	126,6	124,1 – 129,1	
14 DAT			
Resistente	74,7	65,8 – 83,5	1,43
Suscetível	52,0	50,2 – 53,8	
21 DAT			
Resistente	60,2	59,3 – 61,1	1,17
Suscetível	51,4	49,3 – 53,5	
28 DAT			
Resistente	54,9	54,1 – 55,7	1,32
Suscetível	41,6	41,3 – 41,9	

¹ C_{50} = dose necessária para obter 50% de controle;

² Fator de resistência ao herbicida fluazifop dos biótipos de *Lolium multiflorum*, obtido da divisão do C_{50} do biótipo resistente em relação ao biótipo suscetível ao fluazifop.

A resistência de plantas daninhas aos herbicidas é um processo em evolução, onde sua dinâmica e seu impacto são dependentes de alguns fatores, por exemplo: genético (número e frequência de genes de resistência), biologia das espécies de plantas (capacidade de produção de sementes), herbicidas (sítio de ação, atividade residual) e operacionais (dose do herbicida, habilidade do operador) (POWLES; YU, 2010). Como os herbicidas são selecionadores dos biótipos resistentes, a intensidade de seleção depende do número de anos de uso de produtos com o mesmo mecanismo de ação em determinada área (VIDAL et al., 2006).

Com relação à matéria seca da parte aérea, observou-se decréscimo nos valores à medida que houve aumento na dose do herbicida fluazifop, para ambos os biótipos. A variável ajustou-se à equação de regressão sigmoidal do tipo logístico, sendo que os valores do coeficiente de determinação (R^2) foram de 0,99 demonstrando ajuste satisfatório do modelo aos dados (Fig. 7).

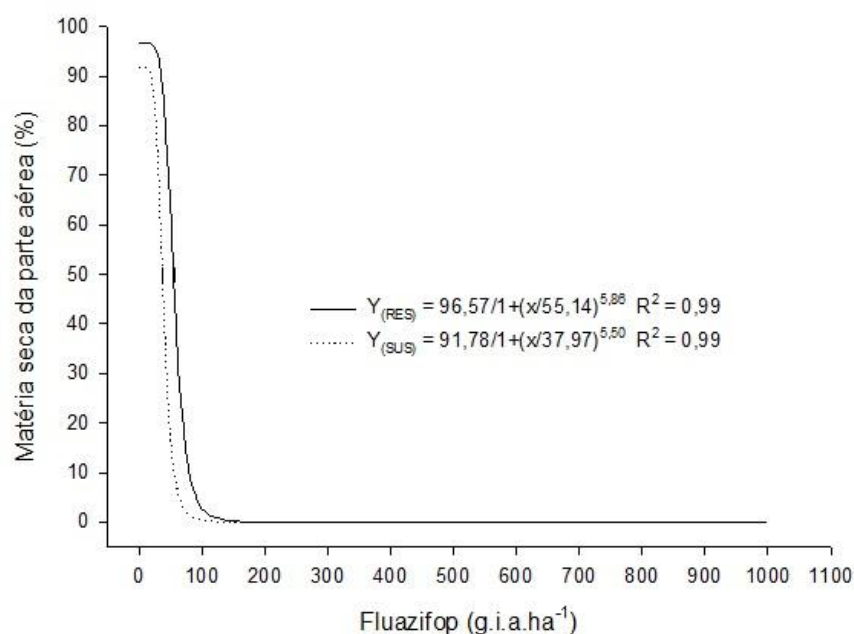


Figura 7 – Matéria seca da parte aérea (%) de biótipos de *Lolium multiflorum* resistente e suscetível, em função da aplicação de diferentes doses do herbicida fluazifop, avaliada aos 28 dias após o tratamento. FAEM/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2011. Barras de erro correspondem ao intervalo de confiança em 95% de probabilidade de erro da dose que causa 50% de redução da matéria seca da parte aérea da planta.

A dose de fluazifop que causou 50% de redução da matéria seca da parte aérea do biótipo suscetível foi de 37,0g i.a.ha⁻¹ e do biótipo resistente de 54,5g i.a.ha⁻¹. Maiores danos às plantas foram observados em doses acima de 125g i.a.ha⁻¹ (Fig. 7). Para *Lolium multiflorum*, suscetível a glyphosate e *Lactuca serriola* suscetível a sulfoniluréias, observou-se maior produção de matéria seca da parte aérea comparativamente ao resistente (VARGAS et al., 2005; ALCOCER-RUTHLING; THILL; SHAFFI, 1992).

Verificou-se que os GR₅₀ para os biótipos resistente e suscetível foram de 54,5 e 37,0 g i.a.ha⁻¹ de fluazifop, respectivamente. Considerando o valor de FR muito baixo (1,47), confirmou-se a evidência de que o biótipo de azevém TUC 11 apresenta nível baixo de resistência ao herbicida fluazifop (tab. 3). Estudos com biótipos de azevém resistentes ao herbicida glyphosate evidenciam que a resposta de biótipos suscetível e resistente a diferentes doses do herbicida indicou como FR o valor de 16,8 (ROMAN, et al., 2004). Para o biótipo de *Digitaria sanguinalis*, resistente ao herbicida fluazifop, foi observado FR de 59 (WIEDERHOLT; STOLTENBERG, 1995).

Tabela 3 – Valores de GR₅₀ com intervalos de confiança (IC) e fator de resistência dos biótipos de *Lolium multiflorum* resistente e suscetível, em resposta a aplicação de diferentes doses do herbicida fluazifop, avaliado aos 28 dias após o tratamento (DAT). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2011

Biótipo	GR ₅₀ ¹		Fator de resistência ²
	g i.a ha ⁻¹	95% IC	
Resistente	54,5	53,5 – 55,5	1,47
Suscetível	37,0	36,1 – 37,9	

¹ G₅₀ = dose necessária para obter 50% de redução de matéria seca;

² Fator de resistência ao herbicida fluazifop dos biótipos de *Lolium multiflorum*, obtido da divisão do G₅₀ do biótipo resistente em relação ao biótipo suscetível ao fluazifop.

Por definição, resistência é a capacidade adquirida de uma planta sobreviver e reproduzir-se após a aplicação da dose do herbicida que controla o restante da população, também denominada de definição agrônômica de resistência (GAZZIERO et al., 2009; CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO, 2008). Entretanto, como observado neste trabalho, a dose recomendada para manejo da planta daninha proporciona controle eficiente, não podendo ser considerados resistentes. Para isso, definiu-se resistência de baixo nível ou acadêmica aquela que não leva em consideração a dose recomendada do herbicida, ou seja, havendo diferenças entre os biótipos em sub-doses, como no caso deste estudo, pode-se considerar o biótipo resistente ao herbicida (HEAP, 2012).

Controvérsias sobre a definição de resistência primariamente resultam de diferentes pontos de vista sobre o que se constitui a variação natural nas populações de plantas daninhas e o que é classificado como baixo nível de resistência. Em casos marginais de resistência, um biótipo que geralmente sobrevive a uma aplicação em condições de campo, pode sucumbir à dose recomendada, sob condições de casa de vegetação. Isto pode ocorrer porque a dose recomendada, em tais condições (casa de vegetação ou câmara de crescimento), frequentemente, é muito mais efetiva sobre as plantas daninhas do que quando um herbicida é aplicado sob condições de campo (GAZZIERO et al., 2009).

Quando uma população de plantas daninhas é selecionada em uma área em que a população do biótipo resistente é suficiente para limitar a produção das culturas agrícolas, há necessidade de mudanças nas práticas de manejo utilizadas (MOREIRA et al., 2010). O aspecto mais importante na prevenção e manejo da resistência é a recomendação de práticas e sistemas de produção em que a pressão

de seleção de biótipos resistentes a determinado herbicida seja reduzida (BOERBOOM, 1999).

Atualmente, há 41 espécies resistentes aos herbicidas inibidores da enzima ACCase: *Alopecurus aequalis*, *Alopecurus japonicus*, *Alopecurus myosuroides*, *Apera spica-venti*, *Avena fátua*, *Avena sterilis*, *Avena sterilis ludoviciana*, *Brachiaria plantaginea*, *Bromus diandrus*, *Bromus rigidus*, *Bromus tectorum*, *Cynosurus echinatus*, *Digitaria ciliaris*, *Digitaria ischaemum*, *Digitaria sanguinalis*, *Echinochloa colona*, *Echinochloa crus-galli*, *Echinochloa oryzoides*, *Echinochloa phyllopogon*, *Eleusine indica*, *Eriochloa punctata*, *Hordeum glaucum*, *Hordeum leporinum*, *Ischaemum rugosum*, *Leptochloa chinensis*, *Leptochloa panicoides*, *Lolium multiflorum*, *Lolium perenne*, *Lolium persicum*, *Lolium rigidum*, *Phalaris brachystachys*, *Phalaris minor*, *Phalaris paradoxa*, *Rottboellia exalta*, *Setaria faberi*, *Setaria viridis*, *Setaria viridis* var. *robusta-alba*, *Setaria viridis* var. *robusta-purpurea*, *Snowdenia polystachea*, *Sorghum halepense*, *Sorghum sudanese* com o primeiro caso registrado em 1982 (HEAP, 2012).

Na maioria das plantas daninhas que apresentam resistência aos inibidores da enzima ACCase, esta é atribuída a alterações no sítio de ação da enzima (VOLENBERG; STOLTENBERG, 2002). Contudo, existem relatos correlacionando a resistência aos inibidores da ACCase com processos metabólicos (HIDAYAT; PRESTON, 1997; BRAVIN; ZANIN; PRESTON, 2001). Quando o mecanismo de resistência se deve à alteração no sítio de ação, as mutações podem ser agrupadas da seguinte forma: alta resistência ao sethoxydim e baixa a outros herbicidas (ex.: biótipos de *Setaria* spp. e *Avena fatua*); alta resistência ao fluazifop-p-butil e baixa a outros herbicidas (ex.: *Lolium rigidum*, *Eleusine indica* e *Alopecurus myosuroides*); relativamente alta resistência a ariloxifenoxypionatos e muito baixa ou nenhuma resistência a cicloexanodionas (ex.: *Lolium rigidum*, *Avena fatua* e *Lolium multiflorum*); uma ou mais mutações conferem níveis intermediários de resistência a ambos os grupos de herbicidas (ex.: *Avena fatua*); e, alta resistência a ambos os grupos de herbicidas (ex.: *Avena fatua*) (BOURGEOIS; KENKEL; MORRISON, 1997; DEVINE, 1997).

Mais estudos devem ser realizados para esclarecer os mecanismos que participam da resposta diferencial dos biótipos de azevém ao herbicida fluazifop e, ainda, os possíveis efeitos destes mecanismos na atividade de outros herbicidas. Esta situação pode indicar que são necessários experimentos adicionais de campo para se verificar se as condições ambientais estavam sendo levadas em consideração apropriadamente. Essas informações são fundamentais para que alternativas de manejo possam ser planejadas ou para melhorar a eficiência dos herbicidas.

3.4 Conclusão

Baseado nos valores de C_{50} e GR_{50} , o biótipo de azevém TUC 11 apresenta resistência de nível baixo ao herbicida fluazifop.

4 CAPÍTULO III – Valor adaptativo de biótipos de *Lolium multiflorum* Lam com resistência de nível baixo e suscetível ao herbicida fluazifop e habilidade competitiva com a cultura do trigo

4.1 Introdução

O trigo é um dos cereais mais importantes para a alimentação humana produzidos no mundo, juntamente com arroz e milho. Na safra 2011/12, a área cultivada com trigo foi de 2.125 mil hectares, com produção de 5.414 mil toneladas e produtividade de 2.547kg ha⁻¹ (CONAB, 2012). Essa produtividade decorre, especialmente, da utilização de cultivares com alto potencial produtivo, do uso apropriado de insumos e da adoção de tecnologia. Contudo, a produtividade está aquém daquela alcançada em áreas de pesquisa. Isso resulta, em parte, do controle insatisfatório de plantas daninhas, as quais causam prejuízos quantitativos e qualitativos à produção do trigo (PAULA et al., 2011).

Dentre as diversas plantas daninhas que infestam a cultura do trigo, destaca-se a espécie *Lolium multiflorum* (azevém). Esta espécie apresenta resistência a seis grupos químicos de herbicidas no mundo e, no Brasil, apresenta resistência a inibidores das enzimas 5-enolpiruvilshikimato-3-fosfato sintase (EPSPs) (ROMAN et al., 2004), acetolactato sintase (ALS) e acetil Coenzima A carboxilase (ACCase) (HEAP, 2012). O azevém é uma planta de fácil dispersão, apresentando fecundação cruzada. É particularmente importante como infestante em culturas de cereais de inverno, como trigo e cevada (KISSMANN, 2007).

O estudo da suscetibilidade de biótipos de azevém aos herbicidas, de sua capacidade competitiva e os de seus mecanismos de adaptação ao ambiente, são fundamentais para desenvolver ferramentas visando controlar biótipos resistentes.

As características dos biótipos afetam diretamente a taxa de evolução da resistência ou mesmo a manutenção da proporção de plantas resistentes dentro da população, quando da ausência da pressão de seleção pelo herbicida (JASIENIUK; BRÛLÉ-BABEL; MORRISON, 1996).

Para analisar as características dos biótipos, frequentemente são utilizados estudos de crescimento, que detectam possíveis diferenças funcionais e estruturais entre biótipos (CHRISTOFFOLETI, 2001). Os biótipos mais adaptados normalmente são mais competitivos e capazes de aumentar sua proporção relativa ao longo do tempo e, assim, eliminar os indivíduos menos aptos a ocupar determinado nicho ecológico (CHRISTOFFOLETI; WESTRA; MOORE, 1997). Nos casos em que os biótipos sejam menos competitivos, técnicas culturais como aumento do número de plantas da cultura por área e/ou redução do espaçamento entre fileiras, podem ser usadas para suprimir o crescimento daqueles (VARGAS; SILVA, 2009).

A competição pelos recursos do meio, imposto pelas plantas daninhas às culturas está entre os fatores que mais causam decréscimo de produtividade. No campo, a competição ocorre quando um ou mais recursos necessários ao seu desenvolvimento e crescimento (água, luz e nutrientes) encontram-se em quantidade limitada para atender as necessidades de todos os indivíduos presentes no meio (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007). A taxa de crescimento é uma importante variável na predição de situações de competição entre plantas. Em análise teórica, o aumento de 50% na taxa de crescimento radial dobrou a habilidade competitiva de uma planta (FISCHER; MILES, 1973). Dessa forma, experimentos de valor adaptativo são capazes de informar o comportamento das espécies no espaço ao longo do tempo e assim, produzir conhecimento sobre a habilidade competitiva dos indivíduos em estudo.

Para determinar as interações competitivas entre plantas daninhas e culturas têm sido utilizados vários tipos de experimento, destacando-se os em série de substituição que possibilitam o estudo da competição inter e intra-específica. A premissa desse tipo de experimento é que as produtividades das misturas possam ser determinadas em comparação à da monocultura (COUSENS, 1991).

Estudos sobre competitividade de culturas com plantas daninhas permitem desenvolver estratégias para seu manejo, pois podem definir as características que confirmam maior habilidade competitiva às culturas. Cultivares com maiores

velocidades de incremento de área foliar, estatura, matéria seca da parte aérea, maior cobertura do solo e interceptação de luz pelo dossel apresentaram maior habilidade competitiva com as plantas daninhas (FLECK et al., 2003).

A interceptação de luz pelo dossel é dependente, além da densidade e do arranjo das plantas, de um conjunto de características morfológicas dos vegetais, como: capacidade de afilamento, estatura de planta, número de folhas formadas, área foliar, distribuição das folhas, ângulo foliar, decumbência do limbo das folhas e produção de massa aérea (BLACKSHAW, 1994; SEAVERS; WRIGHT, 1999).

O conhecimento do valor adaptativo e da habilidade competitiva entre as espécies de trigo e azevém, permite compreender as interações competitivas e tornar possível o desenvolvimento de práticas mais eficientes no manejo das plantas daninhas.

Diante do exposto, as hipóteses do trabalho são que o biótipo suscetível apresenta valor adaptativo igual ao do biótipo resistente; o trigo apresenta habilidade competitiva superior aos biótipos de azevém resistente e suscetível a herbicidas inibidores da enzima ACCase; e, o biótipo resistente a herbicidas inibidores da enzima ACCase tem maior habilidade competitiva comparativamente ao suscetível.

Os objetivos do estudo foram estimar o valor adaptativo de biótipos de azevém com resistência de nível baixo e suscetível ao herbicida fluazifop, e investigar a habilidade competitiva relativa desses biótipos entre si e com a cultura do trigo, por meio de experimento em série de substituição.

4.2 Material e Métodos

Foram conduzidos dois estudos em casa de vegetação pertencente à Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM) da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), no Município de Capão do Leão - RS. Em todos os estudos as unidades experimentais utilizadas foram vasos com capacidade volumétrica de 4L e diâmetro de 17,5cm, preenchidas com solo peneirado classificado como Planossolo Hidromórfico Eutrófico solódico, pertencente à unidade de mapeamento Pelotas (EMBRAPA, 2006). A correção da fertilidade do solo foi realizada pela análise do solo, conforme as recomendações para a cultura do trigo (SOCIEDADE, 2004).

O primeiro estudo para determinar o valor adaptativo, comparando os biótipos de azevém com resistência de nível baixo e suscetível ao herbicida fluazifop, foi conduzido no período de agosto à novembro de 2011, em delineamento experimental completamente casualizado, com quatro repetições.

Os tratamentos constaram de plantas dos biótipos com resistência de nível baixo e suscetível ao herbicida fluazifop (Capítulo 2) e nove épocas de coleta (10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 e 90 dias após a emergência – DAE). As variáveis avaliadas, em cada época, foram: estatura da planta (EST), área foliar (AF) e matéria seca da parte aérea (MSPA). Determinou-se a EST com auxílio de régua milimetrada, medindo-se a distância do solo até o ponto de inserção da última folha. Após o corte das plantas, ao nível do solo, foi mensurada a AF, através de medidor modelo LI 3100C. Quantificou-se a MSPA pela pesagem da parte aérea das plantas após serem secas em estufa com circulação forçada de ar a 60 °C até atingir massa constante.

Os dados obtidos foram analisados quanto à normalidade (teste de Shapiro Wilk) e, posteriormente, submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$). No caso de ser constatada significância estatística, realizou-se a análise de regressão para o fator épocas de avaliação utilizando o programa SigmaPlot 10.0 (SIGMAPLOT, 2007) para todas as variáveis.

Para os dados das variáveis EST, AF e MSPA o modelo exponencial foi o mais adequado:

$$y = a.e^{b.x}$$

onde: y = variável resposta de interesse; x = número de dias acumulados; e = função exponencial; a e b = parâmetros estimados da equação, sendo a a diferença entre os pontos máximo e mínimo da variável, e b a declividade da curva.

Para avaliar a habilidade competitiva entre azevém e a cultura do trigo, foi conduzido estudo composto por dois experimentos. O primeiro com monocultivos de trigo e azevém, realizado nos meses de junho a agosto de 2011, objetivou determinar a população de plantas (m^{-2}) a partir da qual a matéria seca da parte aérea (MSPA) (g) por unidade de área (m^{-2}) torna-se independente da população, de acordo com a “lei de produção final constante” (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 1997). O experimento foi conduzido em delineamento completamente casualizado, com três repetições. As populações testadas foram 2, 4, 8, 16, 32, 64 e 128 plantas

vaso⁻¹ (equivalentes a 83, 166, 332, 664, 1328, 2656 e 5312 plantas m⁻²). Foram utilizadas sementes da cultivar de trigo FUNDACEP Horizonte e sementes de azevém suscetível e com resistência de baixo nível ao herbicida fluazifop (Capítulo 2).

A variável MSPA foi quantificada aos 60 DAE pela pesagem da parte aérea das plantas após serem secas em estufa com circulação forçada de ar a 60 °C por 72 horas. Para análise dos dados, foi utilizada a produção recíproca para determinar a população de plantas onde a MSPA torna-se constante. A população em que MSPA tornou-se independente da população de plantas, na média das espécies, foi de 1992 plantas m⁻² (dados não apresentados).

O segundo experimento foi conduzido em série de substituição, nos meses de setembro e novembro de 2011, com população de 48 plantas por unidade experimental, determinada no experimento de monocultivo. O delineamento experimental utilizado foi completamente casualizado, com quatro repetições. Os tratamentos constaram de proporções dos biótipos de azevém suscetível e com resistência de nível baixo ao herbicida fluazifop e da cultivar de trigo FUNDACEP Horizonte. As proporções testadas foram: 100:0 (estande puro da cultivar), 75:25, 50:50, 25:75 e 0:100% [estande puro do biótipo de azevém (baixo nível de resistência ou suscetível)]. As unidades experimentais e o solo utilizado foram idênticos aos utilizados no experimento de monocultivo. A semeadura foi realizada em densidade superior às populações desejadas em cada tratamento e 10 DAE foi realizado desbaste para retirada do excesso de plantas.

As variáveis avaliadas aos 60 DAE foram: (AF) e (MSPA). A AF foi determinada com auxílio de medidor de área foliar, modelo LI 3100C, enquanto a MSPA foi quantificada de modo idêntico ao descrito no monocultivo.

Para analisar os dados das variáveis AF e MSPA do competidor azevém e da cultivar de trigo FUNDACEP Horizonte foi utilizado o método da análise gráfica da produtividade relativa (RADOSEVICH, 1987; ROUSH et al., 1989; COUSENS, 1991; BIANCHI; FLECK; LAMEGO, 2006). O referido procedimento, também conhecido como método convencional para experimentos substitutivos, consiste na construção de diagrama tendo por base as produtividades ou variações relativas (PR) e total (PRT). Quando o resultado da PR tende a uma linha reta, significa que as habilidades das espécies são equivalentes. Caso a PR resulte em linha côncava,

indica que existe prejuízo no crescimento de uma ou de ambas as espécies. Ao contrário, se a PR mostrar linha convexa, há benefício no crescimento de uma ou de ambas as espécies. Quando a PRT for igual à unidade (1) (linha reta), ocorre competição pelos mesmos recursos e se ela for superior a 1 (linha convexa), a competição é evitada. Caso a PRT seja menor que 1 (linha côncava), ocorre prejuízo mútuo ao crescimento (COUSENS, 1991; RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007).

Foram calculados os índices de competitividade relativa (CR), coeficiente de agrupamento relativo (K) e competitividade (C). A CR representa o crescimento comparativo da espécie X em relação a Y; K indica a dominância relativa de uma espécie sobre a outra; e C aponta qual das espécies é mais competitiva. Assim, os índices CR, K e C indicam qual espécie se manifesta mais competitiva, e sua interpretação conjunta indica com maior segurança a competitividade das espécies (COUSENS, 1991). A espécie X é mais competitiva que Y quando $CR > 1$, $K_x > K_y$ e $C > 0$; por outro lado, a espécie Y é mais competitiva que X quando $CR < 1$, $K_x < K_y$ e $C < 0$ (HOFFMAN; BUHLER, 2002). Para calcular esses índices foram usadas as proporções 50:50 das espécies, utilizando-se as seguintes equações: $CR = PR_x/PR_y$; $K_x = PR_x/(1-PR_x)$; $K_y = PR_y/(1-PR_y)$; $C = PR_x - PR_y$. (COUSENS; O'NEILL, 1993).

O procedimento de análise estatística da produtividade ou variação relativa incluiu o cálculo das diferenças para os valores de PR (DPR), obtidos nas proporções 25, 50 e 75%, em relação aos valores pertencentes à reta hipotética nas respectivas proporções (PASSINI, 2001; BIANCHI; FLECK; LAMEGO, 2006). Utilizou-se o teste "t" para avaliar as diferenças relativas aos índices DPR, PRT, CR, K e C (ROUSH et al., 1989; HOFFMAN; BUHLER, 2002). Considerou-se como hipótese nula, para testar as diferenças de DPR e C, que as médias fossem iguais a zero ($H_0 = 0$); para PRT e CR, que as médias fossem iguais a um ($H_0 = 1$); e, para K, que as médias das diferenças entre K_x e K_y fossem iguais a zero [$H_0 = (K_x - K_y) = 0$]. O critério para considerar as curvas de PR e PRT diferentes das retas hipotéticas foi que, no mínimo em duas proporções, ocorressem diferenças significativas pelo teste "t" (BIANCHI; FLECK; LAMEGO, 2006). Do mesmo modo, considerou-se, para os índices CR, K e C, a existência de diferenças em competitividade quando, no mínimo em dois deles, houvesse diferença significativa pelo teste "t".

Os resultados obtidos para AF e MSPA, expressos em valores médios por tratamento, foram submetidos à análise de variância pelo teste F; em sendo significativo, compararam-se as médias dos tratamentos pelo teste de Dunnett, considerando-se as monoculturas como testemunhas nessas comparações. Em todas as análises estatísticas efetuadas adotou-se o valor de 5% como probabilidade de erro.

3. Resultados e Discussão

Para o experimento de valor adaptativo o teste de Shapiro Wilk demonstrou não ser necessária a transformação dos dados. Verificou-se interação entre os fatores biótipos e épocas de avaliação para as variáveis EST e AF, enquanto que para a variável MSPA houve efeito apenas do fator épocas de avaliação, indicando que o acúmulo de matéria seca foi semelhante para ambos os biótipos estudados.

As variáveis estudadas (EST, AF e MSPA) ajustaram-se a equação exponencial de dois parâmetros, sendo que os valores do coeficiente de determinação (R^2) variaram de 0,93 a 0,99, demonstrando ajuste satisfatório dos dados ao modelo (Fig. 8, 9 e 10).

A partir da análise da disposição das curvas observou-se aumento exponencial da estatura das plantas conforme o avanço da época de avaliação (Fig. 8). O comportamento dos biótipos foi similar, considerando o coeficiente exponencial das equações, sendo que o biótipo com resistência de nível baixo, comparativamente ao suscetível, apresentou maior estatura de plantas a partir dos 60 DAE.

A estatura representa característica morfológica importante que interfere na competição por luz (FLECK et al., 2008), sendo que espécies que possuem maior estatura e área foliar são favorecidas, interceptando mais radiação solar e, em decorrência, aumentando a fotossíntese (PONTES et al., 2003). Possivelmente, as diferenças observadas entre biótipos decorreram de características genéticas ou se relacionaram ao local de origem dos mesmos.

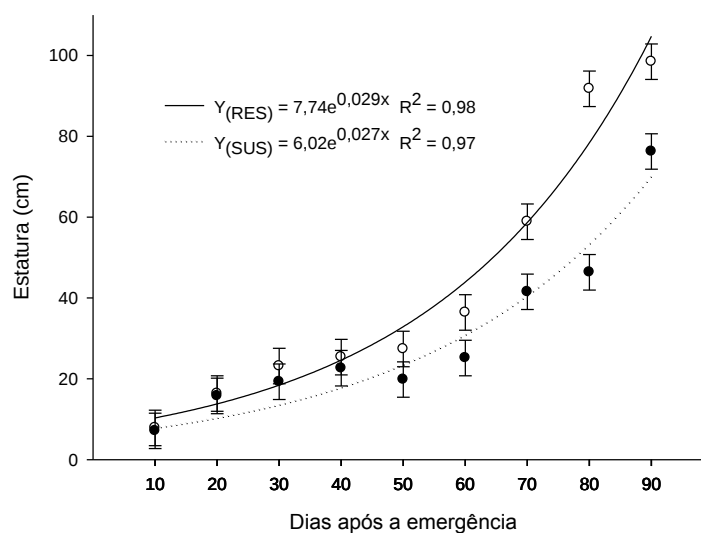


Figura 8 – Estatura dos biótipos de *Lolium multiflorum* com resistência de nível baixo e suscetível ao herbicida fluazifop, avaliada dos 10 aos 90 dias após a emergência. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2011. Os pontos representam os valores médios das repetições entre biótipos e as barras, os respectivos intervalos de confiança da média.

Com relação à variável AF, observou-se aumento exponencial conforme o avanço da época de avaliação (Fig. 9). O comportamento dos biótipos foi similar, considerando o coeficiente exponencial das equações, sendo que o biótipo suscetível, comparativamente ao com resistência de nível baixo, apresentou maior AF de plantas nas duas últimas épocas de avaliação. A AF se relaciona diretamente com a capacidade fotossintética e de interceptação da luz, interferindo na cobertura do solo e na competição com outras plantas (SEVERINO et al., 2004).

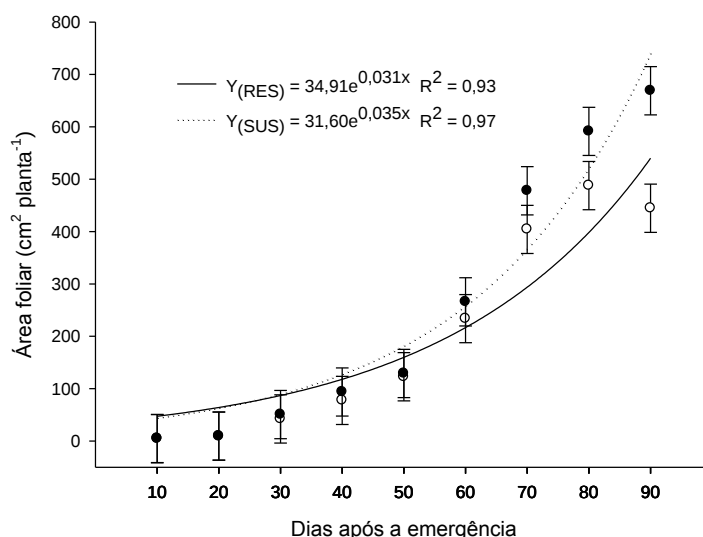


Figura 9 – Área foliar dos biótipos de *Lolium multiflorum* com resistência de nível baixo e suscetível ao herbicida fluazifop, avaliada dos 10 aos 90 dias após a emergência. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2011. Os pontos representam os valores médios das repetições entre biótipos e as barras, os respectivos intervalos de confiança da média.

Para a variável MSPA houve crescimento exponencial conforme o avanço das épocas de avaliação, sendo observada lenta produção de matéria seca até os 50 DAE, acentuando-se partir dos 60 DAE (Fig. 10). Esse comportamento possivelmente se relacionou ao número de afilhos emitidos pela planta.

A variável matéria seca traz informações relevantes sobre a competição entre espécies vegetais. O acúmulo e a alocação de matéria seca são umas das características mais importantes no entendimento da habilidade competitiva entre plantas. Indivíduos com maior acúmulo de matéria seca em menor espaço de tempo demonstram maior habilidade quando em competição (CARVALHO et al., 2005; RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007). Em geral, plantas que produzem mais matéria seca causam redução de recursos do meio, podendo resultar na supressão do crescimento de plantas vizinhas (FLECK et al., 2006).

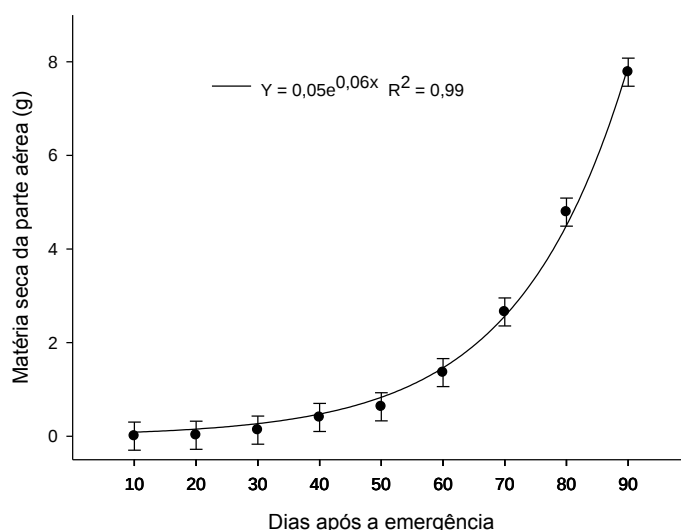


Figura 10 – Matéria seca da parte aérea média dos biótipos de *Lolium multiflorum* com resistência de nível baixo e suscetível ao herbicida fluazifop, avaliada dos 10 aos 90 dias após a emergência. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2011. Os pontos representam os valores médios das repetições entre biótipos e as barras, os respectivos intervalos de confiança da média.

Comparando as variáveis estudadas, verificou-se que o biótipo com resistência de nível baixo apresentou maior EST, o suscetível maior AF e não diferiram em relação a MSPA. Estes resultados podem decorrer de características genéticas ou do local de origem dos mesmos, conforme discutido anteriormente. Esta inferência tem relevância quando se busca estratégias visando o manejo da resistência, uma vez que se o biótipo com resistência de baixo nível não difere do suscetível, práticas como a seleção reversa tornam-se inefetivas.

Estudos têm evidenciado que biótipos de plantas daninhas resistentes a sulfoniluréias e imidazolinonas (inibidores da ALS) não mostram diferenças de adaptabilidade em relação ao biótipo suscetível (CHRISTOFFOLETI, 1992). Estudos para estimar o valor adaptativo de biótipos de *Euphorbia heterophylla* com diferentes níveis de tolerância ao herbicida glyphosate mostraram que o biótipo mais tolerante apresentou maior valor adaptativo comparado ao suscetível (NOHATTO, 2010). Por outro lado, biótipo de azevém suscetível ao herbicida glyphosate produziu quantidades de matéria seca superior às do resistente (VARGAS et al., 2005).

Em condições de campo, tem-se observado o domínio dos biótipos resistentes sobre os suscetíveis, o que decorre da alta pressão de seleção provocada pelas constantes eliminações das plantas suscetíveis, devido ao uso repetido de mesmo herbicida (SILVA; SILVA, 2007). Poucos são os estudos

relacionados especificamente a biótipos com resistência de nível baixo, portanto, há necessidade de se desenvolverem novos trabalhos, comparando número maior de biótipos, quanto às características fisiológicas, genéticas e bioquímicas, com intuito de esclarecer melhor as possíveis relações entre tais características e sua resposta aos herbicidas inibidores da ACCase, eliminando-se a possível influência do local de origem dos biótipos nos resultados.

Para o experimento de habilidade competitiva de biótipos de azevém com resistência de nível baixo e suscetível entre si e com o trigo, em série de substituição, o teste de normalidade demonstrou não ser necessária a transformação dos dados.

A análise gráfica dos resultados obtidos para PR, para as variáveis AF e MSPA, demonstrou que de modo geral o trigo foi mais competitivo que os biótipos de azevém com resistência de nível baixo e suscetível, sendo a PR do trigo representada por linha convexa e a dos biótipos de azevém por linha côncava (Fig. 11 e 12). Em ambos os casos, existiu benefício para a cultura e prejuízo para o competidor. Tanto a competição do trigo com o azevém suscetível como a do trigo com o azevém com resistência de nível baixo ocorreu pelos mesmos recursos do meio, sendo estes utilizados de forma mais eficiente pela cultura. Para os biótipos de azevém competindo entre si, os resultados da PR para as variáveis AF e MSPA demonstraram ser equivalentes, uma vez que as retas estimadas foram semelhantes às hipotéticas, ou seja, os biótipos de azevém exploram o mesmo nicho ecológico (Fig. 13).

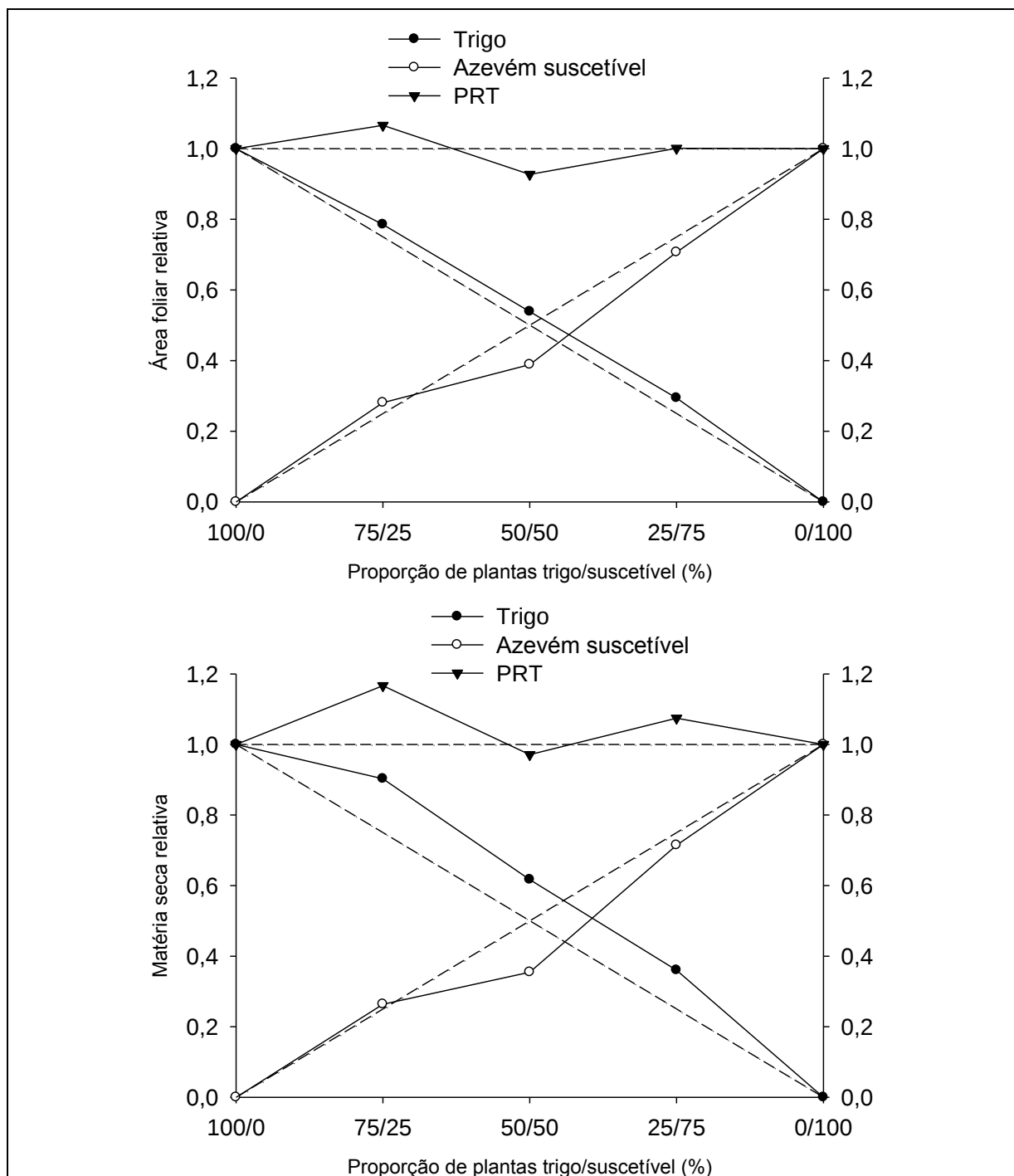


Figura 11 - Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para área foliar e matéria seca de plantas de trigo e azevém suscetível, FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2011. Círculos vazios (○) representam a PR do biótipo suscetível, círculos cheios (●) a PR do trigo e triângulos (▼) indicam a PRT. Linhas tracejadas referem-se às produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.

Considerando que para haver significância, pelo menos duas proporções devem apresentar diferenças, foram observados desvios de PR da cultura, em competição com os biótipos, somente para a variável MSPA nas proporções 50:50 e

25:75, comparados com as respectivas retas hipotéticas (tab. 4). Para a PR de ambos os biótipos de azevém, em competição com a cultura ou competindo entre si, as proporções não apresentaram diferenças nas variáveis avaliadas.

Tabela 4 - Diferenças relativas de produtividade para as variáveis área foliar e matéria seca da parte aérea e produtividade relativa total, nas proporções de plantas 75:25, 50:50 e 25:75 de biótipos de azevém suscetível e com resistência de nível baixo ao herbicida fluazifop, competindo entre si e com trigo cultivar FUNDACEP Horizonte. UFPel, Capão do Leão-RS, 2011

Biótipo	Proporção de plantas associadas		
	75:25	50:50	25:75
Área foliar			
trigo	0,04 ($\pm 0,06$) ^{ns}	0,04 ($\pm 0,03$) ^{ns}	0,04 ($\pm 0,01$)*
suscetível	0,03 ($\pm 0,02$) ^{ns}	- 0,11 ($\pm 0,05$) ^{ns}	- 0,04 ($\pm 0,06$) ^{ns}
total	1,07 ($\pm 0,04$) ^{ns}	0,93 ($\pm 0,04$) ^{ns}	1,00 ($\pm 0,07$) ^{ns}
trigo	0,01 ($\pm 0,05$) ^{ns}	0,06 ($\pm 0,03$) ^{ns}	0,07 ($\pm 0,04$) ^{ns}
res nível bx	0,05 ($\pm 0,03$) ^{ns}	- 0,08 ($\pm 0,02$)*	- 0,10 ($\pm 0,06$) ^{ns}
total	1,06 ($\pm 0,08$) ^{ns}	0,98 ($\pm 0,04$) ^{ns}	0,97 ($\pm 0,09$) ^{ns}
res nível bx	- 0,07 ($\pm 0,05$) ^{ns}	- 0,03 ($\pm 0,04$) ^{ns}	0,00 ($\pm 0,01$) ^{ns}
suscetível	0,00 ($\pm 0,01$) ^{ns}	0,03 ($\pm 0,01$) ^{ns}	0,02 ($\pm 0,03$) ^{ns}
total	0,92 ($\pm 0,05$) ^{ns}	1,00 ($\pm 0,04$) ^{ns}	1,02 ($\pm 0,04$) ^{ns}
Massa seca da parte aérea			
trigo	0,15 ($\pm 0,05$) ^{ns}	0,12 ($\pm 0,03$)*	0,11 ($\pm 0,02$)*
suscetível	0,01 ($\pm 0,02$) ^{ns}	- 0,15 ($\pm 0,06$) ^{ns}	- 0,04 ($\pm 0,06$) ^{ns}
total	1,17 ($\pm 0,05$)*	0,97 ($\pm 0,03$) ^{ns}	1,07 ($\pm 0,07$) ^{ns}
trigo	0,02 ($\pm 0,06$) ^{ns}	0,21 ($\pm 0,07$)*	0,14 ($\pm 0,03$)*
res nível bx	0,09 ($\pm 0,03$)*	- 0,07 ($\pm 0,02$) ^{ns}	- 0,12 ($\pm 0,05$) ^{ns}
total	1,11 ($\pm 0,08$) ^{ns}	1,14 ($\pm 0,09$) ^{ns}	1,02 ($\pm 0,05$) ^{ns}
res nível bx	- 0,01 ($\pm 0,04$) ^{ns}	0,01 ($\pm 0,02$) ^{ns}	- 0,01 ($\pm 0,06$) ^{ns}
suscetível	- 0,01 ($\pm 0,01$) ^{ns}	0,04 ($\pm 0,02$) ^{ns}	0,03 ($\pm 0,03$) ^{ns}
total	0,98 ($\pm 0,05$) ^{ns}	1,05 ($\pm 0,03$) ^{ns}	1,03 ($\pm 0,05$) ^{ns}

^{ns} Não significativo e * significativo pelo teste t ($p \leq 0,05$). Valores entre parênteses representam os erros padrões das médias.

Com relação à PRT, a análise gráfica apresentou resultados variados (Fig. 11, 12 e 13), no entanto, não houve diferença entre os valores esperados e estimados para nenhuma variável estudada (tab. 4). Quando os valores de PRT são equivalentes a um, correspondendo a uma linha reta, ocorre competição pelos mesmos recursos. Isso demonstra que os biótipos interagem pelos mesmos recursos disponíveis no ambiente, mas um utiliza os recursos do meio de forma mais eficiente que outro. Esse comportamento mostra que um biótipo é mais competitivo que o outro e contribui mais que o esperado para a produtividade total da associação (RADOSEVICH, 1987).

Embora não tenham ocorrido diferenças entre os valores observou-se, visualmente, que as retas da PR para o trigo obtiveram um comportamento convexo e as do biótipo suscetível, um comportamento côncavo em ambas as variáveis, sendo mais acentuado na variável MSPA (Fig. 11). Comportamento semelhante foi observado na competição do trigo com o azevém com resistência de nível baixo (Fig.12).

Avaliando a competição entre biótipos de picão preto resistente e suscetível aos inibidores da enzima ALS, os autores observaram que, em geral, não houve diferença na habilidade competitiva entre os biótipos (LAMEGO; VIDAL; BURGOS, 2011). Neste mesmo sentido, estudos de habilidade competitiva entre biótipos de *Cyperus difformis* resistente e suscetível a herbicidas inibidores da ALS e destes com arroz irrigado, mostraram que os biótipos de *Cyperus difformis* apresentam habilidade competitiva equivalente, por outro lado, a cultura do arroz mostrou habilidade competitiva superior aos biótipos (DAL MAGRO et al., 2011).

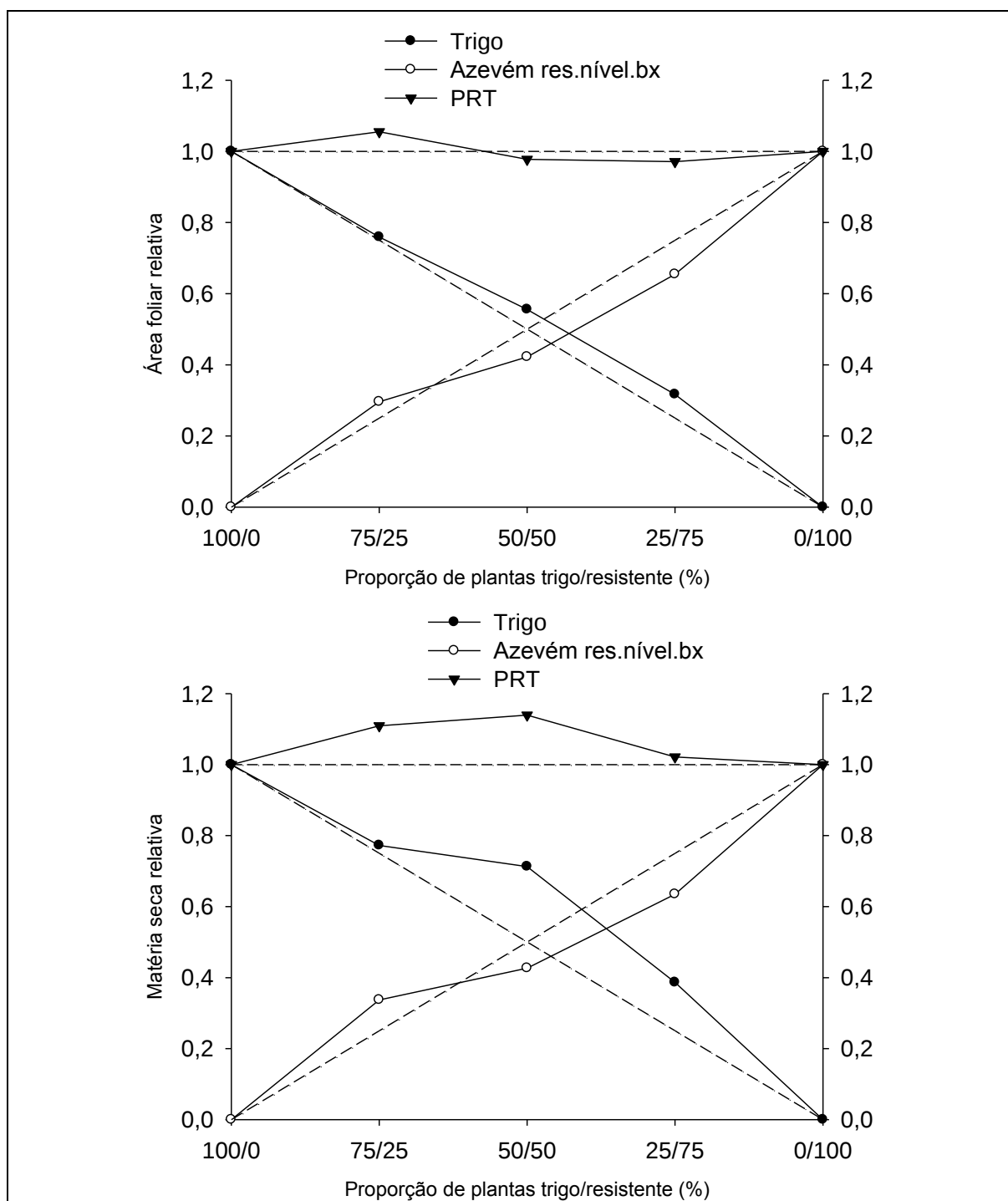


Figura 12 - Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para área foliar e matéria seca de plantas de trigo e azevém com resistência de nível baixo, FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2011. Círculos vazios (○) representam a PR do biótipo com resistência de nível baixo, círculos cheios (●) a PR do trigo e triângulos (▼) indicam a PRT. Linhas tracejadas referem-se às produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.

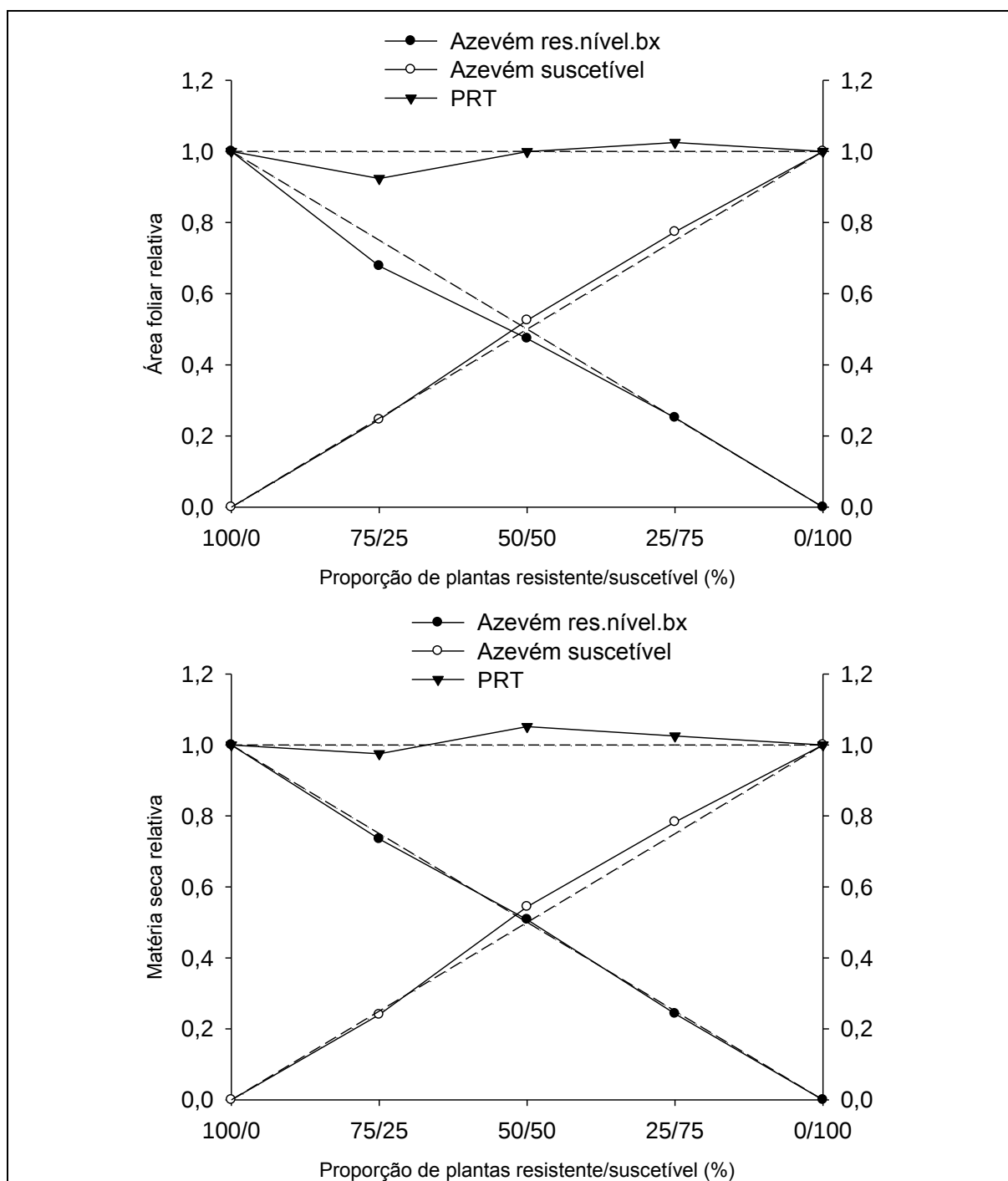


Figura 13 - Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para área foliar e matéria seca de plantas de azevém com resistência de nível baixo e azevém suscetível, FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2011. Círculos vazios (○) representam a PR do biótipo suscetível, círculos cheios (●) a PR do biótipo com resistência de nível baixo e triângulos (▼) indicam a PRT. Linhas tracejadas referem-se às produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.

Para a variável morfológica AF não se observou diferença entre a cultura e a planta daninha, independente do biótipo de azevém e proporção de plantas (tab. 5). De igual modo, os biótipos de azevém portaram-se de modo semelhante quando

competiram entre si. Para a variável MSPA, quando a cultura competiu com o biótipo suscetível, verificou-se incremento de MSPA apenas na menor proporção de plantas de trigo (25:75), enquanto, não se observou diferença em nenhuma associação para o biótipo suscetível. Quando a cultura competiu com o biótipo com resistência de nível baixo observou-se comportamento semelhante à competição com o suscetível, apresentando diferença nas associações 50:50 e 25:75. Já, o biótipo com resistência de nível baixo foi significativo quando em menor proporção (25:75). Por sua vez, a competição dos biótipos de azevém entre si não mostrou dados significativos.

Tabela 5 - Resposta de biótipos de azevém suscetível e com resistência de nível baixo ao herbicida fluazifop competindo entre si e com trigo cultivar FUNDACEP Horizonte. UFPel, Capão do Leão-RS, 2011

Biótipo	Proporção de plantas					C.V.(%)
	100:0	75:25	50:50	25:75	0:100	
	Área foliar					
trigo	26,21	27,44 ^{ns}	28,24 ^{ns}	30,85 ^{ns}	-	10,13
suscetível	-	58,40 ^{ns}	40,40 ^{ns}	48,97 ^{ns}	52,0	16,51
trigo	26,21	26,52 ^{ns}	29,12 ^{ns}	33,22 ^{ns}	-	16,23
res.nível.bx	-	59,58 ^{ns}	42,47 ^{ns}	43,90 ^{ns}	50,31	16,66
res.nível.bx	50,31	45,46 ^{ns}	47,70 ^{ns}	50,57 ^{ns}	-	12,44
suscetível	-	51,15 ^{ns}	54,60 ^{ns}	53,63 ^{ns}	52,0	8,33
	Massa da parte aérea seca					
trigo	0,34	0,40 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,48*	-	11,09
suscetível	-	0,37 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,37	18,65
trigo	0,34	0,35 ^{ns}	0,48*	0,52*	-	15,33
res.nível.bx	-	0,59*	0,37 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,44	13,55
res.nível.bx	0,44	0,43 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,42 ^{ns}	-	23,74
suscetível	-	0,35 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,37	10,66

^{ns} Não significativo e * significativo em relação à respectiva testemunha (100%) pelo teste de Dunnett ($p \leq 0,05$).

Os resultados demonstram que, em geral, para a cultura do trigo a competição intraespecífica é mais expressiva (tab. 5), ou seja, a cultura prefere dividir o nicho com uma planta de outra espécie do que da mesma espécie, enquanto para os biótipos de azevém independe o competidor. Em trabalho para verificar a habilidade competitiva de cevada convivendo com azevém, constatou-se que a competição interespecífica é menos prejudicial para ambas as espécies envolvidas do que a competição intraespecífica (GALON et al., 2011). Resultados semelhantes ocorreram com trigo em competição com azevém (RIGOLI et al., 2008). A competição afeta quantitativa e qualitativamente a produção, pois modifica a eficiência de aproveitamento dos recursos do ambiente, como água, luz, CO₂ e

nutrientes, estabelecendo-se entre a cultura e as plantas de outras espécies existentes no local (BIANCHI; FLECK; LAMEGO, 2006).

Considerando que a cultura do trigo é mais competitiva que o azevém, quando $CR > 1$, $Kt > Ka$ e $C > 0$ (HOFFMAN; BUHLER, 2002) e, adotando-se como critério para comprovar superioridade competitiva a ocorrência de diferença significativa em pelo menos dois índices (BIANCHI; FLECK; LAMEGO, 2006), observou-se, para as variáveis AF e MSPA, que a cultura possui competitividade equivalente com o biótipo suscetível e superior ao com resistência de nível baixo (tab. 6). Já, a comparação entre biótipo de azevém com resistência de nível baixo e suscetível não apresentou diferença.

Estudo demonstrou que, geralmente, a cultura é mais competitiva do que a espécie daninha, porque o efeito das infestantes não se deve somente à sua maior habilidade competitiva individual, mas, principalmente à população total de plantas (VILÀ; WILLIAMSON; LONSDALE, 2004). Porém, nem sempre na competição entre espécies da mesma família ou entre indivíduos da mesma espécie, a vantagem é da cultura. O arroz-vermelho, embora pertencente à mesma espécie, apresenta superioridade na competição com arroz cultivado (PANTONE; BAKER, 1991). Existe diferença na capacidade competitiva entre cultivares de arroz na presença de arroz-vermelho, sendo que a característica comum aos biótipos de arroz-vermelho foi elevada capacidade de afilhamento (ESTORNINOS JR.; GEALY; TALBERT, 2002).

Tabela 6 - Índices de competitividade entre biótipos de azevém suscetível e com resistência de nível baixo ao herbicida fluazifop competindo entre si com trigo cultivar FUNDACEP Horizonte, expressos por competitividade relativa (CR) e coeficientes de agrupamento relativo (K) e de competitividade (C). UFPel, Capão do Leão-RS, 2011

	CR	Kt ³	Kas	C
trigo:suscetível				
AF ¹	1,46 (±0,19) ^{ns}	1,19 (±0,12)*	0,68 (±0,10)	0,15 (±0,07) ^{ns}
MSPA ²	1,90 (±0,32) ^{ns}	1,66 (±0,21)*	0,60 (±0,09)	0,26 (±0,09) ^{ns}
	CR	Kt	Kar	C
trigo:res.nível.bx				
AF ¹	1,32 (±0,08)*	1,27 (±0,14)*	0,74 (±0,06)	0,13 (±0,03)*
MSPA ²	1,66 (±0,07)*	1,86 (±0,16)*	0,75 (±0,08)	0,29 (±0,04)*
	CR	Kar	Kas	C
res.nível.bx:suscetível				
AF ¹	0,90 (±0,07) ^{ns}	0,93 (±0,14) ^{ns}	1,11 (±0,04)	- 0,05 (±0,03) ^{ns}
MSPA ²	0,94 (±0,06) ^{ns}	1,04 (±0,07) ^{ns}	1,21 (±0,11)	- 0,04 (±0,03) ^{ns}

¹Área foliar; ²Massa seca da parte aérea; ³ Kt – trigo; Kas – azevém suscetível; e, Kar – azevém com resistência de nível baixo; ^{ns} Não significativo e * significativo pelo teste t (p≤0,05). Valores entre parênteses representam os erros padrões das médias.

Não se pode afirmar que a diferença de capacidade competitiva entre o biótipo suscetível e com resistência de nível baixo com o trigo foi uma perda fisiológica devido à característica de resistência, já que os mesmos biótipos competindo entre si mostraram-se equivalentes quanto a sua habilidade competitiva (tab. 5). A resistência de nível baixo de plantas daninhas aos herbicidas pode resultar da dificuldade de absorção do produto, em razão de características da lâmina foliar, como rugosidade, pilosidade e composição química da cera epicuticular (SANCHOTENE et al., 2008). As ceras epicuticulares podem atuar como principal barreira à penetração de produtos químicos (LIAKOPOULOS; STAVRIANOKOU; KARABOURNIOTIS, 2001). A deposição, distribuição e retenção das gotas pulverizadas são afetadas pela extensão da cobertura e natureza química das ceras epicuticulares e pela rugosidade foliar. Altos níveis de rugosidade nas folhas podem resultar em interfaces ar/líquido, os quais podem inibir a penetração de herbicidas (KIRKWOOD, 1999).

Em trabalho realizado para avaliar a habilidade competitiva de biótipos de *Cyperus difformis* resistente e suscetível aos inibidores da ALS, os mesmos não apresentaram diferenças demonstrando que os biótipos se equivalem em crescimento. Uma possível causa para ocorrência de competitividade equivalente entre os biótipos são as semelhanças morfofisiológicas dos biótipos que, por serem

da mesma espécie, comportam-se semelhantemente e exploram o mesmo nicho ecológico (DAL MAGRO et al., 2011). Para populações de capim-arroz resistentes a clomazone e propanil não houve alteração no crescimento e na competitividade em relação às populações suscetíveis (BAGAVATHIANNAN et al., 2011).

Estudos relacionados com a competitividade da cultura do trigo e as diferentes populações de azevém ainda são limitados. Desse modo, pesquisas tornam-se úteis para identificar qual a população ideal de planta daninha para se tomar a decisão de controle, desde que essa não venha a causar interferência negativa sobre a cultura.

4. Conclusões

Os biótipos de azevém com resistência de nível baixo (TUC 11) e suscetível ao herbicida fluazifop apresentaram valor adaptativo similar.

A competição intraespecífica é mais prejudicial para a cultura do trigo.

A cultura do trigo, cultivar FUNDACEP Horizonte, apresenta habilidade competitiva superior ao biótipo de azevém com resistência de nível baixo e equivalente ao biótipo suscetível.

Os biótipos de azevém com resistência de nível baixo e suscetível apresentam habilidade competitiva equivalente.

5. Conclusões

Existem biótipos de azevém resistentes a fluazifop e glyphosate no Estado do Rio Grande do Sul.

O herbicida pinoxaden controla com eficiência todos os biótipos testados, inclusive aqueles resistentes ao fluazifop.

Existem biótipos de azevém com diferentes níveis de resistência aos herbicidas inibidores da ACCase.

Baseado nos valores de C_{50} e GR_{50} , o biótipo de azevém TUC 11 apresenta resistência de nível baixo ao herbicida fluazifop.

Os biótipos de azevém com resistência de nível baixo e suscetível ao herbicida fluazifop apresentam valor adaptativo similar.

A competição intraespecífica é mais prejudicial para a cultura do trigo.

A cultura do trigo, cultivar FUNDACEP Horizonte, apresenta habilidade competitiva superior ao biótipo com resistência de nível baixo e equivalente ao biótipo suscetível.

Os biótipos de azevém com resistência de nível baixo e suscetível apresentam habilidade competitiva equivalente.

6. Referências

- AGROFIT**. Sistema de agrotóxicos fitossanitários. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acessos em: 7 jun. 2010; 10 ago. 2011; 5 fev. 2012.
- ALCOCER-RUTHLING, M.; THILL, D. C.; SHAFII, B. Differential competitiveness of sulfonylurea-resistant and-susceptible prickly lettuce (*Lactuca serriola*). **Weed Technology**, v.6, n.1, p.303-309, 1992.
- ANDRES, A.; CONCENÇO, G.; MELO, P. T. B. S.; SCHMIDT, M.; RESENDE, R. G. Detecção da resistência de capim-arroz (*Echinochloa* spp.) ao herbicida quinclorac em regiões orizícolas do sul do Brasil. **Planta Daninha**, v.25, n.1, p.221-226, 2007.
- AVILA, L. A.; LEE, D.; SENSEMAN, S. A.; MCCAULEY, G. N.; CHANDLER, J. M.; COTHREN, J. T. Assessment of acetolactate synthase (ALS) tolerance to imazethapyr in red rice ecotypes (*Oryza* spp) and imidazolinone tolerant/resistant rice (*Oryza sativa*) varieties. **Pest Management Science**, v.61, n.2, p.171-178, 2005.
- BAGAVATHIANNAN, M. V.; NORSWORTHY, J. K.; JHA, P.; SMITH, K. Does resistance to propanil or clomazone alter the growth and competitive abilities of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*)? **Weed Science**, v.59, n.3, p.353-358, 2011.
- BALBINOT JR., A. A.; BIALESKI, M.; BACKES, R. L. Épocas de manejo de plantas de cobertura do solo de inverno e incidência de plantas daninhas na cultura do milho. **Agropecuária Catarinense**, v.18, n.3, p.91-94, 2005.
- BIANCHI, M. A.; FLECK, N. G.; LAMEGO, F. P. Proporção entre plantas de soja e plantas competidoras e as relações de interferência mútua. **Ciência Rural**, v.36, n.5, p.1380-1387, 2006.
- BLACKSHAW, R. E. Differential competitive ability of winter wheat cultivars against downy brome. **Agronomy Journal**, v.86, n.4, p.649-654, 1994.
- BOERBOOM, C. M. Nonchemical options for delaying weed resistance to herbicides in Midwest cropping systems. **Weed Technology**, v.13, n.3, p.636-642, 1999.

BOLDRINI, I. I.; LONGHI-WAGNER, H. M.; BOECHAT, S. C. **Morfologia e taxonomia de gramíneas sul-rio-grandenses**, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008. 88p.

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

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA, 2009. 395p.

BRAVIN, F.; ZANIN, G.; PRESTON, C. Resistance to diclofop-methyl in two *Lolium* spp. populations from Italy: studies on the mechanism of resistance. **Weed Research**, v.41, n.5, p.461-473, 2001.

CARVALHO, S. J. P. de; MOREIRA, M. S.; NICOLAI, M.; OVEJERO, R. F. L.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; MEDEIROS, D. Crescimento e desenvolvimento da planta daninha capim-camalote. **Bragantia**, v.64, n.4, p.591-600, 2005.

CHRISTOFFOLETI, P. J. Análise comparativa do crescimento de picão-preto (*Bidens pilosa*) resistente e suscetível aos herbicidas inibidores da ALS. **Planta Daninha**, v.19, n.1, p.75-83, 2001.

CHRISTOFFOLETI, P. J. **Growth, competitive ability and fitness of sulfonylurea resistant and susceptible *Kochia scoparia***. Colorado State University, 1992. 198 p.

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

CHRISTOFFOLETI, P. J.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F. Resistência das plantas daninhas a herbicidas: definições, bases e situação no Brasil e no mundo. In: CHRISTOFFOLETI, P. J. (Eds) **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. Piracicaba: HRAC-BR (3ed.), 2008. p.9-53.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; WESTRA, P.; MOORE, F. Growth analyses of sulfonylurea - resistant and susceptible kochia (*Kochia scoparia*). **Weed Science**, v.45, n.5, p.691-695, 1997.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Acompanhamento da safra brasileira – Grãos – Terceiro levantamento – 2011. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>> Acesso em: 08 de jan. de 2012.

COUSENS, R. Aspects of the design and interpretation of competition (interference) experiments. **Weed Technology**, v.5, n.3, p.664-673, 1991.

COUSENS, R.; O'NEILL, M. Density dependence of replacement series experiments. **Oikos**, v.66, n.2, p.347-352, 1993

COX, R. D., ALLEN, E. B. Stability of exotic annual grasses following restoration efforts in southern California coastal sage shrub. **Journal of Applied Ecology**, v.45, n.2, p.495-504, 2008.

DAL MAGRO, Taísa. **Caracterização de biótipos de *Cyperus difformis* L. resistente e suscetível a herbicidas inibidores da enzima ALS**. 2009. 99f. Tese (Doutorado em Fitossanidade) Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

DAL MAGRO, T.; SCHAEGLER, C. E.; FONTANA, L. C.; AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L. Habilidade competitiva entre biótipos de *Cyperus difformis* L. resistente ou suscetível a herbicidas inibidores de ALS e destes com arroz irrigado. **Bragantia**, v.70, n.2, p.294-301, 2011.

DELYE, C. Weed resistance to acetyl coenzyme A carboxylase inhibitors: an update. **Weed Science**, v.53, n.5, p.728-746, 2005.

DEVINE, M. D. Mechanisms of resistance to acetylcoenzyme A carboxylase inhibitors: a review. **Pesticide Science**, v.51, n.3, p.259-264, 1997.

DINELLI, G.; MAROTTI, I.; BONETTI, A.; CATIZONE, P.; URBANO, J.M.; BARNES, J. Physiological and molecular bases of glyphosate resistance in *Conyza bonariensis* biotypes from Spain. **Weed Research**, v.48, n.3, p.257-265, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa Agropecuária de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solo: Embrapa Solos**, 2006. 306 p.

ESTORNINOS JR., L. E.; GEALY, D. R.; TALBERT, R. E. Growth response of rice (*Oryza sativa*) in a replacement series study. **Weed Technology**, v.16, n.2, p.401-406, 2002.

FENG, P. C. C.; TRAN, M.; CHIU, T.; SAMMONS, R. D.; HECK, G. R.; CAJACOB, C. A. Investigations into glyphosate-resistant horseweed (*Conyza canadensis*): retention, uptake, translocation, and metabolism. **Weed Science**, v.52, n.4, p.498-505, 2004.

FISCHER, R. A.; MILES, R. E. The role of spatial pattern in the competition between crop plants and weeds: A theoretical analysis. **Mathematical Biosciences**, v.18, n.3, p.335-350, 1973.

FLECK, N. G.; BALBINOT JR., A. A.; AGOSTINETTO, D.; VIDAL, R. A. Características de plantas de cultivares de arroz irrigado relacionadas à habilidade competitiva com plantas concorrentes. **Planta Daninha**, v.21, n.1, p.97-104, 2003.

FLECK, N. G.; BIANCHI, M. A.; RIZZARDI, M. A.; AGOSTINETTO, D. Interferência de *Raphanus sativus* sobre cultivares de soja durante a fase vegetativa de desenvolvimento da cultura. **Planta Daninha**, v.24, n.3, p.425-434, 2006.

FLECK, N. G.; LAZAROTO, C. A.; SCHAEGLER, C. E.; FERREIRA, F. B. Controle de papuã (*Brachiaria plantaginea*) em soja em função da dose e da época de aplicação do herbicida clethodim. **Planta Daninha**, v.26, n.2, p.375-383, 2008.

FLECK, N. G.; SCHAEGLER, C. E.; AGOSTINETTO, D.; RIGOLI, R. P.; DAL MAGRO, T.; TIRONI, S. P. Associação de características de planta em cultivares de aveia com habilidade competitiva. **Planta Daninha**, v.27, n.2, p.211-220, 2009 .

FRANS, R.; TALBERT, R.; MARX, D.; CROWLEY, H. Experimental design and techniques for measuring and analyzing plant responses to weed control practices. In: CAMPER, N.D. (Ed.) **Research methods in weed science**. 3 ed. Champaign: Southern Weed Science Society, 1986. 37p.

GALON, L.; TIRONI, S. P.; ROCHA, P. R. R.; CONCENÇO, G.; SILVA, A. F.; VARGAS, L.; SILVA, A. A.; FERREIRA, E. A.; MINELLA, E.; SOARES, E. R.; FERREIRA, F. A. Habilidade competitiva de cultivares de cevada convivendo com azevém. **Planta Daninha**, v.29, n.4, p.771-781, 2011.

GAZZIERO, D. L. P.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; VARGAS, L.; KRUSE, N. D.; GALLI, A. J. B.; TREZZI, M. M. Critérios para relatos oficiais estatísticos de biótipos de plantas daninhas resistentes a herbicidas. In: AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L. (Eds.) **Resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil**. Passo Fundo: Berthier, 2009. p.91-101.

GEOLIVRE. Mapas temáticos RS. Disponível em: <<http://www.geolivres.gov.br>>. Acesso em: 17 set. 2011.

GRONWALD, J. W.; EBERLEIN, C. V.; BETTS, K. J.; BAERG, R. J.; EHLKE, N. J.; and WYSE, D. L. Mechanism of diclofop resistance in an Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam) biotype. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.44, n.2 , p.26-39, 1992.

HALL, L. M.; STROME, K. M.; HORSMAN, G. P. Resistance to acetolactate synthase inhibitors and quinclorac in a biotype of false clover (*Gallium spurium*). **Weed Science**, v.46, n.1, p.390-396, 1998.

HARTWING, I.; BERTAN, I.; GALON, L.; NOLDIN, J. A.; CONCENÇO, G.; SILVA, A. F.; ASPIAZÚ, I.; FERREIRA, E. A. Tolerância de trigo (*Triticum aestivum*) e aveia (*Avena* sp.) a herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS). **Planta Daninha**, v.26, n.2, p.361-368, 2008.

HEAP, I. **Criteria for confirmation of herbicide-resistant weeds** - with specific emphasis on confirming low level resistance. Disponível em: <<http://www.weedscience.org>>. Acesso em 26 jan. 2012.

HEAP, I. **Internacional survey of herbicide resistant weeds**. Disponível em: <www.weedscience.org>. Acesso em: 25 jan. 2012.

- HIDAYAT, I.; PRESTON, C. Enhanced metabolism of fluazifop acid in a biotype of *Digitaria sanguinalis* resistant to the herbicide fluazifop-p-butyl. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.57, n.2, p.137-146, 1997.
- HOFFMAN, M. L.; BUHLER, D. D. Utilizing *Sorghum* as functional model of crop-weed competition. I. Establishing a competitive hierarchy. **Weed Science**, v.50, n.4, p.466-472, 2002.
- HOLT, R. D.; HOCHBERG, M. E. When is biological control evolutionary stable (or is it?). **Ecology**, v.78, n.14, p.1673-1683, 1997.
- HOLT, J. S.; RADOSEVICH, S. R. Differential growth of two common groundsel (*Senecio vulgaris*) biotypes. **Weed Science**, v.31, n.1, p.112-120, 1983.
- HUANGFU, C. H.; SONG, X. L.; QIANG S. ISSR variation within and among wild *Brassica juncea* populations: implication for herbicide resistance evolution. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v.56, n.7, p.913-924, 2009.
- JASIENIUK, M.; BRÛLÉ-BABEL, A. L.; MORRISON, I. N. The evolution and genetics of herbicide resistance in weeds. **Weed Science**, v.44, n.1, p.176-193, 1996.
- KIRKWOOD, R. C. Recent developments in our understanding of the plant cuticle as a barrier to the foliar uptake of pesticides. **Pesticide Science**, v.77, n.1, p.69-77, 1999.
- KISSMANN, K. G.; **Plantas infestantes e nocivas**. TOMO I. 3ª Ed. São Paulo: Basf Brasileira S. A., 2007. CD-ROM.
- KUK, Y.; BURGOS, N. R.; SCOTT, R. C. Resistance profile of diclofop-resistance Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*) to ACCase – and ALS – inhibiting herbicides in Arkansas, USA. **Weed Science**, v.56, n.4 p.614-623, 2008.
- LAMEGO, F. P.; VIDAL, R. A.; BURGOS, N. R. Competitiveness of ALS inhibitors resistant and susceptible biotypes of greater beggarticks (*Bidens subalternans*). **Planta Daninha**, v.29, n.2, p.457-464, 2011.
- LAZAROTO, C. A.; FLECK, N. G.; VIDAL, R. A. Biologia e ecofisiologia de buva (*Conyza bonariensis* e *Conyza canadensis*). **Ciência Rural**, v.38, n.3, p.852-860, 2008.
- LIAKOPOULOS, G.; STAVRIANOKOU, S.; KARABOURNIOTIS, G. Analysis of epicuticular phenolics of *Prunus persica* and *Olea europaea* leaves: Evidence for the chemical origin of the UV-induced blue fluorescence of stomata. **Annals of Botany**, v.87, n.5, p.641-648, 2001.
- LÓPEZ-OVEJERO, Ramiro Fernando. **Resistência de populações da planta daninha *Digitaria ciliaris* (Retz.) Koel. a herbicidas inibidores da acetil coenzima A carboxilase (ACCase), Brasil**. 2006. 102f. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MAXWELL, B. D.; ROUSH, M. L.; RADOSEVICH, J. R. Predicting the evolution and dynamics of herbicide resistance in weed populations. **Weed Technology**, v.4, n.1, p.2-13, 1990.

MOREIRA, M. S.; MELO, M. S. C.; CARVALHO, S. J. P.; NICOLAI, M.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Herbicidas alternativos para controle de biótipos de *Conyza bonariensis* e *C. canadensis* resistentes ao glyphosate. **Planta Daninha**, v.28, n.1, p.167-175, 2010.

NIKOLSKAYA, T.; ZAGNITKO, O.; TEVZADZE, G.; HASELKORN, R.; GORNICKI, P. Herbicide sensitivity determinant of wheat plastid acetyl-CoA carboxylase is located in a 400-amino acid fragment of the carboxyltransferase domain. **Proceedings of the National Academy Sciences U. S. A.** v.96, n.25, p.14647-14651, 1999.

NOHATTO, Marcos André. **Resposta de *Euphorbia heterophylla* proveniente de lavouras de soja Roundup Ready® do Rio Grande do Sul ao herbicida glyphosate**. 2010. 75f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

NUNES, A. L.; VIDAL, R. A., GOULART, I. C. G. dos R.; KALSING, A. Tolerância de espécies de inverno a herbicidas residuais. **Scientia Agraria**, v.8, n.4, p.443-448, 2007.

PANTONE, D. J.; BAKER, J. B. Reciprocal yield analysis of red rice (*Oryza sativa*) competition in cultivated rice. **Weed Science**, v.39, n.1, p.42-47, 1991.

PASSINI, Telma. **Competitividade e predição de perdas de rendimento da cultura de feijão quando em convivência com *Brachiaria plantaginea* (Link) Hitchc.** 2001. 130 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

PAULA, J. M. de.; AGOSTINETTO, D.; SCHAEGLER, C. E.; VARGAS, L.; SILVA, D. R. O. Competição de trigo com azevém em função de épocas de aplicação e doses de nitrogênio. **Planta Daninha**, v.29, n.3, p.557-563, 2011.

PEREIRA, M. R. R.; SOUZA, G. S. F.; MARTINS, D.; MELHORANÇA FILHO, A. L.; KLAR, A. E. Respostas de plantas de *Eleusine indica* sob diferentes condições hídricas a herbicidas inibidores da ACCase. **Planta Daninha**, v.29, n.2, p.397-404, 2011 .

PEREZ-JONES, A.; PARK, K.; POLGE, N.; COLQUHOUN, J.; MALLORY-SMITH, C. A. Investigating the mechanisms of glyphosate resistance in *Lolium multiflorum*. **Planta**, v.226, n.2, p.395-404, 2007

PONTES, L. S.; NABINGER, C.; FACCIO CARVALHO, P. C. de; TRINDADE, J. K. da; MONTARDO, D. P.; SANTOS, R. J. dos. Variáveis morfológicas e estruturais de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) manejado em diferentes alturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.814-820, 2003.

PORTER, D. J.; KOPEC, M.; HOFER, U. Pinoxaden - a new selective postemergence graminicide for wheat and barley. **North Central Weed Science Society Proceedings**, v.60, n. 209, p.1-1, 2005.

POWLES, S. B.; HOLTUM, J. A. M. **Herbicide resistance in plants: biology and biochemistry**. Lewis Publishers, 1994. 353p.

POWLES, S. B.; PRESTON, C. Evolved glyphosate resistance in plants: biochemical and genetic basis of resistance. **Weed Technology**, v.20, n.2, p.282-289, 2006.

POWLES, S. B.; YU, Q. Evolution in Action: Plants resistant to herbicides. **Annual Review of Plant Biology**, v.61, n.7, p.317-347, 2010.

RADOSEVICH, S. R. Methods to study interactions among crops and weeds. **Weed Technology**, v.1, n.3, p.190-198, 1987.

RADOSEVICH, S. R.; HOLT, J.; GHERSA, C. **Ecology of weeds and invasive plants: Relationship to agriculture and natural resource management**. 3.ed. John Wiley & Sons, 2007. 454p.

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

RIGOLI, R. P.; AGOSTINETTO, D.; SCHAEGLER, C. E.; DAL MAGRO, T.; TIRONI, S. P. Habilidade competitiva de trigo (*Triticum aestivum*) em convivência com azevém (*Lolium multiflorum*) ou nabo (*Raphanus raphanistrum*). **Planta Daninha**, v.26, n.1, p.93-100, 2008.

RODRIGUES, J. D. **Absorção, translocação e modo de ação de defensivos**. Botucatu: UNESP, Instituto de Biociências, 1994. 106 p.

ROMAN, E. S.; VARGAS, L.; RIZZARDI, M. A.; MATTEI, R. W. Resistência de azevém (*Lolium multiflorum*) ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, v.22, n.2, p.301-306, 2004.

ROUSH, M. L.; RADOSEVICH, S. R.; WAGNER, R. G.; MAXWELL, B. D.; PETERSEN, T. D. A comparison of methods for measuring effects of density and proportion in plant competition experiments. **Weed Science**, v.37, n.2, p.268-275, 1989.

SANCHOTENE, D. M.; DORNELLES, S. B.; PERINI, F. L.; GONÇALVES, R. A.; ESTEVO, A. P. Manejo químico de plantas daninhas tolerantes ao glyphosate na cultura da soja. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, v.15, n.2, p.77-84. 2008.

SEEVERS, G. P.; WRIGHT, K. J. Crop canopy development and structure influence weed suppression. **Weed Research**, v.39, n.4, p.319-328, 1999.

SEEFELDT, S. S.; JENSEN, J. E.; FUERST, E. P. Log-logistic analysis of herbicide dose-response relationships. **Weed Technology**, v.9, n.2, p.218-227, 1995.

SEVERINO, L. S.; CARDOSO, G. D.; VALE, L. S.; SANTOS, J. W. Método para determinação da área foliar da mamoneira. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v.8, n.1, p.753-762, 2004.

SIGMAPLOT – **Scientific Graphing Software**. Version 10.0, 2007.

SILVA, A. A. da.; SILVA, J. F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa, Ed. UFV, 2007, 367p.

SILVA, M. R. M.; DURIGAN, J. C. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura do arroz de terras altas. I - Cultivar IAC 202. **Planta Daninha**, v.24, n.4, p.685-694, 2006.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre, 2004. 400p.

SOUZA, L. S.; VELINI, E. D.; MARTINS, D.; ROSOLEM, C. A. Efeito alelopático de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) sobre o crescimento inicial de sete espécies de plantas cultivadas. **Planta Daninha**, v.24, n.4, p.657-668, 2006.

STECKEL, L. E.; MAIN, C. L.; ELLIS, A. T.; MUELLER, T. C. Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) in Tennessee has low level glyphosate resistance. **Weed Technology**, v.22, n.1, p.119-123, 2008.

TARDIF, F. J.; HOLTUM, J. A. M.; POWLES, S. B. Occurrence of a herbicide resistant acetyl-Coenzyme-A carboxylase mutant in annual ryegrass (*Lolium rigidum*) selected by sethoxydim. **Planta**, v.190, n.2, p.176-181, 1993.

TREZZI, M. M.; MATTEI, D.; VIDAL, R. A.; KRUSE, N. D.; GUSTMAN, M. S.; VIOLA, R.; MACHADO, A.; SILVA, H. L. Antagonismo das associações de clodinafop-propargyl com metsulfuron-methyl e 2,4-D no controle de azevém (*Lolium multiflorum*). **Planta Daninha**, v.25, n.4, p.839-847, 2007.

TREZZI, M. M.; VIDAL, R. A. Potencial de utilização de cobertura vegetal de sorgo e milho na supressão de plantas daninhas em condição de campo: II Efeitos da cobertura morta. **Planta Daninha**, v.22, n.1, p.1-10, 2004.

TREZZI, M. M.; VIDAL, R. A.; KRUSE, N. D.; NUNES, A. L. Bioensaios para identificação de biótipos de *Euphorbia heterophylla* com resistência múltipla a inibidores da ALS e da PROTOX. **Planta Daninha**, v.24, n.3, p.563-571, 2006.

VARGAS, L.; BOREM, A.; SILVA, A. A. da. Técnica de cruzamentos controlados em *Euphorbia heterophylla* L. **Bragantia**, v.58, n.1, p.23-27, 2009.

VARGAS, L.; MORAES, R. M. A.; BERTO, C. M. Herança da resistência de azevém (*Lolium multiflorum*) ao glyphosate. **Planta Daninha**, v.25, n.3, p.567-571, 2007.

VARGAS, L.; NOHATTO, M. A.; AGOSTINETTO, D.; BIANCHI, M. A.; GONÇALVES, E. M.; TOLEDO, R. E. Resposta de biótipos de *Euphorbia heterophylla* a doses de glyphosate. **Planta Daninha**, v.29, n.4, p.1121-1128, 2011.

VARGAS, L.; ROMAN, E. S. **Características e manejo de azevém resistente ao glyphosate**. Passo Fundo, 2006. 8p.

VARGAS, L.; ROMAN, E. S.; RIZZARDI, M. A.; SILVA, V. C. Alteração das características biológicas dos biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*) ocasionada pela resistência ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, v.23, n.1, p.153-160, 2005.

VARGAS, L.; SILVA, A. A. da. Resistência de *Euphorbia heterophylla* a herbicidas inibidores da ALS. In: AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L. (Eds.) **Resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil**. Passo Fundo: Berthier, 2009. p.143-174.

VARGAS, L.; SILVA, A. A. da; BORÉM, A.; FERREIRA, F. A.; TAVARES, S.; SEDIYAMA, T. **Resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 1.ed. Viçosa: JARD Prod. Gráficas Ltda, 1999, 131p.

VENCILL, W. K. **Herbicide Handbook**. 8.ed. Senseman, 2007. Edição Atualizada p. 493.

VIDAL, R. A.; MEROTTO JR., A. Inibidores da ALS. In: VIDAL, R. A.; MEROTTO JR., A. **Herbicidologia**. Porto Alegre: Edição dos Autores, 2001. p.15-24.

VIDAL, R. A.; PORTES, E. S.; LAMEGO, F. P.; TREZZI, M. M. Resistência de *Eleusine indica* aos inibidores da ACCase. **Planta Daninha**, v.24, n.1, p.163-171, 2006.

VILÀ, M.; WILLIAMSON, M.; LONSDALE, M. Competition experiments on alien weeds with crops: lessons for measuring plant invasion impact? **Biological Invasions**, v.6, n.1, p.59-69, 2004.

VOLENBERG, D.; STOLTENBERG, D. Altered acetyl-coenzyme A carboxylase confers resistance to clethodim, fluazifop and sethoxydim in *Setaria faberi* and *Digitaria sanguinalis*. **Weed Research**, v.42, n.5, p.342-350, 2002.

WARWICK, S. I.; BLACK, L. D. Relative fitness of herbicide-resistant and susceptible biotypes of weeds. **Phytoprotection**, v.75, n.1, p.37-49, 1994.

WIEDERHOLT, R. J.; STOLTENBERG, D. E. Cross-resistance of a larged crabgrass (*Digitaria sanguinalis*) accession to aryloxyphenoxypropionate and cyclohexanodione herbicides. **Weed Technology**, v.9, n.3, p.518-524, 1995.

WINKLER, L. M.; VIDAL, R. A.; BARBOSA NETO, J. F. Aspectos genéticos envolvidos na resistência de plantas daninhas aos herbicidas. **Revista Plantio Direto**, v.70, n.4, p.21-24, 2002.

VITA

Diego Severo Fraga é filho de Sérgio Fernando da Silva Fraga e Nora Lúcia Severo Fraga. Nasceu em 06 de dezembro de 1981, no Município de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Formou-se pela Escola de 2º grau Nossa Senhora do Patrocínio em Dom Pedrito/RS no ano de 2000. No ano de 2004 ingressou no curso de Agronomia da Universidade Federal de Pelotas (FAEM/UFPel), onde se graduou como Engenheiro Agrônomo em 2009. No período de 2005 a 2007 desenvolveu atividades como estagiário e bolsista de Iniciação Científica (FAPERGS), atuando no Departamento de Fitotecnia. Em 2010, iniciou o curso de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, em Capão do Leão/RS.